

№ 219

№ 437

581.4
ц 12

РУКОВОДСТВО

ВЪ

ОПЫТНОЙ ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ.

ОТРАВЛЕНІЯ ОРГАНОВЪ РАСТЕНИЙ ПРИ ОБЫКНОВЕННЫХЪ
УСЛОВІЯХЪ ИХЪ ЖИЗНИ.

Д-РА ЮЛІЯ САКСА
ПРОФЕССОРА ВЪ БОННѢ.

Съ нѣмецкаго перевели студенты С.-М.-Б. Университета

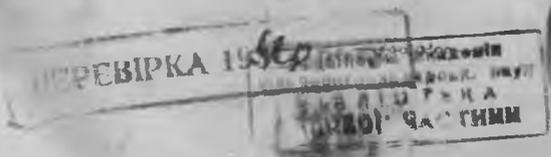
ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

Н. Е. Забеля.

ДИРЕКТОРА НИКИТСКАГО БОТАНИЧЕСКАГО САДА.



Цѣна 4 руб., пересылка за 4 копѣйки.



САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

Изданіе Товарищества «Общественная Польза»,
по Москвѣ, № 5.

1867.

2564 009

003878

ПРЕДИСЛОВІЕ АВТОРА.

Предлагаемая книга имѣетъ цѣлью показать, на сколько физиологическимъ изслѣдованіямъ удалось разложить болѣе общія явленія жизни растений на ихъ отдѣльные процессы и отыскать ихъ причины.

Для достиженія этой цѣли прежде всего нужно было собрать столь возможно полнѣе относящуюся сюда литературу; работа, на которую я употребилъ болѣе шести лѣтъ. Считаю нужнымъ замѣтить, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ, когда мнѣ, несмотря ни на какія усилія, не удавалось достать оригинальныхъ сочиненій и когда я былъ принужденъ заимствовать нужныя указанія изъ вторыхъ рукъ, я дѣлалъ это съ осторожностью и указалъ на подобныя заимствованія въ выносахъ. Нѣкоторыя новыя работы, полученныя мною лишь лѣтомъ текущаго года, во время печатанія настоящаго сочиненія, не могли быть въ немъ упомянуты; впрочемъ, ни одна изъ этихъ работъ не повлекла бы за собой существеннаго измѣненія въ текстѣ.

Собраніе литературы составляло, впрочемъ, только предварительную работу; главная же задача состояла въ томъ, чтобы отдѣлать все существенное и твердо установившееся отъ сомнительнаго и несущественнаго, распредѣлить факты и критически разобрать различные взгляды. Этой-то критической части работы я преимущественно посвятилъ свое время и трудъ, такъ какъ она болѣе всего обусловливаетъ научное значеніе моего сочиненія. Однакожъ должно замѣтить, что критическій разборъ я излагалъ подробнѣе только въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ мнѣ казалось это крайне необходимымъ; большею же частью я предпочиталъ приводить одни результаты, указывая на сомнительныя стороны формою изложенія.

Распредѣливъ матеріаль сообразно его содержанію, я долженъ былъ позаботиться о формѣ изложенія, которая не только давала бы читателю возможность безъ труда составить себѣ общее понятіе о современномъ положеніи каждаго вопроса, но кромѣ того, по возможности рѣзко, выставляла бы главные результаты изслѣдованій. Что я въ этомъ случаѣ не слѣдовалъ системѣ изложенія большинства извѣстныхъ мнѣ учебниковъ растительной физиологіи а руководствовался

самостоятельнымъ планомъ изложенія, кажется, достаточно оправдывается современнымъ состояніемъ науки.

Въ моемъ сочиненіи нѣтъ особаго отдѣла о диффузіи, ибо я предполагаю, что читатель уже знакомъ съ теоріей явленій диффузіи, какъ части физики. Силы же диффузіи, исключительно свойственныя растеніямъ, еще мало изучены а о томъ, что извѣстно, приходится говорить при изложеніи различныхъ явленій.

Наконецъ я считаю нужнымъ сказать почему въ этой книгѣ не изложено оплодотвореніе растеній. То, что извѣстно объ этомъ замѣчательнѣйшемъ изъ всѣхъ жизненныхъ явленій, будетъ изложено подробно во 2-й и 3-й частяхъ Физиологической ботаники, и такъ какъ о физическихъ причинахъ полового различія однородныхъ растеній столь же мало извѣстно какъ и о химическихъ и молекулярныхъ процессахъ, совершающихся при самомъ актѣ оплодотворенія и его послѣдствіяхъ, то этотъ предметъ не могъ дать матеріала для особой главы въ моей книгѣ.

Боннъ, 8 октября 1865.

Д-ръ Ю. Саксъ.



ОТЪ РЕДАКТОРА РУССКАГО ПЕРЕВОДА.

Профессоръ гейдельбергскаго университета В. Гофмейстеръ, въ сообществѣ съ А. де Бари, Ирмишемъ и Ю. Саксомъ, предпринялъ изданіе капитальнаго сочиненія подь общимъ заглавіемъ Физиологической Ботаники (Physiologische Botanik). Сочиненіе это будетъ состоять изъ четырехъ частей, слѣдующаго содержанія:

Часть первая: ученіе о растительной кльточкѣ, Гофмейстера.

Общая морфологія растительныхъ органовъ, его же.

Ученіе о послѣдовательности побѣговъ, Ирмиша.

Анатомія растительныхъ органовъ сосудистыхъ растений, А. де Бари.

Часть вторая: Морфологія и Физиологія грибовъ, лишайевъ и водорослей, его же.

Морфологія и физиологія мховъ и сосудистыхъ тайнобрачныхъ, Гофмейстера.

Часть третья: Половое размноженіе явнобрачныхъ, Гофмейстера.

Часть четвертая: Опытная физиологія растений, Ю. Сакса.

Студенты с.-петербургскаго университета, гг. А. Дитловъ, С. Неклюдовъ, И. Протопоповъ, М. Кузнецовъ и Е. Сахаровъ, задумавъ перевести на русскій языкъ сочиненіе Ю. Сакса, обратились ко мнѣ съ просьбою взять на себя редакцію перевода. Замѣчательное сочиненіе Сакса появилось вслѣдствіе недостатка такого сборника по части физиологіи растений, который бы удовлетворялъ современному состоянію науки. Такъ какъ изданіе русскаго перевода труда Сакса покрайней мѣрѣ отчасти пополнить крайній недостатокъ въ руководствахъ для университетскихъ слушателей, то я не хотѣлъ отказать г.г. студентамъ въ содѣйствіи. Специальность предмета потребовала однако отъ меня бѣльшаго участія въ изданіи перевода, чѣмъ сколько я первоначально предполагалъ. Пере-

водъ подобныхъ сочиненій, какъ «Опытная физиологія растений» Сакса, теряетъ всякое значеніе, если не сдѣланъ точно и если не вѣрно переданъ смыслъ во всѣхъ его оттѣнкахъ. Я съ своей стороны сдѣлалъ сколько могъ, чтобъ удовлетворить этимъ требованіемъ. Гг. студенты занимались переводомъ съ большою добросовѣстностью и любовью къ дѣлу, причемъ главная часть труда выпала на долю г. Дитлова, принявшаго на себя, кромѣ перевода, всю заботу по изданію. Я увѣренъ, что университетскіе слушатели будутъ признательны гг. переводчикамъ, взявшимъ на себя инициативу и трудъ перевода, и Товариществу «Общественная Польза» за изданіе перевода.

Пикита, 17 Января 1867 г.

Н. Цабель.

О Г Л А В Л Е Н И Е.

Предисловіе автора.

Предисловіе редактора.

I.

Свѣтъ.

Первый отдѣлъ.

	Стран.
Вліяніе свѣта на растительность	1
а) Просвѣчиваніе частей растеній	4
б) Вліяніе свѣта на происхожденіе и разрушеніе красящихъ веществъ растеній	8
с) Дѣйствіе свѣта на ассимиляцію	17
д) Отношеніе свѣта къ образованію формы растенія	28
е) Вліяніе свѣта на напряженіе тканей	36

II.

Теплота.

Второй отдѣлъ.

Вліяніе теплоты на развитіе	44
а) Причины, обусловливающія температуру внутри растительныхъ органовъ	45
б) Высшій и низшій предѣлы температуры вегетативныхъ процессовъ	48
с) Поврежденія растеній при нагреваніи выше высшаго и охлажденіи ниже низшаго предѣловъ температуры	52
д) Ходъ растительныхъ процессовъ при различныхъ температурахъ между крайними предѣлами	64

III.

Электричество.

Третій отдѣлъ.

Вліяніе электричества на растенія и заключающіяся въ нихъ электродви- гательныя системы	69
--	----

IV.

Сила тяжести.

Четвертый отдѣлъ.

Вліяніе силы тяжести на развитіе	83
--	----

V.

Питательныя вещества.

Пятый отдѣлъ.

Питательныя вещества растеній	107
а) Общія понятія	107
б) Элементарный составъ старающихся веществъ	118
с) Составныя части золы	133

VI.

Принятіе питательныхъ веществъ.

Шестой отдѣлъ.

Переходъ воды и растворенныхъ веществъ изъ окружающей среды въ растенія	148
---	-----

VII.
Движеніе воды.

Седьмой отдѣль.

	Стран.
Движеніе воды въ растеніи	187
<i>a)</i> Поднятіе воды дѣятельностію корня	189
<i>b)</i> Прохожденіе воды по древесинѣ	202
<i>c)</i> Испареніе	213
<i>d)</i> Совокупное дѣйствіе силы корня, передачи воды по древесинѣ и испаренія	223

VIII.

Обмѣнъ газовъ.

Восьмой отдѣль.

О движеніи газовъ въ растеніи	234
---	-----

IX.

Вліяніе атмосфернаго кислорода.

Девятый отдѣль.

Дыханіе растеній, образованіе теплоты и фосфоресценція	253
<i>a)</i> Дыханіе	253
<i>b)</i> Образованіе теплоты	279
<i>c)</i> Фосфоресценція	293

X.

Превращенія веществъ.

Десятый отдѣль.

Генетическое соотношеніе веществъ, изъ которыхъ образуются кліточные оболочки	296
<i>a)</i> Вещества, служащая къ построенію протоплазмическихъ образованій	298
<i>b)</i> Составныя вещества кліточной оболочки	335

XI.

Передвиженіе веществъ.

Одинадцатый отдѣль.

Перемѣщеніе пластическихъ веществъ въ тканяхъ	361
---	-----

XII.

Молекулярное строеніе.

Двѣнадцатый отдѣль.

О молекулярномъ строеніи организованныхъ частей кліточекъ	384
<i>a)</i> Крахмальные зерна	393
<i>b)</i> Кліточная оболочка	408
<i>c)</i> Кристаллоиды	425
<i>d)</i> Протоплазма	428

XIII.

Напряженіе тканей.

Тринадцатый отдѣль.

Движенія, основанныя на напряженіи активно расширяющихся и пассивно растяжимыхъ слоевъ ткани или кліточной оболочки	432
<i>a)</i> Основныя явленія	432
<i>b)</i> Механизмъ движеній, основанныхъ на напряженіи тканей	457



I.

С В Ъ Т Ъ .

Первый отдѣлъ.

Вліяніе свѣта на растительность.

§ 1. Свѣтовые лучи проникають болѣе или менѣе глубоко въ надземныя части растеній и поглощаются различными слоями ткани, смотря по степени преломляемости и интензивности колебанія; формы движенія, присущія свѣтовому ээпру, превращаются здѣсь въ другія движенія и возбуждаютъ въ клѣточкахъ силы къ пзмѣненіямъ химическимъ, термическимъ, механическимъ и др. Свѣтовые лучи — это источники силъ, притекающихъ къ растенію извнѣ.

Несмотря на то, что различные растительные процессы могутъ совершаться при полномъ отсутствіи свѣта, и что нѣкоторыя растенія даже всю жизнь проводятъ въ темнотѣ, не подлежитъ сомнѣнію, что совокупность жизненныхъ явленій въ растительномъ царствѣ (также и въ животномъ) находится въ прямой зависимости отъ силъ, проникающихъ въ клѣточки, содержащія хлорофиллъ, въ формѣ колебаній ээирныхъ частицъ. Дѣйствительно, возможность пропзрастанія основывается на образованіи разнообразныхъ химическихъ соединеній, служащихъ для развитія органовъ. Соединенія же эти, состоящія изъ углекислоты, воды, азотно-кислыхъ и другихъ въ высокой степени окисленныхъ соединеній, образуются усвоющею дѣятельностью клѣточекъ, причемъ, прежде всего, отдѣляется значительное количество заключающагося въ нихъ кислорода. Количество кислорода, выдѣлывшагося при усвоеніи, если не совершенно, то приблизительно равно тому, которое поглощается при сожиганіи растенія, продуктомъ чего снова являются углекислота и водяные пары.

Это выдѣленіе излишняго кислорода есть осязательный признакъ начинающагося въ клѣточкахъ процесса усвоенія, причемъ богатая кислородомъ питательная вещества растенія переходятъ въ низшія степени окисленія. Происходитъ же это исключительно при дѣйствіи свѣтящихся солнечныхъ лучей и притомъ тогда

только, когда послѣдніе съ достаточной интензивностью колебанія проникають въ клѣточки, содержащія хлорофиллъ. Клѣточки—суть органы этой дѣятельности; солнечные же лучи возбуждаютъ силу, преодолѣвающую химическое средство кислорода. Силу эту можно приблизительно измѣрить количествомъ тепла, выдѣляющагося при сожиганіи растенія.

Этимъ важнымъ отравленіемъ еще не ограничивается все вліяніе свѣта на растеніе. Зерна хлорофилла, значеніе которыхъ для процесса усвоенія только что было указано, требуютъ для полнаго своего развитія, если не всегда, то по крайней мѣрѣ во многихъ случаяхъ, дѣйствія свѣта, потому-что у всѣхъ изслѣдованныхъ одно- и двумьянодольныхъ, въ темнотѣ, или при весьма слабomъ освѣщеніи останавливается развитіе зеленого красящаго вещества. Такимъ образомъ, во многихъ случаяхъ, свѣтъ сперва способствуетъ развитію органовъ усвоенія, а затѣмъ возбуждаетъ въ нихъ силы выдѣленія кислорода. Но коль скоро растеніе, при посредствѣ свѣта и зеленыхъ частей, скопило извѣстное количество усвоеннаго и образовательнаго матеріала, то можетъ произойти цѣлый рядъ химическихъ и пластическихъ измѣненій (явленій роста), безъ непосредственнаго участія свѣта. Собранный при посредствѣ его запасъ силъ и веществъ, можетъ и въ полной темнотѣ служить для развитія растенія. Для уразумѣнія этого, мы должны раздѣлить всѣ явленія роста на 2 періода. Первый изъ нихъ состоитъ въ появленіи клѣточекъ, ихъ образованіи изъ маточныхъ ячеекъ. Какъ опытное изслѣдованіе, такъ и разсмотрѣніе самыхъ общихъ растительныхъ процессовъ, привели меня къ заключенію, что этотъ первый актъ образовательной дѣятельности можетъ происходить не только безъ непосредственнаго участія свѣта, какъ обыкновенно и случается, но что во многихъ случаяхъ болѣе интензивный свѣтъ можетъ даже препятствовать этимъ процессамъ, совершающимся въ темнотѣ. Во второмъ періодѣ молодые органы, явившіеся втеченіи перваго, окончательно развиваются, причѣмъ зародившіеся уже клѣточки разнообразно разрастаются по различнымъ направленіямъ. Въ органахъ, преимущественно содержащихъ хлорофиллъ, процессъ этотъ совершается подъ регулирующимъ вліяніемъ свѣта. Корни, цвѣты, плоды, сѣмена и элементы древесныхъ частей, при существованіи необходимаго для ихъ развитія матеріала, могутъ достигнуть даже въ глубокой темнотѣ нормальной величины, формы и цвѣта: междоузлія же и черешки листьевъ, помѣщенные во время процесса роста въ темноту, разрастаются ненормально, между тѣмъ, какъ листовыя пластинки или чрезмѣрно удлинняются и суживаются, или вообще поверхность уменьшается. Такимъ образомъ свѣтъ необходимъ для развитія нормальной величины поверхности зеленыхъ органовъ, причѣмъ слѣдуетъ замѣтить, что отъ величины листовой поверхности зависитъ количество свѣтовыхъ лучей, падающихъ на нее и потребляемыхъ на пользу растенія. Кромѣ того, количество свѣта, падающее на данную листовую поверхность, и степень полезности его для растенія, зависятъ отъ синуса угла паденія лучей, который достигаетъ maximum'a при перпендикулярномъ наденіи на листовую поверхность. Послѣднему много способствуетъ и самъ свѣтъ, ибо способность междоузлій, листовыхъ черешковъ и пластинокъ, изгибаться по направленію къ свѣту въ большей или меньшей степени, приводитъ къ этому результату. Такое геліотропическое изгибаніе ставитъ органы питанія въ наивыгоднѣйшія положенія въ отношеніи къ свѣту.

Развившіеся въ отсутствіи свѣта проростки, или же этиолированные побѣги зеленыхъ растений, перенесенныхъ въ темноту, отличающіеся уклоненіемъ отъ нормальной формы и недостаткомъ зеленого окрашиванія, прямо указываютъ, какъ могущественно вліяніе свѣта на развитіе этихъ органовъ. Кромѣ уменьшенія въ вѣсѣ и постояннаго образованія углекислоты въ темнотѣ, указывающихъ на необходимость интензивнаго свѣта для питанія зеленыхъ растений, существуетъ еще цѣлый рядъ явленій, доказывающихъ значеніе свѣта для нѣкоторыхъ опредѣленныхъ, жизненныхъ процессовъ, свойственныхъ опредѣленнымъ видамъ растений. Такъ, подвижныя клѣточки водорослей двигаются преимущественно въ плоскости падающаго луча, то на встрѣчу ему, то въ сторону противоположную, вращаясь при этомъ въ плоскости перпендикулярной къ падающему лучу; раздражительные, періодически-двигающіеся листья многихъ *Pariliona-ceae* и *Oxalideae*, сохраняютъ подвижность только въ томъ случаѣ, если они были подвергнуты дѣйствию свѣта, постоянная же темнота дѣлаетъ ихъ неподвижными и нечувствительными.

Все до сихъ поръ сказанное, относилось до растений, содержащихъ хлорофиллъ. На ряду съ ними существуетъ однако не малое число организмовъ, лишенныхъ этого вещества и независимыхъ отъ свѣта, или даже произрастающихъ съ успѣхомъ только въ темнотѣ. Независимость эта отъ силъ, возбуждаемыхъ свѣтомъ въ другихъ растеніяхъ, заставляетъ принять, что въ подобныхъ растеніяхъ процессъ питанія совершается безъ отдѣленія кислорода, которое возможно только при существованіи хлорофилла и при содѣйствіи свѣта; онѣ, слѣдовательно, принимаютъ для своего питанія вещества бѣдныя содержаніемъ кислорода и не требующія этого возстаповительнаго процесса. Подобный матеріалъ находятъ онѣ или въ тканяхъ растений, содержащихъ хлорофиллъ, на которыхъ и живутъ въ видѣ паразитовъ, или же извлекаютъ его изъ разлагающихся растительныхъ (и животныхъ) организмовъ, органическая матерія которыхъ при посредствѣ ихъ снова вступаетъ въ круговоротъ жизни. Поэтому растенія, лишенные хлорофилла и не пугдающіяся въ дѣйствіи свѣта, составляютъ никакъ не исключеніе, но служатъ подтвержденіемъ выше указанной зависимости растительности отъ свѣта.

Зависимость растений отъ свѣта открываетъ для опытнаго изслѣдованія столь же интересное, сколько и трудное поприще. Затруднительно оно вслѣдствіе того разнообразія различныхъ силъ, которыя присущи дневному свѣту. Каждый родъ свѣтовыхъ лучей, смотря по роду колебаній, долженъ быть рассмотрѣнъ какъ особенный, полезный для растенія, источникъ силъ. Недостаточно, слѣдовательно, искать причину явленія въ свѣтѣ вообще; задача состоитъ въ опредѣленіи того рода лучей, который является дѣйствующимъ въ данномъ случаѣ, что достигается чрезъ устраненіе извѣстныхъ частей спектра. Больше всего препятствовало до сихъ поръ изысканіямъ надъ вліяніемъ свѣта на растительность, недостатокъ общепринятельнаго фотометрическаго метода. Кромѣ трудности, представляемой опредѣленіемъ средней интензивности свѣта при продолжительномъ опытѣ, особенно трудно удовлетворить тому требованію, чтобы подобный методъ далъ возможность измѣрять именно тѣ лучи, которые оказываютъ вліяніе на опредѣленный растительный процессъ. Серебряныя соли и хлорогемучій газъ хотя и представляютъ средство къ опредѣленію силы химическаго дѣйствія извѣстныхъ источниковъ свѣта, но тѣмъ не менѣе подобныя наблюденія вовсе не приспособлены къ изученію отношенія свѣта къ усвоенію растений, такъ какъ фотометромъ подобнаго рода изучаются лучи, повидимому не оказывающіе вліянія на процессъ выдѣленія кислорода. Послѣдній гораздо болѣе зависитъ отъ яркостѣйшихъ, менѣе преломляющихся лучей, реакція которыхъ на серебряныя соли незначительна, или даже равна нулю. Ограничиться фотометрическимъ методомъ, опредѣляющимъ одни только цвѣтвые лучи, и притомъ въ совокупности, нельзя потому, что не всѣ они оказываютъ оди-

наковое физиологическое дѣйствіе; притомъ же многія явленія въ растеніяхъ, какъ напр. и геліотропическія изгибанія, зависятъ отъ лучей ультрафіолетовыхъ ¹⁾.

Наконецъ хорошей, для физиологическихъ цѣлей приспособленной, фотометрической методъ долженъ не упускать изъ вида и явленій флуоресценціи.

И такъ, въ настоящее время мы лишены всякой возможности сравнительнаго измѣренія силъ, проявляющихся при какомъ либо растительномъ процессѣ, съ интензивностію дѣйствующаго при этомъ свѣта. Поэтому, при наблюденіяхъ надъ вліяніемъ свѣта на растительность, возможно только, или избрать за единицу любое количество свѣта, которое можетъ быть опредѣлено, или же подвергать растеніе такимъ крайнимъ вліяніямъ, какъ дневной свѣтъ и темнота. Понятно, что такимъ образомъ исчезаетъ возможность указать, при какой именно интензивности свѣта данный процессъ начинается и при какой оканчивается, т. е. точно опредѣлить тѣ крайніе предѣлы яркости, между которыми онъ совершается. Не слѣдуетъ еще упускать изъ вида одного, нерѣдко встречающагося заблужденія. При наблюденіи нѣкоторыхъ растительныхъ явленій въ отсутствіи свѣта, часто дѣлается возраженіе, что онѣ происходятъ далеко не въ абсолютной темнотѣ. Возраженіе это основывается на несовѣмъ ясной логикѣ. Чтобы доказать зависимость явленія отъ температуры, достаточно показать, что при различныхъ положеніяхъ термометра, оно различнымъ образомъ видоизмѣняется. Никто не требуетъ произвести абсолютнаго отсутствія температуры. Когда такимъ же образомъ требуется доказать зависимость явленія отъ свѣта, то необходимо показать, что оно, при ослабленіи и усиленіи яркости послѣдняго, измѣняется по извѣстнымъ законамъ; если оно не измѣняется, то независимость его отъ свѣта доказана; но нѣтъ необходимости производить абсолютную темноту. Если напр. сѣмяноды зародыша *Pinus* точно также зелены въ глубокой темнотѣ, какъ и при дневномъ свѣтѣ, то это служитъ яснымъ доказательствомъ, что состояніе это не зависитъ отъ свѣта. Вводить же въ опытъ абсолютную темноту, было бы столько же невозможно, сколько и бесполезно.

а. Просвѣчиваніе частей растеній.

§ 2. Глубина, до которой свѣтовые лучи проникаютъ въ растительныя ткани, зависитъ съ одной стороны отъ степени ихъ преломляемости и интензивности, а съ другой отъ анатомическаго строенія и химическихъ свойствъ содержимаго клѣточекъ. Что болѣе интензивный лучъ, при равныхъ условіяхъ, проникаетъ глубже другихъ, это слѣдуетъ изъ закона поглощенія ²⁾. Что касается строенія тканей, то прежде всего слѣдуетъ обратить вниманіе на величину и форму межкѣльных промежутковъ, потому что отъ этого зависитъ то, какъ часто падающій лучъ долженъ переходить изъ клѣточной жидкости и пропитанныхъ влагою оболочекъ, въ пространства наполненныя воздухомъ. Эту зависимость легко показать, пнѣктируя подъ колоколомъ воздушнаго насоса межкѣльные промежутки водою. Тогда ткань подобно сырой бумагѣ просвѣчиваетъ сильнѣе. Можно произвести значительную степень непрозрачности, наполняя межкѣльные ходы воздухомъ и пропитывая сухія оболочки клѣточекъ красящимъ веществомъ, какъ это замѣчается при образованіи пробки и корки, имѣющихъ значеніе зашитающихъ и затемняющихъ покрововъ, такъ часто встрѣчаемыхъ у растеній. Естественную съ ними противоположность составляютъ гладкія, зеркальныя поверхности многихъ болѣе молодыхъ междоузлій, листьевъ и плодовъ, гдѣ часть падающихъ лучей, отражаясь, остается для внутреннихъ слоевъ потерянною. Съ другой стороны несомнѣнно, что густой, пушистый волосяной покровъ имѣетъ значеніе не только для поглощенія и испусканія лучей теплородныхъ, но и свѣтовыхъ. Впрочемъ, для подтвержденія этихъ явленій чувствуется недостатокъ въ наблюденіяхъ.

¹⁾ Сравни. *Wirkungen farbigen Lichts von Julius Sachs*, въ *Botan. Zeitg.* 1864 № 47—49.

²⁾ A. Wüllner, *Lehrbuch der Experimentalphysik*, I, 785.

Глубина, до которой лучи различнаго цвѣта (преломляемости) проникаютъ во внутренность просвѣчивающихъ тканей, зависитъ преимущественно отъ рода окраски соковъ и зернистыхъ осадковъ клѣточекъ. Мои наблюденія, единственные, сдѣланныя въ этомъ направленіи, приводятъ къ тому результату, что лучи свѣта поглощаются тѣмъ ближе къ поверхности какой-либо части растенія, тѣмъ преломляемость ихъ болѣе; такъ что вообще лучи ультрафіолетовые, фіолетовые и голубые, проникаютъ менѣе глубоко, чѣмъ зеленые, желтые и красные. Понятно, что попадающіяся въ тканяхъ красящія вещества заставляютъ быстрѣе исчезать то одинъ, то другой лучъ. Поэтому-то часть растенія, со всѣхъ сторонъ подверженная дѣйствию свѣтовыхъ волнъ, будетъ на различныхъ глубинахъ проникнута не только свѣтомъ различной силы, но и разнообразнымъ смѣшеніемъ лучей, такъ что до каждаго новаго, глубже лежащаго слоя, доходятъ неодинаковыя силы. При этомъ особенное значеніе имѣетъ присутствіе въ ткани хлорофилла. Слой ткани, съ значительнымъ содержаніемъ хлорофилловыхъ зеренъ, обуславливаетъ явленія поглощенія, аналогичныя съ замѣчаемыми при опытахъ съ алкоольнымъ растворомъ хлорофилла, который съ большою силою поглощаетъ лучи ультрафіолетовые, фіолетовые и голубые, опредѣленные части красныхъ и желтыхъ, и, кромѣ того, вызываетъ особое явленіе флуоресценціи. Поэтому, въ томъ мѣстѣ, гдѣ на поверхности какой-либо объемистой части растенія находятся слои содержащіе хлорофиллъ, болѣе глубокия части ткани получаютъ свѣтъ подобный тому, если бы онѣ находились подъ алкоольнымъ растворомъ хлорофилла, т. е. преимущественно лучи красные и зеленые. Исходя изъ принципа о постоянствѣ силъ, мы должны принять, что сила, присущая поглощаемымъ лучамъ, не пропадаетъ, но превращается въ другіе виды движенія, такъ что поглощаемые лучи, если они только не служатъ къ образованію флуоресцированныхъ, менѣе преломляющихся лучей, должны оказывать химическія или термическія дѣйствія на поглощающія ихъ части.

Такимъ образомъ дѣлается вообще понятнымъ, почему хлорофилловыя зерна, въ которыхъ преимущественно совершаются фотохимическіе процессы, представляютъ явленія такого энергическаго и многосторонняго поглощенія. Поэтому-то лучи, прошедшіе сквозь богатую хлорофилломъ ткань, уже болѣе не въ состояніи въ глубже лежащихъ слояхъ возбудить тѣ же силы, какія ими возбуждаются въ болѣе поверхностныхъ частяхъ; съ этимъ, вѣроятно, въ связи тотъ фактъ, что листья, стѣнки клѣточекъ которыхъ сплошь усеяны хлорофилловыми зернами, состоятъ только изъ небольшого числа слоевъ, между тѣмъ какъ въ тѣхъ случаяхъ, когда зеренъ мало и они лежатъ въ клѣточкахъ разрозненными, ткань состоитъ изъ бѣльшаго числа слоевъ.

Для опредѣленія глубины, до которой лучъ съ замѣтною еще для глаза интензивностью проникаетъ въ ткани, я употребляю диафаноскоп¹⁾ (фиг. 1; *aa* — цилиндрическая трубка изъ толстой папки, внизу открытая и обрѣзанная такъ, что край ея плотно приходится къ окружности глаза. На закрытую верхнюю часть надвигается подобная же, болѣе короткая, сверху тоже закрытая дномъ трубка *bb*. Дно обѣихъ трубокъ снабжено отверстіями *oo* въ 1 ст. въ пошереникѣ. Исследуемый кусокъ ткани вставляется подобно *c* на рисунокъ, и трубка нижнимъ краемъ плотно прикладывается къ глазу, такъ чтобы свѣтъ никакъ не могъ проникнуть съ боковъ; отверстіе *o* направляется къ солнцу, бѣлому облаку или голубому небу. Иногда

¹⁾ Ueber die Durchleuchtung der Pflanzentheile, von J. Sachs, въ Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wiss. Wien, 1860, XLIII.

проходить много времени, прежде чѣмъ незамѣтный свѣтъ сдѣлается при о видимымъ. Если на мѣсто с помѣститъ нѣсколько слоевъ свѣжихъ зеленыхъ листьевъ, и употребитъ свѣтъ отъ блага, освѣщеннаго полуденнымъ солнцемъ, облака, то при о замѣчается слѣдующее:



ф. 1.

Объектъ.	Прошедшій свѣтъ.
3 молодыхъ вишневыхъ листа.....	свѣтлый, ярко-зеленый.
4 » вишневыхъ »	слабый, красно-бурый.
5 вишневыхъ листьевъ.....	свѣта незамѣтно.
7 слоевъ изъ листьевъ Sonchus asperg.....	слабый, багряно-красный.
9 то же.....	свѣтъ не прошелъ.
6 листьевъ Cynanchum Vinceto- xicum	слабый, багряно-красный.
5 листьевъ Polygonum Fagopyrum	свѣтло-зеленый.
8 то же.....	темный, багряно-красный.
Кусокъ неснѣлаго яблока въ 3 ст. толщины.....	свѣтло-зеленый, интенсивный.
Кусокъ брюквы съ кожицей, въ 3 ст. толщины.....	слабый, свѣтло-зеленый.
То же, безъ зеленой кожицы и толь- ко въ 2 ст. толщины.....	безцвѣтный, весьма интенсивный.
Картофель съ двойною кожицей и въ 3,7 ст. толщины.....	красный.

Продольная¹⁾ половина междузлія Sambucus nigra (начало мая), которое было въ 10 миллим. толщины, пропускала поперегъ, сквозь кору, древесину и сердцевину, интенсивный свѣтло-зеленый свѣтъ, хотя падалъ только пасмурный отраженный отъ неба свѣтъ; при подобномъ освѣщеніи проходилъ свѣтло-зеленый свѣтъ и чрезъ молодой абрикосъ въ 14 миллим. толщины. Молодая смква въ 18 миллим. толщины, пропускаетъ, при солнечномъ освѣщеніи, свѣтло-зеленый свѣтъ до самой внутренней полости и т. д.



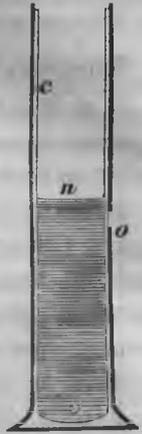
ф. 2.

Для анализа свѣта, проникающаго чрезъ различной толщины ткани, я употреблялъ въ 1860 г. (Ueber Durchleuchtung der Pfl. Th. I. c.) инструментъ, который называлъ анализирующимъ диафаноскопомъ. Усовершенствованную форму послѣдняго представляеть спектроскопъ, фиг. 2²⁾; а, с, d вычерненные латунныя трубки, плотно вдвигаются одна въ другую. На діафрагмѣ e прикрѣплены два гравезацедона острія, изъ коихъ одно передвигается помощію винта s. Отверстіе при e отъ діафрагмы b находится на разстояніи 15 стм., ширина трубки a—3,6 см. Лучъ свѣта LL чрезъ отверстие e и діафрагму b, достигаетъ до флинтгласовой призмы P, ось которой лежитъ въ плоскости поперечнаго разрѣза трубки c, и она можетъ вращаться помощію выходящей наружу рукоятки. Разложенный лучъ достигаетъ глаза чрезъ боковое отверстие въ трубкѣ d d. Испытуемые куски ткани укрѣпляютъ передъ щелью, подобно тому, какъ на фиг. 1. Для изслѣдованія же слоевъ жидкости различной толщины, въ трубку aa, надъ остріями, вдвигается часть особеннаго устройства: g черная роговая трубка съ вдающеюся во внутрь кольцеобразною частію по срединѣ. Сперва ввинчиваютъ въ нее, помощію трубки со спиральными нарѣзами, одну изъ стекляннхъ пластинокъ x. Потомъ, наполнивъ пространство R жидкостью, накладываютъ другую пластинку x и плотно привинчиваютъ ее посредствомъ подобнаго же механизма. Подъ каждую стеклянную пластинку подкладываютъ каучуковое кольцо. Необходимо имѣть нѣсколько подобныхъ сосудовъ, дабы варьировать толщину пропускающаго свѣтъ пространства R. Пробковое кольцо k служитъ для болѣе плотнаго ввинчиванія роговой трубки въ трубку aa.

¹⁾ Ueber den Einfluss des Tageslichts auf Neubildung und Entfaltung von J. Sachs, въ Bot. Zeitg. 1863. Beilage p. 2.

²⁾ Wirkungen farbigen Lichts von J. Sachs in Bot. Zeitg. 1864.

Чтобы удостовѣриться въ прохожденіи чрезъ ткань ультра-фіолетовыхъ, флуоресцирующихъ лучей, я употреблялъ ¹⁾ стеклянный цилиндръ с с (фиг. 3), обклеенный нѣсколькими слоями черной бумаги, снабженной при о горизонтальной щелью. Цилиндръ наполняютъ до n растворомъ сѣрнокислаго хиинина. Къ щели о плотно прикладываютъ испытуемую часть растенія и направляютъ къ источнику свѣта (солнце, бѣлое облако). Глазъ плотно помѣщается у верхняго отверстія сосуда.



ф. 3.

Если данная растительная часть пропускаетъ флуоресцирующіе лучи, то въ растворѣ замѣчается исходящій отъ о, красивый голубой свѣтовой пучокъ. Помощію описаннаго анализирующаго диафаноскопа и прибора фиг. 3, я въ 1860 г. (Durchleuchtung d. Pfl. Th. I. с.) показалъ, что въ тканяхъ бѣдныхъ, или совершенно лишенныхъ хлорофилла, ультра-фіолетовые лучи уже тонкими слоями ослабляются и уничтожаются; фіолетовые проникаютъ глубже, голубые еще далѣе, наконецъ исчезаютъ большею частью зеленые и красные.

Далѣе я показалъ, что различной толщины слои свѣжихъ зеленыхъ листьевъ даютъ спектры, подобные получаемымъ при употребленіи различной толщины алкоольнаго раствора хлорофилла, и что красящее вещество хлорофилловыхъ зеренъ оказываетъ на свѣтъ дѣйствіе, аналогичное съ алкоольнымъ экстрактомъ послѣднихъ.

Фактъ этотъ былъ указанъ въ 1862 г. Зимлеромъ (Simmler) и въ 1863 г. Валентиномъ (Valentin) ²⁾. Флуоресцирующіе въ хиинномъ растворѣ лучи, поглощаются весьма энергично зелеными листьями. Если обезсвѣтить листья алкоолемъ при дѣйствіи солнечныхъ лучей, то свойственныя хлорофиллу явленія поглощенія исчезаютъ, и спектръ пропускается отъ красныхъ до фіолетовыхъ лучей. Хлорозные и этиолированные листья относятся къ свѣту такимъ же образомъ, и даже не препятствуютъ флуоресценціи, вызываемой хииннымъ растворомъ. Но этиолированные листья, подвергнутые втеченіи нѣсколькихъ часовъ дѣйствію свѣта, и начавшіе зеленѣть, препятствуютъ флуоресценціи, и въ спектрѣ являются полосы, доказывающія поглощеніе лучей хлорофилломъ (Sachs I. с. р. 278). Я приведу еще для примѣра слѣдующія изъ моихъ изслѣдованій надъ просвѣчиваніемъ; бѣлая облака были при этомъ источникомъ свѣта.

Объектъ.

Прошедшій свѣтъ.

Клубень картофеля: кожица его	.....	весь спектръ, незначительная флуоресценція.
Кружокъ паренхимы 1 мм. толщ.	.....	весь спектръ, сильная флуоресценція.
» » 7 » »	.....	весь спектръ, флуоресценція не замѣчается.
» » 10 » »	.....	спектръ отъ красныхъ до голубыхъ лучей.
» » 32 » »	.....	спектръ отъ красныхъ до зеленыхъ лучей.
Неспѣлое яблоко		
Слой съ кожицей 2 мм. толщ.	.....	спектръ отъ красныхъ до фіолетовыхъ лучей, флуоресценція.
Слой безъ кожицы 6 мм. толщ.	.....	спектръ отъ красныхъ до голубыхъ лучей.
» » » 10 » »	.....	спектръ отъ красныхъ до зеленыхъ лучей.
» » » 23 » »	.....	спектръ отъ красныхъ до зеленыхъ лучей (очень узкій).

Почти излишне замѣчать, что при увеличеніи толщины частей растенія, не только рядъ цвѣтныхъ полосъ спектра сокращается, но и оставшіеся цвѣта дѣлаются менѣе яркими. Спектральный анализъ свѣжихъ разноцвѣтныхъ лепестковъ и другихъ окрашенныхъ (не зеленыхъ) тканей, далъ большое разнообразіе результатовъ, еще не подведенныхъ подъ общій законъ, и важныя физиологическія значенія которыхъ еще не изслѣдованы ³⁾. Столь же мало извѣстно физиологическое значеніе флуоресценціи внутри ткани ⁴⁾. Все изложенное въ этомъ §

¹⁾ Durchleuchtung der Pflanzentheile. I. с.

²⁾ Der Gebrauch des Spectroskops zu physiol. und ärztl. Zwecken von Valentin, 1863, p. 69 ff., гдѣ можно также найти подробности о хлорофилловомъ спектрѣ. О томъ же см. Harting, въ Pogg. Ann. Bd. 96, 1855, p. 543.

³⁾ Сравн. Durchleuchtung, p. 291, и Valentin, Gebrauch des Spectroskops, p. 71.

⁴⁾ Stockes in Pogg. Ann. Ergänzung IV, и Philos. Transactions, 1852, II p. 403, также Sachs въ Flora 1862, p. 210 ff.

должно подвергнуться основательной и всесторонней обработкѣ. Все, что до сихъ поръ извѣстно — не болѣе какъ памеки, и если я, несмотря на это, привожу такой бѣдный и полный пробѣловъ научный матеріалъ, то это потому, что на мой взглядъ, опыты подобнаго рода должны въ будущемъ положить основаніе изслѣдованіямъ вліянія свѣта на растительность.

в. Вліяніє свѣта на происхождение и разрушеніе красящихъ веществъ растеній.

§ 3. У всѣхъ мною испытанныхъ одно- и двусѣмянодныхъ, происхождение красящаго вещества хлорофилла связано съ дѣйствіемъ довольно сильнаго свѣта. Если освѣщеніе дойдетъ до извѣстнаго, не точно опредѣленнаго *minimum*, то разившіеся въ темнотѣ листья окрашиваются вмѣсто зеленаго, въ свѣтло-желтый цвѣтъ. Совершенно иначе относятся къ свѣту сѣмянодоли *Pinus* и *Thuja* (можетъ быть и всѣхъ голосѣмянныхъ). Они въ зародышевомъ состояніи безцвѣтны, во время же проростанія въ совершеннѣйшей темнотѣ, какъ и при свѣтѣ, развиваютъ зеленое красящее вещество. По нѣкоторымъ, еще незаконченнымъ наблюденіямъ, не лишено вѣроятія, что и вай паноротниковъ представляютъ подобное же явленіе. На счетъ остальныхъ тайнобрачныхъ еще ничего не извѣстно. Во всякомъ случаѣ, зеленѣніе, несмотря на то, зависитъ ли оно отъ свѣта или нѣтъ, всегда находится въ зависимости отъ опредѣленной температуры, выше извѣстнаго *minimum*, свойственнаго каждому растенію. Во многихъ случаяхъ *minimum* этотъ лежитъ выше нулевой точки температуры для роста листьевъ, такъ что они могутъ при температурахъ, лежащихъ между этими предѣлами, развиваться не зеленѣя. Въ подобныхъ обстоятельствахъ листья одно- и двусѣмянодныхъ, даже при яркомъ свѣтѣ, остаются желтыми, а сѣмянодоли *Pinus* и въ темнотѣ не зеленѣютъ.

И такъ, вліяніе опредѣленныхъ температуръ составляетъ непремѣнное и общее условіе для процесса зеленѣнія, тогда какъ дѣйствіе свѣта въ нѣкоторыхъ случаяхъ оказывается излишнимъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда свѣтъ дѣлается необходимымъ факторомъ при зеленѣніи, рождается вопросъ, какіе именно лучи здѣсь дѣйствуютъ? На основаніи имѣющихся наблюденій довольно вѣроятно, что всѣ части спектра могутъ обусловливать развитіе зеленаго красящаго вещества, но что самыми энергическими дѣятелями служатъ яркосвѣтящіеся желтые и сосѣдніе съ ними лучи. Дѣйствіе свѣта на образованіе хлорофилла не пропорціонально (что можно прямо доказать) дѣйствію того же свѣта на хлористое серебро.

При развитіи хлорофилловыхъ зеренъ, какъ я показалъ ¹⁾, слѣдуетъ различать процессъ образованія самыхъ зеренъ, отъ развитія содержащагося въ нихъ красящаго вещества. Первое происходитъ такимъ образомъ, что стѣнокложная протоплазма распадается на отдѣльные стѣнокложные участки или зерна, совершенно какъ при образованіи стѣнокложныхъ гонидій у нѣкоторыхъ водорослей. У одно- и двусѣмянодныхъ процессъ этотъ можетъ совершаться и въ темнотѣ, что я и наблюдалъ у *Phaseolus multiflorus*, *Cucurbita*, *Beta vulgaris*, *Helianthus annuus* и *tuberosus*, *Dahlia variabilis* и *Allium Cera* ²⁾. При такихъ условіяхъ, образуются желтыя хлорофилловыя зерна, которыя зеленѣютъ и увеличиваются, если подвергнуть растеніе дѣйствію свѣта. При нормальномъ ростѣ, образованіе красящаго вещества и формированіе зеренъ обыкновенно совершаются одновременно; иногда замѣчается также зеленое окрашиваніе протоплазмы передъ распаденіемъ ея на зерна ³⁾. И такъ оба процесса, не-

¹⁾ *Lotos*, Prag 1859, *Januar* и *Botan. Zeitg.* 1862, p. 365 и 1864, p. 289.

²⁾ Сравни. относящіяся сюда данныя А. Гри (Arthur Gris) въ *Ann. des sc. nat.* 1857: *Recherches microscopiques sur la chlorophylle*.

³⁾ *Cucurbita* und *Vicia Faba*, *Bot. Zeitg.* 1862, p. 366.

обходимые для развитія хлорофилловаго зерна, въ извѣстномъ смыслѣ независимы другъ отъ друга, и только химическій актъ зеленія находится, у вышепоименованныхъ классовъ растений, въ непосредственной зависимости отъ свѣта. Очень возможно, что только одна кака-либо составная часть зеленого красящаго вещества требуетъ для своего образованія вліянія свѣта. Дѣйствительно, по даннымъ Фреми¹⁾, дѣлается возможнымъ, что хлорофилловая зелень состоитъ изъ смѣси голубой и желтой составныхъ частей, и что послѣдняя есть то самое красящее вещество, которое придаетъ развившимся въ темнотѣ зернамъ свойственный имъ цвѣтъ. Изъ этого бы слѣдовало, что въ этиолированныхъ растенияхъ, подвергнутыхъ дѣйствию свѣта, развивается не зеленое, но голубое вещество, которое съ имѣющимся уже тамъ желтымъ, образуетъ зеленый цвѣтъ. Опытъ Фреми, требующій, впрочемъ, дальнѣйшей разработки, состоитъ въ слѣдующемъ: онъ вливалъ въ зеленій алкогольный экстрактъ хлорофилла смѣсь 2-хъ частей по объему ээира и 1 части разбавленной соляной кислоты. Послѣ взбалтыванія, надъ окрашенной въ голубой цвѣтъ соляной кислотой, собирався слой ээира желтаго цвѣта. Въ клѣточкахъ, въ которыхъ зеленое красящее вещество развивается безъ посредства свѣта, существуетъ, можетъ быть, особое вещество, дѣйствующее на способную окраситься протоплазму, какъ въ другихъ случаяхъ свѣтъ. Въ пользу этого предположенія говоритъ открытый мною фактъ²⁾, что этиолированныя хлорофилловыя зерна, и даже протоплазма этиолированныхъ клѣточекъ, еще не распавшаяся на отдѣльныя зерна, принимаютъ отъ дѣйствія дымящейся сѣрной кислоты зеленое окрашиваніе, совершенно подобное тому, которое получается при дѣйствіи той же кислоты на готовый зеленый хлорофиллъ. То, что извѣстно о химическомъ составѣ зеленого вещества хлорофилла, еще не даетъ ключа къ дальнѣйшимъ заключеніямъ³⁾. Объ отношеніи желѣза къ образованію хлорофилла, см. въ статьѣ «Питательныя вещества».

Прежнія предположенія о зеленіи въ темнотѣ, и также часто цитируемое мнѣніе Гумбольдта, частью невѣрны, а частью не обладаютъ достаточною научною точностью⁴⁾. Долго ошибочно думали, что зеленые зародыши многихъ растений служатъ доказательствомъ образованія хлорофилла безъ содѣйствія свѣта; напротивъ, какъ это слѣдуетъ изъ моихъ наблюденій надъ просвѣчиваніемъ тканей, это явленіе служитъ подтвержденіемъ тому, что свѣтъ проникаетъ здѣсь чрезъ плодики и сѣмянную оболочку, въ достаточномъ количествѣ для того, чтобы обусловить процессъ зеленія. То же видно и изъ опыта И. Бѣма (J. Böhm, Сравни. Bot. Zeitg 859, p. 28), имъ самимъ невѣрно истолкованнаго, гдѣ зародыши *Acer*, *Raphanus*, *Astragalus*, *Celtis*, развиваясь въ темнотѣ, не зеленѣли. Первое доказательство образованія хлорофилла въ темнотѣ, представили мнѣ зародыши *Pinus Pinea* 1859 (*Lotos loc. cit.*), потомъ *P. sylvestris*, *P. canadensis*, *Strobus* и *Thuja orientalis*⁵⁾. Здѣсь сѣмянодоли, сперва безцвѣтныя, зеленѣютъ даже въ томъ случаѣ, если онѣ окружены въ прорастающемъ сѣмени непрозрачнымъ бѣлкомъ, сѣмянной оболочкой и слоемъ земли въ 1—2 д. толщины, причѣмъ сосудъ, въ которомъ посажены сѣмена, закрытъ непросвѣчивающимъ призматическимъ и поставленъ въ темное мѣсто. Прорастающія въ то же время и въ тѣхъ же сосудахъ сѣмена злаковъ, врестоцвѣтныхъ и др., совершенно не зеленѣютъ. Вышеупомянутое зеленіе лапоротниковъ, основывается на опытѣ съ сильными корневищами *Adiantum capillus Veneris*, *Polypodium vulgare*, *Aspidium spinulosum*, *Scolopendrium officinarum* и *Pteris chrysocarpa*; я отрѣзалъ у нихъ всѣ вайи, даже самыя молодыя, только что пробивающіяся изъ подъ земли, и помѣстилъ ихъ для дальнѣйшаго развитія въ глубокую темноту. Образовавшіяся при такихъ обстоятельствахъ вайи были снабжены длинными черешками, пластинки ихъ были до крайности малы и впродолженіи цѣлыхъ мѣсяцевъ оставались въ состояніи почкосоженія, но тѣмъ не менше представляли яркое зеленое окрашиваніе. Можетъ быть, что большая часть этого хлорофилла образовалась въ почкѣ уже ранѣе, но, у названныхъ породъ, зарождающіяся части почки защищены отъ свѣта плотно облегающими ихъ

¹⁾ Ann. des sc. nat. 1860, t. XIII, p. 45.

²⁾ *Lotos*, Prag 1859, Januar.

³⁾ Pfaundler въ Ann. der Chem. u. Pharm. XII, p. 37.

⁴⁾ Сравни. De Candolle Physiologie II, 694 u. 704 übersetzt von Röper.

⁵⁾ *Flora*, 1862. p. 213, 1864, № 32; Hugo von Mohl (*Bot. Zeitg.* 1861 p. 258) показалъ, что развившееся въ темнотѣ красящее вещество зародыша *Pinus Pinea*, есть хлорофиллъ. Оно связано съ зернами, при дѣйствіи сѣрной кислоты окрашивается, какъ и настоящій хлорофиллъ, въ зеленовато-голубой цвѣтъ, а алкогольный растворъ флуоресцируетъ краснымъ цвѣтомъ.

болѣе старыми частями, а частью также и окружающей землею. Если принять еще въ соображеніе, что папоротники и безъ того растутъ въ тѣнистыхъ мѣстахъ, то свѣтъ, достигающій до молодыхъ вай, можетъ имѣть только очень незначительную интензивность. Бѣмъ (J. Böhm), публиковалъ въ 1863 совершенно уединенное наблюденіе ¹⁾, что сѣмянодоли *Pinus Pineae*, проростая при 5°—7° R, не зеленѣютъ, но онъ не обратилъ вниманія на общее законное отношеніе температуры къ зеленѣнію. Я же показалъ, напротивъ (*Flora* 1864 № 32), что температура во всѣхъ случаяхъ, при свѣтѣ и темнотѣ, обуславливаетъ зеленѣніе, что хлорофиллъ развивается только при температурѣ выше опредѣленнаго *minimum*, и что одно- и двусѣмяно-дольныя требуютъ, кромѣ того, еще участія свѣта.

Сѣмянодоли *Pinus Pineae* и *P. canadensis*, проростая при 11°—7° Ц., оставались или совершенно, или частью желтыми. Это показываетъ (что Бѣмъ упустилъ изъ вида), что извѣстная температура, необходимая для роста зародышныхъ частей, не всегда въ состояніи произвести зеленѣніе. Я наблюдалъ это интересное явленіе въ природѣ, во время холоднаго лѣта 1862 г., у *Holcus saccharatus*, *Zea Mais*, *Setaria italica*, *Cucurbita Pepo*, *Phaseolus multiflorus* и *vulgaris*. Такъ какъ холодная температура іюня была достаточна для роста новыхъ листьевъ этихъ растений, но не для зеленѣнія ихъ, то они оставались желтыми, хотя и освѣщались дневнымъ свѣтомъ; впослѣдствіи же, при болѣе теплой погодѣ, они окрасились въ зеленый цвѣтъ. Мои (l. c.) наблюденія также показали, что листья этиолованныхъ проростковъ *Phaseolus multiflorus*, подверженные дѣйствію свѣта, при 30°—33° Ц., позеленѣли въ продолженіи немногихъ часовъ, но окруженные непрозрачною покрывкой, оставались совершенно безъ измѣненія; при 17°—20° зеленѣніе при дѣйствіи свѣта шло гораздо медленнѣе, а при 8°—10° Ц. въ продолженіи 7-ми часовъ не оказалось и слѣда зеленого окрашиванія. При температурѣ ниже 6° Ц. листья этиолованныхъ растений оставались желтыми, даже послѣ 15-ти дневнаго дѣйствія свѣта. Этиолованные прорастающіе экземпляры *Zea Mais*, находясь втеченіи 7-ми часовъ въ темнотѣ, при температурѣ 34°—25° Ц., не позеленѣли; въ комнатѣ, при слабомъ освѣщеніи, уже черезъ 1½ часа замѣтно было окрашиваніе, а по прошествіи 7-ми часовъ листья сдѣлались совершенно зелеными. При температурѣ 16—17° Ц. при томъ же освѣщеніи, слѣды хлорофилла показались только черезъ 5 часовъ; при 13°—14° Ц. даже въ продолженіи 7-ми часовъ не замѣчалося измѣненія, а при температурѣ ниже 6° Ц. даже послѣ 15-ти-дневнаго дѣйствія свѣта, желтый цвѣтъ остался безъ перемѣны. Напротивъ того, этиолованные проростки *Brassica Napus* ²⁾, стоя на окошкѣ при 7°—14° Ц., позеленѣли черезъ 24 часа, а при 3°—5° Ц. черезъ 3 дня показались только слѣды зелени, развившейся окончательно лишь по прошествіи 7-ми дней. Молодые желтые листочки *Allium Cera* (пробивающіеся изъ луковиць) на открытомъ воздухѣ, при 0°—9,4° Ц., втеченіи 9-ти часовъ, оставались желтыми; при 15° Ц. и болѣе слабомъ освѣщеніи сдѣлались свѣтло-зелеными, а при комнатномъ освѣщеніи и температурѣ 20—30° Ц. достигли почти нормальнаго цвѣта. Этиолованные листья прорастающихъ луковиць *Allium Cera*, въ комнатѣ, въ пасмурный день, дали слѣдующіе результаты: въ темнотѣ, при температурѣ 33°—36° Ц., черезъ 4 часа, оставались безъ измѣненія желтыми, на свѣтѣ явственно зеленѣли, при 13—14° Ц. желтый цвѣтъ даже на свѣтѣ не измѣнился. Эти и другія наблюденія надъ *Carthamus tinctorius* и *Cucurbita Pepo* положительно доказываютъ, что зеленѣніе обуславливается въ этихъ растенияхъ не только дѣйствіемъ одного свѣта, или одной высокой температуры, но что процессъ этотъ требуетъ одновременнаго дѣйствія теплоты и свѣта опредѣленной интензивности. При одинаковомъ освѣщеніи, возвышеніе температуры ускоряетъ процессъ зеленѣнія; у *Cucurbita* зеленѣніе увеличивается, по видимому, пропорціонально квадратамъ температуръ, что требуетъ впрочемъ дальнѣйшихъ изысканій. Когда, при подобныхъ наблюденіяхъ, требуется высокая температура, то я употребляю аппаратъ, описанный въ статьѣ «О дѣйствіяхъ теплоты».

Вліяніе свѣта на зеленѣніе совершенно мѣстное, и ограничивается только мѣстами, на которыя непосредственно падаютъ лучи, не распространяясь на сосѣднія части, находящіяся въ тѣни. Если обернуть этиолованный листъ тонкою свинцовою полоскою, и выставить на свѣтъ, то окрашивается освѣщенная часть, а часть, закрытая пластинкой, остается безъ измѣненія. Но для этого требуется, чтобы свинцовая полоска плотно прилежала къ листу. Въ противномъ случаѣ подѣ

¹⁾ Sitzungsber. der k. k. Akad. der Wiss. Wien, 1863, XLVII, p. 349.

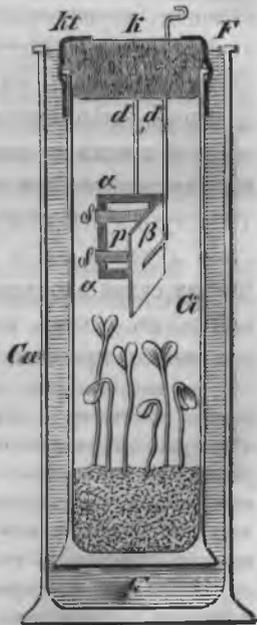
²⁾ Растеніе это требуетъ для прорастанія температуру гораздо ниже, чѣмъ предыдущіе виды.

нее можетъ проникнуть достаточное количество свѣта, и если солнечные лучи падаютъ на листь, то оттѣсная часть позеленѣетъ ранѣе другихъ, ибо полоска нагрѣвается, а возвышеніе температуры можетъ и при болѣе слабomъ освѣщеніи обусловить быстрѣйшее окрашиваніе. Я убѣдился въ этомъ на *Zea Mais*. Подобнымъ же образомъ объясняется, почему этиолоированные экземпляры *Mais*, окруженные сверткомъ бумаги, и выставленные на солнечный свѣтъ, зеленѣютъ ранѣе, чѣмъ безъ этой покрывки, которая содѣйствуетъ большому нагрѣванію заключающагося въ ней растенія ¹⁾.

Кромѣ солнечныхъ лучей, и другіе свѣтовые источники въ состояніи обусловить окрашиваніе хлорофилла. П. Декандоль (P. Decandolle) ²⁾ наблюдалъ зеленѣніе этиолоированныхъ ростковъ *Lepidium sativum*, *Sinapis alba*, *Myagrimum sativum* при свѣтѣ 6-ти аргантовыхъ лампъ.

По Герве Мангону (Hervé Mangon) ³⁾ сильный электрической свѣтъ окрашиваетъ листья ржи въ яркій зеленый цвѣтъ.

Вліяніе различныхъ цвѣтовыхъ лучей на зеленѣніе этиолоированныхъ растений было наблюдаемо Добенеємъ (Daubeneay), Д. П. Гарднеромъ (D. P. Gardner), Гунтомъ (Hunt), Гюльменомъ (Guillemain) и мною. Я привожу здѣсь только результаты Гюльмена и употребленную мною методу; что же касается остальныхъ изслѣдованій, то отсылаю къ моей статьѣ въ *Bot. Zeitung* за 1864 г. Гюльменъ ⁴⁾ по примѣру Гарднера, вводилъ прорастающія растеніица (ячмень) въ раздѣленные ширмами части солнечнаго спектра, полученнаго имъ въ темной комнатѣ, посредствомъ призмъ изъ горнаго хрустала, каменной соли и флинтгласа. Онъ наблюдалъ быстроту и яркость окрашиванія (о необходимыхъ при опытѣ предосторожностяхъ слѣдуетъ справиться въ его статьѣ) и пришелъ къ слѣдующему заключенію: «Если кривую, изображающую интензивность цвѣтовыхъ лучей (солнечнаго спектра), продолжить съ одной стороны до самыхъ вышнихъ флуоресцирующихъ лучей, а съ другой до maximumъ теплоты, не понижая ее разомъ на сторонѣ красныхъ и фиолетовыхъ лучей, то каждая точка этой кривой приблизительно будетъ выражать относительную способность различныхъ лучей обусловливать развитие хлорофилла». Такъ, наибольшую силу обладаютъ желтые и сосѣдніе съ ними лучи, что вполне совпадаетъ съ прежними показаніями Гарднера. Изъ этого уже слѣдуетъ, что дѣйствіе свѣта на зеленѣніе не пропорціонально дѣйствію его на серебряныя соли и хлорокремучій газъ. Гарднеръ показалъ уже, что свѣтъ, пропущенный черезъ растворъ двухроміслага кали и утратившій способность реагировать на дагерротипную пластинку, въ состояніи еще окрашивать растенія въ зеленый цвѣтъ. Я еще опредѣленнѣе доказалъ ⁵⁾ несопадѣніе обоихъ дѣйствій, помощію аппарата фиг. 4. Въ два равные и безцвѣтные стеклянные цилиндра, *Ci*, насыпаютъ на нѣсколько сантим. вышины земли или песку (*e*) для принятія сѣмени. Цилиндры окружаютъ непрозрачною покрывкой, и когда этиолоированные проростки достаточно развили первые желтые листики, ихъ ставятъ въ большіе сосуды *Cn*, тоже изъ безцвѣтнаго стекла; но прежде еще въ каждый цилиндръ *Ci* плотно вставляютъ пробку *k*, и закрываютъ сверху того каучуковою пластинкою *kt*. Черезъ пробку *k* проходитъ проволока *d*, съ прикрѣпленною къ ней картонною пластинкою $\alpha\alpha$. Эта пластинка обклеена чернымъ бархатомъ, на которомъ натянуты 2 поперечныя оловячныя полоски $\delta\delta$, служащія для укрѣпленія куска свѣжеприготовленной фотографической бумаги (альбуминная бумага, смоченная азотнокислою окисью серебра и поваренной солью); β такой же величины картонная пластинка, тоже обтянутая чернымъ бархатомъ, которая вращается помощію проволоки *d'* съ выдающимся загнутымъ концомъ. Пространство между обоими цилиндрами въ одномъ изъ аппаратовъ наполняютъ насы-



ф. 4.

¹⁾ Сравни мои данныя въ *Flora*, 1862, p. 214.

²⁾ *Mém. prés. à l'institut des sc. par divers savans: Math. et Phys.* 1860, T. I, p. 332.

³⁾ *Comptes rendus*, 1861, p. 243.

⁴⁾ *Production de la Chlorophylle etc. Ann. des sc. nat.* 1857, VII, p. 160.

⁵⁾ *Wirkungen farbigen Lichts auf Pfl. in Bot. Zeitg.* 1864.

ценнымъ растворомъ двухромокислаго кали (K'), а въ другомъ — аммоніакальнымъ растворомъ сѣрнокислой мѣдноамміачной соли, на столько темнымъ, что опредѣленной толщины слой этого раствора мало или совершенно не пропускаетъ красныхъ, желтыхъ и зеленыхъ лучей. Эти аппараты устанавливаются въ темномъ мѣстѣ, и пластинку β сперва приставляютъ къ пластинкѣ α . Потомъ оба прибора ставятъ одинъ подлѣ другаго на свѣтлое, но не освѣщенное непосредственно солнцемъ мѣсто, и отворачиваютъ пластинку β , такъ что свѣтъ, падающій черезъ жидкость, освѣщаетъ, какъ растенія, такъ и бумагу p . По окончаніи опыта, пластинку α снова закрываютъ пластинкой β , а аппараты вносятъ въ темное пространство и разнимаютъ для узнанія результата. Оранжевый растворъ хромовой кислоты при толщинѣ отъ 1—2 сантим. пропускаетъ только красные, оранжевые, желтые и отчасти зеленые лучи. Напротивъ того, правильно концентрированный растворъ мѣдноамміачной жидкости большею частью, или совершенно поглощаетъ ихъ, а пропускаетъ голубые, фіолетовые и ультрафіолетовые лучи. Свѣтъ, падающій черезъ первый растворъ, совершенно утрачиваетъ свое дѣйствіе на фотографическую бумагу; прошедшій же черезъ темно-голубой растворъ, обладаетъ въ высокой степени этою способностью. Опыты, сдѣланные надъ *Triticum vulgare*, *Carthamus tinctorius*, *Sinapis alba*, *Pisum sativum*, *Lupinus albus* и *Zea Mais*, показали, что этиологированные листья въ свѣтлыхъ лучахъ оранжеваго раствора позеленѣли точно также, или немного скорѣе, чѣмъ при дѣйствіи голубыхъ лучей, тогда какъ фотографическая бумага въ первомъ случаѣ осталась безъ перемѣны, или только весьма незначительно измѣнилась, а во второмъ дала сильную и ясную реакцію (побурѣла). (Подробности можно найти въ названной моей работѣ.)

§ 4. Разрушеніе зеленого красящаго вещества дѣйствіемъ свѣта. Алкоольный экстрактъ изъ частей растенія, содержащихъ хлорофиллъ, разлагается при дѣйствіи солнечныхъ лучей такимъ образомъ, что зеленый цвѣтъ пропадаетъ, а остается растворъ болѣе или менѣе чистаго желтаго цвѣта. При непосредственномъ дѣйствіи солнечныхъ лучей, измѣненіе это идетъ весьма быстро, но при разсѣянномъ дневномъ свѣтѣ несравненно медленнѣе. Хлорофиллъ разныхъ растений повидимому обладаетъ въ этомъ отношеніи различною чувствительностью, и въ старыхъ листьяхъ уничтожается медленнѣе, нежели въ молодыхъ, что требуетъ впрочемъ дальнѣйшихъ изысканій. Какъ при разрушеніи, такъ и при образованіи зеленой краски въ живыхъ хлорофилловыхъ зернахъ, самыми дѣятельными являются яркосвѣтящіяся части солнечнаго спектра; лучи съ сильнымъ преломленіемъ дѣйствуютъ впрочемъ хотя медленнѣе, но подобнымъ же образомъ. Это дѣйствіе лучей и здѣсь не пропорціонально дѣйствію его на серебряныя соли. Чистая сухая пропускная бумага, окрашенная растворомъ хлорофилла въ зеленый цвѣтъ, въ сухомъ состояніи, при дѣйствіи свѣта обезцвѣчивается. Основные химическіе процессы, возбужденные здѣсь дѣйствіемъ свѣта, еще неизвѣстны.

Для доказательства того факта, что часть солнечнаго спектра съ меньшею преломляемостью, дѣйствуетъ на зеленую краску разрушительнѣе, чѣмъ такъ называемые химическіе лучи, я поступаю слѣдующимъ образомъ ¹⁾: Три прибора, подобные изображенному на фиг. 5, ставятся рядомъ, на освѣщенное солнцемъ мѣсто. Первый безцвѣтный стеклянный сосудъ O содержитъ воду, второй — насыщенный растворъ двухромокислаго кали, а третій — темную мѣдноамміачную жидкость. Тщательно закупоренный пробирный цилиндрикъ e , виситъ въ жидкости, прикрѣпляясь помощію проволоки къ пробкѣ k . Пробирка во всѣхъ трехъ приборахъ наполнена однимъ и тѣмъ же алкоольнымъ растворомъ хлорофилла ²⁾. Опыты съ темнымъ экстрактомъ изъ листьевъ ржи и шпината показали, что обезцвѣчиваніе идетъ такъ же скоро въ смѣшанныхъ оранжевыхъ лучахъ, какъ и въ бѣлыхъ; напротивъ, свѣтъ, пропущенный черезъ голубой растворъ и сильно дѣйствующій на фотографическую бумагу, реагируетъ гораздо медленнѣе. Слой жидкости,

¹⁾ Wirkungen farbigen Lichts auf Pfl. въ Bot. Zeitg. 1864, p. 362.

²⁾ Чтобы получить чистый растворъ хлорофилла, свѣжіе листья варятъ нѣсколько разъ въ водѣ, выжимаютъ и кладутъ въ безводный алкооль. Всѣ употребленные мною растворы были приготовлены такимъ образомъ.

окужающей пробирный цилиндрикъ, былъ отъ 1 до 2 стм. толщины. Для наблюденія одновременнаго дѣйствія свѣта на фотографическую бумагу и на хлорофиллъ, я наполнял маленькіе и большіе пробирные цилиндрики растворомъ, и вносилъ ихъ во внутренний цилиндръ прибора фиг. 4, другіе же подвергались непосредственному дѣйствію солнечнаго свѣта. Хлорофиллъ изъ пшеницы, находясь за растворомъ хромовокислаго кали, обезцвѣтился, какъ и при бѣлыхъ лучахъ, черезъ 2 часа, тогда какъ фотографическая бумага (при непосредственномъ дѣйствіи свѣта) только незначительно побурѣла. Свѣтъ, прошедшій черезъ растворъ амміачной окиси мѣди, сильно реагировалъ на серебряную соль, тогда какъ въ зеленомъ растворѣ въ продолженіи 2-хъ часовъ не замѣчалось измѣненія.

Особенный интересъ представляетъ фактъ, что свѣтъ, прошедшій чрезъ слой раствора хлорофилла, теряетъ свое обезцвѣчивающее дѣйствіе и не измѣняетъ втораго слоя, пока въ первомъ слой продолжается обезцвѣчиваніе. Свѣтъ, обусловивши обезцвѣчиваніе, теряетъ эту способность въ отношеніи къ новымъ массамъ красящаго вещества. Доказать это можно на приборѣ фиг. 5, если пространство между *C* и *e* наполнить тѣмъ же растворомъ хлорофилла, какъ и въ *e*. Подвергнувъ его дѣйствію свѣта до обезцвѣчиванія вѣшняго раствора, мы найдемъ, что находящійся внутри растворъ остался зеленымъ безъ измѣненія. Заменяя старый растворъ тотчасъ по его обезцвѣчиваніи, свѣжимъ, мы опять находимъ внутренний безъ перемѣны. Въ одномъ случаѣ мнѣ удалось 4 раза перемѣнить вѣшній растворъ, не замѣчая во внутреннемъ обезцвѣчиванія. Если, напротивъ того, окружающая жидкость обезцвѣчена, то проходящій черезъ нее свѣтъ обезцвѣчиваетъ и внутреннюю, чрезъ что доказывается вышеуказанное положеніе: свѣтъ чрезъ свое обезцвѣчивающее дѣйствіе утрачиваетъ обезцвѣчивающую силу¹⁾. Изъ этого же можно заключить, что при равныхъ объемахъ зеленого раствора, быстрота обезцвѣчиванія зависитъ отъ величины поверхности жидкости, подвергнутой дѣйствію свѣта.



ф. 5.

Однако свѣтъ, прошедши черезъ хлорофилловый растворъ и обезцвѣтивъ его, еще не утрачиваетъ способности обусловить въ живыхъ растеніяхъ развитіе хлорофилла. Слѣдовательно, лучи образующіе хлорофиллъ, не тождественны съ разрушающими его. Въ три цилиндра, подобные *Ci* (фиг. 4), были помѣщены пшеничныя зерна для проростанія въ темнотѣ. Затѣмъ эти сосуды тщательно закупоривали и поступали слѣдующимъ образомъ: первый изъ нихъ подвергался непосредственному дѣйствію компатнаго свѣта. Второй ставили въ цилиндръ *Ca*, и промежутокъ въ 1 сантим. толщины наполняли растворомъ двухромовокислаго кали. Третій устанавливался подобнымъ же образомъ, но въ промежутокъ наливали алкоольный растворъ хлорофилла ржи, на столько прозрачный, что сквозь него можно еще было разсмотрѣть находящіяся во внутреннемъ цилиндрѣ растенія. Опытъ продолжался отъ 9 ч. утра до 3 ч. по полудни, при температурѣ 14—15° Ц. Листья сперва желтые во всѣхъ 3-хъ аппаратахъ, ясно сдѣлались зелеными. Впослѣдствіи опытъ съ проростками рапса показалъ, что позади весьма темнаго раствора хлорофилла, зеленіе началось замѣтно позже, тѣмъ при дѣйствіи бѣлыхъ лучей.

О химическомъ процессѣ, происходящемъ при разложеніи красящаго вещества хлорофилла дѣйствіемъ свѣта, извѣстно изъ опытовъ Жодена (Jodin)²⁾, — который, повидимому, работалъ съ чистымъ веществомъ, — только то, что при этомъ весьма много поглощается кислорода и образуется только незначительное количество углекислоты. 21,5 СС алкоольнаго раствора, содержащаго 0,0731 грам. хлорофилла, поглотили на свѣтѣ, въ продолженіи мѣсяца, 37,4 СС кислорода, причѣмъ образовалось 3 СС углекислоты, т. е. 1 часть по вѣсу хлорофилла поглотила 0,72 части по вѣсу кислорода. Подобный же растворъ, въ продолженіи того же времени не обезцвѣтившійся въ темнотѣ, не представлялъ видимыхъ признаковъ поглощенія кислорода.

Подобныя явленія, по Жодену, представляютъ также и щелочные растворы зеленого красящаго вещества; они, находясь долгое время въ темнотѣ, не поглощаютъ кислорода и не обезцвѣчиваются, но подвергнутые дѣйствію свѣта, даютъ обѣ реакціи. Сходныя явленія представляютъ и растворы ксантофилла, который, по Жодену, всегда сопровождаетъ хлорофиллъ. Онъ имѣетъ видъ

¹⁾ Въ томъ же смыслѣ слѣдуетъ понимать и замѣчанія Эйзенлоха (Eisenlohr, Lehrbuch der Physik, 1857, p. 213): Драперъ (Draper) показалъ, что лучи, обусловливающіе въ хлорной водѣ выдѣленіе кислорода, не замѣчаются болѣе между лучами, проходящими черезъ жидкость.

²⁾ Comptes rendus, 1864, I. 59, p. 859.

жирнаго вещества желтаго цвѣта, мягокъ, плавится при 30—40° Ц, обмыливается щелочнымъ растворомъ, растворяется въ алкоголь, эфиръ и т. п., въ хлористоводородной кислотѣ не растворяется, не содержитъ азота, который Жоденъ рѣшительно приписываетъ хлорофиллу. 11 С. С. алкогольнаго раствора, содержащаго 0,088 грам. ксантофилла, на свѣтѣ поглотили, въ продолженіи 23 дней, 11,73 С. С. кислорода, образовавъ 0,19 С. С. углекислоты. И такъ, на 1 часть, по вѣсу, ксантофилла приходится 0,18 ч. по вѣсу кислорода. Поглощеніе же кислорода подобнымъ растворомъ въ темнотѣ, было, напротивъ, весьма незначительно. Разліиіе этихъ процессовъ при свѣтѣ и въ темнотѣ, высказывалось еще яснѣе при употребленіи раствора ксантофилла въ фдромъ натрѣ. Свойства эти не принадлежатъ, впрочемъ, одному хлорофиллу и ксантофиллу, такъ какъ Жоденъ наблюдалъ совершенно подобныя явленія въ эфирныхъ маслахъ и дубильныхъ веществахъ (см. § 12).

§ 5. Сохраненіе хлорофилловыхъ зеренъ помощію свѣта. Если помѣстить въ темное пространство живое растеніе съ зелеными листьями, или отрѣзанные зеленые листья, или же у столцаго на свѣтѣ растенія обернуть листь, или только часть листа, непрозрачною оболочкой, то у весьма многихъ растеній (ближе изслѣдованы одно- и двусѣмянодолныя) замѣчается совершенное разрушеніе хлорофилловыхъ зеренъ. Затемненные части дѣлаются сперва желто-зелеными, потомъ получаютъ желтыя пятна и, наконецъ, совершенно желтѣютъ. Нѣкоторыя растенія (*Tropaeolum majus*, *Phaseolus*) подлежатъ тѣмъ же измѣненіямъ, даже въ томъ случаѣ, если, выросши на окошкѣ, подвергались дѣйствію разсѣяннаго свѣта задней половины комнаты. Микроскопическое изслѣдованіе показываетъ, что обезцвѣчиваніе это зависитъ не только отъ разрушенія зеленой краски, но и отъ разрушенія и окончательнаго исчезанія хлорофилловыхъ зеренъ. Они теряютъ прежде всего заключающійся въ нихъ крахмалъ, измѣняютъ форму, и, между тѣмъ какъ красящее вещество желтѣетъ, въ клѣточкахъ исчезаетъ и основная протоплазмическая масса хлорофилловыхъ зеренъ. Подъ конецъ въ клѣточкахъ остаются только очень мелкія, желтыя зернышки съ маслянистымъ блескомъ, которыя никакъ нельзя сравнить съ этиолпрованными хлорофилловыми зернами, которыя образуются въ листьяхъ, развивающихся въ темнотѣ.

Эти явленія были уже частію наблюдаемы А. Гри (A. Gris)¹⁾ и описаны мною у *Cheiranthus Cheiri*, *Brassica Napus*, *Tropaeolum majus*²⁾. Измѣненія, претерпѣваемыя хлорофилловыми клѣточками осенью, передъ паденіемъ листьевъ, представляютъ съ предъидущими большое сходство, что видно изъ моей статьи «Объ истощеніи листьевъ осенью», *Flora*, 1863, р. 200. Подобное же встрѣчаемъ мы дѣломъ въ листьяхъ монокарпическихъ растеній при созрѣваніи плодовъ (напр. *Brassica*, *Pisum sativum*, *Nicotiana*). Напротивъ, многіе зеленые листья не желтѣютъ въ темнотѣ. Образовавшійся уже хлорофиллъ *Cactus speciosus* не измѣнился въ продолженіи трехмѣсячнаго пребыванія въ темнотѣ, хотя вновь образовавшіеся побѣги были этиолпрованы. *Selaginella* въ отсутствіи свѣта оставалась зеленою отъ 4—5 мѣсяцевъ. Обезцвѣчиваніе и истощеніе листовыхъ клѣточекъ въ темнотѣ, совершается тѣмъ скорѣе, чѣмъ выше температура. Продолжительная сухость почвы иногда производитъ въ листьяхъ подобныя же измѣненія (*Phaseolus*, *Tropaeolum majus*), которыя, какъ здѣсь, такъ и въ другихъ названныхъ случаяхъ, начинаются со старѣйшихъ листьевъ и постепенно переходятъ на болѣе молодые.

§ 6. Остается еще необьясненнымъ открытій мною фактъ, что зеленые, преимущественно нѣжнаго строенія, листья, принимаютъ при сильномъ солнечномъ свѣтѣ болѣе свѣтлый оттѣнокъ, который въ тѣни въ короткое время замѣняется снова темно-зеленымъ цвѣтомъ. Посредствомъ отбненія части листа, удастся про- извести на его зеленой поверхности рисунки, которые, впрочемъ снова пропадаютъ,

¹⁾ Recherches microsc. sur la chlorophylle. Ann. des sc. nat., 1857.

²⁾ Botan. Zeitg. 1864, p. 290.

какъ только затѣнится или освѣтится весь листъ. Достоинно вниманія, что затѣненіе одного листа другимъ, производитъ иногда то же дѣйствіе; другими словами, свѣтъ, прошедши черезъ зеленый листъ, и сдѣлавши его блѣднѣе, теряетъ ту же способность въ отношеніи слѣдующаго листа.

Въ 1859 г. я показалъ ¹⁾, что окраска зеленыхъ листьевъ дѣлается то свѣтлѣе, то темнѣе, если они подвергаются попеременно дѣйствію то солнечнаго свѣта, то разсѣяннаго дневнаго, или глубокой тѣни. Несостоятельность приведеннаго тогда доказательства была указана уже въ Flora 1862, p. 220. Этотъ фактъ проще всего можно доказать, обертывая освѣщенные солнцемъ зеленые листья гибкими свинцовыми полосками. Если полоску эту снять черезъ 10—30 минутъ, то мы найдемъ, что ея тѣнь образована на свѣтло-зеленомъ фонѣ темно-зеленого рисунка. Если продержатъ тогда листъ нѣсколько минутъ на разсѣянномъ свѣтѣ, то свѣтлыя части темнѣютъ подобно тѣневному рисунку; напротивъ того, отъ дѣйствія солнечныхъ лучей, темныя части дѣлаются столь же свѣтлыми, какъ и прилегающія зеленая части; и такъ, въ обоихъ случаяхъ рисунокъ пропадаетъ. Изъ вышесказаннаго уже слѣдуетъ, что для произведенія тѣневыхъ фигуръ не требуется плотнаго прикосновенія затѣвляющаго предмета. Напротивъ, я въ первый разъ наблюдалъ это явленіе на освѣщенномъ табачномъ листѣ, передъ которымъ висѣлъ термометръ, обрисовавшій своею тѣнью темную фигуру на освѣщенной поверхности листа. Когда тѣневые рисунки очень явственны, т. е. окружающія части освѣщались долго и сильно, то замѣтны, какъ при отраженномъ, такъ и при проходящемъ свѣтѣ. По прошествіи опредѣленнаго времени измѣненіе окраски освѣщенныхъ частей достигаетъ своего maximum. Если освѣщается верхняя поверхность листа, то тѣневые рисунки появляются въ отраженномъ свѣтѣ только на этой сторонѣ; при освѣщеніи же нижней поверхности, ихъ замѣчаютъ въ отраженномъ свѣтѣ только на нижней сторонѣ, но при проходящихъ лучахъ, рисунки замѣчаются съ обычныхъ сторонъ листа. Подобныя же рисунки замѣчаются также при освѣщеніи листьевъ подъ водою, даже и въ томъ случаѣ, когда межклеточные ходы инъектированы водою (*Sambucus nigra*). Точно также эти рисунки могутъ образоваться при увяданіи. На чрезвычайно чувствительныхъ листьяхъ табака и маиса я получалъ рисунки даже тогда, когда свѣтъ падалъ изъ-за густыхъ облаковъ. Листья различныхъ растений представляютъ въ этомъ отношеніи различную восприимчивость: Растенія, выросшія въ комнатѣ, на окнахъ, или дикорастущія въ тѣнистыхъ мѣстахъ, обыкновенно чувствительнѣе, чѣмъ развившіяся при полномъ дѣйствіи свѣта. Послѣднія могутъ часто пріобрѣтать подобнаго рода чувствительность, постоая нѣкоторое время въ комнатѣ при слабомъ освѣщеніи. Старые, темнаго-зеленаго цвѣта листья *Aesculus Hippocastanum*, *Brassica oleracea* и *Rubus*, отъ освѣщенія солнцемъ не дѣлаются свѣтлѣе. Я наблюдалъ, напротивъ, описанныя здѣсь явленія у листьевъ *Lamium purpureum*, *Urtica dioica*, *Orobus vernus*, *Oxalis acetosella*, *Hieracium sylvaticum*, *Bunias orientalis*, *Vicia Faba*, *Armoracia officinalis*, *Prunaea purpurea*, *Galeobdolon luteum*, *Fuchsia*, *Phaseolus*, *Brassica* (молодые листья), *Pelargonium*, *Lophospermum scandens* и др. Для опредѣленія рода дѣйствующихъ при этомъ цвѣтовыхъ лучей, я дѣлалъ опыты съ помощью стеколъ. Свѣтъ, прошедши черезъ темно-красное рубиновое стекло, производитъ тѣневой рисунокъ, т. е. стекло замѣняетъ здѣсь непрозрачное тѣло, и удерживаетъ дѣйствующіе лучи. Напротивъ того, свѣтъ, прониженный сквозь голубыя кобальтовыя стекла, сохраняетъ еще способность вызывать болѣе свѣтлую окраску. Лучи, прошедшіе черезъ хромовый растворъ, не дѣлаютъ окраску свѣтлѣе, а потому подъ свинцовыми полосками при этомъ незамѣчались тѣневыхъ рисунковъ. Всѣ эти наблюденія, требующія еще пополненія, указываютъ на то, что разсмотрѣнное здѣсь явленіе не имѣетъ ничего общаго съ процессомъ обезцвѣчиванія хлорофилловыхъ растворовъ при дѣйствіи свѣта. Бемъ (J. Böhm) ²⁾, наблюдавшій, что листья *Crassulaceae* на солнечномъ свѣтѣ дѣлаются блѣднѣе, полагаетъ, что хлорофилловая зерна соединяются въ группы, и что это измѣненіе въ положеніи, замѣчаемое также при дѣйствіи голубыхъ лучей, обуславливаетъ болѣе свѣтлый оттѣнокъ листьевъ. Если наблюденіе вѣрно, то слѣдствія могутъ пока еще быть приняты. Но было бы неосновательно примѣнить это объясненіе къ указаннымъ мною случаямъ, такъ какъ стѣноклоложныя хлорофилловые зерна этихъ растений не способны измѣнить подобнымъ образомъ своего положенія, по крайней мѣрѣ наблюденія не говорятъ въ пользу этого. Скорѣе можно принять гипотетически,

¹⁾ Berichte der mathem. phys. Kl. der königl. Sächs. Gesellsch. der Wiss. 1859.

²⁾ Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wiss. Wien, XLVII. p. 353.

что стѣнокложныя хлорофилловыя зерна съжились, вытянулись по направленію радіуса кль-точка и уменьшились по тангенціальному направленію, и вмѣстѣ съ тѣмъ отдалились другъ отъ друга, не удаляясь отъ стѣнки кльточки, вслѣдствіе чего общій оттѣнокъ всей ткани могъ тоже измѣниться для глаза. Конечно, всѣ эти предположенія требуютъ еще точныхъ доказательствъ.

§ 7. Отношеніе къ свѣту красящихъ веществъ цвѣтовъ, во многомъ иное и болѣе запутанное, чѣмъ отношеніе хлорофилла. Мои изслѣдованія привели къ тому результату, что во всѣхъ наблюдавшихся случаяхъ, появленіе цвѣтнаго (не зеленого) красящаго вещества въ цвѣтахъ совершенно независитъ отъ мѣстнаго вліянія свѣта, т. е. для происхожденія краснаго, желтаго, голубаго, фіолетоваго и т. д. окрашивающихъ веществъ лепестковъ и тычинокъ, рѣшительно все равно, будутъ ли эти органы подвергнуты дѣйствию свѣта или нѣтъ, окрашиваніе ихъ въ темнотѣ происходитъ также совершенно, какъ на полномъ дневномъ свѣтѣ, коль скоро въ темнотѣ происходитъ образованіе формъ цвѣточныхъ частей.

Части цвѣтка образуются, подобно красящимъ веществамъ, находящимся въ нихъ, изъ усвоенныхъ веществъ, производимыхъ зелеными листьями на свѣтѣ. Если въ растеніи имѣется запасъ этихъ веществъ, то образованіе и окрашиваніе цвѣтовъ въ темнотѣ произойдетъ такъ же успѣшно, какъ на свѣтѣ; если растеніе не содержитъ запаса такихъ веществъ, то образованіе цвѣтковъ все же можетъ идти съ успѣхомъ и въ глубокой темнотѣ, если только въ то же время на зеленые листья растенія дѣйствуетъ свѣтъ. Поэтому надо полагать, что въ листьяхъ подѣ вліяніемъ свѣта образуются органическія соединенія, которыя, перейдя въ цвѣточные почки, содѣйствуютъ ихъ развитію и окрашиванію, причемъ все равно, будутъ ли сами цвѣточные почки подѣ вліяніемъ свѣта или нѣтъ; только зеленныя части чашечки сходны въ этомъ съ листьями и остаются въ темнотѣ желтыми, хотя бы вѣнчикъ ярко окрасился. Зависимость происхожденія цвѣточныхъ красокъ отъ свѣта такимъ образомъ обуславливается дѣятельностью листьевъ. Непосредственное дѣйствіе свѣта на цвѣточные почки безъ содѣйствія листьевъ, остается безъ вліянія или по крайней мѣрѣ не составляетъ необходимаго условія. Напротивъ того (въ темнотѣ или на свѣтѣ) образованныя уже цвѣточные краски болѣе или менѣе сильно разрушаются отъ дѣйствія свѣта, и, по Джону Ф. В. Гершелю, это разрушеніе причиняютъ видимыя свѣтѣніе лучи, между тѣмъ какъ ультрафіолетовыя, такъ называемыя химическіе лучи, остаются безъ вліянія. Измѣненіе отъ свѣта происходитъ точно также внутри живыхъ кльтокъ, какъ и въ окрашенныхъ экстрактахъ изъ лепестковъ. Но иногда обезцвѣчиваніе наступаетъ также и въ глубокой темнотѣ, какъ напр. въ фіолетовыхъ вѣпчичахъ и тычинкахъ *Veronica speciosa*.

О происхожденіи красящихъ веществъ цвѣтовъ въ темнотѣ и объ ихъ отношеніи къ освѣщенію листьевъ, мнѣ неизвѣстны другія работы кромѣ моихъ; что касается условій, на которыя надо обратить вниманіе, указываю на мои работы: «О вліяніи дневнаго свѣта на появленіе и развитіе различныхъ частей растенія» — въ *Bot. Zeitg.*, 1863 *Beilage*, и «вліяніе свѣта на образованіе цвѣтковъ при посредствѣ листьевъ» — въ *Bot. Zeitg.*, 1865. Данныя, необходимыя для доказательства вышесказаннаго, разсмотрѣны въ § 15, такъ какъ они не могутъ быть отдѣлены отъ изложенныхъ тамъ явленій. Разрушеніе цвѣточныхъ красокъ отъ дѣйствія свѣта легко замѣтить, если оставить разцвѣсть одновременно въ темнотѣ и на свѣтѣ красныя и желтыя тюльпаны, голубую *Gloxinia*, фіолетовую *Petunia*; на свѣтѣ краски дѣлаются скорѣе и болѣе тусклыми, чѣмъ въ темнотѣ. Джонъ Ф. В. Гершель приготовлялъ водный, спиртовой и щелочной экстракты

изъ лепестковъ и окрашивалъ ими бумагу, или растиралъ на ней лепестки ¹⁾; въ нѣкоторыхъ случаяхъ окрашиваніе, полученное такимъ образомъ, не имѣло никакого сходства съ естественнымъ окрашиваніемъ цвѣтка. вмѣстѣ съ большимъ разнообразіемъ дѣйствія свѣта на эти препараты, оказалось слѣдующее общее явленіе: свѣтъ разрушалъ окраску или совершенно, или оставлялъ отѣнокъ, сопротивившійся затѣмъ его дѣйствію. Дѣйствіе спектра ограничивается вполнѣ, или же почти только тѣми мѣстами, какія занимаютъ свѣтящіе лучи; напротивъ, такъ называемые химическіе лучи по ту сторону фіолетоваго, дѣйствующіе съ особенною энергіею на серебряную соль, здѣсь остаются безъ дѣйствія. Тензородные лучи, по ту сторону краснаго, оказываются вполнѣ бездѣтельными. Разрушенію данной краски, по Гершелю, особенно способствуютъ дополнительные или смежныя цвѣта спектра: такъ, напримѣръ, желтая краска съ оранжевымъ отѣнкомъ энергично разрушается голубыми лучами, голубая — красными, оранжевая — желтыми лучами, пурпуровая и тѣльная краски — желтыми и зелеными лучами. Можно, какъ я уже приводилъ въ Bot. Zeitg., 1864, стр. 363, признать это правило и въ экстрактъ хлорофилла, ввиду того, что здѣсь вѣроятно, разрушается голубая составная часть и притомъ особенно энергично отъ дѣйствія смѣшаннаго оранжеваго свѣта.

Дѣйствіе свѣта на ассимиляцію въ клѣткахъ, содержащихъ хлорофиллъ.

§ 8. Содержанія хлорофилла, непаразитныя растенія, извлекаютъ весь углеродъ и водородъ своего органическаго сгораемаго вещества — изъ углекислоты и воды, или, по крайней мѣрѣ, они могутъ это дѣлать, что доказывается весьма опредѣленно развитіемъ растеній подобнаго рода въ прокаленномъ пескѣ, или въ водѣ, содержащей необходимыя составныя части золы и азотистыя соединенія. Но сгораемыя соединенія, производимыя въ растеніи путемъ ассимиляціи ²⁾, содержатъ на данное количество углерода и водорода гораздо менѣ кислорода, чѣмъ сколько его было въ тѣхъ количествахъ углекислоты и воды, изъ которыхъ они произошли. Это количество кислорода, недостающее въ растительномъ веществѣ, должно было выдѣлиться при ассимиляціи. Такъ какъ процессъ раскисленія сопровождается образованіемъ всѣхъ углеродистыхъ соединеній въ растеніяхъ, то ни одно изъ нихъ не могло бы образоваться безъ выдѣленія соотвѣтствующаго количества кислорода. Поэтому, выдѣленіе кислорода есть вѣншимъ образомъ проявляющійся признакъ того, что внутри клѣтокъ сгорающее вещество образуется на счетъ углекислоты, воды и другихъ соединеній высшихъ степеней окисленія. Но это выдѣленіе кислорода происходитъ исключительно въ клѣточкахъ содержащихъ хлорофиллъ, независимо отъ того, живутъ ли онѣ отдѣльно, или соединены въ ткани; его нѣтъ во всѣхъ клѣткахъ, тканяхъ и органахъ, лишенныхъ хлорофилла. Протоплазма, окрашенная въ зеленый цвѣтъ хлорофилломъ, должна по этому разсматриваться какъ органъ выдѣленія кислорода. Этотъ органъ только тогда отиравляетъ свою функцію, когда онъ находится подъ вліяніемъ достаточно интензивнаго свѣта (прежде всего солнечнаго); если напряженіе свѣта понижается ниже опредѣленнаго для каждаго растенія минимума, то выдѣленіе кислорода прекращается.

¹⁾ Bot. Zeitg. 1843, стр. 170.

²⁾ Словомъ ассимиляція я обозначаю исключительно ту дѣятельность растенія, которая проявляется въ выдѣленіи кислорода, съ помощью которой, слѣдовательно, образуются изъ богатыхъ кислородомъ неорганическихъ питательныхъ веществъ бѣдныя по содержанию кислорода, сгораемыя вещества. Какого рода въ началѣ бывають образуемыя такимъ образомъ растительныя вещества — остается невѣданнымъ; безчисленные прочіе химическіе процессы въ растеніи все болѣе или менѣ основываются на процессѣ ассимиляціи, съ которымъ, слѣдовательно, не могутъ быть поставлены въ одну категорію; они скорѣе могутъ быть обобщены въ выраженіи «обитныя вещества» и противопоставлены въ вышеупомянутомъ смыслѣ ассимиляціи.

Изъ сказаннаго непосредственно слѣдуетъ, что свѣтъ относительно ассимиляціи становится бездѣйтельнымъ, если онъ не падаетъ на клѣточки, содержащія хлорофиллъ, и далѣе, что хлорофиллъ остается безъ дѣйствія на ассимиляцію, если онъ не возбужденъ къ этому свѣтомъ; поэтому хлорофилловые растенія не могутъ въ темнотѣ увеличивать своего стараемаго вещества, оно скорѣе уменьшается вслѣдствіе дыханія. Если, наконецъ, растеніе принимаетъ всю массу своего стараемаго вещества въ формѣ такихъ соединеній, изъ которыхъ выдѣленіе кислорода не составляетъ необходимости, то подобныя растенія для своего питанія не нуждаются ни въ свѣтѣ, ни въ хлорофиллѣ. Для содержащихъ хлорофиллъ и нуждающихся въ свѣтѣ растеній, изъ предъидущаго слѣдуетъ далѣе то, что всѣ незеленыя ихъ части, корни, древесина, корневища, клубни, цвѣты, нѣкоторые плоды и сѣмена, находятся въ зависимости отъ свѣта при участіи зеленыхъ листьевъ (или равнозначущихъ въ физиологическомъ значеніи органовъ), такъ какъ только послѣдніе, при достаточномъ освѣщеніи, могутъ производить изъ питательныхъ веществъ высшихъ степеней окисленія, стараемое органическое вещество, претерпѣвающее дальнѣйшія измѣненія въ прочихъ органахъ и употребляемое на ростъ послѣднихъ.

Что растенія содержащія хлорофиллъ, будучи подвергнуты подъ водою дѣйствію свѣта, выдѣляютъ пузырьки газа, было въ первый разъ указано Боннетомъ; что этотъ газъ богатъ кислородомъ, открыто Пристлеемъ. Сомеббе доказалъ первый, что это выдѣленіе кислорода находится въ связи съ поглощаемой углекислотою, а Теодоръ Соссюръ заключилъ изслѣдованія, показавъ, что при поглощеніи углекислоты, на свѣтѣ, въ зеленыхъ растеніяхъ не только выдѣляется кислородъ, но что при этомъ увеличивается вѣсъ органическаго вещества, притомъ на количество, большее вѣса удержаннаго углерода, потому что вмѣстѣ съ послѣднимъ удерживаются водородъ и кислородъ.

Соссюръ первымъ точными, многочисленными опытами доказалъ, что всѣ незеленыя части растенія лишены способности выдѣлять кислородъ; что они скорѣе поглощаютъ его и выдѣляютъ за то углекислоту. (Подробности объ этомъ см. въ отдѣлахъ «Питательныя вещества» и «Дыханіе».) Фактъ, что только зеленныя части растенія и то только подъ вліяніемъ достаточно напряженнаго свѣта выдыхаютъ кислородъ и прижимаютъ углекислоту, замѣчается столь легко и столь часто, что нѣтъ нужды приводить здѣсь отдѣльные примѣры. Но надо выставить на видъ то, что Марсе, Гришовъ, Фаберъ и другіе (см. Дыханіе) показали, что грибы и несодержащіе хлорофилла паразиты, даже подъ вліяніемъ прямаго солнечнаго свѣта, не выдѣляютъ кислорода, но напротивъ—энергичнѣе его поглощаютъ вслѣдствіе возвышенія температуры, причѣмъ выдѣляютъ углекислоту. Что хлорофиллъ опредѣляетъ этотъ процессъ, доказывается тѣмъ обстоятельствомъ, что паразитное растеніе *Viscum album*, подобно другимъ зеленымъ растеніямъ, выдѣляетъ кислородъ (Рохледеръ: Химія и Физиологія раст. 1858, стр. 106).

Изъ того обстоятельства, что цвѣтныя (красныя, желтыя, пестрыя) листья выдѣляютъ на свѣтѣ точно также кислородъ, Соссюръ, а позднѣе Коренвиндеръ ¹⁾, заключили ошибочно, что хлорофиллъ не всегда обусловливаетъ это дѣйствіе свѣта; они забыли, что клѣточки, наполненныя цвѣтными соками, содержатъ сверхъ того обыкновенныя хлорофилловыя зерна. Клецъ опровергъ это заблужденіе ²⁾, требовавшее разрѣшенія, какъ одинъ изъ самыхъ важныхъ фактовъ въ физиологіи, доказавъ, что и цвѣтныя листья выдѣляютъ кислородъ только при условіи присутствія хлорофилла. Гораздо важнѣе было бы изслѣдовать точнѣе окрашенныя образованія протоплазмы въ морскихъ водоросляхъ и лишаяхъ; нѣтъ ничего невозможнаго, что здѣсь встрѣтятся иногда скрытый хлорофиллъ. Вурое красящее вещество, содержащееся въ клѣточкахъ стеблеваго куска водоросли *Laminaria saccharina*, который я имѣлъ случай изслѣдовать, подвергнутое дѣйствію кали, принимаетъ яркое зеленое окрашиваніе хлорофилла.

¹⁾ Comptes rendus, 1863, стр. 263.

²⁾ Comptes rendus 1863, стр. 834.

Что выдѣленіе кислорода не зависитъ отъ формы тканя, но только отъ того, содержатъ ли или нѣтъ клетки хлорофилль, доказываютъ одноклеточныя зеленыя водоросли (Palmellaceae, Protococcaceae), выдѣляющія быстро кислородъ, чего не дѣлаютъ нѣкоторыя, столь сходныя съ ними по формѣ, грибы. Всего непосредственнѣе доказывается необходимость свѣта для ассимиляціи въ зеленыхъ растеніяхъ ихъ ростомъ въ темныхъ мѣстахъ. Если заставить прорастать въ темнотѣ сѣмена ихъ, то развивается количество корней, междоузлій и листьевъ, вообще пропорціональное массѣ сѣмени; затѣмъ дальнѣйшее образованіе органовъ прекращается, какъ скоро истощится запасъ ассимилированныхъ веществъ ¹⁾. Если оставить подобнаго рода растенія прорастать на свѣтѣ до конца періода прорастанія, пока не потребится запасъ образовательныхъ веществъ, и затѣмъ растеніе перенести въ темноту, то появленіе органовъ прекращается, потому что запасныя вещества истощены, а новыя въ темнотѣ не образуются. Если растеніе долгое время расло на свѣтѣ и ассимилированныя запасныя вещества отложились въ тканяхъ, и лишь затѣмъ оно поставлено въ темноту, то новыя этиолированныя листья и междоузлія будутъ образовываться до тѣхъ поръ, пока не истощатся всѣ запасныя вещества; затѣмъ всякій дальнѣйшій ростъ прекращается, потому что не образуется новаго количества органическихъ веществъ. Растенія, образующія хлорофилль въ темнотѣ (голосѣмянныя и папоротники), представляютъ тѣ же явленія. Напротивъ того, этиолированныя растенія, проросшія въ темнотѣ и истощившія запасныя вещества, могутъ затѣмъ продолжать расти на свѣтѣ, зеленія здѣсь и образуя вновь органическія образовательныя вещества. Напротивъ, хлорофилловыя растенія, растущія въ темнотѣ, не только не образуютъ новаго стараемаго вещества, но еще теряютъ во время роста значительное количество его вслѣдствіе медленнаго старанія (дыханіе), образуя съ принимаемымъ кислородомъ углекислоту и воду на счетъ собственнаго вещества. Эти важныя факты Буссенго уже давно установилъ и недавно подтвердилъ превосходными опытами ²⁾. Десять горошинокъ, проросшія въ темной комнатѣ отъ 5-го мая до 1-го іюля, этиолированныя, въ 1 метръ длины, послѣ 56 дней понесли потерю въ органическомъ веществѣ всего = 52,9%.

I.	Вѣсъ твердыхъ частей при 110° Ц. въ граммахъ.	Въ нихъ содержались, въ граммахъ:				
		Углеродъ.	Водородъ.	Кислородъ.	Азотъ.	Зола.
Горошины до посѣва	2,237	1,040	0,137	0,897	0,094	0,069
Развившіяся изъ нихъ этиолированныя растенія.....	1,076	0,473	0,065	0,397	0,072	0,069
Потеря.....	1,161	0,567	0,072	0,500	0,022	0,000

II. 46 зеренъ пшеницы въ темной комнатѣ проросли отъ 5-го мая до 25-го іюня, вполнѣ этиолированныя, 2—3 дециметра вышины, дали въ граммахъ:

	Вѣсъ твердыхъ частей при 110° Ц.	Углеродъ.	Водородъ.	Кислородъ.	Азотъ.	Зола.
Зерна до прорастанія	1,665	0,758	0,095	0,718	0,057	0,038
Развившіяся изъ нихъ растенія.....	0,713	0,293	0,043	0,282	0,057	0,038
Потеря.....	0,952	0,465	0,052	0,436	0,000	0,000

III. Зерно манса, прораставшее въ темнотѣ отъ 2-го до 22-го іюня, растеніе въ 20 см. вышины: въ граммахъ:

	Вѣсъ твердыхъ частей при 110° Ц.	Углеродъ.	Водородъ.	Кислородъ.	Азотъ.	Зола.
Зерно.....	0,5292	0,2354	0,0336	0,2420	0,0086	0,0096
Растеніе.....	0,2900	0,1448	0,0195	0,1160	0,0087	0,0100
Потеря.....	0,2392	0,0906	0,0141	0,1260	+ 0,0001	+ 0,0004

¹⁾ Саксъ Bot. Zeitg. 1860, стр. 114 до 116; 1862 стр. 373 и 1863 изданія, стр. 25.

²⁾ Comptes rendus 1864, т. 58, стр. 883.

IV. Особенно имѣть значеніе слѣдующій опытъ Буссенго: 26-го іюня было посажено по бобу въ горшки съ прокаленной лемзой, смачиваемой чистой водой; одинъ бобъ развивался на свѣтѣ, другой въ темнотѣ до 22-го іюля:

	на свѣтѣ.	въ темнотѣ.
Вѣсъ сѣменн.....	0,922 грам.	0,926 грамма.
Вѣсъ растенія.....	1,293 »	0,566
Прибыль.... =	0,371 грам.	Потеря = 0,360 грамма.
Углерода прибыло =	0,1926 »	Потеря = 0,1598 »
Водорода..... =	0,0200 »	..... = 0,0232
Кислорода..... =	0,1591 »	..... = 0,1766

Растеніе, на свѣтѣ, приняло такимъ образомъ, безъ удобренія, какъ углеродъ, такъ и элементъ воды, напротивъ — потеряло въ темнотѣ, то и другое. Процентное содержаніе проросшихъ въ темнотѣ *Pisum sativum*, *Hordeum vulgare* и *Avena sativa*, сравненное съ проросшими на свѣтѣ, А. Фогель сообщилъ въ «Flora» 1856, № 25; процентное содержаніе воды оказалось у первыхъ увеличеннымъ, точно также и содержаніе зола, что, вопреки положенію Фогеля, легко объясняется разрушеніемъ части сгораемаго вещества.

Вліяніе, оказываемое различіемъ продолжительностію дѣйствія свѣта на увеличеніе массы и образованіе формы у однородныхъ растеній, я старался изучить въ слѣдующихъ, сдѣланныхъ въ 1864 г. опытахъ. 19-го апрѣля, 10 горшковъ, въ 13 см. вышины и лирины, были наполнены одной и той же садовой землей и въ каждый посажено было по 4 сѣмени *Trocaeolum majus*. 28-го апрѣля проростки начали пробиваться сквозь землю и въ этотъ день были пачать опытъ: горшки были распределены слѣдующимъ образомъ:

I. 2 горшка поставлены въ темное мѣсто (стѣнной шкафъ), гдѣ они постоянно оставались.

II. 2 горшка были поставлены въ комнату позади стѣнки, раздѣляющей два окна на западъ, гдѣ они получали только отраженный, разсѣянный комнатный свѣтъ.

III. 2 горшка ежедневно, въ 6 часовъ утра, ставились на западное окно, въ 1 часъ по полудни убирались въ темный, стѣнной шкафъ, и въ каждое слѣдующее утро въ 6 часовъ опять на окно и т. д. Эти растенія получали такимъ образомъ ежедневно только впродолженіи 7-ми часовъ свѣтъ, отраженный отъ западнаго неба (никогда прямо отъ солнца).

IV. 2 горшка ежедневно въ 1 часъ по полудни изъ темноты переставлялись на то же западное окно, гдѣ они до заката солнца получали свѣтъ отъ западнаго неба, часто также прямой солнечный свѣтъ; они переночевывали въ этомъ мѣстѣ и ежедневно въ 6 часовъ утра опять переставлялись въ темный стѣнной шкафъ.

V. 2 горшка оставались постоянно на западномъ окнѣ, растенія въ нихъ получали такимъ образомъ столько же свѣта, сколько III и IV вмѣстѣ взятыя.

22-го мая растенія въ I и II начали гнубить, черешки смягли: у I-го пластинки были естественно желты и очень малы, у № II-го больше и зелены, но поздне, вследствие разрушенія хлорофилла, появились желтыя пятна (см. § 5); у растеній №№ III, IV, V всѣ листья были здоровы. Растенія №№ I и II устранили отъ дальнѣйшаго опыта; они были тщательно очищены отъ земли и высушены. Для сравненія, растенія изъ горшковъ, взятыхъ по одному изъ №№ III, IV, V, были вымыты и взвѣшены: истощенныя сѣмядоли были также взты, напротивъ — сѣмяныя оболочки удалены. Изъ 10-ти сѣмянъ одного и того же сбора, были опредѣлены вѣсы твердыхъ частей зародышей безъ оболочекъ. Въ слѣдующей таблицѣ вычисленъ вѣсъ для 4-хъ экземпляровъ. 4 сѣмени высушенныя при 110°, безъ оболочекъ = 0,394 грамма.

№	4 растенія при 110° Ц. въ граммахъ.	Длина стебля растенія.	Длина 2 первыхъ черешковъ.	Поверхность 2 первыхъ листьевъ.	Окраска старыхъ листьевъ.	Число видимыхъ листьевъ растенія.
I.	0,238	48 см.	9 см.	0,5 □ см.	желтые, этиоло- рованыя.	4
II.	0,264	38 см.	10,5 см.	2 □ см.	вначалѣ зеленые, потомъ желтые.	6
III.	0,3012	9 см.	14 см.	10 □ см.	зеленые.	6
IV.	0,480	10,5 см.	15 см.	7,5 □ см.	зеленые.	7
V.	1,292	7,6 см.	16,5 см.	9,5 □ см.	зеленые.	8

Изъ номеровъ III, IV, V оставалось еще по одному горшку съ 4-мя растениями, съ которыми опытъ въ данномъ видѣ и былъ продолженъ до 29-го іюля. 22-го іюня въ №№ III и IV не показывалось еще цвѣточныхъ почекъ, въ V два растенія распустили первые цвѣты. До 29-го іюля растенія № V постоянно затѣмъ распускали новые цвѣты и даже нѣкоторыя принесли зрѣлые плоды; въ IV-мъ (по полудни на свѣтѣ) образовались цвѣточные почки въ послѣдніи 2, 3 недѣли, но достигли только 3—6 миллим. длины, оставались бѣловатыми и погибли; въ III-мъ (до полудня на свѣтѣ) цвѣточные почки достигли едва 0,6 миллим. длины, остались бѣловатыми и погибли. Ежедневно 7—8 часовое освѣщеніе для №№ III и IV такимъ образомъ было недостаточно для ассимилированія веществъ, необходимыхъ для образованія цвѣтовъ. 4 растенія каждаго горшка были тщательно очищены отъ земли, размельчены и высушены при 110—120° Ц. до прекращенія потери въ вѣсѣ.

4 растенія при 110 — 120° Ц.	III. До полудня на свѣтѣ.	IV. Послѣ полудня на свѣтѣ.	V. Цѣлый день на свѣтѣ.
Корни	0,413 грам.	0,264 грам.	1,006 грам.
Пластинки листьевъ	1,907 „	1,714 „	3,592 „
Стебли и черешки	2,900 „	3,231 „	12,098 „
Цвѣты и плоды	0 „	0 „	3,603 „
Итого ¹⁾	5,220 „	5,209 „	20,299 „

Условія образованія органовъ обобщаются слѣдующимъ образомъ:

4 растенія дали:	III. До полудня на свѣтѣ.	IV. Послѣ полудня на свѣтѣ.	V. Цѣлый день на свѣтѣ.
Число листьевъ	130	107	217
Число сухихъ листьевъ	46	40	48
Средняя длина 10 длиннѣйшихъ черешковъ . .	23 стм.	27 стм.	24 стм.
Средняя поверхность 10-ти самыхъ большихъ листьевъ	27,3 □ стм.	23 □ стм.	29,7 □ стм.
Средняя длина стебли	58 стм.	65 стм.	173,8 стм.
Число цвѣточныхъ почекъ	незначительно.	незначительно.	46
Число распустившихся цвѣтовъ	0	0	18
Число завядшихъ цвѣтовъ	0	0	71
Число плодовъ } незрѣлыхъ	0	0	3
} зрѣлыхъ	0	0	10

Растенія № III, получавшія свѣтъ, отраженный отъ западной стороны неба, ежедневно только вырождженіи 7-ми часовъ, но никогда не получавшія прямого солнечнаго свѣта, образовали однакожъ почти 5 грам. твердыхъ частей; они должны были такимъ образомъ разлагать углекислоту и выдѣлять кислородъ ²⁾. Напротивъ того, растенія, получавшія только разсѣянный свѣтъ комнаты, отраженный отъ стѣны, понесли во время прорастанія почти же сильную потерю въ вѣсѣ, какъ находившіяся въ темнотѣ, и въ нихъ не происходило дальнѣйшей ассимиляціи; они послѣ окончившагося прорастанія, подобно растеніямъ въ темнотѣ, перестали расти и погибли, что вообще замѣчается при такомъ освѣщеніи и было мною нѣсколько разъ наблюдаемо у *Troracellum*, *Phaseolus* и *Vicia faba*. Поразительно то, что 8 растеній №№ III и IV произвели всѣ вмѣстѣ только половину того количества твердыхъ частей, какое дали 4 растенія въ V-мъ, хотя первыя получили вмѣстѣ столько же свѣта, какъ и послѣднія. Но при этомъ надо имѣть въ виду то, что каждое растеніе въ №№ III и IV-мъ ежедневно проводило 16—17 часовую ночь и въ это долгое время, вслѣдствіе дыханія, должно было употребить значительную часть ассимилированнаго вещества. Но достаточно ли этого для объясненія такого результата — должно остаться пока нерѣшеннымъ.

¹⁾ Сѣмянодоли сгнили и не входили въ счетъ.

²⁾ Я часто замѣчалъ, что *Vallisneria*, освѣщаемая незначительной частью сѣвернаго неба, безъ прямого солнечнаго свѣта, сильно выдѣляетъ пузырьки газа.

§ 9. Вліяніе земныхъ источниковъ свѣта. Изъ нѣкоторыхъ разбросанныхъ указаній писателей почти могло казаться, что свѣтъ земныхъ источниковъ какъ-бы неспособенъ возбуждать зеленые органы къ выдѣленію кислорода и способствовать этимъ ассимиляціи. Біо ¹⁾ дѣлаетъ слѣдующее замѣчаніе: листья *Agave americana*, освѣщенные подъ водой отражателемъ его геодезическаго сигнальнаго аппарата (употребленнаго при градусномъ измѣреніи въ Испаніи), не выдѣляли газа, но какъ скоро листья были выставлены на дневной свѣтъ, выдѣленіе начиналось; свѣтъ двухъ аргантовыхъ лампъ, отраженный вогнутымъ зеркаломъ, былъ такъ силенъ, что ослѣплялъ глаза. II. Декандоль ²⁾ клалъ подъ воду листья *Eucomis punctata* и *Lucium barbarum* и подвергалъ ихъ дѣйствию свѣта отъ 6 аргантовыхъ лампъ, напряженіе котораго онъ принималъ равнымъ $\frac{1}{10}$ солнечнаго свѣта (?); газа не выдѣлялось; тоже было съ *Phillyrea media*, *Sempervivum arbor*, *Aristolochia Siph.* Тотъ же самый свѣтъ былъ недостаточенъ, чтобы заставить позеленѣть этиолированныя растенія. Возраженіе, что эти источники свѣта давали слишкомъ мало такъ называемыхъ химическихъ лучей, не имѣетъ значенія, потому что, какъ будетъ видно изъ слѣдующаго §, послѣдніе въ этомъ случаѣ не оказываютъ дѣйствія. Эти данныя само собою не могутъ вести къ рѣшенію вопроса; но послѣднее было бы достигнуто, если растеніе заставить прорасти въ очень темномъ мѣстѣ и потомъ по возможности на долгое время подвергнуть дѣйствию свѣта сильныхъ свѣтовыхъ аппаратовъ. Если бы оказалось, что растенія увеличиваютъ вѣсъ своихъ сѣмянъ посредствомъ образованія новаго количества стараемаго вещества, то это было бы доказательствомъ въ пользу разсматриваемаго вопроса; если же этого не окажется, и если напряженіе искусственнаго свѣта можетъ быть сравниваемо съ напряженіемъ солнечнаго, то тогда лишь можно было бы предполагать особенное свойство солнечнаго свѣта, имѣющее значеніе при выдѣленіи кислорода зелеными растеніями.

§ 10. Вліяніе цвѣтнаго свѣта на выдѣленіе кислорода. Различныя части солнечнаго спектра обладаютъ въ очень различной степени способностью возбуждать зеленія части растенія къ выдѣленію кислорода; въ настоящее время нельзя указать, какіе лучи дѣйствуютъ съ наибольшею силою и какіе абсолютно бездѣтельны. Но извѣстно, что желтые и ближайшіе имъ лучи (смѣшанные), производятъ такое же дѣйствіе, какъ бѣлый солнечный свѣтъ; между тѣмъ какъ сильнѣе преломляемая половина солнечнаго свѣта, заключающая голубые, фіолетовые и ультрафіолетовые лучи производитъ въ высшей степени незначительное дѣйствіе, а можетъ быть и никакого. Изъ этого слѣдуетъ, что такъ называемые химическіе лучи, разлагающіе весьма энергично серебряную соль, имѣютъ мало значенія для выдѣленія кислорода въ растеніяхъ, между тѣмъ какъ ярко свѣтящіе лучи обнаруживаютъ здѣсь огромную силу. Очевидно, различныя химическіе процессы обусловливаются и различными лучами и поэтому нельзя говорить о химическихъ лучахъ вообще.

Сказанное касается прежде всего только до самаго выдѣленія кислорода, а не до зависимости вѣхъ явленій ассимиляціи отъ свѣта. Можно бы допустить, что наиболѣе преломляющіеся лучи (голубой, фіолетовый, ультрафіолетовый), хотя не содѣйствуютъ самому выдѣленію кислорода, однакожъ дѣятельны

¹⁾ Froriep's Notizen 1840, XIII, № 10.

²⁾ Mém. présentés à l'Acad. des sc. par divers savants, 1806, т. I, стр. 333.

въ химическихъ процессахъ, возникающихъ въ зеленыхъ клѣточкахъ, вслѣдствіе этого выдѣленія. Это предположеніе можно бы подтвердить или опровергнуть, рѣшивъ напередъ вопросъ — абсолютно ли бездѣятельны фіолетовые лучи при выдѣленіи кислорода. Если бы оказалось, что образованіе органическаго вещества на свѣтѣ, не содержащемъ этихъ лучей, происходитъ также, какъ въ ихъ присутствіи, то это послужило бы доказательствомъ тому, что они и для ассимиляціи вообще не нужны; но если окажется, что образованіе органическаго вещества безъ нихъ невозможно, или совершается какъ нибудь иначе, то фіолетовымъ лучамъ пришлось бы указать роль при химическихъ процессахъ въ зеленыхъ клѣточкахъ. Подобные опыты уже были произведены, но не привели ни къ какимъ опредѣленнымъ результатамъ. Еще неизвѣстно, имѣютъ ли голубые, фіолетовые и ультрафіолетовые лучи солнечнаго свѣта значеніе при химическомъ процессѣ ассимиляціи, или нѣтъ.

Обширныя изслѣдованія Добиныя ¹⁾ о дѣйствіи различнаго цвѣтнаго свѣта, сдѣланы къ сожалѣнію по неудовлетворительной методѣ, затрудняющей выводъ опредѣленныхъ результатовъ изъ его чиселъ. Онъ клалъ зеленые листья, большею частью сухонутыхъ растений, въ глиняные сосуды, наполненные углекислой водою и заставлялъ падать на нихъ свѣтъ черезъ цвѣтныя стекла или черезъ плоскія стклянки, наполненныя жидкостью, просвѣчиваемость которой онъ опредѣлялъ для видимыхъ, теплородныхъ и дѣйствующихъ на азотнокислое серебро лучей. Газъ, выдѣляемый растеніями, былъ изслѣдованъ эвлюметрически съ помощью фосфора. Таблицы Добиныя показываютъ, что газъ никогда не представляетъ чистаго кислорода, но всегда смѣшанъ съ азотомъ, и что общій объемъ газа въ цвѣтномъ свѣтѣ всегда менѣе, чѣмъ въ безцвѣтномъ. Между цвѣтными лучами, оранжевые дѣйствуютъ всего сильнѣе, чисто, прасный свѣтъ, прошедшій ²⁾ черезъ шортвейнъ, не производилъ выдѣленія газа; лучи, прошедшіе черезъ голубой аммиачный растворъ окиси мѣди, давали постоянно болѣе неудовлетворительные результаты, чѣмъ оранжевые. Процентное содержаніе кислорода выдѣляемаго газа, въ цвѣтномъ свѣтѣ, всегда менѣе, чѣмъ въ бѣломъ; его таблицы не допускаютъ въ этомъ отношеніи точнаго сравненія вліянія оранжеваго свѣта съ голубымъ.

Указанія Гунта помѣщены въ *Bot. Zeitg.* 1864, стр. 355. По Драеру, подвергавшему листья въ углекислой водѣ дѣйствію различныхъ мѣстъ солнечнаго спектра, желтые лучи обусловливаютъ максимумъ выдѣленія газа; напротивъ, въ красныхъ съ одной стороны и фіолетовыхъ съ другой, дѣйствіе падаетъ до нуля ³⁾. Клѣцъ и Граціоле ⁴⁾ нашли у различныхъ водныхъ растеній, что подъ цвѣтными стеклами разлагается углекислоты менѣе, чѣмъ подъ бѣлыми; къ послѣднимъ ближе всего стоятъ желтыя, за тѣмъ красныя, зеленныя, всего неблагопріятнѣе дѣйствуютъ голубыя.

И ⁵⁾ наблюдавъ выдѣленіе газа при дѣйствіи смѣшаннаго свѣта, желтаго и голубаго, посредствомъ аппарата (фиг. 6). Въ водѣ внутренняго цилиндра *Ci* (изъ безцвѣтнаго стекла) лежитъ, по возможности безъ измѣненія положенія, вѣтвь воднаго растенія *P*. Черезъ пробку *k*, вставленную совершенно плотно, пропущенъ въ воду термометръ *t*; кромѣ того, черезъ нее же проходятъ двѣ стеклянныя трубки, снаружи совершенно покрытыя каучуковыми трубками. Одна изъ трубокъ входитъ въ воду и служитъ для пропусканія углекислоты, выдѣляемой при дѣйствіи сѣрной кислоты на мраморъ, углекислота же изъ колбы *A*, служащей для образованія газа, проходитъ сперва въ промывательную колбу *B*. Другая трубка, проходящая черезъ пробку *k*, служитъ для выхода газовъ. Чтобы наблюдать одновременно дѣйствіе свѣта на растеніе и на фотографическую бумагу, я въ цилиндръ *C'i* вставилъ пробку, изображенную на фиг. 4-й, съ подставкой для фотографической бумаги. Цилиндръ *C'i* стоитъ въ безцвѣтномъ цилиндрѣ *Ca*, такимъ образомъ, что между ихъ стѣнками остается про-

¹⁾ On the action of light etc. *Philos. Transact.* 1836, I, 149 ff.

²⁾ За исключеніемъ этого всѣ здѣсь поименованныя цвѣта смѣшаны изъ очень различныхъ частей спектра.

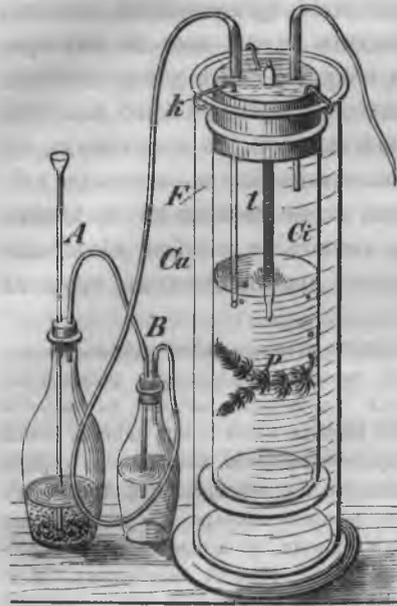
³⁾ У Guillemain въ *Ann. des sc. nat.* 1857, VII, стр. 160.

⁴⁾ *Bot. Zeitg.* 1851, стр. 52.

⁵⁾ Sachs. *Wirkungen farbigen Lichts auf Pflanzen* въ *Bot. Zeitg.* 1864.

междутокъ въ 12—15 миллим. ширины. Послѣдній наполняется или насыщеннымъ растворомъ кислаго хромовокислаго кали, или растворомъ сѣрнокислой амміачной окиси мѣди; крючками, прикрѣпленными къ пробкѣ *k*, внутреннему цилиндру давалось прочное положеніе; поверхность цвѣтной жид-

кости стояла выше края цилиндра *Ci*. Приборъ былъ поставленъ на открытое окно, чтобы къ растенію проникалъ черезъ жидкость прямой солнечный свѣтъ. Свѣтъ, проходившій черезъ оранжевый растворъ, содержитъ красные, оранжевые, желтые и нѣсколько зеленыхъ лучей; дѣйствіе его на фотографическую бумагу необыкновенно слабо ¹⁾. Голубой растворъ былъ взятъ различной концентрации; свѣтлый растворъ, кромѣ фіолетовыхъ и голубыхъ лучей, пропускалъ также еще зеленые, желтые, оранжевые и красные, однако слабо; густой растворъ, при данной толщинѣ слоя жидкости, давалъ спектръ, состоящій изъ фіолетовыхъ, голубыхъ и нѣсколькихъ зеленыхъ лучей; фотографическое дѣйствіе этого голубаго свѣта очень слабо. За мѣру выдѣленія кислорода было взято число пузырьковъ, отдѣлявшихся въ данное время изъ свѣжей поверхности разрѣза стебля. О примѣнимости этого способа наблюденія см. названную работу, стр. 363-я. Счетъ пузырьковъ газа былъ произведенъ слѣдующимъ образомъ: при ясномъ небѣ и солнечномъ свѣтѣ было опредѣлено, напримеръ, число пузырьковъ для данного времени, когда цилиндръ *Ci* стоялъ свободно или въ водѣ; затѣмъ послѣдній былъ поставленъ въ жидкость цилиндра *Ca*, здѣсь было сдѣлано такое же счисленіе; затѣмъ онъ



Ф. 6.

опять былъ поставленъ въ воду для дальнѣйшаго счисленія и т. д.

Въ примѣрѣ подобнаго рода наблюденій можно привести слѣдующее:

Ceratophyllum demersum.

26 сент. 1864 г. между 10½—11 часами до полудня. Пузырьки, выдѣлявшіеся втеченіи минутъ, считались при каждомъ освѣщеніи постоянно два раза, затѣмъ освѣщеніе мѣнялось:

Освѣщеніе растенія. Число пузырьковъ въ минуту. Температура воды.

Оранжевое	23	23	27,2°.
Бѣлое	23	24	27,4°.
Оранжевое	20	20	27°.
Бѣлое	22	23	27,4°.
Оранжевое	21	20	27,6°.
Бѣлое	23	23	27,8°.
Оранжевое	20	21	27,6°.

Среднее число пузырьковъ въ минуту: въ бѣломъ свѣтѣ = 23.
въ оранжевомъ „ = 21.

Затѣмъ были сдѣланы наблюденія попеременно въ бѣломъ свѣтѣ и позади темно-голубаго раствора, пропускавшаго фіолетовые, голубые и зеленые лучи, и опредѣлено время, нужное для образованія пузырьковъ газа.

¹⁾ Loc. cit., стр. 357.

Ceratophyllum demersum.

26 сент. 1864 отъ 11—12 часа до полудня:

Въ бѣломъ свѣтѣ 19 пузырьковъ въ минуту . . . 28° Ц.

Въ голубомъ свѣтѣ нѣтъ пузырьковъ въ продолженіи 5 минутъ.

Въ бѣломъ „ 17 пузырьковъ въ одну минуту . . . 30,8° Ц.

Послѣ того какъ внутренній цилиндръ былъ вынутъ изъ голубаго раствора и выставленъ на солнечный свѣтъ, прошло болѣе 1 минуты, прежде чѣмъ появился первый пузырекъ:

27 сент. послѣ 11-ти часовъ утра:

Въ голубомъ свѣтѣ нѣтъ пузырьковъ въ первыя 5 минутъ.

10 минутъ спустя 1 пузырекъ въ 34 секунды.

11 „ „ 1 „ „ 36 „

12 „ „ 1 „ „ 34 „ . . 23,6° Ц.

Въ бѣломъ свѣтѣ послѣ 1 минуты первый пузырекъ.

2 минуты спустя 10 пузырьковъ въ 45 секундъ.

3 „ „ 10 „ „ 35 „

3 „ „ 10 „ „ 33 „ . . 24° Ц.

Въ голубомъ свѣтѣ 1 пузырекъ въ 32 секунды.

1 минуту спустя 1 пузырекъ въ 34 секунды.

Такимъ образомъ здѣсь образованіе пузырьковъ въ голубомъ свѣтѣ было почти въ десять-разъ медленнѣе, чѣмъ въ бѣломъ; это отношеніе однако мѣнялось при каждомъ рядѣ наблюденій. Мои наблюденія, сдѣланныя весною, лѣтомъ и осенью, показали, что замедленіе образованія пузырьковъ въ свѣтѣ, прошедшемъ черезъ амміачный растворъ окиси мѣди, тѣмъ болѣе, чѣмъ темнѣе былъ растворъ, т. е. чѣмъ болѣе проходящій свѣтъ былъ свободенъ отъ красныхъ, оранжевыхъ и желтыхъ лучей. Напротивъ, всѣ наблюденія согласны въ томъ, что свѣтъ, падающій черезъ насыщенный растворъ кислаго хромовокислаго кали, слѣдовательно не содержащій голубыхъ и фіолетовыхъ лучей, дѣйствуетъ на выдѣленіе газа столь же сильно, какъ полный солнечный свѣтъ. Вѣроятно и эвдіометрическія свойства газа, выдѣляющагося въ голубомъ и оранжевомъ свѣтѣ, различны, какъ надо полагать на основаніи данныхъ Добинь.

Уже изъ наблюденій, подобныхъ вышеприведеннымъ, относительно фотографическаго дѣйствія свѣта, прошедшаго черезъ жидкости, видно, что дѣйствіе его на растеніе не пропорціо-нально дѣйствію на хлористое серебро. И непосредственно доказалъ это положеніе слѣдую-щимъ опытомъ: пробку, снабженную фотографической бумагой, я вставлялъ въ цилиндръ *СГ* и наблюдалъ одновременное дѣйствіе на бумагу и на растеніе. Если окружающимъ растворомъ было кислое хромовокислое кали, то испытываемая бумага во время наблюденія оставалась неиз-мѣнною, между тѣмъ какъ растеніе выдѣляло столько же газа, сколько въ бѣломъ свѣтѣ. На-противъ того, если былъ введенъ темно-голубой растворъ, то бумага окрашивалась въ темно-бурый цвѣтъ, между тѣмъ какъ дѣйствіе на растеніе равнялось почти нулю (подробности въ названномъ со-чиненіи).

Все, до сихъ поръ сообщенное, показываетъ достаточно, какъ еще отрывочны наши знанія объ этомъ важномъ предметѣ и какъ было бы необходимо освѣтить его дальнѣйшими и болѣе глубокими изслѣдованіями.

Что касается до увеличенія органическаго вещества на свѣтѣ, лишенномъ извѣстныхъ лучей, то я уже въ своей цитированной работѣ, стр. 372, показалъ, что сдѣланныя объ этомъ указанія Гунта не доказательны. Мои описанныя тамъ попытки, — заставить расти растенія позади раствора кислаго хромовокислаго кали и амміачнаго раствора окиси мѣди, привели по крайней мѣрѣ къ тому результату, что растенія въ послѣднемъ случаѣ, по окончаніи прорастанія, переставали ра-сти, между тѣмъ какъ первыя образовали еще новые листья, что указывало во всякомъ случаѣ на образованіе новыхъ массъ органическаго вещества. Однако, здѣсь только одно взвѣшива-ніе можетъ рѣшить дѣло и то только тогда, когда будетъ положительно извѣстно, что свѣтъ, идущій къ растеніямъ, подвергаемымъ опыту, вполнѣ лишенъ извѣстныхъ лучей; на послѣднемъ основаніи не многого можно ожидать отъ опытовъ съ цвѣтными стеклами (сравни Валентина, „Употребленіе спектроскопа“, стр. 48).

§ 11. Вліяніе свѣта на образованіе крахмала въ зернахъ хлоро-филла.—Г. ф.-Моль открылъ важный фактъ, что въ зернахъ хлорофилла боль-

шей части растений заключены крупинки крахмала, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ онъ могъ убѣдиться въ томъ, что послѣдніе составляютъ вторичныя образованія въ свободныхъ прежде отъ крахмала зеленыхъ крупинкахъ протоплазмы ¹⁾. Негели и Крамеръ ²⁾ дали новыя примѣры въ пользу вторичнаго появленія крахмала и наблюдали ростъ его въ хлорофиллѣ. Этими наблюденіями, столь же просто, сколько основательно опровергается теорія Мульдера, по которой зерна хлорофилла происходятъ вслѣдствіе химическаго превращенія крахмала и этимъ будто бы должно обуславливаться выдѣленіе кислорода.

Я въ 1862 въ первый разъ показалъ, что крахмалъ, содержащійся въ хлорофиллѣ, есть продуктъ дѣйствія свѣта, въ виду того, что свободные прежде отъ него зеленые шарики протоплазмы производятъ его внутри себя тогда только, когда они при достаточной температурѣ долгое время находятся подъ вліяніемъ свѣта; при слишкомъ слабomъ освѣщеніи зерна хлорофилла хотя зеленѣютъ, но не образуютъ крахмала. Позднѣе (1864) я нашелъ также, что крахмалъ, уже образованный въ зернахъ хлорофилла подъ вліяніемъ свѣта, снова исчезаетъ, если листья на нѣсколько дней были лишены свѣта, и что въ такихъ зернахъ хлорофилла, лишившихся крахмала, послѣдній образуется вторично, если они будутъ снова выставлены на свѣтъ. У растений, у которыхъ хлорофилловыя зерна вообще способны производить крахмалъ, можно, слѣдовательно, этотъ процессъ по произволу задержать или возбудить, сообразно регулируя освѣщеніемъ. Этимъ доказывается непосредственное отношеніе свѣта къ образованію веществъ въ растеніи и притомъ такого вещества, которое по своей распространенности въ растительномъ царствѣ, по весьма значительному появленію и отношенію къ образованію органовъ растенія, должно быть отнесено къ важнѣйшимъ продуктамъ ассимиляціи.

Физиологическая важность этихъ фактовъ не уменьшается тѣмъ, что зерна хлорофилла нѣкоторыхъ растений (*Allium Cera*, *Tulipa*?) никогда не производятъ крахмала; потому что въ этомъ случаѣ можетъ происходить физиологически равнозначущій продуктъ—сахаръ, какъ это въ дѣйствительности и бываетъ въ *Allium Cera*.

Къ значенію образованія крахмала въ хлорофиллѣ для общаго обмѣна веществъ въ растеніяхъ, я вернусь впоследствии.

Въ своей работѣ: «О вліяніи свѣта на образованіе крахмала въ зернахъ хлорофилла» ³⁾, я показалъ, что упомянутыя въ нашемъ § 3, образовавшіеся въ темнотѣ желтые шарики протоплазмы (этиолоированныя зерна хлорофилла), выставленные на свѣтъ, зеленѣютъ, не содержа еще и слѣдовъ крахмала; въ этомъ, такъ сказать безплодномъ состояніи они и остаются, если растеніе пробывало на мѣстѣ не достаточно свѣтломъ. Напротивъ того, подъ вліяніемъ яркаго свѣта въ мягкомъ веществѣ хлорофилловыхъ зеренъ появляются сначала очень мелкія, потомъ все увеличивающіяся крупинки крахмала, которыя, какъ извѣстно, впоследствии могутъ быть такъ

¹⁾ Н. v. Mohl's Vermischte Schriften 1854, стр. 361, и. Bot. Zeitg. 1855, стр. 113.

²⁾ Pflanzenphysiologische Untersuchungen II, стр. 398. Далѣе надо сравнить: I. Бѣмъ, «Исслѣдованія для точнаго изученія хлорофилла»; Sitzungsberg. der kais. Akad. d. Wiss. Wien 1857; Саксъ, «О веществахъ, дающихъ матеріалъ для образованія кѣлочной оболочки», въ Jahrbücher f.wiss. Bot. III; и «Обзоръ результатовъ новѣйшихъ изслѣдованій о хлорофиллѣ», въ Flora 1862, № 10, также «Микрохимическія изслѣдованія» въ Flora 1862 № 21; наконецъ Адольфъ Вейссъ «Исслѣдов. объ исторіи развитія красящаго вещества въ растительныхъ кѣлочкахъ» въ Sitzungsberg der Kais. Akad. d. Wiss., Wien, 1864, XLIX.

³⁾ Bot. Zeitg. 1862, № 44.

велики, что отъ самаго вещества хлорофилла остается только тонкая оболочка, иногда также исчезающая. Для наблюденія явленій этого рода, можно заставить прорасти, при благоприятной температурѣ, въ темнотѣ, нѣсколько экземпляровъ одного и того же вида растенія (сѣмена *Zea*, *Helianthus annuus*, *Beta vulgaris*, *Cucurbita*, *Phaseolus* или клубни *Beta*, *Dahlia*, *Helianthus tuberosus*) оставляя ихъ тутъ, пока не будутъ болѣе образовываться листья. Такая остановка въ развитіи обозначаетъ обыкновенно истощеніе содержимаго тканей, т. е., что всѣ запасныя вещества потреблены; крахмалъ и жиръ, находившіеся передъ тѣмъ въ сѣмени, исчезаютъ потому изъ всѣхъ органовъ, или отъ нихъ остаются только слѣды. Около этого времени, желтую протоплазму, которая прежде покрывала внутреннюю поверхность стѣнокъ кѣточекъ желтыхъ листьевъ, находятъ распавшеюся на крупины, въ которыхъ, при самомъ тщательномъ изслѣдованіи, нельзя открыть крахмала. Если растеніе въ этомъ состояніи останется еще долгое время въ темнотѣ, то оно погибаетъ; перенесенное на свѣтъ, оно зеленѣетъ, желтыя хлорофилловыя зерна окрашиваются и увеличиваются. И теперь еще растеніе не содержитъ крахмала; но если крахмалъ появляется въ зеленыхъ крупинкахъ протоплазмы, то затѣмъ его уже скорѣ можно найти и въ проводящей ткани черешковъ и междоузлій, и прослѣдить до возрастающихъ почекъ. Последнія начинаютъ теперь распускать новые листья.

Такъ какъ крахмалъ въ этихъ случаяхъ образуется въ хлорофиллѣ, послѣ того какъ растеніе потребило все количество запасныхъ веществъ, такъ какъ онъ далѣе появляется прежде всего въ зернахъ хлорофилла, то на последнія должно смотрѣть, какъ на органы образованія крахмала. Вѣроятно, выдѣленіе кислорода непосредственно связано съ этимъ образованіемъ крахмала. Такъ какъ, наконецъ, въ безцвѣтной паренхимѣ крахмалъ появляется позже, то необходимо слѣдуетъ заключить, что крахмалъ, появляющійся въ черешкахъ, междоузліяхъ и почкахъ переходитъ сюда изъ хлорофилла листьевъ; взглядъ, который я уже прежде старался доказать другимъ путемъ, не зная еще этихъ фактовъ ¹⁾. Что происходящій въ хлорофилловыхъ зернахъ крахмалъ, ночью (въ темнотѣ) частью растворяется и черезъ черешки переходитъ въ стебель, я заключилъ изъ того наблюденія, что крахмалъ въ хлорофиллѣ растеній, выросшихъ на свѣтъ, въ короткое время вполне исчезаетъ, если послѣдніе находились въ темнотѣ при высокой дѣтней температурѣ. Въ своей работѣ: «О раствореніи и образованіи вновь крахмала въ хлорофилловыхъ зернахъ при переменномъ освѣщеніи» ²⁾, я показалъ, что у *Tropaeolum majus*, *Nicotiana Tabacum*, *Geranium peltatum*, въ темнотѣ, при 20—28° Ц., въ продолженіи 48-ми часовъ, исчезъ крахмалъ изъ зеренъ хлорофилла, но зеленое вещество протоплазмы еще вполне сохранилось. Когда растенія послѣ пятидневной темноты были выставлены на окно, на солнечный свѣтъ, при 19—26,5° Ц., то въ 5 дней въ ихъ хлорофилловыхъ зернахъ образовался новый крахмалъ. Очень вѣроятно, что этотъ процессъ повторяется періодически при перемиѣ дня и ночи, и, если, несмотря на то, въ нормально растущемъ растеніи все-таки увеличивается количество крахмала въ хлорофиллѣ, то это объясняется просто тѣмъ, что образованіе крахмала въ продолженіи долгаго лѣтняго дня имѣетъ перевѣсъ надъ раствореніемъ во время краткой ночи. Для наблюденія этихъ явленій должно обратить вниманіе на то, что для вторичнаго образованія крахмала въ хлорофилловыхъ зернахъ, послѣднія не должны быть разрушены слишкомъ сильнымъ дѣйствіемъ темноты. Сравни данныя Артура Гри ³⁾ и мои собственныя въ названной работѣ, стр. 289.

§ 12. О вліяніи свѣта на другія растительныя вещества, кромѣ выше названныхъ, мало извѣстно. Стоитъ упомянуть и провѣрить изслѣдованіе Ньезисъ де Ст.-Викторъ и Луціана Корвисара ⁴⁾, что растворъ крахмала подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта въ короткое время превращается въ декстринъ и сахаръ; что далѣе щавелевая кислота, при содѣйствіи окисляющихъ веществъ, при высокой температурѣ, разлагается свѣтомъ. По Жодэну ⁵⁾ свѣтъ усиливаетъ окисленіе различныхъ растительныхъ веществъ; его показанія, относящіеся до хлорофилла и ксантофилла, были уже упомянуты въ параграфѣ 4-мъ.

¹⁾ Jahrb. f. wiss. Bot. III, стр. 183.

²⁾ Bot. Zeitg. 1864, стр. 292.

³⁾ Ann. des sc. nat., 1857.

⁴⁾ Ann. der Chemie und Pharm., 1860, стр. 112

⁵⁾ Comptes rendus, 1864, т. 59, стр. 857.

Подобнымъ же свойствомъ обладаютъ эфирныя масла и дубильное вещество. Уже Соссюръ заключилъ, что поглощеніе кислорода лавандовымъ масломъ, на свѣтѣ повидному увеличивается. Жодэнъ нашель, что алкоольный растворъ его, содержащій въ 10 к. стм. только 0,44 грамма масла, въ 40 дней поглотилъ на солнечномъ свѣтѣ болѣе 7 к. стм. кислорода и за то далъ 0,1 до 0,2 к. стм. углекислоты; между тѣмъ, какъ равный объемъ того же раствора въ темнотѣ поглотилъ кислорода только 1,3 к. стм.; терпентинное масло представляетъ подобныя же свойства. Бумага, пропитанная гваяковой смолой, по Жодэну, позеленѣла подъ вліаніемъ голубыхъ лучей и пожелтѣла въ желтомъ свѣтѣ. Если бумагу, въ первомъ случаѣ позеленѣвшую, подвергнуть дѣйствию желтыхъ лучей, то зеленый цвѣтъ переходитъ въ желтый; въ бѣломъ свѣтѣ бумага приняла равномерно зеленоватое окрашиваніе. Кажется, что это окрашиваніе не сопровождается, или сопровождается очень незначительнымъ поглощеніемъ кислорода.

Алкоольный растворъ танина, по Жодэну, на воздухѣ, но въ темнотѣ, даже послѣ долгаго времени не поглощаетъ кислорода, между тѣмъ какъ такой же растворъ на свѣтѣ уже въ короткое время поглощаетъ значительное количество кислорода, образуя меньшее количество углекислоты. Растворъ въ дистиллированной водѣ повидному представляетъ подобное же явленіе, если онъ предохраненъ отъ грибовъ.

Что въ живомъ растеніи по мѣрѣ увеличенія продолжительности освѣщенія увеличивается образованіе красящихъ веществъ цвѣтовъ и ароматическихъ веществъ, слѣдуетъ изъ замѣчательныхъ данныхъ Шюблера¹⁾, по которымъ растенія, ввезенныя въ Норвегію изъ южныхъ странъ, дали не только болѣе крупныя и темнѣе окрашенныя сѣмена и интензивнѣе окрашенныя цвѣты, но и ароматическія кухонныя травы и плоды выиграли въ ароматѣ, но потеряли въ сладости. Даже время роста этихъ растеній нерѣдко значительно сокращается, что при менѣе высокой температурѣ надо приписать болѣе продолжительности дня, слѣдовательно усиленному вліанію свѣта.

д) Отношеніе свѣта къ образованію формы растенія.

§ 13. Существуетъ, кажется, общій законъ, который съ возрастающимъ совершенствомъ организаци, т. е. по мѣрѣ болѣе рѣзкаго распредѣленія отдѣльныхъ физиологическихъ работъ по различнымъ органамъ, выражается все болѣе и болѣе рѣзко, именно, что зеленые ассимилирующіе органы принимаютъ форму и положеніе, поставляющія ихъ въ наиболѣе благоприятное положеніе для поглощенія солнечныхъ лучей. Напротивъ того, части (почки, камбій и т. д.), назначенныя для образованія новыхъ органовъ или тканей, предохраняются отъ непосредственнаго вліанія свѣта различнаго рода оболочками; если простота организаци и прозрачность растенія послѣдняго не допускаетъ, то процессы распредѣляются по времени такъ, что днемъ совершается образованіе веществъ, ночью же размноженіе клѣточекъ. Извѣстно по крайней мѣрѣ то, что непосредственное вліаніе свѣта для большей части процессовъ, основанныхъ на размноженіи клѣточекъ, не только лишне, но что и болѣе число ихъ совершается постоянно въ глубокой темнотѣ; опыты затѣмъ показали, что въ нѣко-

¹⁾ Культурныя растенія Норвегіи. Christiania, 1862, стр. 26—33.

торыхъ случаяхъ для процесса образованія новыхъ частей, отсутствіе или уменьшеніе свѣта рѣшительно благопріятно.

Факты и разсужденія, на которыхъ основано предвидущее, я въ первый разъ свелъ въ своей работѣ «О вліяніи дневнаго свѣта на появленіе и развитіе различныхъ органовъ растенія»¹⁾. Что касается до отношенія свѣта къ размноженію клѣточекъ (посредствомъ дѣленія и такъ называемаго свободнаго образованія), основанному на молекулярныхъ движеніяхъ протоплазмы, можно привести слѣдующее:

1) Большинство частей, въ которыхъ происходитъ размноженіе клѣточекъ, при естественномъ ходѣ вещей, не подлежатъ непосредственному вліянію свѣта, но крайней мѣрѣ болѣе напряженнаго: таковы, напримѣръ, многочисленныя подземныя органы различнаго морфологическаго значенія, таковы также камбій всѣхъ стволовъ, снабженныхъ коркой, меристема почекъ, прикрытая многочисленными старыми листовыми образованіями; сюда же относится образованіе новыхъ клѣточекъ въ зародышевомъ мѣстѣ и въ спорангіяхъ многихъ тайнобрачныхъ.

2) Въ очень простыхъ растеніяхъ, гдѣ нѣтъ частей, окруженныхъ и затемненныхъ оболочками, движенія протоплазмы, обуславливающія дѣленіе клѣточекъ, происходятъ очень часто ночью, что Ал. Браунъ²⁾ наблюдалъ въ первый разъ у *Hydrodictyon*, *Spirogyra*, *Ulothrix*; тоже слѣдуетъ изъ данныхъ Тюре, относительно образованія подвижныхъ споръ морскихъ водорослей³⁾. По Кону, образованіе споръ у *Pilobolus cristallinus* начинается вечеромъ и оканчивается ночью⁴⁾. Можетъ быть сюда же относятся и указанія де-Бари⁵⁾, по которымъ споры *Peronospora macrocarpa* лучше и скорѣе проростаютъ въ темнотѣ, чѣмъ на свѣтѣ и для развитія зооспоръ *P. infestans* благопріятна темнота.

3) То, что придаточныя корни образуются на надземныхъ частяхъ стебля въ темнотѣ тамъ, гдѣ на свѣтѣ ихъ не бываетъ, было мною замѣчено у *Cactus speciosus*, *Tropaneolum majus*, *Veronica speciosa*, *Helianthus tuberosus*⁶⁾. Сюда же относится также тотъ фактъ, что придаточныя корни плюща и подобныхъ ползучихъ растеній образуются на тѣневой сторонѣ (обращенной къ подпоркѣ); воздушныя корни *Selaginella*, корневые волоски проталіума папоротниковъ, почки размноженія печеночныхъ мховъ происходятъ на тѣневой сторонѣ. Аэрические и эпифитныя орхидеи, отличающіяся множествомъ воздушныхъ корней, требуютъ глубокой тѣни.

4) Если же въ нѣкоторыхъ случаяхъ размноженіе клѣточекъ происходитъ въ такихъ органахъ, которые вполнѣ подвергнуты дѣйствію яркаго дневнаго свѣта, то можно принять, что данныя клѣточки отличаются отъ прочихъ по своей чувствительности къ свѣту, или же, что всѣ такія дѣленія клѣточекъ происходятъ только ночью. Третье предположеніе, что они пугаются въ свѣтѣ, должно быть отвергнуто, такъ какъ я доказалъ, что они совершаются столь же успѣшно и въ глубокой темнотѣ; напримѣръ, образованіе замыкающихъ клѣточекъ устьицъ верхней стороны листьевъ, *Reseda luteola*, *Beta vulgaris*, *Dahlia variabilis*, *Phaseolus multiflorus* и др.

Въ заключеніе припомнимъ многія не зеленыя растенія, которыя, подобно подземнымъ грибамъ, совершаютъ весь процессъ образованія новыхъ частей въ подземной темнотѣ, или которыя, подобно многимъ видамъ *Boletus*, *Agaricus* и *Pudnum*, подобно *Orobancha*, *Monotropa* и др., лишь тогда выходятъ на свѣтъ, когда уже большая часть размноженія клѣточекъ окончилася.

Нѣкоторыя наблюденія, пугающіяся впрочемъ въ экспериментальной повѣркѣ, повидимому ведутъ къ тому положенію, что свѣтъ въ извѣстныхъ случаяхъ, если дѣйствуетъ съ одной стороны сильнее, чѣмъ съ другой, оказываетъ вліяніе на направленіе вновь образующихся перегородокъ. Въ нѣкоторыхъ изъ этихъ случаевъ еще неизвѣстно, есть ли положеніе органа, принимаемое имъ относительно свѣта и тѣни, слѣдствіе его способа зарожденія или этому содѣйствуютъ рано проявляющіяся гелиотропизмъ. Относящіяся сюда показанія изложены въ моей статьѣ⁷⁾. Наконецъ, при изслѣдованіи этихъ обстоятельствъ, надо также имѣть въ виду наблюденіе Де-

¹⁾ Bot. Zeitg. 1863.

²⁾ Verjüngung, стр. 235 ff.

³⁾ Ann. des. sc. nat. 1850, XIV, 246 ff.

⁴⁾ Verh. d. Leopoldina XV, I, стр. 513.

⁵⁾ Ann. des sc. nat. т. XX, стр. 36, 37.

⁶⁾ Bot. Zeitg. 1865, стр. 119.

⁷⁾ Bot. Zeitg., 1863, прибавленіе, 7 стр.

Бари ¹⁾, по которому образованіе формы *Uredo* рода *Uromyces* на нижней или верхней поверхностях питающаго листа, повидимому, опредѣляется свѣтомъ.

§ 14. Вліяніє свѣта на ростъ клѣточекъ, предполагая, что онѣ уже существуютъ въ зачаточномъ состояніи, обнаруживается, кажется, только относительно зеленыхъ органовъ, между тѣмъ какъ безсвѣтныя или цвѣтныя ткани не нуждаются въ его содѣйствіи для достиженія нормальной формы. Зеленые органы, предназначенные для жизни на свѣтѣ при этомъ представляютъ то различіе, что одни, при уменьшеніи интензивности свѣта, увеличиваютъ свои размѣры по крайней мѣрѣ по одному направленію (многіе междуузлія и черешки), между тѣмъ какъ другіе, соотвѣтственно уменьшенію свѣта, достигаютъ меньшихъ размѣровъ или, по крайней мѣрѣ, въ извѣстныхъ направленіяхъ растутъ менѣе, чѣмъ при нормальномъ дневномъ свѣтѣ (листовыя пластинки). Такъ какъ эта зависимость роста отъ напряженія свѣта обнаруживается въ зеленыхъ органахъ, то весьма вѣроятно, что свѣтъ производитъ это дѣйствіе посредствомъ хлорофилла, по какимъ образомъ, конечно сказать нельзя.

Литература, относящаяся сюда, неудовлетворительна, какъ это видно изъ моего критическаго обзора ея въ *Bot. Zeitg.* 1863, стр. 9 и 10. Заслуживаютъ одобренія работы Боннета ²⁾, показавшаго впервые, путемъ опыта, что интензивность освѣщенія есть причина измѣненія формы и недостаточнаго окрашиванія (*étiolement*) листьевъ. Слѣдующія, фактически данныя, требующія еще значительной разработки, я беру изъ своего цитированнаго выше сочиненія ³⁾. Изъ числа междуузлій первыя, назначенныя для поднятія почки изъ подъ земли удлинняются въ темнотѣ сильнѣе, чѣмъ на свѣтѣ и съ возрастаніемъ яркости свѣта все болѣе и болѣе теряютъ способность удлинняться. Такое соотношеніе къ свѣту, польза котораго для растенія совершенно ясна, представляютъ междуузлія проростка, лежащія то ниже, то выше сѣмядолей, смотря потому, назначены ли самыя сѣмядоли оставаться подъ землею, или выдти изъ подъ нея (*Phaseolus vulgaris* и *multiflorus*, *Vicia Faba* и *Lupinus*). Подобно первымъ междуузліямъ проростка относятся къ свѣту клубневые побѣги (картофеля) и цвѣточные почки, выходящія изъ луковицъ (тюльпановъ, гіацинтовъ). У шафрана (*Stocus*) вслѣдствіе недостатка въ свѣтѣ, весьма замѣтно удлинняется даже основная часть трубки околоцвѣтника. Извѣстно, что съ этимъ удлинненіемъ цѣлага органа, идетъ, рука объ руку, весьма значительное удлинненіе клѣтокъ, но не рѣшено, увеличивается ли при этомъ число клѣтокъ. Напротивъ того, удлинненіе такихъ междуузлій, которыя уже на полномъ дневномъ свѣтѣ достигли очень значительной длины, въ темнотѣ повидимому или совершенно не усиливается, или же мало, что я наблюдаю на междуузліяхъ вьющихся стеблей, *Humulus Lupulus*, *Dioscorea Batatas* и *Phaseolus multiflorus*.

Нѣкоторые стеблевые органы съ очень сближенными листьями, напр. нижнія междуузлія свекловицы во 2-й годъ, или стеблевая часть, несущія мутовки цвѣточныхъ почекъ, въ темнотѣ не оказываютъ удлинненія, которое легко бы сдѣлалось замѣтнымъ вслѣдствіе раздвиженія листовыхъ образованій. Черешки, съ возрастающей темнотой или яркостью, становятся повидимому то длиннѣе, то короче, относительно чего нѣтъ еще достаточныхъ наблюденій.

Если органы, въ недостатку въ свѣтѣ, испытываютъ бросающееся въ глаза удлинненіе, то оно проявляется въ различной степени въ паренхимѣ коры, въ сосудистыхъ пучкахъ и въ эпидермисѣ, чѣмъ и объясняется весьма общее, мною впервые замѣченное крученіе этиолированныхъ междуузлій, особенно хорошо замѣтное въ подсѣмянодномъ стеблевомъ междуузліи зародыша тыквы, которое съ возрастающимъ удлинненіемъ принимаетъ видъ штопора (см. указанную работу).

¹⁾ *Ann. des sc. nat.* XX, стр. 94.

²⁾ *Usage des feuilles* Goettingue et Leide, стр. 209.

³⁾ Весьма распространенный взглядъ, что въ темнотѣ междуузлія вообще удлинняются, листовыя же пластинки укорачиваются, не вѣрнѣе, какъ я уже показать прежде и какъ это само собой слѣдуетъ изъ названныхъ здѣсь случаевъ.

Длинные и узкіе листья, въ темнотѣ видимо удлиняются и уменьшаютъ свой ростъ въ ширину, напримѣръ злаки, касатиковые, лилейные, *Tragopogon poggifolius*, *Allium Cera*; напротивъ того, у листьевъ, пластинка которыхъ рѣзко ограничена отъ черешка, первая при ослабленіи освѣщенія обыкновенно уменьшаетъ ростъ по всѣмъ направленіямъ своей поверхности, напримѣръ, сѣтчатонервные листья двусѣмяподольныхъ, папоротниковъ и т. д. Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ, съ возрастающей интензивностью свѣта, сперва наступаетъ усиленіе роста поверхности, достигающее при извѣстной степени яркости maximum'a, но затѣмъ кажется, что при дальнѣйшемъ усиленіи свѣта, ростъ ослабляется; такъ напримѣръ, я нерѣдко находилъ, что листья *Phaseolus*, лѣтомъ, на тѣнистыхъ окнахъ гораздо крупнѣе, чѣмъ на солнечныхъ мѣстахъ; въ темнотѣ же они оставались очень маленькими.

Подобно листьямъ, относятся къ свѣту листообразныя расширенія коры междуузлія *Cactus speciosus*; выросшія въ темнотѣ (желтыя) остаются круговато-призматическими.

Степень вліянія, оказываемая свѣтомъ на продольный и поперечный ростъ, для каждаго вида растеній различна; у нѣкоторыхъ коэффициентъ увеличенія одноименныхъ протяженій въ темнотѣ и на свѣтѣ простирается отъ 10 до 20-ти кратнаго, у другихъ отъ 3-хъ до 4-хъ кратнаго, у нѣкоторыхъ различія не замѣтно. Если бы имѣлся хорошій фотометрической методъ, то можно бы достигнуть весьма важныхъ результатовъ, опредѣляя измѣненіе роста при извѣстномъ увеличеніи и уменьшеніи яркости. Чтобы только вообще дать представленіе о подобнаго рода дѣйствіяхъ свѣта, я приведу слѣдующія числа: подѣмяподольное стеблевое междуузліе *Polygonum Fagorugum* достигаетъ на полномъ дневномъ свѣтѣ 2—3 стм. длины, близъ задней стѣны свѣтлой комнаты около 15 стм.; въ темномъ пкаѣѣ 35—40 стм.; та же часть стебля *Cucurbita Pepo* на открытомъ воздухѣ удлинялась на 3—4 стм., въ темнотѣ на 40—50 стм. Листовая поверхность *Tropaneolum majus* достигаетъ въ глубокой темнотѣ отъ 1—1½ □ стм.; на дневномъ свѣтѣ 30 и болѣе □ стм. (другіе примѣры см. въ указанной работѣ).

§ 15. Отношеніе свѣта къ росту цвѣтотвъ и плодовъ по моимъ наблюденіямъ ¹⁾ оказывается совершенно иное, нежели къ листьямъ и междуузліямъ; послѣдніе для развитія нормальной формы и зеленой окраски должны быть непосредственно подвержены дѣйствію свѣта, отъ интензивности котораго и зависитъ различіе роста, даже въ томъ случаѣ, если эти части снабжены избыткомъ образовательныхъ веществъ. Напротивъ того, образованіе частей цвѣтка, ихъ форма, величина и окрашиваніе (за исключеніемъ частей содержащихъ хлорофиль — чашечки и плодника), у большинства изслѣдованныхъ растеній совершенно не зависитъ отъ свѣта. Цвѣточные почки, зародившіяся въ темнотѣ, или лишеныя свѣта въ 1-й періодъ развитія, могутъ въ темнотѣ развиваться также, какъ и при обыкновенномъ освѣщеніи, лишь бы были доставлены необходимые для развитія матеріалы. Части, зеленѣющія отъ вліянія свѣта (чашечка и плодникъ), въ темнотѣ остаются желтыми или желтовато-бѣлыми, достигая впрочемъ нормальной формы и величины, чѣмъ, слѣдовательно, также отличаются отъ листьевъ. Вѣнчикъ и тычинки, развиваясь въ темнотѣ, могутъ сохранить не только нормальную величину, форму и окрашиваніе, но также и свойственныя имъ движенія: раскрытіе и закрытіе вѣнчика и растрескиваніе пыльниковъ. Цвѣточная пыль, по отношенію къ формѣ и величинѣ, въ темнотѣ можетъ образоваться совершенно нормально. Рыльце сохраняетъ способность воспринимать цвѣтень, сѣменная почечка, какъ показываютъ мои наблюденія, могутъ быть оплодотворены и даже дать сѣмена способныя прорасти. Я долженъ однако оговориться, что почти во всѣхъ до сихъ поръ произведенныхъ опытахъ развитія названныхъ частей

¹⁾ Сколько мнѣ извѣстно, въ этомъ направленіи кромѣ моихъ изслѣдованій, еще ничего не сдѣлано, см. «Über den Einfluss des Tageslichts auf Neubildung und Entfaltung verschiedener Pflanzenorgane», въ *Botan. Zeitg.* 1863, Beilage p. 17 ff. и «Über die Wirkung des Lichts auf Blütenbildung unter Vermittelung der Laubblätter», въ *Bot. Zeitg.* 1865.

въ темнотѣ, на ряду съ нормально образовавшимися цвѣтками, являлось много уродливыхъ и далеко уклоняющихся отъ общаго типа; эта уродливость можетъ быть объяснена побочными обстоятельствами, обусловливаемыми самымъ опытомъ, тогда какъ нормальные цвѣтки прямо показываютъ, что образованіе ихъ можетъ происходить независимо отъ свѣта. Доставленіе образовательныхъ веществъ, необходимыхъ для развитія цвѣтка въ темнотѣ, производится двумя способами:

1) Растеніе еще безъ листьевъ, но имѣетъ вмѣстилище (стебель, клубень и луковицу) для такого количества образовательныхъ веществъ, какое необходимо для развитія имѣющихся почекъ; въ этомъ случаѣ роскошное развитіе цвѣтка можетъ происходить и тогда, если все растеніе, со всѣми частями, стоитъ въ глубокой темнотѣ; такъ напр. у *Nyacinthus orientalis*, *Tulipa gesneriana*, *Crocus vernus*, *Iris pumila* въ темнотѣ развиваются вполне (по отношенію къ формѣ, величинѣ и окраскѣ) скрытыя подъ землей цвѣточные почки, тогда какъ листья и междоузлія показываютъ явные признаки этиолированнаго состоянія — желтую или бѣловатую окраску, ненормальную длину и ширину. Этотъ фактъ тѣмъ поразительнѣе, что почки названныхъ растений задолго передъ тѣмъ зародились въ темнотѣ (подъ землей и окруженныя непрозрачными оболочками), такъ что они все свое развитіе, сначала до конца, совершаютъ въ глубокой темнотѣ. Если я говорю, что вещества, нужныя для развитія цвѣтка, въ этомъ случаѣ уже запасены во вмѣстителяхъ, то не должно думать, что тамъ уже находятся всѣ тѣ вещества, которыя впоследствии будутъ заключаться въ вполне распустившемся цвѣткѣ. Въ луковицѣ и клубнѣ заготовлены только матеріалъ, изъ котораго, путемъ дальнѣйшихъ преобразованій, образуются разнообразныя сочетанія веществъ. Очевиднымъ подтвержденіемъ этого положенія служитъ напр. то обстоятельство, что ни одно изъ веществъ, окрашивающихъ вѣнчикъ, не было найдено въ луковицѣ и почкѣ; но безъ сомнѣнія въ нихъ заключаются тѣ сочетанія, которыя легко превращаются въ красящія вещества ¹⁾. Явленія, замѣчаемыя у нижепозванныхъ (II) растений, ведутъ къ весьма вѣроятному положенію, что вещества, изъ которыхъ образуются цвѣтки, у названныхъ лилейныхъ и ирисовыхъ, были въ предыдущемъ году заготовлены листьями подъ вліяніемъ свѣта; положеніе это будетъ справедливо и для всѣхъ тѣхъ растений, у которыхъ весной цвѣты образуются или одновременно съ листьями, или еще до появленія послѣднихъ.

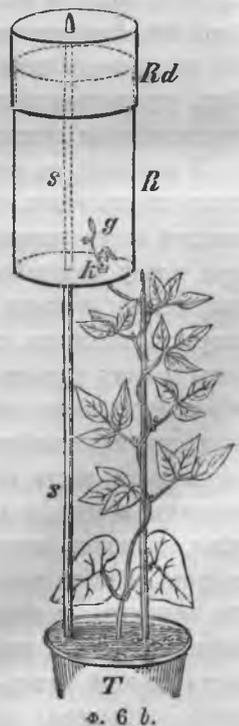
II. Растенія, образующія сперва листья и потомъ цвѣты, въ темнотѣ развиваются различно, смотря потому, лишаютъ ли ихъ свѣта въ болѣе или менѣе ранній періодъ развитія. Здѣсь можно различать слѣдующіе случаи α . Растеніе съ листьями можетъ подъ вліяніемъ свѣта усвоить и заготовить въ тканяхъ количество веществъ, достаточное для развитія нѣсколькихъ цвѣтковъ и даже плодовъ, если растеніе съ такимъ запасомъ усвоенныхъ веществъ перенести въ темноту; справедливость этого доказана мною для *Nicotiana rustica* ²⁾. β . Можетъ представиться тотъ случай, что растеніе съ листьями снабжено цвѣточными почками значительныхъ размѣровъ, образовавшимися подъ вліяніемъ свѣта, но въ тканяхъ этого растенія заключается незначительное количество веществъ, годныхъ для

¹⁾ Botan. Zeitg. 1863 meine gen. Abb., p. 25.

²⁾ Botan. Zeitg. 1863 l. c., p. 5.

образованія цвѣтка; если такое растеніе поставитъ въ темноту, то распускаются только наиболѣе развитыя почки и часто даже только одна, остальные же почки или принимаютъ уродливый видъ или совершенно погибаютъ; напр. это замѣчается (весной на перезимовавшихъ экземплярахъ) *Cheiranthus Cheiri*, *Cucurbita Pepo*, *Paraver Rhoëas*, *Brassica Napus* и друг. ¹⁾ γ. Въ темное мѣсто ставится растеніе съ листьями, у котораго цвѣточныя почки еще очень малы, не окрашены, а ткань растенія содержитъ незначительный запасъ образовательныхъ веществъ; въ этомъ случаѣ цвѣты вовсе не развиваются и почки погибаютъ. Послѣдній случай особенно поучителенъ и мы на немъ остановимся. Цвѣтки у подобнаго растенія не развиваются только въ такомъ случаѣ, если все растеніе, со всѣми частями, помѣщено въ темноту; но если произвести опытъ такъ, что только вершину стебля или вѣтви помѣстить въ темное пространство, подвергнувъ въ то же время листья дѣйствію свѣта, то въ этомъ случаѣ цвѣтки могутъ появляться, расти и распускаться; это можно объяснить слѣдующимъ образомъ: листья, подъ влияніемъ свѣта, усваиваютъ образовательныя вещества и доставляютъ ихъ по тканямъ стебля къ вѣткѣ, помѣщенной въ темноту; эти вещества обуславливаютъ не только удлинненіе вѣтки и образованіе этиолированныхъ листьевъ, но даже зарожденіе и развитіе новыхъ цвѣтовыхъ почекъ; въ этомъ случаѣ въ темнотѣ развивается побѣгъ съ совершенно ненормальными этиолированными вегетативными органами, цвѣты же на побѣгѣ, за нѣкоторыми исключеніями, нормальны по формѣ и окраскѣ. Очевидно, что развитіе цвѣтовъ въ темнотѣ будетъ тѣмъ обильнѣе, чѣмъ больше зеленыхъ усваивающихъ листьевъ подвержено дѣйствію свѣта и чѣмъ значительнѣе его интенсивность. Относительно дальнѣйшихъ подробностей опыта, я прошу обратиться къ моей статьѣ въ *Bot. Zeitg.* 1865 г.; здѣсь же я считаю нужнымъ сказать нѣсколько словъ для большаго уясненія вышесказаннаго.

Возьмемъ два, по возможности одинаковыя, растенія въ началѣ цвѣтенія; одно поставимъ совершенно въ темноту, другое помѣстимъ такъ, какъ показано на фиг. 6-й *b*. На деревянномъ стержнѣ *S* утверждается цилиндръ *R* изъ толстой ланки; цилиндръ плотно закрывается крышкой *Rd*; дно цилиндра, или его боковая стѣнка, имѣетъ отверстіе для проведенія вѣтки *g*; для укрѣпленія этой вѣтки въ должномъ положеніи и для воспрепятствованія свѣту проникнуть внутрь цилиндра, вѣтка *g* вставляется въ отверстіе цилиндра посредствомъ обхватывающей ее вдоль перерѣзанной пробки *k*; щели въ пробкѣ затыкаются ватой. Приборъ ставится на хорошо освѣщенное окно. Побѣгу *g* нужно доставить достаточный просторъ, для чего цилиндръ дѣлается въ 40 см. вышины и 20 см. ширины. Для избѣжанія значительнаго повышенія температуры въ цилиндрѣ, удобнѣе всего окружить его другимъ цилиндромъ, большихъ размѣровъ. Для опыта съ тыквенными растеніями вмѣсто цилиндра употребляютъ вмѣстителище въ видѣ параллелепипеда (со сторонами въ 73 и 31 см.); для про-



¹⁾ *Botan. Zeitg.* 1863. I. c., стр. 22 ff.

веденія вершинъ побѣговъ и для наблюденія за ними, въ стѣнкахъ параллелепипеда устраниваются дверцы. Крімъ того были произведены (надъ *Phaseolus multiflorus* и *Antirrhinum majus*) опыты противоположные и, такъ сказать, контролирующие первый опытъ: растения, повозможности сходныя съ тѣми, которыя были употреблены въ предыдущемъ опытѣ, ставились на окно и всѣ стеблевая части ихъ вмѣстѣ съ листьями покрывались непрозрачнымъ колпакомъ, такъ что вліянію свѣта подвергались только вершины вѣтвей съ цвѣтовыми почками; въ этомъ случаѣ молодые почки погибали, какъ и слѣдовало ожидать, потому что листья, будучи защищены отъ свѣта, не могли производить веществъ, нужныхъ для развитія цвѣтковъ, а цвѣтковыя почки хотя и освѣщены, сами по себѣ не могутъ усвоить и производить этихъ веществъ.

Выше было упомянуто, что въ приборѣ фиг. 6 *b*, рядомъ съ нормально развитыми цвѣтками, образуются ненормальные — уродливые. Должно замѣтить, что въ этомъ случаѣ я не принимаю за ненормальность въ развитіи цвѣтка, если чашечка и плодникъ являются желтовато-бѣлыми, вмѣсто того чтобы быть зелеными; это явленіе относится къ химическому процессу образованія хлорофилла, но не къ росту кѣлочекъ; дѣйствительная ненормальность тутъ состоитъ въ слѣдующемъ: лепестки всѣ въ совокупности, или только нѣкоторыя, бываютъ малы, чахлы, окрашены не ярко, но тускло; пыльники не растрескиваются, такъ какъ спиральныя кѣлочечки ихъ не достигаютъ окончательнаго развитія (тыква); пыль развивается ненормально, рыльце оказывается неспособнымъ къ опыленію и т. д. Но всѣ эти, часто поразительныя ненормальности, не могутъ однако ослабить значенія высказаннаго мною положенія, потому что, рядомъ съ уродливыми цвѣтками, всегда образуются прекраснѣйшіе и роскошно развитые цвѣты, и такъ какъ они развиваются въ приборѣ при совершенно одинакихъ условіяхъ съ уродливыми цвѣтками, то появленіе послѣднихъ никакъ не можетъ быть приписано отсутствію свѣта; оно можетъ быть удовлетворительно объяснено другими причинами, что впрочемъ требуетъ подтвержденія опытами.

У растений, съ которыми я производилъ опыты, цвѣты сидѣли въ пазухахъ листьевъ; въ этомъ случаѣ, при обыкновенныхъ условіяхъ, подъ вліяніемъ свѣта, каждый листъ усвоетъ и доставляетъ образовательныя вещества въ свою пазушную почку кратчайшимъ путемъ по черешку; если же вѣтка съ листьями и пазушными почками находится въ темнотѣ, то условія измѣняются: листья, въ пазухахъ которыхъ сидятъ цвѣтки, находясь въ темнотѣ, см. фиг. 6 *b*, этиоллрованы и сами уже не могутъ усвоить и доставлять своимъ пазушнымъ почкамъ образовательныхъ веществъ; эти вещества теперь заимствуются отъ зеленыхъ листьевъ, находящихся внѣ прибора подъ вліяніемъ свѣта и сидящихъ далеко отъ затемненной части вѣтки, такъ что образовательныя вещества, для достиженія цвѣточныхъ почекъ, должны пройти длинный путь чрезъ всѣ междулежащія междоузлія; въ моихъ опытахъ этотъ путь простирался отъ 0,5 до 1-го и даже до 2-хъ метровъ. Чтобы пройти этотъ путь, необходимо время. Легко можетъ случиться, что вещества, необходимыя для дальнѣйшаго роста и нормальнаго развитія зародившейся въ темнотѣ почки, еще не прошли весь путь отъ усвоившаго ихъ листа до этой почки, — они, такъ сказать, опоздали и цвѣтокъ является уродливымъ; опоздавшія для этого цвѣтка образовательныя вещества потребляются зато слѣдующей почкой и способствуютъ болѣе полному ея развитію. Этимъ объ-

ясняется весьма просто, почему въ моихъ опытахъ (*Cucurbita*, *Petunia* и *Troaeolum majus*), въ темнотѣ, послѣ уродливаго цвѣтна, слѣдующій развивался совершенно нормально и нерѣдко достигалъ огромныхъ размѣровъ.

Это воззрѣніе можно еще подтвердить опытомъ надъ *Troaeolum majus*. Если произвести опытъ такъ, какъ показано на фиг. 6-й *b*, то въ началѣ образуется нѣсколько нормальныхъ цвѣтковъ, часто завязывающихъ плоды; позднѣйшіе же цвѣтки, появляющіеся послѣ значительнаго удлинненія этиолированной части стебля, представляютъ поразительныя уродливости; наконецъ появляются цвѣтки, у которыхъ чашечка и вѣнчикъ раскрываются какъ при расцвѣтаніи, хотя части эти еще чрезвычайно малы, и не окрашены; нерастрескивающіеся пыльники торчатъ въ одномъ пучкѣ. Такого же результата я достигалъ другимъ способомъ: у растеній, оставшихся при обыкновенныхъ условіяхъ, подъ вліяніемъ свѣта, я срѣзывалъ листья, сидящіе на среднихъ частяхъ стебля, а на вершинѣ оставлялъ только мелкія пазушныя цвѣточные почки; листья же, въ пазухахъ которыхъ сидѣли эти почки, я также отрѣзалъ; такимъ образомъ почки хотя и подвергались вліянію свѣта, но будучи слишкомъ удалены отъ усвояющихъ листьевъ, сидящихъ на нижней части стебля, не могли развиваться совершенно нормально. Когда же впоследствии на вершинѣ образовались новые листья, то въ ихъ пазухахъ явились новые, вполне развитые цвѣты.

Уродливость (не всегда впрочемъ замѣчаемая) позже образовавшихся въ темнотѣ цвѣтковъ, зависитъ далѣе и отъ того обстоятельства, что число усвояющихъ листьевъ, у растеній, подверженныхъ опыту, увеличивается въ меньшей степени, нежели постоянно возрастающее число цвѣтковъ; въ большей части случаевъ даже замѣчается уменьшеніе числа усвояющихъ органовъ отъ старости и т. д.; вслѣдствіе чего позднѣйшія цвѣтковые почки не получаютъ достаточно питательныхъ веществъ. Поперебѣнное появленіе нормальныхъ и уродливыхъ цвѣтковъ въ приборѣ зависитъ также оттого (какъ я заключилъ изъ нѣкоторыхъ опытовъ), что усвояющіе листья, внѣ прибора, иногда бываютъ сильно освѣщены и нагрѣты, — въ такомъ случаѣ усвояютъ энергично; но когда освѣщеніе ослабѣваетъ и температура понижается, — усвоеніе прекращается, такъ что доставка усвоенныхъ веществъ, а слѣдовательно и питаніе помещенныхъ въ темнотѣ цвѣтовыхъ почекъ бываетъ неравномѣрно. Итакъ, мы видимъ, что результатъ каждаго опыта находится въ зависимости отъ многихъ обстоятельствъ, которыя въ частностяхъ я не буду разбирать. Въ видѣ примѣра я считаю не лишнимъ упомянуть, что у *Troaeolum majus* въ приборѣ я получилъ до 9-ти нормально развитыхъ цвѣтковъ рядомъ со многими уродливыми; у *Cucurbita Pepo* съ 11-ью листьями, подверженными вліянію свѣта, въ приборѣ образовалось 22 цвѣтка (этиолированный стебель былъ длиною въ 205 сантим.); нормально развитые цвѣты перемежались съ уродливыми (всѣ цвѣтки были мужескіе), многіе изъ нормально развитыхъ были очень велики и всѣ 22 цвѣтка имѣли нормальную цвѣтень; кромѣ того образовалось огромное число мужескихъ и женскихъ цвѣточныхъ почекъ. Вершинная почка сильнаго экземпляра садовой петуніи, оставленная въ приборѣ, принесла 21 цвѣтокъ, изъ которыхъ большая часть были нормальны, а нѣкоторыя, съ ними поперебѣнные, были уродливы; 15-й цвѣтокъ былъ оплодотворенъ пылью, развившеюся подъ вліяніемъ свѣта, и далъ плодъ съ зрѣлыми сѣменами, прорастательная способность которыхъ не была изслѣдована; стебель въ темнотѣ удлиннился па

123 стм. *Iromaea purpurea*, съ 12-ью подверженными вліянію свѣта листьями, въ темнотѣ развила 8 прекрасныхъ цвѣтковъ; *Veronica speciosa* со многими листьями, образовала въ приборѣ 4 колоса съ сотнями цвѣтовъ; *Phaseolus multiflorus* съ 16-ью освѣщенными листьями, далъ въ приборѣ 3 соцвѣтія съ 38-ью цвѣтками. У *Cheiranthus Cheiri* изъ очень молодыхъ почекъ, помѣщенныхъ въ приборѣ, развилось 13 цвѣтковъ, по большей части нормальныхъ. До сихъ поръ *Linum usitatissimum* есть единственное растеніе, у котораго мнѣ не удалось достигнуть распусканія молодыхъ цвѣточныхъ почекъ въ приборѣ фиг. 6-я, *b*.

Мои опыты надъ образованіемъ плодовъ не многочисленны. Какъ уже было упомянуто, *Nicotiana glauca*, будучи помѣщена вся въ темноту, образовала 2 плода, со множествомъ сѣмянъ, способныхъ къ прорастанію; цвѣты, давшіе плоды, развились и оплодотворились въ темнотѣ сами собой. У *Cucurbita Pepo* съ 13-ью листьями, подверженными вліянію свѣта, въ темнотѣ развился женскій цвѣтокъ; по оплодотвореніи цвѣтенью (развившеюся на открытомъ воздухѣ), цвѣтокъ этотъ произвелъ этиолированный плодъ, который, будучи снятъ недозрѣвшимъ, вѣсилъ 472,5 грамма, и заключалъ 35 хорошо развитыхъ, полныхъ сѣмянъ. Развившееся и распутившееся на открытомъ воздухѣ соцвѣтіе *Allium Porrum* было тщательно закрыто темными покрывками; въ такомъ состояніи оно принесло 28 плодовъ, изъ сѣмянъ которыхъ 8 проросли. Въ двухъ опытахъ съ *Paraveget somniferum*, у которыхъ цвѣточные почки или цвѣтки были помѣщены въ темноту, въ обоихъ случаяхъ развились большія (въ незрѣломъ видѣ желтыя) коробочки съ сотнями зрѣлыхъ сѣмянъ, которыя однако, подобно нормально развившимся, не проросли; только въ одномъ случаѣ проросли 6 сѣмянъ.

е) Вліяніє свѣта на напряженіе тканей.

§ 16. Органы, способные еще къ удлинненію посредствомъ роста и подверженные съ противоположныхъ сторонъ не одинаковому освѣщенію, изгибаются вогнутостью въ сторону лучей сильнѣйшихъ или слабѣйшихъ, такъ что плоскость изгиба будетъ, съ обѣихъ сторонъ, приблизительно одинаково освѣщена. Это явленіе въ послѣдующемъ изложеніи мы будемъ называть словомъ «гелиотропизмъ» (*Heliotropismus*); гелиотропизмъ будетъ положительный, если вогнутость обращена въ сторону сильнѣйшаго освѣщенія, и отрицательный, если на оборотъ. Нѣкоторые органы, содержащіе хлорофиллъ, при обыкновенныхъ жизненныхъ условіяхъ перемѣняютъ изгибы, такъ что то одна сторона органа, то другая ей противоположная, дѣлаются вогнутыми; однимъ словомъ, происходитъ какъ бы періодическое колебаніе то въ одну, то въ другую сторону, причемъ плоскость изгиба не находится въ опредѣленной зависимости отъ плоскости паденія сильнѣйшаго свѣта. Органы, обладающіе періодическимъ движеніемъ, перѣдко обнаруживаютъ громъ того свойство, изгибаться, вслѣдствіе толчка, по опредѣленному направленію. Одно изъ главныхъ условій подвижности (но не движенія) органовъ, содержащихъ хлорофиллъ, есть свѣтъ извѣстной, но еще не точно опредѣленной интенсивности; это видно изъ того, что послѣ предварительнаго освѣщенія, органы обнаруживаютъ подвижность даже въ полной темнотѣ; при продолжительномъ дѣйствіи темноты эта подвижность прекращается и восстанавливается только въ такомъ случаѣ, если органы вторично, втеченіи достаточнаго количества времени, подвергнутся дѣйствію свѣта.

Слѣдовательно, при достаточно-продолжительномъ и интензивномъ освѣщеніи, въ тканяхъ возбуждается особое состояніе, которое мы назовемъ фототонизмомъ (Phototonus), въ противоположность тому состоянію неподвижности или оцѣпененія, которое обуславливается дѣйствіемъ продолжительной темноты (Dunkelstarre). Вліяніе свѣта, обуславливающее подвижность, для отличія отъ другихъ его вліяній, мы будемъ называть индуцирующимъ.

Фототонизированный органъ, при каждомъ значительномъ измѣненіи освѣщенія, приводится въ движеніе, притомъ такимъ образомъ, что плоскость изгиба остается тою же, какъ при періодическомъ колебаніи, и сгибанія по противоположнымъ направленимъ, зависящимъ отъ ослабленія и усиленія освѣщенія, будутъ происходить въ той же самой плоскости. Если органъ, производящій періодическое движеніе, способенъ придти въ самостоятельное движеніе отъ толчка, то изгибъ, который органъ производитъ вслѣдствіе толчка, происходитъ по тому же направленію, какъ при ослабленіи освѣщенія. Отъ геліотропизма это дѣйствіе свѣта отличается во-первыхъ тѣмъ, что направленіе изгиба не находится въ опредѣленномъ геометрическомъ отношеніи съ направленіемъ падающаго луча; во-вторыхъ тѣмъ, что здѣсь изгибъ происходитъ не отъ неравносторонняго освѣщенія, но отъ ослабленія свѣта вообще; наконецъ подобное дѣйствіе свѣта проявляется только въ такомъ случаѣ, если органъ фототонизированъ, между тѣмъ какъ геліотропизмъ обнаруживается въ тѣхъ органахъ, которые передъ тѣмъ болѣе продолжительное время находились въ темнотѣ. Такое состояніе органовъ, обуславливаемое измѣненіемъ яркости освѣщенія, мы назовемъ «паратоническимъ» (paratonische).

Мы не будемъ здѣсь разбирать вопроса о томъ механизмѣ, посредствомъ котораго свѣтъ производитъ въ органахъ столь разнообразныя движенія, такъ какъ вопросъ этотъ будетъ разсмотрѣнъ съ болѣе общей точки зрѣнія въ отдѣлѣ о напруженіи тканей. Здѣсь достаточно разсмотрѣть только вышнія явленія вышеописанныхъ движеній, по отношенію ихъ къ плоскости паденія луча, яркости свѣта, продолжительности его и роду цвѣтовыхъ лучей.

Введеніе двухъ новыхъ терминовъ не только излишнее, но даже требуется различіемъ въ явленіяхъ; до сихъ поръ эти два столь различныя свѣтотворныя дѣйствія, не были достаточно различаемы ¹⁾.

Завиванія усиковъ и закручиваніе вьющихся стеблей совершенно не зависятъ отъ свѣта; эти органы обвиваются вокругъ подпорокъ и представляютъ самостоятельныя закручиванія независимо отъ подпорокъ, одинаково усильно, какъ на свѣтѣ, такъ и въ глубокой темнотѣ, и даже въ такомъ случаѣ, если органы, заключающіе въ нормальномъ состояніи хлорофиллъ, не содержатъ его вслѣдствіе развитія въ темнотѣ (этиоллированы). Гуго Моль доказалъ справедливость высказаннаго для усиковъ *Pisum sativum* и *Lathyrus odoratus* и для вьющихся стеблей *Ipomaea* и *Phaseolus vulgaris* ²⁾. Этиоллированные усики *Vigna dioica* и *Cucurbita Pepo*, а также этиоллированные стебли *Phaseolus multilorus* и *Ipomaea*, въ моихъ опытахъ проявляли самостоятельныя движенія (завертываніе усиковъ и закручиваніе междуузлій) въ отсутствіи подпорокъ столь же рѣзко, какъ и обвиванія вокругъ послѣднихъ.

§ 17. Геліотропизмъ. Геліотропическое сгибаніе въ огромномъ большинствѣ

¹⁾ Ср. Bonnet: Usage des feuilles Abhandlung II und V; Senebier: Physiol. III. 181; Meyen Physiologie III. стр. 586—587; P. de Candolle: Physiol. übers. v. R per II. 574 und Unger: Anat. und Phys. 1854, стр. 415.

²⁾ Ueber den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen, Tübingen, 1827, § 68 und § 84.

случаевъ происходитъ такъ, что вогнутость обращена въ сторону сильнѣйшаго освѣщенія (положительный геліотропизмъ), противоположные случаи рѣдки. Степень изгиба (по крайней мѣрѣ это справедливо для положительнаго геліотропизма) зависитъ, во-первыхъ, отъ растяжимости тканей органа, во-вторыхъ, отъ разницы въ освѣщеніи съ различныхъ сторонъ и, наконецъ, отъ продолжительности этихъ условій. Лучи различной преломляемости, дѣйствуютъ на геліотропическій органъ весьма различно. Замѣтательно, что съ наибольшою силою дѣйствуютъ такъ называемыя химическіе лучи, сильно преломляющіеся фіолетовые и ультрафіолетовые. Совершенно подобно солнечнымъ лучамъ дѣйствуетъ свѣтъ отъ другихъ источниковъ (масляная лампа; уголь, накаленный гальваническимъ токомъ).

Въ бѣльшей части случаевъ легко замѣтить цѣлесообразность геліотропическаго сгибанія съ образомъ жизни растенія. Усвояющіе листья или ихъ черешки и междоузлія вслѣдствіе геліотропизма изгибаются къ свѣту такъ, чтобы уголь паденія луча на верхнюю часть листовой пластинки, приближался по возможности къ прямому, т. е. чтобы на пластинку падало возможно большее число лучей.

Вьющіеся стебли, какъ показали Гуго Моль, или вовсе не обладаютъ геліотропизмомъ, или подвержены ему въ весьма ограниченной степени; и это понятно: въ противномъ случаѣ геліотропизмъ мѣшалъ бы этимъ частямъ закручиваться ¹⁾. Напротивъ того, листовые черешки вьющихся растеній въ высокой степени подвержены геліотропизму.

Отрицательный геліотропизмъ замѣченъ у ползучихъ стеблей, напр. у *Hedera Helix* и подобныхъ; вслѣдствіе отрицательнаго геліотропизма, они прижимаются къ подпоркѣ, листья же, обладая положительнымъ геліотропизмомъ, поворачиваются верхней поверхностью къ свѣту. Усики никогда не обладаютъ положительнымъ геліотропизмомъ, но иногда отрицательнымъ (*Vitis*); легко можетъ быть, что отрицательный геліотропизмъ присущъ имъ всегда, въ незначительной степени. Периодично подвижные органы листьевъ (подушечки), напр. у *Phaseolus*, кромѣ большой чувствительности въ отношеніи къ паратоническому вліянію свѣта, могутъ также обладать геліотропизмомъ; понятно, что паратоническіе изгибы подвижныхъ органовъ ставятъ листовую поверхность прямо противъ свѣта только въ такомъ случаѣ, если при этомъ участвуетъ геліотропическое сгибаніе.

При всеобщемъ распространеніи положительнаго геліотропизма, излишне приводить примѣры; достаточно указать, что одноклѣтныя организмы, напримѣръ *Vaucheria* и междоузлія у *Nitella* также геліотропичны; отрицательный геліотропизмъ встрѣчается, напротивъ, рѣдко. Дютроше (*Dutrochet*) изслѣдовалъ стебель *Hedera* ²⁾ и нашелъ, что концы вѣтвей, отогнутые отъ ствола, служащаго имъ опорой, по прошествіи 6-ти часовъ опять къ нему прилегли; въ комнатѣ вѣтви плоска растутъ по направленію отъ окна. Замѣчательное явленіе представляетъ подѣлмодольный членикъ проростка *Viscum album* (остальныя части котораго кажется неподвержены геліотропизму); Дютроше ³⁾ прикѣпывалъ прорастающія сѣмена къ внутренней и ви́шней поверхности окна; корневой конецъ проростка направлялся въ сторону болѣе отъѣненную, а при освѣщеніи снизу — онъ заворачивался вверхъ. *Troaeolum majus* представляетъ слѣдующія особенности: нижнія части выросшаго на окнѣ стебля, въ молодости, представляютъ положительный геліотропизмъ, исчезающій при утолщеніи этихъ частей вслѣдствіе дѣятельности камбіальнаго слоя; позже они изгибаются обратно, т. е. выпуклостью къ окну; листья геліотропичны положительно въ сильной степени;

¹⁾ Нижнія, не вьющіеся части стебля такихъ растеній (напр. *Phaseolus*), напротивъ того, геліотропичны.

²⁾ Мѣм. II, 68.

³⁾ Мѣм. II, 63.

корни геліотропны то положительно, то отрицательно. По Дютроше, вогнуто къ сильнѣйшему свѣту, изгибается прорастающій корешокъ *Mirabilis Jalappa* и *Allium sativum*, также и у *Allium Cera*—по Дюранду ¹⁾ (Durand). Воздушные корни *Pothos digitata*, по Дютроше, геліотропны отрицательно. Пайе ²⁾ (Payer) нашелъ отрицательный геліотропизмъ у прорастающихъ корешковъ *Brassica*, *Sinapis alba*, *Sedum Telephium*, *Rhagadiolus lampsanoides*, *Cichorium spinosum* и *Hieracium*. Дюрандъ приписываетъ отрицательный геліотропизмъ корнямъ *Raphanus sativus*, *Cheiranthus incanus*, *Myagrum sativum*, *Isatis* и *Lathyrus odoratus*. Показанія относительно молодого стержневого корня *Lepidium sativum*, противорѣчатъ одно другому. По Гофменстеру, растущіе въ водѣ корни *Cordyline vivipara*, обладаютъ отрицательнымъ геліотропизмомъ въ высокой степени ³⁾. При подобныхъ опытахъ прорастающія растенія должны быть такъ культивированы, чтобы корни развивались въ прозрачномъ сосудѣ, въ водѣ, или въ сыромъ воздухѣ. Положительно геліотропныя изгибы корней ясно видны у *Lemna*, воспитываемой въ стаканѣ. У растущихъ въ водѣ: *Phaseolus*, *Zea Mais*, *Cucurbita*, *Juglans regia*, *Pistia Stratiotes*, *Myosotis*, *Callitriche*, *Beta vulgaris*, *Cannabis sativa*, *Quercus*, *Allium Cera*, я видѣлъ какъ корни изгибались вогнутою къ падающему свѣту, но только при очень интенсивномъ свѣтѣ. Движеніе корней обыкновенно производится только небольшими участками, прилегающими къ чехлику, согнутая часть корня образуетъ нерѣдко полукругъ; удлиняющійся ночью конецъ подъ вліяніемъ тяжести направляется внизъ, на слѣдующій день, часть, растущая далѣе, вновь изгибается отъ геліотропизма, такъ что весь корень принимаетъ форму зигзага, у котораго направленные къ свѣту вогнутости соединяются между собою кольнообразными изгибами, происшедшими отъ дѣйствія силы тяжести.

Источники свѣта. По Герве Мангону ⁴⁾ (Hervé Mangon) прорастающая рожь изгибается по направленію къ свѣту, исходящему отъ углей гальваническаго освѣтительнаго аппарата. Галлье (Hallier) наблюдалъ сгибаніе стебля *Ornithogalum umbellatum* вслѣдствіе вліянія фонаря, удаленнаго на 30 футовъ.

Цвѣтовые лучи. Первые, болѣе строгія наблюденія, были сдѣланы Поджіоли (Poggioli), Пайе (Payer), Дютроше (Dutrochet) и Цантедеші (Zantedeschi ⁵⁾); но лучшія изъ наблюденій безъ сомнѣнія принадлежатъ Гарднеру (Gardner) и Гильемэну (Guillemin). Первый нашелъ, что растенія изгибаются во всѣхъ цвѣтовыхъ лучахъ солнечнаго спектра; въ темномъ ядкѣ, въ который съ различныхъ сторонъ проникали красныя и синіе лучи, растенія наклонялись къ послѣднимъ, равно какъ и въ томъ случаѣ, если красныя лучи замѣнялись желтыми, оранжевыми и зелеными. Свѣтъ, утратившій свое дѣйствіе на дагерротипную пластинку ⁶⁾, производилъ еще геліотропическое сгибаніе.

Гильемэнъ наблюдалъ съ большими предосторожностями зеленіе и сгибаніе прорастающаго кресса и бѣлой горчицы въ различныхъ частяхъ солнечнаго спектра и пришелъ къ заключенію, что молодыя этиолоированныя растенія сгибаются подъ вліяніемъ всѣхъ лучей солнечнаго спектра, за исключеніемъ наименѣ преломляющихся теплородныхъ лучей, или лучей низкой температуры. Теплородные лучи, которыхъ преломляемость менѣе преломляемости красныхъ лучей, и химическіе лучи, преломляющіеся сильнѣе фіолетовыхъ, представляютъ по своему дѣйствію два maximum'a; первое maximumъ лежитъ между фраунгоферовыми линіями H и J, второе maximumъ измѣняется, смотря по времени дня, года и другимъ обстоятельствамъ. Въ спектрѣ отъ кварцовой призмы, сгибающее дѣйствіе производится еще лучами, переходящими за предѣлъ лучей, узнаваемыхъ при посредствѣ флуоресцирующихъ веществъ и іодистаго серебра. Оба maximum'a геліотропизма раздѣлены въ спектрѣ посредствомъ minimumъ, лежащаго въ синихъ лучахъ около линіи F. По Гарднеру и Гильемэну растенія въ спектрѣ, кромѣ сгибанія по направленію къ свѣту, обнаруживаютъ еще боковое сгибаніе по направленію къ индиговымъ лучамъ.

1) Froriep's Notizen 1846, XXXVIII, № 8.

2) Comptes rendus, XVIII, стр. 35.

3) Ber. d. kon. Sächs. Ges. d. Wiss. 1860, стр. 208.

4) Comptes rendus 1861, стр. 243.

5) Comptes rendus 1842, стр. 1194 и 1843, Т. XVI, стр. 749; Ann. des sc. nat. 1843, Т. XX. 329 и Bot. Zeitg 1864, стр. 355.

6) Ср. § 3.

Я наблюдалъ дѣйствіе смѣшанныхъ оранжевыхъ и синихъ лучей, пропуская ихъ сквозь насыщенный растворъ двухромовокалиевой соли и темный растворъ амміачной окиси мѣди ¹⁾. При дѣйствіи свѣта, составленнаго изъ лучей красныхъ, оранжевыхъ, желтыхъ и зеленыхъ, не обнаружилось сгибанія, между тѣмъ какъ при дѣйствіи зеленыхъ, синихъ, фіолетовыхъ, сгибаніе происходило съ большой энергіей ²⁾. Отсутствіе сгибанія въ смѣшанномъ оранжевомъ свѣтѣ противорѣчитъ показаніямъ Гарднера и Гильемена и согласно съ Цантедеші, у котораго *Oxalis multiflora* и *Urticaria Balsamina*, будучи помѣщены за краснымъ, оранжевымъ и желтымъ стеклами, не обнаружили сгибанія. Очень можетъ быть, что свѣтъ, пройдя чрезъ достаточно толстый слой хромовокислаго раствора, теряетъ лучи, обуславливающіе сгибаніе; въ солнечномъ же спектрѣ эти лучи, вслѣдствіе разсѣянія, примѣшиваются къ лучамъ отъ красныхъ до желтыхъ. Показаніямъ Цантедеші противорѣчитъ еще Дютроше ³⁾, у котораго за стекломъ, пропускающимъ только красные лучи, тонкія междоузлія сгибаются, а толстыя нѣтъ. Однимъ словомъ, объ этомъ предметѣ еще не установилось мнѣніе; дальнѣйшіе успѣхи будутъ зависѣть отъ строгаго изслѣдованія цвѣтныхъ ширмъ (стекло, жидкостей), помощью спектроскопа и отъ еще болѣе осторожнаго употребленія спектра: въ самомъ веществѣ призмы, кромѣ разсѣяніи цвѣтныхъ лучей, также нужно принимать диффузію свѣта, такъ что спектръ долженъ всегда содержать небольшое количество неразложеннаго свѣта; поэтому должно всегда предпочитать тщательно испытанныя цвѣтныя ширмы; при этомъ не мѣшаетъ замѣтить, что при испытаніи посредствомъ спектроскопа, необходимо обращать вниманіе на интензивность свѣта.

Растенія, развивавшіяся у меня за растворомъ двухромовокислаго кали, обнаружили слѣдующія явленія: узкіе листья напр. *Linum usitatissimum* и *grandiflorum*, завертывались вогнутою внизъ, болѣе широкія сѣмядоли отъ *Linum* и *Ipomaea*, *Brassica*, *Sinapis* и *Helianthus* съ нижней стороны глубоко выгибались и походили на колпачки. Марціусъ (Martius) наблюдаетъ то же самое на листьяхъ *Lepidium sativum*, и *Linum usitat.* стоявшихъ за краснымъ, желтымъ и фіолетовымъ стеклами ⁴⁾. Подобное замѣчается однако также и въ темнотѣ и у этилированныхъ листьевъ.

§ 18. Фототонъ и оцѣпенѣніе отъ темноты (Dunkelstarre); періодическое и паратоническое движенія листьевъ. Если растенія съ періодически подвижными листьями, какъ напр. *Phaseolus* и *Acacia*, или съ такъ называемыми раздражительными листьями (т. е. которые чувствительны къ толчкамъ и другимъ вліяніямъ), какъ напр. *Oxalis acetosella* и *Mimosa pudica*, подвергнуть дѣйствію разсѣяннаго не сильнаго свѣта, или помѣстить ихъ въ глубокую темноту, то листья сохраняютъ способность къ періодичному движенію и раздражительность втеченіи одного или нѣсколькихъ дней, смотря по температурѣ и степени темноты; но эти способности мало по малу ослабѣваютъ, періодическія движенія становятся неправильными, раздражительность уменьшается, такъ что наконецъ способность движенія вовсе утрачивается. Это состояніе оцѣпенѣнія однако не всегда влечетъ за собой окончательную гибель растенія; но если растеніе продержатъ въ темнотѣ еще нѣсколько времени, то листья отваливаются. Если же растеніе тотчасъ по наступленіи оцѣпенѣнія удалить изъ темноты и подвергнуть дѣйствію достаточно сильнаго свѣта, то неподвижность частей сохраняется впродолженіи нѣсколькихъ часовъ и даже дней, но при продолжительномъ вліяніи свѣта раздражительность возобновляется и въ растеніи снова восстанавливается фототоническое состояніе. Слѣдовательно, для восстановленія и поддержанія фототона, необходимо продолжительное дѣйствіе свѣта неопредѣленной еще интензивности; также

¹⁾ См. § 3, аппаратъ фиг. 4.

²⁾ Наблюденіе производилось надъ прорастающими растеніями *Triticum vulgare*, *Carthamus tinctorius*, *Sinapis alba*, *Pisum sativum*, *Zea Mais*, *Lupinus albus*, *Linum usitatissimum* и *grandiflorum*.

³⁾ Ann. des sc. nat. XX. 329.

⁴⁾ Botan. Zeitg, 1854, p. 82.

еще вовсе неизвѣстно, какіе цвѣтвые лучи въ состояніи возбуди́тъ фототонъ въ растеніяхъ, перешедшихъ отъ дѣйствія темноты въ состояніе оцѣнѣнія. Очень вѣроятно, что подобное измѣненіе внутренняго состоянія происходитъ и въ другихъ органахъ, содержащихъ хлорофиллъ, но въ нихъ оно до сихъ поръ остается незамѣченнымъ, потому что не можетъ ясно проявиться.

Во все время, пока періодично-подвижное и чувствительное къ толчкамъ растеніе находится въ фототоническомъ состояніи, оно совершаетъ свои періодическія движенія независимо отъ непосредственнаго освѣщенія; эти же движенія наблюдаются при постоянной темнотѣ, также и при постоянномъ освѣщеніи, но тутъ время, употребляемое на движеніе, будетъ другое, болѣе короткое, чѣмъ при обыкновенныхъ условіяхъ, т. е. днемъ и ночью. И такъ, если вслѣдствіе продолжительнаго освѣщенія, растеніе дѣлается фототонизированнымъ, то во внутреннемъ его состояніи происходятъ измѣненія, проявляющіяся въ періодическомъ движеніи и частью независимыя отъ внѣшнихъ вліяній. Въ этомъ состояніи органы, кромѣ того, раздражительны по отношенію къ непосредственному вліянію свѣта; уменьшеніе свѣта со всѣхъ сторонъ влечетъ за собой складываніе листовыхъ пластинокъ (ночное положеніе); усиленіе освѣщенія обусловливаетъ такое сгибаніе движущихся органовъ, вслѣдствіе котораго листовыя пластинки раздвигаются и принимаютъ такъ наз. дневное положеніе. Эти движенія слѣдуютъ за измѣненіями свѣта болѣе или менѣе быстро, смотря по чувствительности растенія; если же свѣтъ, или темнота остаются постоянными, то происходятъ явленія, описанныя въ началѣ этого §. Эти паратоническія движенія, обусловливаемые измѣненіемъ освѣщенія, какъ кажется, свойственны не всѣмъ періодически подвижнымъ листьямъ. Изъ неполныхъ описаній *Hedysarum gyrans* ¹⁾ оказывается, что здѣсь періодическое колебаніе боковыхъ листочковъ не зависитъ отъ измѣненія въ освѣщеніи; во всякомъ случаѣ должно взять въ расчетъ, что движенія *Hedysarum* отличаются отъ движеній *Mimosa*, *Phaseolus* и т. п. только краткостью періодовъ движенія; впрочемъ и медленныя движенія мимозъ, при равномерномъ освѣщеніи, совершаются въ болѣе короткіе періоды времени, листочки находятся тогда въ постоянномъ движеніи вверхъ и внизъ. Эти явленія могутъ быть выражены слѣдующимъ образомъ: у *Mimosa*, *Phaseolus*, *Asasia* и т. п. при нормальныхъ условіяхъ, паратоническое состояніе имѣетъ перевѣсъ, такъ что проявляется только суточный періодъ, потому что періодическія движенія преобладаются движеніями, зависящими отъ перемены дня и ночи. У *Hedysarum*, напротивъ того, періодическое измѣненіе внутренняго состоянія тканей такъ сильно, что паратоническое состояніе, зависящее отъ измѣненія дневнаго свѣта, не въ состояніи обнаружиться.

Въ заключеніе должно замѣтить, что ночное положеніе фототоническихъ листьевъ, принимаемое ими или вслѣдствіе самостоятельнаго періодическаго движенія, или вслѣдствіе паратоническаго вліянія внезапнаго затемненія, существенно отличается отъ того состоянія равновѣсія тканей, которое обусловливается оцѣнѣніемъ отъ темноты; послѣднее уподобляется дневному состоянію, такъ какъ тутъ листочки раскрыты.

Мой способъ изложенія отличается отъ изложенія прежнихъ писателей только тѣмъ, что я строже разграничиваю различныя роды вліяній свѣта и различныя состоянія тканей. Всѣ сдѣланныя мною наблюденія, вполне подтверждаютъ мои воззрѣнія; онѣ изложены въ статьѣ: «Ueber

¹⁾ Самъ я не дѣлалъ наблюденій.

die vorübergehenden Starrezustände periodisch beweglicher und reizbarer Pflanzenorgane» (Flora, 1863, № 30, 31). Для общаго обзора изложеннаго, я позволю себѣ привести слѣдующую таблицу:

I. Оцѣненіе отъ темноты (Dunkelstarre), вызванное продолжительной темнотой:

- a) Нечувствительность къ толчкамъ.
- b) Нечувствительность къ паратоническому вліянію свѣта.
- c) Отсутствие періодическаго движенія, вызываемое измѣненіемъ внутренняго состоянія.

II. Подвижное состояніе, вызванное продолжительнымъ дѣйствіемъ свѣта: фототонъ.

- d) Чувствительность къ толчкамъ.
- e) Чувствительность къ паратоническому вліянію свѣта.
 - α) Усиленіе свѣта обусловливаетъ дневное положеніе.
 - β) Ослабленіе свѣта обусловливаетъ ночное состояніе.
- f) Самостоятельное періодическое движеніе при равномерномъ свѣтѣ и равномерной темнотѣ.

Уже Дюгамель (Du Hamel) зналъ, что мимозы долго сохраняютъ, даже въ постоянной темнотѣ, періодическія движенія; Декандоль (De Candolle) показалъ, что эти движенія происходятъ также и при постоянномъ искусственомъ освѣщеніи, и что при этомъ время для одного періодическаго колебанія уменьшается. Я наблюдалъ ускоренное періодическое движеніе въ постоянной темнотѣ у *Phaseolus*, *Oxalis incarnata* и *Acetosella*, *Trifolium incarnatum* и *pratense*, *Acacia Lophantha* и *Mimosa pudica*. Изъ наблюденій Дютроше слѣдуетъ, что въ постоянной темнотѣ подвижность прекращается тѣмъ скорѣе, чѣмъ выше температура; фототонъ возвращается тѣмъ быстрѣе, чѣмъ свѣтъ интензивнѣе. Я первый наблюдалъ, какъ при разстѣянномъ свѣтѣ въ комнатѣ наступаетъ оцѣненіе отъ темноты. Для примѣра я привожу слѣдующій рядъ моихъ наблюденій: 24-го сентября 1863 года въ 9 часовъ вечера я помѣстилъ въ деревянный, хорошо запирающійся шкафъ сильный экземпляръ *Mimosa pudica*; туда же я установилъ термометръ:

Дни сентября.	Часы дня.	Темпер. град. по Ц.	Состояніе листиковъ мимозы въ темнотѣ.
24.	9 веч.	16,5	Ночное положеніе.
25.	7 утра.	16,0	Дневное положеніе; чувствительны.
	8 »	16,0	Нижніе лист. раскрыты, верхніе раскрыты вполонину, нѣкоторые неправильно.
	9 »	16,0	Нижніе листья раскрыты, верхніе совершенно сложены.
	12 подл.	16,3	Нижніе и одинъ верхн. лист. соверш. раскрыты, другіе неправильно раскр. подъ углами отъ 90° до 130°.
	2 дня.	16,3	Всѣ листья раскр. отъ 180° до 130°.
	4 »	16,5	Нижн. лист. раскр. на 120°, средн. на 90°, верхн. 180°.
26.	7 веч.	16,0	Верхн. и средн. лист. раскр. на 60° до 90°, самыя верхніе сложены.
	7 утра.	16,1	Всѣ листочки раскр. на 180°.
	9 »	16,0	Нижніе лист. раскр. на 90°, верхніе сложены.
	12 подл.	16,2	Очень неправ., большая часть раскр. на 90°, нечувствительны.
26.	2 дня.	16,5	Лист. раскр. на 180° до 120°, самыя верхн. сложены.
	4 »	16,3	Всѣ раскр. около 90°, снова довольно чувствительны.
	6 веч.	16,5	Раскрыты на 60°, нечувствительны.
	10 »	16,2	Вполнѣ всѣ сложены, частью чувствительны.
27.	7 утра.	15,6	Всѣ лист. раскр. 180°, нечувствительны, подушечки черешковъ нѣсколько чувствительны.
	9 »	15,3	Раскрыты на 180°, подуш. черешк. частью чувствительны, листья нечувствительны.
	11 3/4 »	15,5	Также.

Дни сентября.	Часы дня.	Темпер. град. по Ц.	Состояніє листиковъ мимозы въ темнотѣ.
28.	1 ½ дня.	15,5	Верхн. лист. сложенъ, нижн. раскр., нѣкоторые чувствительны.
	3 "	15,3	Нижн. 90° раскр., верхн. сложенъ, едва чувствительны.
	7 веч.	15,0	Больш. част. совершенно раскрыты (180°); неправильно.
	9 "	15,0	Раскр. 180°—90° неправильно.
	7 утра.	15,0	Всѣ лист. раскр. 180°; подуш. немного чувствит., листочки нечувствительны.
	9 "	15,5	Также; черешки немного опущены внизъ; вторичн. черешки сильно внизъ.
	11 "	15,6	Точно то же положеніе; оцѣпенѣніе.

Слѣдовательно, 28-го сентября въ 11 часовъ утра, листья оцѣпенѣли отъ дѣйствія темноты; растеніе было тотчасъ же перенесено на окно, выходящее на юго-востокъ, гдѣ въ слѣдующіе дни температура доходила отъ 15,8° Ц. до 16,8°. До 29-го сентября, 9-ти часовъ вечера, листочки оставались въ томъ же состояніи оцѣпенѣнія, несмотря на то, что были впродолженіи нѣсколькихъ часовъ освѣщены солнцемъ. Наконецъ 30-го, подушечки оказали слабую чувствительность, но листочки находились еще въ оцѣпенѣній, и многіе изъ нихъ въ это время отвалились; 1-го октября, въ 9 часовъ вечера, листочки одного листа проявили періодическое почное положеніе, другіе же были еще раскрыты и въ оцѣпенѣній. 3-го октября, всѣ оставшіеся листочки были чувствительны и періодично подвижны.

Въ этомъ § мы имѣли дѣло только съ зависимостью движеній отъ свѣта, но не отъ другихъ вліяній. Полное описаніе и перечисленіе различныхъ родовъ движеній листьевъ можно найти у Мейена (Meyen ¹⁾) и Унгера (Unger ²⁾).

¹⁾ Meyen Physiol. III, 515 ff.

²⁾ Unger Anatomie und Physiol. der Pflanzen, p. 415 ff.

II.

ТЕПЛОТА.

Второй отдѣлъ.

Вліяніе теплоты на развитіе.

§ 19. Жизненные отправления кѣлочки основаны на движеніяхъ малѣйшихъ составныхъ частицъ, получаемыхъ ею извнѣ; въ строгой послѣдовательности, какъ по положенію, такъ и по времени, происходятъ соединеніе и разъединеніе разныхъ химическихъ атомовъ; твердыя части растворяются въ жидкихъ и, на оборотъ, растворенныя частицы осаждаются въ твердомъ видѣ; жидкости съ растворенными веществами диффундируютъ въ промежуткахъ между молекулами организованныхъ составныхъ частей кѣлочки, протоплазмы и оболочки. Каждое такое движеніе атома или частицы зависитъ отъ температуры, хотя эту зависимость нельзя опредѣлить для каждаго частнаго случая въ жизненныхъ отправленіяхъ кѣлочки. Механическая теорія теплоты позволяетъ намъ представить схѣму, для объясненія этой зависимости: при нагрѣваніи и охлажденіи организованныхъ частей кѣлочки и пропитывающихъ ее жидкостей, ихъ атомы и частицы измѣняютъ свое мѣстное распредѣленіе, сближаясь или удаляясь, что Клаузіусъ (Clausius ¹⁾) называетъ дизгрегаціей. Но съ измѣненіемъ положенія составныхъ элементовъ и ихъ разстоянія, должно также измѣняться ихъ взаимное притяженіе, которое есть функція разстоянія. Мы знаемъ, что въ ртути термометра, подъ вліяніемъ температуры, разстояніе частицъ то уменьшается, то увеличивается; то же самое происходитъ въ частяхъ живой кѣлочки, но въ кѣлочкѣ замѣчается особенность, которой нѣтъ у ртути; у ртути удаляются или сближаются частицы однородныя, одинаковаго химическаго состава, въ кѣлочкѣ же эти процессы происходятъ между атомами, совершенно разнородными по химическимъ свойствамъ. Частицы, будучи приведены въ движеніе нагрѣваніемъ или охлажденіемъ, могутъ

¹⁾ Clausius; Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie. Braunschweig 1864, I. Abth. стр. 247 ff.

на столько между собою сблизиться, или удалиться одна отъ другой, что сосѣднія вступаютъ въ химическія соединенія или, напротивъ, разлагаются, такъ что происходитъ иное состояніе равновѣсія ¹⁾. Тутъ, слѣдовательно, измѣненія не ограничиваются однимъ передвиженіемъ частицъ, какъ въ ртути термометра, гдѣ одно и то же состояніе температуры вызываетъ тождественное состояніе частицъ, въ клѣточкѣ же вліяніемъ теплоты обуславливается образованіе новыхъ состояній и одно и то же нагрѣваніе или охлажденіе, въ одной и той же клѣточкѣ, въ различное время, даетъ весьма различные результаты.

Для изученія вліянія температуры на жизнь растений, недостаточно наблюдать только вліяніе какой либо температуры на всю жизнь растенія въ совокупности; физиологъ долженъ, напротивъ, изучать зависимость отъ температуры отдѣльныхъ, по возможности менѣе сложныхъ, жизненныхъ явленій. Болѣе основательное пониманіе физиологическихъ процессовъ будетъ достигнуто только въ такомъ случаѣ, когда будетъ изучено нагрѣваніе и охлажденіе частей растенія подъ вліяніемъ теплопроводимости и лученспусканія, когда будутъ опредѣлены соотвѣтственные нагрѣванію измѣненія объема частей и зависимость отъ температуры развитія каждой изъ составныхъ частей клѣточки, дѣленія протоплазмы и ея движеніе, и вообще каждаго изъ химическихъ процессовъ въ отдѣльности, напр. образованія зеленого цвѣта хлорофилла, выдѣленія кислорода, образованія углекислоты, крахмала и др. веществъ, пропитыванія твердыхъ частей жидкостями, діосмозы. Всѣ эти процессы должны быть рассмотрѣны въ отношеніи зависимости ихъ отъ температуры. Должно замѣтить, что почти всѣ эти процессы до сихъ поръ разсматривались весьма поверхностно и отрывочно. На основаніи имѣющихся матеріаловъ можно установить слѣдующія общія положенія:

1) Каждое отдѣльное явленіе въ жизни растенія совершается между опредѣленными предѣлами температуры, перейдя за которые, жизненные отправленія или только приостанавливаются, возобновляясь впоследствии снова, или же распределеніе частицъ измѣняется въ такой степени, что дальнѣйшіе жизненные процессы дѣлаются невозможными.

2) Между этими предѣлами температуры, повышеніе ея усиливаетъ жизненныя отправленія до извѣстнаго maximum и сокращаетъ необходимое для нихъ время; эта зависимость ускоренія физиологическихъ процессовъ отъ повышенія температуры однако не можетъ быть выражена въ видѣ простой пропорціи.

3) Не только степень равномерной теплоты опредѣляетъ силу жизненныхъ явленій клѣточки, но и колебанія температуры обуславливаютъ собою существенныя измѣненія (движенія протоплазмы, замерзаніе).

а) Причины, обуславливающая температуру внутри растительныхъ органовъ.

§ 20. Хотя въ каждомъ растеніи, при поглощеніи кислорода и образованіи углекислоты, въ растущихъ тканяхъ, постоянно освобождается теплота, способствующая возвышенію температуры ткани, что дѣйствительно и замѣчается въ нѣкоторыхъ случаяхъ, но вообще дѣйствіе этого источника теплоты относительно другихъ причинъ, обуславливающихъ температуру внутри растенія, такъ слабо, что для той цѣли, которая здѣсь имѣется въ виду, имѣ совершенно можно пренебречь ²⁾. Въ большинствѣ же случаевъ слѣдуетъ принимать въ расчетъ

¹⁾ Ср. Clausius loc. cit. стр. 269 über chemische Zerlegung und Verbindung durch Wärme.

²⁾ См. статью «О дыханіи».

три явленія: теплопроводность, лучепусканіє и поглощеніє тепла (охлажденіє), обусловливаемое выдѣленіємъ кислорода; для органовъ же, находящихся въ воздухѣ — еще четвертое: образованіє водянаго пара при испареніи; испаряющаяся вода отнимаетъ у тканей то количество теплоты, которое необходимо для ея перехода въ парь.

Относительно лучепоглощенія и лучепусканія растительными органами, нѣтъ удовлетворительныхъ фізіологическихъ наблюденій; вліяніє выдѣленія кислорода и испаренія воды могло бы быть приблизительно вычислено на основаніи другихъ данныхъ, но подобныхъ вычисленій также не сдѣлано. Только теплопроводность и теплородныя явленія въ массивныхъ органахъ (древесныхъ стволахъ) отчасти изслѣдованы.

Вліяніє теплопроводности на состояніє внутреннихъ частей проявляется, очевидно, проще въ маленькихъ растеніяхъ, каковы: бѣлая часть водорослей, лишайники, грибовъ, мховъ и т. д., чѣмъ въ большихъ, массивныхъ частяхъ. При большомъ развитіи поверхности и малой массѣ первыхъ, даже и въ томъ случаѣ, когда теплопроводность встрѣчаетъ большія препятствія, легко и скоро устанавливается равновѣсіє между внутренней температурой и окружающей средою, особенно если среда эта — вода. Поэтому, если температура самой среды не подлежитъ очень быстрымъ колебаніямъ, то можно считать внутреннюю температуру этихъ растеній, почти равною температурѣ среды, если впрочемъ лучепусканіє не производитъ замѣтной разности. Лучепусканіє, также какъ выдѣленіє кислорода и испареніє воды въ сухопутныхъ растеніяхъ, способствуетъ пониженію температуры зеленыхъ листовыхъ частей, ниже температуры окружающаго воздуха; это особенно замѣтно при солнечномъ свѣтѣ и, можетъ быть, имѣетъ благотворное вліяніє на жизнь листьевъ. Участиє, принимаемое въ этихъ явленіяхъ, во-первыхъ, величиною листовой поверхности, а во-вторыхъ, гладкою или волосистою кожицею (epidermis) листа — неизвѣстно, но оно навѣрно имѣетъ важное значеніє для жизни растеній, такъ какъ эти особенности организаціи листьевъ находятся въ легко замѣтномъ, хотя и не точно изслѣдованномъ отношеніи къ мѣстообитанію растеній. Образованіє росы и инея на растеніяхъ показываетъ, какъ велико лучепусканіє и его послѣдствія; но непусканіє теплородныхъ лучей по своей силѣ должно равняться лучепоглощенію, которое съ неменьшею энергією должно проявляться при другихъ обстоятельствахъ. Вопросы эти представляютъ благодарную задачу для фізіологическихъ изслѣдованій, имѣющихъ важное значеніє въ географіи растеній.

Вслѣдствіє слабой теплопроводности массивныхъ частей растеній, древесныхъ стволовъ, большихъ плодовъ и т. п., при быстрыхъ колебаніяхъ температуры окружающей среды, должна происходить неравномѣрность температуры на различной глубинѣ этихъ органовъ; въ древесинѣ, кромѣ того, замѣчается еще различіє теплопроводности по направленію длины волоконъ и перпендикулярно къ этому направленію, вслѣдствіє чего возникаютъ весьма сложныя явленія, которыя могутъ быть разъяснены только длиннымъ рядомъ наблюденій.

Расширеніє и стягиваніє тканей, вызываемыя колебаніємъ температуры, только въ рѣдкихъ случаяхъ рѣзко замѣтны; на фізіологическое значеніє этихъ явленій едва обращено вниманіє.

Теплопроводность въ сочныхъ растительныхъ органахъ, какъ живыхъ такъ и мертвыхъ, въ луковицахъ, корняхъ и картофельныхъ клубняхъ, изслѣдована Гёшпертомъ ¹⁾. Кноблаухъ (Knoblauch) ²⁾ опредѣлялъ, что отношеніе между быстротою теплопроводности сухой древесины, въ продольномъ и поперечномъ направленіи у акаціи, самшита, кипариса и др. = 1,25 : 1; у бузины, боярышника, орѣшника, бука, ильма, дуба = 1,45 : 1; у абрикосоваго и фернамбуковаго дерева = 1,60 : 1; у ивы, камтана, липы, ольхи, березы, ели, сосны = 1,8 : 1. Онъ помѣщалъ нагрѣтую проволоку въ отверстіе навощеной досочки; линія, показывающая шредѣль таянія воска около проволоки, имѣла форму эллипса, котораго длинная и короткая оси выражались вышесприведенными числами. По Тиндалю ³⁾ также, линія наилучшей теплопроводности соответствуетъ направленію древесныхъ волоконъ, по перпендикулярному же къ нимъ направленію теплопроводность самая слабая. Шюблеръ (Schübler) ⁴⁾ замѣтилъ, что въ стволѣ съ узкими годовыми слоями морозъ проникаетъ медленно (въ поперечномъ направленіи). Огюсть Деларивъ (de la Rive) и Альфонсъ Декандоль (De Candolle) ⁵⁾ нашли, что, въ сухомъ состояніи, плотныя древесныя породы вообще лучше проводятъ теплогу, чѣмъ болѣе легкія; слѣдующія породы расположены въ томъ порядкѣ, какъ уменьшается ихъ теплопроводность: *Crataegus Aria*, *Juglans regia*, *Quercus Robur*, *Pinus Abies*, *Populus italica*, *Quercus Suber*.

Всѣ эти опредѣленія, сдѣланныя надъ сухою древесиной, безъ сомнѣнія должны быть нѣсколько измѣнены, если взять сырую древесину, въ ея естественномъ состояніи.

Надъ отношеніемъ температурныхъ явленій внутри деревьевъ къ измѣненію температуры окружающаго воздуха и почвы, сдѣлано много наблюденій; лучшія изъ нихъ безъ сомнѣнія принадлежатъ Кручу (Krutzch) ⁶⁾. Онъ вводилъ шарикъ термометра въ центръ наблюдаемыхъ стволовъ и вѣтвей веймутовой сосны и клѣна, и тщательно закрывалъ отверстіе; изъ полученныхъ результатовъ я приведу слѣдующіе. Температура всѣхъ частей различной толщины, одного и того же дерева, можетъ быть одновременно не одинакова, и разность тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше различіе діаметровъ этихъ частей; температура различныхъ слоевъ одного дерева различна, и, въ одно и то же время, температура въ одномъ мѣстѣ дерева можетъ повышаться, а въ другомъ понижаться; притомъ въ одной части она повышается и повышается медленно, чѣмъ въ другой; въ тонкихъ частяхъ дерева maximum дневной температуры выше, minimum ниже, чѣмъ въ болѣе толстыхъ частяхъ; средняя дневная температура въ толстыхъ частяхъ ниже, чѣмъ въ тонкихъ. «Температура дерева зависитъ отъ температуры воздуха и почвы; взаимодѣйствіемъ обихъ этихъ причинъ подвержены ближайшая къ поверхности земли часть ствола, и неглубоко лежащіе корни, тогда какъ верхнія части ствола получаютъ все тепло только отъ воздуха; глубоко же лежащіе корни — отъ почвы; пельзя однакоже провести границу, до какой высоты влияетъ на стволъ температура почвы, и на какую глубину простирается дѣйствіе температуры воздуха на корни». Вообще, впродолженіи дня, дерево холоднѣе, вечеромъ же и ночью теплѣе, чѣмъ окружающій воздухъ; по утрамъ, зимою, какъ стволъ, такъ и вѣтви дерева теплѣе воздуха; напротивъ того весною, лѣтомъ и осенью — холоднѣе; въ полдень, стволъ и вѣтви, во всѣ времена года, холоднѣе воздуха; вечеромъ, во всѣ времена года вершина дерева теплѣе воздуха, тогда какъ части, ближайшія къ поверхности земли, лѣтомъ и весною холоднѣе, зимою же и осенью теплѣе воздуха. Температура дерева никогда не понижается до minimum'a дневной температуры воздуха, но тѣмъ болѣе къ нему приближается, чѣмъ меньше діаметръ изслѣдуемой части дерева; поэтому можно принять, что тонкія вѣтви охлаждаются такъ же сильно, какъ и окружающій воздухъ; внутренняя температура толстыхъ частей дерева не достигаетъ maximum'a дневной температуры воздуха, и тѣмъ болѣе отстаетъ отъ него, чѣмъ толще эти части; напротивъ того, тонкія вѣтви могутъ, при непосредственномъ солнечномъ освѣщеніи, нагрѣваться выше maximum'a температуры воздуха. Замѣчательно, что въ наружныхъ слояхъ древесины сущо-

¹⁾ Wärmeentwicklung Breslau 1830, стр. 168.

²⁾ Ueber den Zusammenhang zwischen physik. Eigensch. u. der Struktur bei verschiedenen Hölzern, въ Polytechn. Centralblatt v. Schnedermann und Böttcher 1859, Lief. 5.

³⁾ Philosoph. magaz. 1853.

⁴⁾ У Göppert, Wärmeentw. стр. 161.

⁵⁾ Bibl. univers. de Genève. T. 39. стр. 106 и Pogg. Ann. Bd. 14, стр. 590 ff. цит. у Göppert, Wärmeentw. стр. 162.

⁶⁾ Unters. über die Temp. der Bäume im Vergleich zur Luft- und Bodentemp. въ Tharander Jahrbuch X. 2. F. III, гдѣ можно найти и старую литературу.

F. 337

ное измѣненіе температуры дня не такъ значительно, какъ во внутреннихъ. Въ нижней части ствола, вѣроятно послѣдствіе вліянія температуры почвы, минимумъ дневной температуры внутреннихъ слоевъ древесины ниже, чѣмъ въ воздухѣ, тогда какъ наружные слои не охлаждаются до минимума суточной температуры воздуха. Наконецъ: «суточные и мѣсячныя среднія температуры отдѣльныхъ частей дерева значительно различны какъ между собою, такъ и съ подобными температурами воздуха. Лѣтомъ средняя мѣсячная температура дерева, вблизи земной поверхности, ниже средней температуры воздуха; около же вершины, менѣе тонкія части, имѣютъ среднюю температуру высшую, чѣмъ воздухъ, болѣе тонкія же — почти равную, только незначительно выше или ниже. Суточные измѣненія температуры одинаковы въ корняхъ и почвѣ, но средняя мѣсячная температура въ корнѣ всегда нѣсколько ниже, чѣмъ въ почвѣ, что зависить лѣтомъ отъ притока холодныхъ соковъ изъ глубокихъ слоевъ почвы, зимою же это объясняется охлаждающимъ вліяніемъ ствола на корень. Если сравнивать нижнюю часть ствола съ вѣтвями дерева, то оказывается, что, впродолженіи дня, вѣтви теплѣе ствола, такъ какъ температура ихъ возвышается скорѣе; вечеромъ разница температуръ наибольшая; затѣмъ она постоянно уменьшается, ночью же проявляется совершенно наоборотъ. Наружные слои древесины относятся къ внутреннимъ такъ же, какъ верхнія части дерева къ нижнимъ. Измѣненія въ температурѣ окружающаго воздуха скорѣе и сильнѣе замѣчаются въ соснѣ, чѣмъ въ кленѣ; можно заключить, что теплопроводность въ соснѣ вдвое значительнѣе чѣмъ въ кленѣ. Очень хорошо задуманное изслѣдованіе въ этомъ направленіи, сдѣлано Рамо (Rameaux) ¹⁾. Бекерель приводит нѣкоторыя указанія на этотъ счетъ изъ Скандинавіи, ссылаясь на Браве (Bravais) и Томаса (Thomas) ²⁾; Дове замѣтилъ, что избытокъ тепла, приобретаемый растениями днемъ черезъ лучепоглощеніе, не уравновѣшивается лучеиспусканіемъ впродолженіи ночи, такъ что средняя температура надземныхъ частей растений выше, чѣмъ воздуха ³⁾.

Измѣненія въ объемѣ, или расширенія въ какомъ бы то ни было направленіи, зависящія отъ колебанія температуры, вовсе не изслѣдованы для однородныхъ частей, каковы напр. оболочки отдѣльныхъ клѣточекъ; и даже данныя, которыя имѣются относительно неоднородныхъ тканей, какъ древесина, недостаточны ⁴⁾. Можно привести только одинъ, сюда относящійся фактъ; это образованіе трещинъ въ деревьяхъ, которое можетъ быть объяснено, если не всегда, то по крайней мѣрѣ въ большинствѣ случаевъ, тѣмъ, что древесина отъ сильнаго холода стягивается, и это стягиваніе по тангентальному направленію сильнѣе, чѣмъ по радіальному. Числа, введенныя Каспаромъ (Caspar) ⁵⁾, которыя онъ рассматриваетъ какъ «коэффициенты расширенія» древесины при различныхъ температурахъ, никакъ не заслуживаютъ этого названія, потому что онъ наблюдалъ только температуру окружающей среды (неопредѣленное время), а не самого изслѣдуемаго дерева (при помощи вдѣланнаго термометра). Этотъ вопросъ требуетъ совершенно новыхъ изслѣдованій и притомъ наблюдателемъ, основательно знакомымъ съ физическими науками.

Относительно пониженія температуры растений чрезъ лучеиспусканіе, мы извѣстно только показаніе Буссенго ⁶⁾, что въ ясныя ночи трава можетъ охлаждаться до 7—8° Ц., ниже температуры воздуха. Описанное А. Брауномъ поврежденіе листьевъ *Aesculus Hippocastanum*, *Acer tataricum* и *platanoides*, происходитъ вѣроятно также вслѣдствіе лучеиспусканія ⁷⁾.

в) Высшіи и низшіи предѣлы температуры вегетативныхъ процессовъ.

§ 21. Казалось бы легко и просто теоретически предѣлать низшіи и высшіи температуры, между которыми возможна растительная жизнь. Нерѣдко держатся того воззрѣнія, что, съ одной стороны, съ пониженіемъ температуры, жизненные явленія совершаются съ меньшей энергіей, и вполнѣ прекращаются только

¹⁾ Ann. des sc. nat. 1843, T. XIX, стр. 5, ff.

²⁾ Wildas Centralblatt 1860, стр. 325.

³⁾ Ueber den Zusammenhang der Wärmeveränderungen der Luft mit der Entwickl. der Pfl. 1846.

⁴⁾ Du Hamel, Fällung der Wälder I. стр. 229 и Meyen II, стр. 181.

⁵⁾ Bot. Zeitg. 1857, стр. 370.

⁶⁾ Landwirtschaft II, стр. 400.

⁷⁾ Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss. Berlin, 1861, Juliheft.

тогда, когда соки превращаются въ ледъ; съ другой же стороны, съ возвышеніемъ температуры, наконецъ наступаетъ моментъ, когда бѣлковыя вещества, находящіяся въ каждой растительной клѣткѣ, свертываются и такимъ образомъ утрачиваютъ свою подвижность. Еслибы даже этотъ теоретическій способъ возрѣнія былъ вѣренъ, то все же онъ не приведетъ къ опредѣленнымъ числамъ, потому что невозможно вообще и а priori опредѣлить ни точекъ замерзанія, ни температуры свертыванія столь сложныхъ смѣсей, какъ жидкости, входящія въ составъ клѣтокъ. Уже то, что жизнь растенія, даже жизнь отдѣльной клѣтки, складается изъ весьма различныхъ химическихъ процессовъ и молекулярныхъ движеній, которые навѣрно не подчиняются названнымъ предѣламъ, показываетъ недостаточность вышеприведенныхъ возрѣній. Опытъ прямо показываетъ, что многочисленные жизненные процессы останавливаются при температурахъ, гораздо высшихъ точки замерзанія, а съ другой стороны не достигаютъ температуры свертыванія бѣлка, или наоборотъ — продолжаютъ даже при высшихъ температурахъ.

Если попытаться, на основаніи того недостаточнаго матеріала, который представляютъ изслѣдованія, опредѣлить крайнія границы температуры, при которой возможна растительность, то, повидимому, въ иныхъ случаяхъ, температура эта дѣйствительно можетъ понизиться до 0° Ц., а иногда превышать температуру свертыванія куриного бѣлка. Но это рѣдкіе случаи; большинство растеній начинаетъ развиваться тогда только, когда температура на нѣсколько градусовъ выше точки замерзанія, съ другой стороны всѣ растенія, до сихъ поръ подвергнутыя опыту, не могутъ жить при 50° Ц., хотя въ иныхъ случаяхъ и переносятъ короткое время эту температуру. Вообще слѣдуетъ различать, можетъ ли растеніе при извѣстной, крайней, температурѣ расти, ассимилировать и т. д., или оно только переноситъ эту температуру безъ поврежденія. Первая и важнѣйшая задача растительной физиологіи, не только вообще опредѣлить эти крайніе предѣлы, но и предѣлы температуры для отдѣльныхъ вегетативныхъ процессовъ каждаго вида растеній и сравнить ихъ съ соответственными явленіями у другихъ видовъ, что до сихъ поръ рѣдко исполнялось. Немногія, сдѣланныя наблюденія показываютъ, что температура, необходимая для развитія первыхъ зачаточныхъ органовъ у различныхъ видовъ, очень различна. Довольно вѣроятно, что низшая температура, при которой совершается ассимиляція, у многихъ растеній значительно выше низшаго предѣла той температуры, при которой ассимилированныя вещества сѣмени могутъ быть израсходованы на развитіе новыхъ частей; мы уже видѣли (§ 3), что для образованія важнаго красящаго вещества хлорофилловыхъ зеренъ, въ иныхъ случаяхъ, требуется температура высшая, чѣмъ для роста клѣтокъ. Многія растенія, характеризующіяся извѣстными составными частями, живутъ только въ жаркихъ климатахъ: «Мы не знаемъ ни одного растенія умѣреннаго пояса, говоритъ Рохледеръ (Rochleder) ¹⁾, которое бы могло производить коричную кислоту, ея альдегидъ или алкооль. Многія растительныя основанія, какъ напр. стрихнинъ, бруцинъ, цинхонинъ, хининъ, кофеинъ, теоброминъ и т. д. не были найдены ни въ одномъ растеніи холодныхъ странъ, тогда какъ другія вещества образуются въ растеніяхъ самыхъ различныхъ климатовъ, хотя и не

¹⁾ *Chemie und Physiol. d. Pfl.* 1858. стр. 145.

принадлежать къ числу составныхъ частей, общихъ всему растительному царству, и т. д.» «Растеніе безъ сомнѣнія не можетъ жить въ климатѣ, въ которомъ не образуется то или другое необходимое для его существованія вещество, потому что химическій процессъ, производящій это вещество, не совершается при температурѣ, господствующей въ томъ климатѣ.» Но дѣло не только въ образованіи составныхъ частей; для растений не менѣе важны различныя отправленія, зависящія отъ дѣйствія частичныхъ силъ; всасываніе воды корнями обусловливается температурой и въ иныхъ случаяхъ, какъ напр. у табака и тыквы, это необходимое отправленіе прекращается, или по крайней мѣрѣ совершается съ недостаточной силою, если температура корней ниже 5° Ц. Испареніе воды точно также зависитъ отъ температуры, и хотя при пониженіи температуры едва ли можетъ уменьшиться въ слишкомъ сильной степени, но за то при повышеніи температуры оно можетъ совершаться въ избыткѣ, и тѣмъ приводитъ въ опасность существованіе растенія. Глазу непосредственно доступно дѣйствіе, производимое извѣстными температурами на движеніе нѣкоторыхъ листьевъ (*Mimosa*) и протоплазмы; неизвѣстно, ограничены ли эти явленія тѣми же предѣлами температуры, какъ ассимиляція, ростъ клѣтокъ и т. п., или другими.

Изъ всего сказаннаго можно вывести, что каждое растеніе имѣетъ не только одинъ высшій и низшій предѣлы температуры, но каждое его отправленіе совершается между опредѣленными, и притомъ различными ¹⁾, высшими и низшими температурами; вообще, растеніе можетъ только тогда вполне закончить весь ходъ своего развитія, когда температура окружающей среды на нѣсколько градусовъ выше самаго низкаго изъ предѣловъ температуръ отдѣльныхъ процессовъ, и ниже высшаго предѣла. Ничего нѣтъ невѣроятнаго въ предположеніи, что для каждаго растенія есть опредѣленная температура, лежащая между двумя крайними предѣлами и особенно благоприятная всѣмъ его отправленіямъ.

Если, какъ приводятъ нѣше, растенія развиваются подъ снѣгомъ, то нужно допустить, что соки ихъ при этомъ охлаждаются приблизительно до 0° Ц. Du Hamel ²⁾ осторожно говоритъ: «les petits Hellebores noirs, les Ornithogalum, les Pervenches, les Epaticques, les Paquettes se disposent à fleurir sous la neige»; опредѣлительное показаніе Lortet (Lortet) ³⁾, что *Soldanella alpina* цвѣтетъ подъ снѣгомъ и образуетъ вокругъ себя полость. Случаи эти относятся, слѣдовательно, только до простаго развитія на счетъ ассимилированнаго запаснаго матеріала; объ ассимиляціи же подъ снѣгомъ, разумѣется, не можетъ быть и рѣчи. По Гохштетеру (Hochstetter) ⁴⁾, *Protococcus nivalis*, *Gigas sanguineus* и *Discospora nivalis*, образующіе «распавшій снѣгъ», постоянно находятся на нѣсколько линий подъ поверхностью снѣга (firn), лежащаго выше ледниковъ; но дѣйствительно ли они при этомъ растутъ, размножаются и увеличиваются въ объемѣ? Бернштейнъ (Bernstein) ⁵⁾ говоритъ даже, что одинъ грибокъ (*Microstoma himemale*) вырастаетъ изъ замершей земли.

Литература, касающаяся высшихъ предѣловъ температуры, богаче, но по своей неопредѣленности большею частью бесполезна ⁶⁾. По Эренбергу, въ горячихъ ключахъ на Искіи встрѣчаются зеленныя и коричневыя сплетенія съ живыми Eunotiae и Oscillatoriae при 81—85° Ц., по Lau-

¹⁾ Различіе это есть наиболѣе вѣроятный случай, если только наблюденія не покажутъ тождественные предѣлы температуры для различныхъ вегетативныхъ процессовъ.

²⁾ Physique des arbres, II, 279.

³⁾ Bot. Zeitg. 1852, стр. 648.

⁴⁾ Neuseeland, стр. 342.

⁵⁾ Sp. der Leopoldina 15, Bd. II, стр. 650.

⁶⁾ Я представилъ критическій разборъ ея въ моемъ сочиненіи: «Ueber die obere Temperaturgrenze des Weizens» въ Flora, 1864, № 1.

der-Lindsay, въ ключахъ Лаугарнесса, на островѣ Исландіи, растутъ конфервы въ водѣ, въ которой яйца варятся отъ 4—5 минутъ. Для карльсбадскаго шпруделя, Кохъ (Cohn) приводитъ 54—44° Ц., какъ высшую температуру, при которой встрѣчается *Leptothrix lamellosa*; при 44—31° Ц. еще живутъ *Oscillatoriae* и *Mastigocladaceae*; но по Регелю, тамъ даже въ водѣ, имѣющей 40° Ц., еще нѣтъ никакой растительности.

Я старался опредѣлить, при соблюденіи всѣхъ нужныхъ предосторожностей, высшіе и низшіе предѣлы температуры, для прорастанія нѣкоторыхъ одно- и двусѣмянодныхъ растений ¹⁾; для ячменя и пшеницы я нашелъ какъ *minimum* — 5° Ц. (по наблюденіямъ одного изъ моихъ учениковъ, *minimum* этотъ еще ниже); для *Phaseolus multiflorus* и *Zea Mais* 9,4° Ц., для *Cucurbita Pepo* 13,7° Ц., для *Trifolium pratense*, *Medicago sativa*, *Ervum Lens*, *Raphanus sativus*, *Brassica Napus* и *Rapa* — *minimum* температуры прорастанія, вѣроятно, ниже 5° Ц.; для *Tropaeolum majus* и *Helianthus annuus* — выше 6° Ц. Эти *minima* относятся только до развитія первыхъ зачаточныхъ органовъ на счетъ ассимилированныхъ веществъ сѣмени; когда же, подъ конецъ прорастанія, вещества эти израсходованы, то для ассимилированія подъ вліяніемъ свѣта, вѣроятно, потребна высшая температура; у *Zea Mais* и *Mimosa pudica* ассимиляция, повидимому, начинается только при температурѣ выше 15° Ц., потому что, по израсходованіи запаснаго питательнаго матеріала, они не развиваются далѣе, если температура ниже 15° Ц. Для подобныхъ изслѣдованій, путь ведущій прямо къ цѣли, состоитъ въ опредѣленіи прибыли органическихъ веществъ, при извѣстной температурѣ, посредствомъ взвѣшиванія.

Высшія температуры прорастанія, которыя я наблюдалъ, суть слѣдующія: *Zea Mais*, *Phaseolus multiflorus*, *Cucurbita Pepo* проросли впродолженіи 48-ми часовъ при средней температурѣ почвы 42° Ц., причемъ впродолженіи нѣсколькихъ часовъ, поддерживался *maximum* 46,2° Ц., пшеница проросла при средней температурѣ 38,2° Ц., *maximum* не былъ выше 43° Ц.; для ячменя *maximum* между 36° и 37,5° Ц.; горохъ проросъ еще при 38,2° Ц., причемъ *maximum* доходило до 42,5° Ц. Могутъ ли растенія при этихъ высокихъ температурахъ ассимилировать и совершать другія отглавленія — еще неизвѣстно. (Предосторожности, которыя слѣдуетъ принимать при опредѣленіи предѣловъ температуры прорастанія, описаны въ моемъ вышеприведенномъ сочиненіи.) Опредѣленіе температуръ, при которыхъ возможно прорастаніе, по мощіи среднихъ температуръ, выводимыхъ изъ сильныхъ колебаній на открытомъ воздухѣ, повело бы къ грубымъ ошибкамъ.

Низшая температура, при которой еще зеленѣютъ зерна хлорофилла (на свѣтѣ) у *Phaseolus multiflorus* и *Zea Mais* безъ сомнѣнія выше 6° Ц. и вѣроятно ниже 15° Ц.; для *Brassica Napus* и *Sinapis alba* эта температура безъ сомнѣнія ниже 6° Ц.; для *Pinus Pinea* и *canadensis* между 11° и 7° Ц. Высшая температура, при которой еще зеленѣютъ растенія, для *Phaseolus multiflorus* и *Zea Mais* положительно выше 33° Ц.; для *Allium Cera* выше 36° Ц., для *Cucurbita Pepo* выше 33° Ц. ²⁾.

Выдѣленіе кислорода зелеными частями, при дѣйствіи свѣта, начинается по Клобцу (Clobz) и Гратіоле (*Gratiolate*) ³⁾ у *Potamogeton* тогда только, когда температура воды возвысится до 15° Ц.; при пониженіи же температуры до 10° Ц., выдѣленіе прекращается; этотъ предѣлъ долженъ быть гораздо ниже для многихъ мховъ и лишайевъ, развивающихся зимою, осенью и весною. Я наблюдалъ у *Vallisneria spiralis*, при разсѣленномъ свѣтѣ, въ водѣ, имѣвшей 17,5° Ц. дѣятельное образованіе пузырьковъ газа, слабое — еще при 8°; при 6° Ц. вовсе не выдѣлялось газа.

Движеніе листьевъ мимозы ⁴⁾ въ фототоническомъ состояніи прекращается, если температура понижается на продолжительное время ниже 15° Ц. (оцѣпенѣніе отъ холода, *Kältestarre*); періодическое колебаніе боковыхъ листиковъ *Hedysarum gyrans* начинается, по Кабшу (Kabsch), тогда только, когда температура воздуха выше 22° Ц. Если, въ первомъ случаѣ, температура

¹⁾ J. Sachs *Physiol. Unters. über die Abhängigkeit der Keimung von der Temp.* въ *Jahrbücher für wiss. Bot.* II, 365. Приведенные тамъ градусы Реомюра перечислены здѣсь по Цельсію.

²⁾ J. Sachs, *Ueber den Einfl. der Temp. auf d. Ergrünen der Blätter*, въ *Flora*, 1864, № 32.

³⁾ *Flora* 1851, стр. 750.

⁴⁾ J. Sachs, *Die vorübergehenden Starrezustände u. s. w.* въ *Flora*, 1863, стр. 451 ff.

повышается, то движеніе возобновляется. Высшій предѣлъ температуры для раздражительности листьевъ мимозы, находится въ зависимости отъ продолжительности нагрѣванія; если температура воздуха 40° Ц., то они становятся неподвижными черезъ одинъ часъ, при 45° Ц. черезъ полчаса, при $49 - 50^{\circ}$ Ц. уже черезъ нѣсколько минутъ; если затѣмъ температура понизится, то движеніе листьевъ возобновляется раньше или позже; температура 52° Ц. причиняетъ продолжительную неподвижность и, наконецъ, смерть. Я называю эти состоянія, наступающія подъ вліаніемъ свѣта, «преходящимъ оцѣпенѣніемъ отъ холода и отъ теплоты» (*vorübergehende Kältestarre und Wärmestarre*); подвижное же состояніе между названными предѣлами, можно назвать «термотонъ» (*Thermotonus*).

Движеніе протоплазмы ¹⁾ у *Nitella syncarpa*, по Негели, прекращается тогда только, когда температура окружающей воды равна 0° Ц.; въ волоскахъ же *Cucurbita Pepo*, по моимъ наблюденіямъ, когда температура окружающаго воздуха понизится до $10 - 11^{\circ}$ Ц. Въ водѣ, имѣющей $46 - 47^{\circ}$ Ц., движеніе протоплазмы прекращается въ 2 минуты, при $47 - 48^{\circ}$ въ 1 минуту, но при пониженіи температуры возобновляется. Волоски *Cucurbita Pepo* и *Solanum Lycopersicum* могутъ быть нагрѣты въ воздухѣ, въ продолженіи 10-ти минутъ, до $49 - 50,5^{\circ}$ Ц., причеиъ движеніе протоплазмы не останавливается; движеніе въ волоскахъ тычинокъ *Tradescantia virginica*, прекращается въ воздухѣ при 49° Ц. черезъ 3 минуты, при пониженіи же температуры возобновляется. Изъ этихъ фактовъ можно заключить, что и молекулярныя явленія, обуславливающія движеніе протоплазмы, ограничены опредѣленными предѣлами температуры; болѣе подробно объ этомъ будетъ сказано въ §§ о движеніи протоплазмы.

Всасываніе воды корнями также зависитъ отъ температуры, и если температура слишкомъ низка, то оно становится недостаточнымъ и не уравниваетъ потерю, происходящую вслѣдствіе испаренія воды въ листьяхъ. Такъ я нашелъ, что корни табака и тыквы ²⁾ принимаютъ изъ сырой почвы при $+3^{\circ} + 5^{\circ}$ Ц. слишкомъ мало воды, чтобы вознаграждать потерю испаренія; нагрѣваніе почвы до $12 - 18^{\circ}$ Ц. возобновляло дѣятельность всасыванія въ достаточной степени. Напротивъ того, корни *Brassica Napus* и *Oleaceae* всасываютъ, повидимому, даже при 0° , такое количество воды, которое уравниваетъ потерю при умѣренномъ ея испареніи.

с) Поврежденія растеній при охлажденіи ниже низшаго, и при нагрѣваніи выше высшаго предѣловъ температуры.

§ 22. Когда при извѣстной низкой температурѣ въ растеніи угасаютъ всѣ жизненные процессы, то съ этимъ далеко не всегда связано какое либо поврежденіе растенія. Напротивъ того, оно можетъ долго оставаться въ этомъ состояніи бездѣятельности, при возвышеніи же температуры внутренняя дѣятельность его возобновляется, если только въ продолженіи этого времени растенію не были причинены поврежденія или смерть, вслѣдствіе постороннихъ вліаній. Чтобы сдѣлаться непосредственно вредной для растенія, температура должна понизиться на нѣсколько или даже на много градусовъ ниже низшаго предѣла и даже въ этомъ случаѣ нужны, большей частью, особыя обстоятельства для того, чтобы произошло поврежденіе въ организаціи. Подобныя этому, но въ то же время и различныя явленія, представляются около высшаго предѣла температуры. Преходящее оцѣпенѣніе отъ теплоты (*vorübergehend* *Wärmestarre*) раздражительныхъ листьевъ и протоплазмы, начинающееся при $45 - 50^{\circ}$ Ц., показываетъ, что и излишнее усиленіе теплородныхъ движеній въ растеніи, приостанавливаетъ извѣстныя отправленія и по сдѣланнымъ наблюденіямъ вѣроятно, что всякое превышеніе этихъ предѣловъ температуры причиняетъ уже смерть. Чрезмѣрно большая сила теплородныхъ движеній частицъ, разрушаетъ органическое частичное строеніе, преодолявая силы, обуславливающія связь частицъ.

¹⁾ J. Sachs, Ueber die obere Temperaturgrenze der Vegetation, въ *Flora*, 1864, № 3 и 5.

²⁾ *Bot. Zeitg.* 1860, стр. 124.

§ 23. Смерть вслѣдствіе отмораживанія. Многія растенія, въ особенности умѣренныхъ и холодныхъ поясовъ, низшая температура прорастанія и развитія которыхъ на нѣсколько градусовъ выше 0°, могутъ замерзнуть такъ, что всѣ соки ихъ застываютъ въ ледъ, причемъ, по оттаиваніи въ нихъ не замѣчается ни малѣйшаго поврежденія, или нарушенія жизненныхъ отправленій; при благопріятной температурѣ они продолжаютъ расти, какъ обыкновенно. Но эти же самыя растенія могутъ, по оттаиваніи своихъ замерзшихъ соковъ, претерпѣть такое глубокое измѣненіе въ организаціи, что все растеніе, или только пораженные морозомъ органы погибаютъ; скорость оттаиванія составляетъ одну изъ причинъ, обусловливающихъ эти противоположные результаты; очень медленный переходъ замерзшихъ соковъ въ жидкое состояніе можетъ предотвратить поврежденіе, тогда какъ быстрое таяніе бываетъ сопряжено съ столь сильными потрясеніями частичнаго строенія частей клѣточекъ, что это строеніе разрушается. Эти различныя послѣдствія проявляются болѣе или менѣе рѣзко, смотря по виду растенія, по степени развитія органа, а также по количеству содержащейся въ немъ воды. Очень вѣроятно также, что многія растенія, или части растеній, погибаютъ, когда соки ихъ превращаются въ ледъ, или даже просто охлаждаются до низкихъ температуръ выше 0°. Въ противоположность этому, многіе мхи и лишай (грибы?) могутъ, повидимому, безъ всякихъ поврежденій переносить не только сильныя морозы, но и быстрые и частые переходы изъ замерзшаго состоянія соковъ въ жидкое, какъ это можно заключить изъ явленій, замѣчаемыхъ въ природѣ. Нѣкоторыя части, отличающіяся малымъ содержаніемъ воды и предназначенныя природой переживать зиму, вполне или до извѣстной степени нечувствительны къ замерзанію и оттаиванію заключающихся въ нихъ соковъ — даже у растеній вообще чувствительныхъ. Сюда относятся, напримѣръ, многія сѣмена, зимнія почки деревьевъ и кустарниковъ, живая кора молодыхъ вѣтвей и т. д.

Прежде было распространено воззрѣніе, хотя и не основанное на наблюденіи, что замерзающіе соки разрываютъ клѣточки, подобно тому какъ вода, замерзая и увеличиваясь въ объемѣ, разрываетъ стѣянку, и что въ этомъ заключается причина смерти при замерзаніи; это воззрѣніе уже потому неправдоподобно, что стѣнки клѣтокъ растяжимы; оно опровергается еще тѣмъ несомнѣннымъ фактомъ, что одно и то же растеніе можетъ вполне замерзнуть и, по оттаиваніи, не получить поврежденій, тогда какъ въ другой разъ за оттаиваніемъ слѣдуетъ смерть; такъ какъ соки клѣточекъ, замерзая, въ обоихъ случаяхъ увеличиваются въ объемѣ, то непонятно, почему въ одномъ случаѣ оболочки клѣтокъ должны быть разорваны, а въ другомъ нѣтъ. Ктому же опыты показываютъ, что въ подобныхъ случаяхъ вся сущность заключается въ способѣ оттаиванія, и что въ замерзшихъ клѣткахъ еще происходятъ эндосмотическія явленія, чего не могло бы быть, еслибы образовались трещины. Смерть вслѣдствіе замерзанія и оттаиванія проявляется въ глубокомъ измѣненіи протоплазмы и прежнихъ, эндосмотическихъ свойствъ; сочныя клѣтки теряютъ способность тургесцировать, т. е. стѣнки клѣтки (слой протоплазмы, выстилающій стѣнки, и самая оболочка) не выдерживаютъ давленія жидкаго содержимаго и даютъ ему просачиваться, даже при небольшомъ давленіи; вслѣдствіе этого межклеточные ходы наполняются соками, ткань просвѣчиваетъ, и, при небольшомъ давленіи, изъ нея вытекаетъ сокъ; потеря части содержимаго дѣлаетъ клѣтки вялыми и весь замерз-

ний органъ теряетъ упругость, становится мягкимъ и вялымъ. Происходящее вслѣдствіе этого смѣшеніе соковъ различныхъ клѣтокъ и проникновеніе воздуха, причиняютъ быстрое разложеніе съ измѣненіемъ цвѣта; измѣненныя оболочки клѣтокъ не препятствуютъ испаренію и замерзшая ткань скоро засыхаетъ¹⁾.

Показанія относительно гибели растений при низкихъ температурахъ, по превышающихъ точку замерзанія, еще оставляютъ сомнѣніе—не происходило ли вслѣдствіе лучеиспусканія охлажденія ниже 0° Ц., хотя термометръ и показывалъ въ воздухѣ +1° до +5° Ц.; притомъ, при этихъ изслѣдованіяхъ, повидимому, употреблялись простые термометры, тогда какъ посредствомъ термометра, показывающаго minimum, слѣдовало убѣдиться въ томъ, что температура воздуха въ промежутки между наблюденіями, не понижалась ниже 0° Ц. По Биркандеру (Bierkander)²⁾ *Cucumis sativus* и *Melo*, *Cucurbita Pepo*, *Impatiens Balsamina*, *Mirabilis longiflora*, *Ocimum basilicum*, *Portulacca oleracea* и *Solanum tuberosum* погибли при температурѣ воздуха, равной 1° до 2°; Гёппертъ (Göppert)³⁾ помѣщала тропическія растенія, очень различнаго строенія, въ мѣсто, защищенное отъ вѣтра, гдѣ температура воздуха была 1°; эта температура, по его показанію, съ 9-го по 14-е декабря, никогда не понижалась ниже 0° и не повышалась выше 3°; уже 10-го утромъ показались на листьяхъ *Heliotropium peruvianum*, *Gloxinia maculata* и др., черныя пятна, листья свернулись и черезъ два дня отпали; на болѣе плотныхъ листьяхъ *Bixa Orellana*, *Cassia emarginata*, *Coffea arabica* и др. пятна явились только 11-го и 12-го; на *Ficus nitida*, *Borassus flabelliformis* и др. они показались только 14-го и въ меньшей степени, *Polypodium aureum* и 6 видовъ кактусовъ вовсе не пострадали. Опыты, сообщаемые Гарди (Hardy), повидимому не даютъ повода предполагать, что происходило охлажденіе посредствомъ лучеиспусканія, потому что онъ защищалъ растенія тростниковыми покрывками⁴⁾; 56 тропическихъ растеній, болѣею частью не старѣ одного года, были высажены въ грунтъ; при +5° (Ц.?) погибли *Humenaea curbaril*, *Bauhinia anatomica*, *Desmodium umbellatum* и др.; при +3° *Acacia stipularis*, *Bixa Orellana*, *Bombax malabarica* и др.; до +1° остались въ живыхъ *Tamarindus indica*, *Acacia nilotica*, *Sapindus saponaria* и др.

Смерть отъ замерзанія соковъ и слѣдующаго за тѣмъ оттаиванія⁵⁾. Увеличеніе въ объемѣ воды, при переходѣ ея въ ледъ, требуетъ, какъ показалъ Негели⁶⁾, увеличенія поверхности оболочекъ клѣточекъ на $\frac{1}{11}$; способность къ этому навѣрно можно допустить у оболочекъ, въ особенности если клѣтки до замерзанія не были совершенно переполнены сокомъ, что едва ли случается при нормальныхъ условіяхъ. Негели справедливо замѣчаетъ, что если предполагаемые разрывы оболочекъ клѣточекъ, при замерзаніи, не могутъ быть видны, то это еще не есть вполнѣ убѣдительное доказательство того, что они вовсе не существуютъ; эндосмотическое же наполненіе и опустѣніе замерзшихъ клѣтокъ можетъ служить доказательствомъ; онъ наблюдалъ съ этою цѣлью замерзшія клѣточки *Spirogyra orthospira*; послѣ оттаиванія первичный мѣсточекъ спаялся, содержимое утратило правильное расположеніе, а клѣтка упругость, причемъ часть ея сока высочилась наружу. Клѣтки, лежавшія въ глицеринѣ, вслѣдствіе экзосмоса, пустѣли и сжались, чего не могло бы случиться, если бы были разрывы. Но вѣрнѣйшее и убѣдительнѣйшее доказательство противъ старой теоріи, по которой смерть обусловливается разрывомъ клѣточекъ, заключается въ томъ вышеупомянутомъ фактѣ, что одинъ и тотъ же органъ можетъ, при совершенно равныхъ прочихъ обстоятельствеахъ, одинъ разъ — замерзнуть и оттаять, не получая при этомъ никакого поврежденія, другой же разъ, если оттаиваніе идетъ слишкомъ быстро, онъ погибаетъ; если бы причиною этому были разрывы, вслѣдствіе увеличенія въ объемѣ соковъ, застывающихъ въ ледъ, то всякій растительный органъ, замерзнувъ, погибалъ бы безвозвратно. Но всѣ многолѣтнія растенія, въ странахъ съ продолжен-

¹⁾ Göppert, Wärmeentw. стр. 12.—Н. v. Mohl, въ Bot. Ztg. 1847, стр. 321, и Nägeli, Bot. Mittheilungen, in Sitzungsber. k. bayr. Akad. München, стр. 28.

²⁾ Göppert, Wärmeentw., стр. 124.

³⁾ Ibidem, стр. 42.

⁴⁾ Botan. Zeitg., 1854, стр. 202.

⁵⁾ Я обстоятельно изложилъ это, съ критическимъ разборомъ литературы, въ періодическомъ изданіи: «Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen», II Bd., стр. 167.

⁶⁾ Sitzungsber. der k. bayr. Akad. d. Wiss. zu München 1861, Botan. Mitth., стр. 59.

теплого и суровою зимою, доказываютъ, что это не такъ. По этой теоріи въ Сибири, Скандинавіи, Гренландіи, Лабрадорѣ и т. д., гдѣ соки всѣхъ многолѣтнихъ растений ежегодно замерзаютъ на нѣсколько мѣсяцевъ, всѣ кѣтки должны бы быть разорваны, и тамъ вовсе бы не могли существовать зимующія растения ¹⁾. Каждый легко можетъ наблюдать самъ, что многія изъ нашихъ растений (*Brassica oleracea* и *Napus*, *Dipsacus Fullonum*, *Mercurialis annua* и друг.) поздней осенью, послѣ холодныхъ почей, вполне замерзаютъ, и по оттаиваніи остаются невредимы. Обстоятельныя наблюденія на этотъ счетъ сдѣлалъ Шюблеръ (*Schübler*) и Гёппертъ ²⁾. Сюда же относится показаніе Шарпантье (*Charpentier*) ³⁾, что *Trifolium alpinum*, *caespitosum*, *Geum montanum*, *Cerastium latifolium* выродождены четырехъ лѣтъ были покрыты глетчеромъ, и когда онъ весь стаялъ, растенія эти продолжали жить. Розы при -8° Ц., *Pinus taeda* при -11° Ц., *Ailanthus* при -16° могутъ замерзать на нѣсколько часовъ и по оттаиваніи продолжаютъ жить, какъ это показали Леконтъ (*Leconte*) ⁴⁾, давъ явленію правильное объясненіе.

Уже Дю-Гамель (*Du Hamel*) зналъ, что быстрое оттаиваніе вредитъ замерзшимъ растеніямъ ⁵⁾. Его переводчикъ Шёлленбахъ (*Schöllnbach*) присовокупляетъ ⁶⁾, что при сильныхъ ночныхъ морозахъ, весною, онъ поливалъ замерзшія растенія холодною водою, которая застыла на нихъ, покрывая ихъ ледяною корою, и этимъ онъ спасалъ растенія отъ гибели (очевидно потому, что при этомъ замедлялось оттаиваніе) ⁷⁾. Чтобы предохранить отъ порчи замерзшія рѣш, кочны капусты и т. д., ихъ кладутъ въ холодную воду, или складываютъ въ вучи, такъ какъ оттаиваніе значительныхъ массъ идетъ медленно. Корни и другія подземныя части, которыя замерзаютъ и оттаиваютъ вмѣстѣ съ окружающей почвою, при этомъ рѣдко погибаютъ; если же ихъ вынуть въ мерзломъ состояніи и перенести въ теплый воздухъ, то они дезорганизируются. Растенія, покрывающіяся при первыхъ ночныхъ осеннихъ морозахъ толстыми слоемъ инея, обыкновенно не погибаютъ отъ мороза, потому что таюшій иней замедляетъ оттаиваніе кѣтокъ. Мои опыты ⁸⁾ надъ кусками свеклы, тыквы, свекловичными листьями, надъ рапсомъ, капустой, *Phaseolus*, *Faba*, приводятъ къ тому же результату; они были заморожены при 4° — 6° холода, и если оттаивали въ воздухѣ при 2 — 3° , или же въ водѣ, имѣвшей 6 — 10° , то въ моментъ оттаиванія всѣ они погибали; если же ихъ положить въ мерзломъ состояніи въ воду, температура которой 0° , то они покрываются ледяною корою, и если притомъ оттаиваніе будетъ происходить при 0 — 3° , то ткань остается свѣжа и сохраняетъ свои нормальныя свойства; этимъ способомъ удалось даже возвратитъ изъ мерзлаго состоянія къ жизни, въ высшей степени чувствительные табачные листья. Опытъ надъ кусками тыквы и свеклы удается лучше, если ихъ заморозить съ значительнымъ количествомъ воды въ одинъ кусокъ льда, и затѣмъ очень медленно оттаивать. Если теплыми пальцами дотрогиваться на открытомъ воздухѣ до замерзшаго листа растенія (табакъ, *Vicia Faba*), пока онъ не оттаетъ въ мѣстѣ прикосновенія, то мѣсто это погибаетъ; части, оттаивающія на холодномъ воздухѣ медленно, остаются здоровы.

Измѣненія, происходящія въ кѣткахъ при замерзаніи, по всей вѣроятности, прежде всего основываются на измѣненіи протоплазмы, зависящемъ отъ ея смерти; умершій первичный мѣшочекъ, какъ впервые показалъ Негели, теряетъ способность противодѣйствовать вхожденію и выходу извѣстныхъ веществъ (посредствомъ діосмоса); живой первичный мѣшочекъ не пропускаетъ красящаго вещества, находящагося въ кѣточномъ сокѣ, и также не позволяетъ имъ вступать снаружи; вообще живая протоплазма не принимаетъ въ себя растворенныхъ въ водѣ красящихъ веществъ ⁹⁾, что я подробно разовью впоследствии. Наблюденія, сдѣланныя мною надъ свѣжими и отмороженными

¹⁾ Излишне опровергать здѣсь еще разъ, всѣми оставленное мнѣніе, что живыя растенія вовсе не могутъ замерзать, т. е. соки ихъ не могутъ превращаться въ ледъ, пока не умерли кѣтки.

²⁾ *Wärmeentw.* стр. 153 ff.

³⁾ *Bot Zeitg.*, 1843, стр. 13.

⁴⁾ *Bibliothèque universelle de Genève*, 1852.

⁵⁾ *Phys. des arbres*, II, стр. 351.

⁶⁾ Стр. 277, II, нѣмецкаго перевода.

⁷⁾ Сравни наблюденія *Thouin* у *Гёппера*: *Wärmeentw.*, стр. 229.

⁸⁾ *J. Sachs*, *Krystallbildungen bei dem Gefrieren und Veränderung der Zellhäute bei dem Auftauen saftiger Pflanzenzellen*; въ *Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wissensch.*, 1860.

⁹⁾ *Nägeli*, *Pflanzenphysiol. Untersuchungen*, I, стр. 5—7.

ми тканями, могутъ быть объяснены этими измѣненіями, но еще далеко не доказано, что клѣточная оболочка сохраняетъ свое внутреннее строеніе; она можетъ претерпѣвать внутреннїи молекулярныя измѣненія, которыя незамѣчаются только по грубости нашихъ средствъ изслѣдованія. Вьмоей послѣдней приведенной работѣ я показалъ, что проводящїя клѣточки (*Leitzellen*) въ сосудистыхъ пучкахъ плода тыквы, содержатъ сильно-щелочной сокъ, который не смѣшивается посредствомъ диффузїи съ кислымъ сокомъ паренхимы ¹⁾; послѣ же смерти отъ замерзанія, смѣшеніе тотчасъ происходитъ, и основная реакція уничтожается болѣе сильною кислотою паренхимы. Если положить куски свѣжей свеклы съ краснымъ клѣточнымъ сокомъ, обмывъ предварительно срубанныя поверхности, въ воду, температура которой 0—25°, то красящее вещество не выступаетъ и вода не окрашивается, даже въ продолженїи 2—3 дней; если же эти самыя части тканей заморозить и положить въ воду, имѣющую приблизительно 10° или болѣе, то они быстро оттаиваютъ, умираютъ, и выпускаютъ при этомъ красный сокъ, который густымъ облакомъ расходится въ водѣ. Если оставить свѣжіе куски свеклы и рѣпы на долгое время въ холодной водѣ, до тѣхъ поръ, пока клѣтки примутъ въ себя максимумъ воды и сильно тургесцируютъ, и если затѣмъ куски эти заморозить, свѣситъ и положить въ воду, имѣющую 30° Ц., гдѣ они, быстро оттаивая, умираютъ, то новое взвѣшиваніе покажетъ, что они потеряли нѣсколько процентовъ въ вѣсѣ; сокъ клѣтокъ, тургесцировавшихъ въ живомъ состоянїи, при быстромъ оттаиванїи выступаетъ, потому что оболочки клѣтокъ, не обнаруживая болѣе сопротивленія, позволяютъ ему просачиваться. Если способность оболочки препятствовать прохожденію давящей на нее жидкости, назовемъ сопротивленіемъ просачиванію, то можно сказать, что при смерти отъ замерзанія, въ оболочкахъ клѣтокъ уменьшается сопротивленіе просачиванію, или иначе — увеличивается возможность просачиванія; клѣточные оболочки пропускаютъ находящїйся въ нихъ подъ давленіемъ сокъ,— отсюда потеря въ вѣсѣ въ вышеописанныхъ опытахъ. Этимъ легко объясняется вялость промерзлыхъ тканей, наполненіе межклеточныхъ ходовъ сокомъ и способность струями выпускать сокъ при легкомъ давленїи (картофель, рѣпа, листья и т. д.).

Уменьшеніе сопротивленія просачиванію, можетъ быть, зависитъ отъ того, что молекулярныя (невидимыя) поры оболочекъ (слоя протоплазмы и клѣточной оболочки) увеличиваются; если это такъ, то измѣненіе діосмотическихъ свойствъ очень понятно. Я изучалъ подобное измѣненіе не только надъ красящими веществами, но и надъ диффузїей солей; опыты, произведенные съ тѣми же тканями, доказываютъ, что промерзлыя клѣтки вбираютъ изъ окружающаго ихъ раствора поваренной соли гораздо болѣе соли, чѣмъ живыя клѣтки. Это усиленіе просачиванія растворенныхъ веществъ сквозь оболочки клѣтокъ, особенно очевидно въ слѣдующемъ опытѣ: я положилъ куски одинаковой величины и формы, свѣжей и промерзлой бѣлой рѣпы въ сѣрнопнигидговую (*Purpurschwefelsäure*) кислоту; 24 часа спустя, красящее вещество глубоко проникло въ промерзлую ткань, въ свѣжую же мало, или вовсе не проникло.

Ключъ къ объясненію явленїи, замѣчаемыхъ въ отморженныхъ клѣткахъ, представляютъ крахмальныя клейстеры и бѣлокъ, когда они оттаиваютъ послѣ замерзанія. Если заморозить однородный крахмальныи клейстеръ, то послѣ оттаиванія онъ, какъ давно извѣстно, является уже не клейстеромъ, а превращается въ грубо ноздреватую, губчатую массу, изъ которой можно струями выдавливать воду. Если куриный бѣлокъ, прямо взятый изъ яйца, заставить свернуться отъ жара въ сосудѣ, то онъ образуетъ сухую на ощупь, однородную массу; если его затѣмъ заморозить и оттаятъ, то онъ также представляетъ грубо ноздреватую, губчатую массу, изъ которой легкимъ давленіемъ можно выдавить воду; если оттаиваніе происходитъ на фильтрѣ, то освобождающаяся вода стекаетъ сама. Я выдавилъ рукою изъ оттаявшаго, свернувшася бѣлка двухъ куриныхъ яицъ, около 15 куб. сантиметровъ воды, которая, при нагрѣванїи до кипѣнїя, не свертывалась. Ясно, что какъ въ крахмальномъ клейстерѣ, такъ и въ свернушемся бѣлкѣ, частицы вещества соединены съ частицами воды по опредѣленному закону, и средство тѣхъ и другихъ частицъ находится въ извѣстномъ равновѣсїи. Но послѣ замерзанія и оттаиванія наступаетъ новое положеніе равновѣсїя; частицы вещества (бѣлка и крахмала) взаимно сильнѣе притягиваются, и такимъ образомъ образуютъ сѣтъ, состоящую только изъ бѣлка, или только изъ крахмала, въ промежуткахъ же выдѣляется вода, сдѣлавшаяся свободною. Ничто не препятствуетъ намъ признать это воззрѣніе къ клѣткамъ; оболочка клѣтки состоитъ изъ частицъ клѣтковины и воды,

¹⁾ Пространствѣ объ этомъ сказано въ моей работѣ: «Ueber säure, alkalische und neutrale Reaction der Säfte lebender Pflanzenzellen» in *Bot. Zeitg.* 1862, стр. 257.

которыя сгруппированы въ определенномъ положеніи равновѣсія, но послѣ замерзанія и оттаиванія усиливается взаимное притяженіе частицъ клѣтковины, частицы же воды, прежде съ ними соединенныя, становятся свободными. Въ стѣнѣкѣ клѣточки, частицы вещества точно также могутъ образовывать болѣе грубую сѣть, промежутки которой хотя невидимо малы, но достаточно велики, чтобъ представить очень незначительное сопротивленіе просачиванію; совершенно то же самое можно примѣнить и къ протоплазмѣ. Можно, слѣдовательно, допустить, что въ промерзлыхъ клѣткахъ, частицы протоплазмы и оболочки теряютъ свое сродство къ водѣ, которая отдѣляется отъ вещества ихъ составляющаго, подобно тому, какъ это бываетъ при замерзаніи соляныхъ растворовъ. Но этимъ нарушается вся правильность частичнаго строенія этихъ образований, потому что вода, которая послѣ промерзанія стекаетъ, принадлежала прежде къ сущности внутренней организаціи клѣточной оболочки и протоплазмы. Измѣненная оболочка (вмѣстѣ съ первичнымъ мѣшочкомъ), теряетъ свою плотность и допускаетъ просачиваніе клѣточного сока. Представимъ себѣ пузырь, состоящій изъ крахмального клейстера, на внутренней поверхности котораго лежитъ слой свернушагося куриного бѣлка, и который переполненъ водою; послѣ оттаиванія этой замерзшей массы, однородный слой клейстера, также какъ однородный слой бѣлка, становятся грубо-ноздреватыми, губчатыми, причѣмъ большая часть воды, входившей въ составъ этихъ слоевъ, выдѣляется; вода же, находящаяся во внутренней полости, теперь легко вытекаетъ сквозъ стѣнки, допускающія просачиваніе. Какъ бы не было велико различіе въ другихъ отношеніяхъ, но для нашей цѣли вполне можно сравнивать слой крахмального клейстера съ клѣточной оболочкой, слой же бѣлка — съ выстилающею эту оболочку протоплазмой, такъ какъ при этомъ допущеніи прекрасно объясняются измѣненія, происходящія въ промерзлыхъ клѣткахъ.

Основываясь на этомъ наглядномъ представленіи, можно также попытаться объяснить, почему замерзшая клѣтка еще не погибла, но дальнѣйшее ея существованіе зависитъ отъ быстроты оттаиванія. При самомъ замерзаніи, частицы воды (въ протоплазмѣ и въ клѣтковой оболочкѣ) отторгаются кристаллизационною силою отъ частицъ вещества, и располагаются ею въ новыя положенія. Если оттаиваніе идетъ медленно, то можно предполагать, что молекулярныя движенія такъ медленны, что допускаютъ возстановленіе дѣятельности прежнихъ силъ, такъ что частицы вещества и воды снова соединяются нормальнымъ образомъ; если же таяніе кристалловъ въ оболочкѣ и въ протоплазмѣ совершается быстро, то происходятъ сильныя молекулярныя движенія, не допускающія прежняго порядка въ расположеніи частицъ.

На сколько принятія здѣсь представленія соответствуютъ дѣйствительнымъ явленіямъ въ промерзлыхъ клѣткахъ, должно рѣшить посредствомъ точныхъ изслѣдованій надъ отдѣльными клѣтками въ свѣжемъ и промерзломъ состояніяхъ; до сихъ поръ такихъ изслѣдованій еще не сдѣлано, за исключеніемъ вышеприведенныхъ. — Кюне (Kühne) ¹⁾ изучалъ на волоскахъ тычинокъ *Tradesantia virginica* только измѣненія въ формѣ замерзшей протоплазмы, а не измѣненія ея физическихъ свойствъ, въ особенности діосмогическихъ. Въ волоскахъ, замороженныхъ въ кашѣ воды, на предметномъ стеклѣ, вся протоплазма при оттаиваніи была разрушена, распавшись на зернистыя, свернувшіяся комья, которые быстро пропитывались «фиолетовымъ красящимъ веществомъ (сока) и не показывали стремленія вновь образовывать сѣть струекъ протоплазмы». Въ волоскахъ, подвергнутыхъ впродолженіи 5 минутъ, въ воздухѣ, температурѣ 14° Ц. холода, сѣть протоплазмы также была разрушена; вещество, ее составляющее, распалось на множество отдѣльныхъ капелъ и мочковковъ; немного секундъ спустя (при комнатной температурѣ) они начали оживленно двигаться, измѣняясь въ формѣ подобно амѣбамъ, но быстрѣе; затѣмъ они слились вмѣстѣ и, наконецъ, изъ нихъ возстановилась сѣть протоплазмы. Кюне не могъ рѣшить, происходитъ ли это распаденіе протоплазмы при замерзаніи, или при оттаиваніи. Голая протоплазма миксомицетовъ (*Aethalium*, *Didymium Serpula*) сохраняетъ при замерзаніи свою форму, но послѣ оттаиванія начинаетъ гнить ²⁾.

Какъ для познанія явленій замерзанія, такъ и для выводимыхъ изъ него практическихъ результатовъ, важно то наблюденіе, что всякая часть растенія тѣмъ болѣе подвергнута опасности погибнуть при замерзаніи и оттаиваніи, чѣмъ значительнѣе содержаніе воды въ этой части. Уже Декандоль сказалъ ³⁾: «la faculté de chaque plante et de chaque partie d'une plante

¹⁾ W. Kühne, Unters. über das Protoplasma, 1864, стр. 101.

²⁾ Kühne, стр. 88.

³⁾ Physiologie, III, стр. 1103.

pour résister aux extrêmes de la température est en raison inverse de la quantité d'eau, qu'elle contient. Совершенно сухія сѣмена повидимому вполнѣ нечувствительны ко всякой степени холода и ко всѣмъ колебаніямъ температуры вблизи точки замерзанія, тогда какъ эти же сѣмена, будучи пропитаны водою, какъ показалъ Гѣппертъ ¹⁾, погибають уже при небольшомъ охлажденіи и оттаиваніи; когда начинается прорастаніе, эта чувствительность повидимому еще возрастаетъ. Подобныя же явленія замѣчаются у зимнихъ древесныхъ почекъ, которыя противостоятъ самымъ жестокииъ морозамъ, но какъ только они начнутъ распускаться, то легкій весенній морозъ уже убиваетъ ихъ. Листья одного и того же растенія часто не отмерзають, пока еще молоды, тогда какъ вполнѣ развитыя погибають, но и самыя старыя, плотныя листья, въ иныхъ случаяхъ живутъ. Нижняя, содержащая много воды ткань корней скорѣе погибаетъ отъ мороза, не будучи защищена почвой, чѣмъ надземныя стеблевая части; по Г. фонъ-Молю ²⁾, у вынутыхъ изъ почвы деревьевъ ясеня, орѣшника, бука, надземныя части которыхъ чрезвычайно рѣдко погибають отъ мороза, корни замерзають въ воздухѣ, имѣющемъ — 11° до 13° Р.; корни же яблонь и вишневыхъ деревъ получаютъ поврежденія уже при — 5° Р. Состояніе ткани, обыкновенно называемое травянистымъ, благоприятно замерзанію, тогда какъ одеревенѣніе, повидимому, уменьшаетъ чувствительность въ этомъ отношеніи. Поэтому, растенія лучше переносятъ суровую зиму, если передъ тѣмъ было жаркое лѣто, способствовавшее ихъ одеревенѣнію ³⁾. Стойкое сопротивленіе холоду, представляемое мхами и лишайми, произрастающими осенью, зимою и весною, зависитъ отъ еще неизвѣстнаго свойства ихъ ткани; между грибами какъ твердые, колючіе (*Lencites*, *Polypori*, *Daedaleae* etc.), такъ и мясистыя (*Agaricus velutinus*, *salignus*, *serotinus*) и студенистыя (*Tremellini*) могутъ, по Фрису (*E. Fries*) ⁴⁾, переносить уисальскую зиму; они совершенно свѣжи въ январѣ и февралѣ; многіе грибы, недостигнувшіе полнаго развитія, при наступленіи зимы, нисколько не страдаютъ отъ мороза; скрытносумчатые грибы (*Pycnomycetes*), по Фрису, при первомъ оттаиваніи, производятъ уже органы размноженія.

Еще совершенно не объяснено, почему многія растенія, остающіяся невредимыми при — 10° Ц. хотя соки ихъ превращены въ ледъ, погибають при болѣе низкихъ температурахъ (послѣ оттаиванія); такъ какъ въ обоихъ случаяхъ соки застывають въ ледъ, то а ргіогі можно подумать, что и вредное дѣйствіе въ обоихъ случаяхъ одинаково. Сдѣланныя до сихъ поръ наблюденія еще не даютъ никакого объясненія этимъ явленіямъ ⁵⁾. Точно также не объяснено и то, что многія растенія могутъ нѣсколько разъ замерзать и оттаивать, и при этомъ не погибають, но частое повтореніе этихъ перемѣнъ температуры наконецъ ихъ убиваетъ; это можно наблюдать осенью на многихъ дикорастущихъ растеніяхъ. Гѣппертъ доказалъ это опытами надъ *Lamium purpureum*, *Alsine media*, *Poa annua* и друг. ⁶⁾.

Поврежденія вслѣдствіе мороза могутъ также быть совершенно другаго рода, чѣмъ вышеописанныя; таково засыханіе замерзшихъ частей, неравномѣрность стягиванія и расширенія наружныхъ и внутреннихъ слоевъ дерева (растрескиваніе отъ мороза, спаденіе коры) и т. д. Такъ какъ эти явленія менѣе способствуютъ разъясненію физиологическихъ взглядовъ, то здѣсь можно объ нихъ умолчать ⁷⁾.

Стягиваніе, испытываемое при замерзаніи соковъ, травянистыми частями растеній и которое послѣ оттаиванія сохраняется и даже еще увеличивается, можетъ быть объяснено тѣмъ, что при замерзаніи, частицы воды отдѣляются отъ частицъ вещества, составляющаго оболочки кѣловокъ, и т. д., вслѣдствіе чего измѣняется степень разбуханія ткани, имѣющая большое вліяніе на ея объемъ; но оттаиваніи замерзшихъ органовъ, къ этимъ причинамъ присоединяется еще вялость и потеря части содержимаго. Однакоже это стягиваніе далеко не такъ значительно (до $\frac{1}{3}$ объема), какъ

¹⁾ Göppert loc. cit. стр. 51 ff. и стр. 45 ff.

²⁾ Botanische Zeitung 1862, стр. 32 ff.

³⁾ Очень интересныя наблюденія Моля въ Botan. Zeitung, 1848, стр. 6.

⁴⁾ Ann. d. sc. nat. XII, стр. 5.

⁵⁾ Сравни: Göppert, l. c. стр. 131.

⁶⁾ Göppert, l. c. стр. 62.

⁷⁾ Сравни: Göppert, l. c. стр. 59; Hales, Statical essays I, 369; Du Hamel, Phys. des arbres II, 343; Senebier, Physiol. végét. III, Cap. VIII; P. De Candolle, Physiol. végét. Bd. III, стр. 1114 ff.

утверждалъ Гофманъ (H. Hoffmann); по моимъ измѣреніямъ черешки листьевъ укорачиваются на 1—3 процента своей первоначальной длины ¹⁾.

§ 24. Поврежденіе и смерть отъ слишкомъ высокой температуры. Съ возвышеніемъ температуры внутри растенія, соотвѣтственные колебанія частицъ ткани становятся все энергичнѣе и, наконецъ, при извѣстной температурѣ, это внутреннее движеніе усиливается до того, что выводитъ частицы изъ соотвѣтствующаго ихъ организаціи положенія равновѣсія и такимъ образомъ разрушаетъ частичное строеніе оболочки, протоплазмы, ядра и т. д.; при этомъ могутъ совершаться химическія разложенія, которыя уже сами по себѣ несомнѣнны съ живымъ состояніемъ клѣтки. Сперва слѣдуетъ опредѣлить температуры, при которыхъ наступаютъ эти явленія и затѣмъ ближе познакомимся съ природою подобныхъ явленій. Само собою разумѣется, что мы не будемъ здѣсь разсматривать всѣ непрямые послѣдствія высокихъ температуръ, могущія также быть вредными и гибельными для растеній, какъ напр. сильное испареніе сочными органами въ сухомъ, тепломъ воздухѣ. При дѣйствіи холода играетъ весьма важную роль быстрота колебаній температуръ, переходящихъ по обѣ стороны точки замерзанія, подобно этому, весьма вѣроятно, что и быстрыя колебанія температуры вблизи высшаго предѣла, будутъ имѣть гибельное дѣйствіе, между тѣмъ, какъ опредѣленная, постоянная температура, лежащая въ границахъ этихъ колебаній, можетъ быть, была бы безвредна. На сколько послѣднее предположеніе согласно съ дѣйствительностію—неизвѣстно, ибо, при всѣхъ, до сихъ поръ сдѣланныхъ опытахъ надъ измѣненіемъ тканей вслѣдствіе высокой температуры, постоянно были сильныя колебанія, а потому нельзя рѣшить, чему приписать результаты: дѣйствію ли опредѣленной температуры, или колебанію температуры. Поэтому, въ послѣдующемъ изложеніи, я единственно для удобства изложенія буду прямо говорить объ опредѣленныхъ, температурахъ, какъ о причинѣ явленій, не принимая въ расчетъ большихъ колебаній, простирающихся болѣею частію до 20—30° Ц.

Опыты надъ сухопутными и водными растеніями различныхъ отрядовъ растительнаго царства показываютъ, что листья и травянистыя междоузлія погибаютъ, оставаясь 10—30 минутъ въ воздухѣ, имѣющемъ 51° Ц. или немного болѣе; тѣ же растенія, погруженныя въ воду, умираютъ уже при 45—46° Ц. впродолженіи 10 минутъ. Весьма вѣроятно, что въ обоихъ случаяхъ температуры, лежація на 5—10° Ц. ниже, уже гибельны, если только растенія подвергаются имъ достаточно долгое время. И здѣсь, повидимому, сопротивленіе разрушительному дѣйствію крайнихъ температуръ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ меньше содержаніе воды въ клѣткахъ; совершенно сухія сѣмена этихъ и другихъ растеній, погибающихъ при упомянутыхъ температурахъ въ 10—30 минутъ, могутъ оставаться даже цѣлый часъ въ воздухѣ при 60—70° Ц. не теряя способности прорастанія, тогда какъ тѣ же сѣмена, пропитанныя водою, при подобныхъ условіяхъ погибаютъ.

Когда богатая водою ткань, или отдѣльная клѣтка, погибаютъ при вышеописанныхъ условіяхъ, то наступающія при этомъ измѣненія, какъ я уже показалъ, очень похожи на измѣненія въ органахъ, погибшихъ отъ замерзанія, и да-

¹⁾ Sachs, Krystallbild. bei dem Gefrieren u. s. w. въ Berichte d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1860, стр. 19.

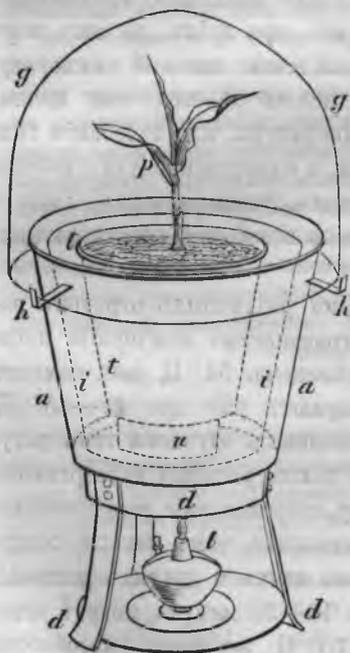
же, можетъ быть, въ большинствѣ случаевъ тождественны съ ними. Видимыя измѣненія въ формѣ и здѣсь замѣчаются почти исключительно на протоплазмѣ, очень рѣдко на клѣточной оболочкѣ, и подобны измѣненіямъ въ клѣткахъ, погибшихъ отъ замерзанія; точно также и физическія измѣненія, указывающія на разрушеніе частичнаго строенія, сходны съ измѣненіями въ отможенныхъ клѣткахъ; стѣнки клѣтокъ теряютъ возможность выдерживать давленіе заключеннаго въ нихъ сока, ихъ сопротивленіе просачиванію уменьшается, сокъ вытекаетъ и наполняетъ межклеточные ходы, причемъ ткань дѣлается прозрачнѣе; клѣтки, потерявшія часть своего содержимаго, дѣлаются вялыми и весь органъ теряетъ свою упругость; живыя клѣтки противостоятъ вхожденію красящихъ веществъ, обваренныя же пропускаютъ ихъ безпрепятственно; рыхлыя стѣнки клѣтокъ уже не предохраняютъ клѣточного сока отъ испаренія, и поэтому обваренныя ткани, подобно погибшимъ отъ замерзанія, засыхаютъ очень скоро, принимая темные цвѣта, которые образуются вслѣдствіе разложенія смѣшанныхъ соковъ, при доступѣ воздуха.

Все, что до сихъ поръ извѣстно объ этомъ предметѣ, вмѣстѣ съ моими собственными наблюденіями, подробно изложено въ моей работѣ: «Ueber die obere Temperaturgrenze der Vegetation», Flora 1864, стр. 5 ff. Чтобы подвергать растенія въ воздухѣ дѣйствию извѣстныхъ температуръ, я употреблялъ аппаратъ, изображенный на ф. 7-й. Въ сосудѣ *aa*, сдѣланномъ изъ бѣлой жести, вышиною котораго 20 сантиметровъ, виситъ меньшій сосудъ *ii*, такой же формы;

промежутокъ *ai*, около 3 сантиметровъ шириною, наполненъ водою; на подставку *u*, на днѣ сосуда *ii*, ставятъ цвѣточный горшокъ *t*, въ которомъ находится наблюдаемое растеніе *p*; стеклянный колоколь *gg*, укрѣпленный на крючкахъ *hh* надъ внѣшнимъ сосудомъ, поддерживаетъ влажность воздуха около растенія; свѣжій воздухъ входитъ подъ колоколь снизу, вода же, осаждающаяся на его внутреннихъ стѣнкахъ, стекаетъ наружу; воздухъ, нагрѣвшійся около стѣнокъ *aa*, также поднимается подъ колоколь и способствуетъ нагрѣванію воздуха подъ нимъ. Все это помѣщается на крѣпкомъ треножничѣ *dd* и нагрѣвается лампой *l*. Если бываетъ нужно, напр. при опытахъ надъ прорастаніемъ, впродолженіи нѣсколькихъ дней поддерживать подъ колоколомъ по возможности постоянную температуру, то вмѣсто спиртовой лампы, я употребляю широкій сосудъ, наполненный до половины водою, сверху же масломъ, на которомъ плаваетъ отъ 1—3 ночниковыхъ горшковъ; одинъ маленькій термометръ погружается въ землю горшка, другой укрѣпляется въ воздухѣ около растенія, такъ чтобы шарикъ прикасался къ испытуемому органу. Чѣмъ больше аппаратъ, тѣмъ постояннѣе можно поддерживать температуру.

Растенія *Nicotiana rustica*, *Cucurbita Pepo*, *Zea Mais*, *Mimosa pudica*, *Tropeolum majus*, *Brassica Napus*, выросшія въ небольшихъ цвѣточныхъ горшкахъ, ставились въ приборъ; воздухъ подъ колоколомъ нагрѣвался приблизительно до 44, 46, 48, 50, 51 градуса и соответствующія температуры поддерживались нѣкоторое время; за тѣмъ растеніе ставилось въ комнату и выжидали, окажутся ли вредныя слѣдствія нагрѣванія. Примѣромъ, поясняющимъ ходъ опыта, послужитъ *Nicotiana rustica*, имѣвшая 5—6 листьевъ:

1. Экземпляръ содержался при 44° Ц., а впродолженіи 30 минутъ при 44—45° Ц.; высшая температура почвы 44, 5° Ц.; растеніе не повредилось.



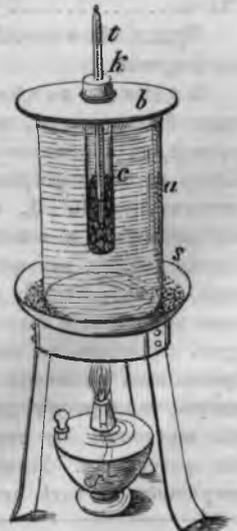
ф. 7.

2. Экземпляр, содержавшійся впродолженіи часа въ атмосферѣ 45° Ц., остался неповрежденнымъ.
3. Экземпляр, впродолженіи 40 минутъ въ атмосферѣ $45-47^{\circ}$ Ц., и при температурѣ почвы въ $43, 5^{\circ}$ Ц., остался неповрежденнымъ.
4. Экземпляр, — впродолженіи 15 минутъ въ атмосферѣ $50-51,5^{\circ}$ Ц. остался неповрежденнымъ.
5. Экземпляр — впродолженіи 11 минутъ въ атмосферѣ $51-52^{\circ}$ Ц., а корни — въ температурѣ до 49° Ц., въ началѣ казался неповрежденнымъ, но 6 дней спустя листья уже развившіеся, потеряли нормальный цвѣтъ, молодые же погибли позже.

Растенія тѣхъ же видовъ, выросшія и оставленныя въ горшкахъ, переворачивались и всѣми своими надземными частями опускались въ воду при $48-50^{\circ}$ Ц., оставаясь въ ней 10 минутъ; впродолженіи этого времени температура воды удерживалась по возможности постоянною. Растенія водныя, *Ceratophyllum demersum*, *Cladophora* и *Chara*, находясь въ водѣ, нагрѣвались впродолженіи 10 минутъ, до $45-50^{\circ}$. Наконецъ клялись въ воду срѣзанными вѣтви съ листьями, и цѣлыя растенія, вынутыя изъ земли: *Phaseolus vulgaris*, *Paraver somniferum*, *Tanacetum vulgare*, *Cannabis sativa*, *Solanum tuberosum*, *Lupinus polyphyllus*, *Allium Cepa*, *Morus alba* сперва при $45-46^{\circ}$ Ц., потомъ при 50° Ц. и въ обоихъ случаяхъ на 10 минутъ; затѣмъ ихъ вынимали и ожидали послѣдствій. Что касается до результатовъ, замѣченныхъ такимъ образомъ для каждаго отдѣльнаго случая, то они изложены въ вышеупомянутой работѣ; здѣсь же достаточно привести общіе выводы, извлеченные изъ нея. Температура воздуха въ 51° Ц. или немного болѣе, впродолженіи 10—30 минутъ, всегда дѣйствовала убійственно, тогда какъ температура на 2 или 3° ниже, даже впродолженіи болѣе значительнаго времени, не оказывала вреда. Отсюда слѣдуетъ, что самый низшій предѣлъ высокыхъ температуръ въ воздухѣ, при которомъ свѣжія ткани погибаютъ, при кратковременному дѣйствию, заключается между $50^{\circ}-52^{\circ}$ Ц. Напротивъ того, если окружающая среда—вода, то уже температура $45-46^{\circ}$ Ц. впродолженіи 10 минутъ, дѣйствуетъ убійственно. На различныя части одного и того же растенія дѣйствіе одной и той же температуры вредно въ различной степени; обыкновенно прежде всего погибаетъ пластинка молодыхъ, только что окончившихъ ростъ листьевъ, но молодые, еще недоросшіе и почечные листья значительно болѣе устойчивы; долѣе всѣхъ сопротивляются вредному дѣйствию температуры старые листья, черешки и развившіеся междоузлія. Время, по прошествіи котораго замѣчается омертвѣніе, различно, смотря по температурѣ; а именно, чѣмъ выше послѣдняя, тѣмъ быстрѣе наступаетъ смерть; у растеній, убитыхъ въ атмосферѣ при $50-51^{\circ}$ Ц., проходило часто нѣсколько дней, прежде чѣмъ становилось замѣтнымъ измѣненіе въ паружномъ видѣ. Замѣчательно, что растенія, вполнѣ дѣйствіи совершенно погибающія, во все продолженіе опыта и спустя нѣсколько часовъ, даже дней, имѣли необыкновенно здоровый, нормальный видъ; потомъ листья въ короткое время блекли, съжиались и засыхали.

Сухія сѣмена и споры грибовъ могутъ выдерживать гораздо высшія температуры, чѣмъ сочные, вегетирующие органы. По Пастѣру, сухія споры *Penicillium glaucum*, безъ вреда выносятъ температуру 108° Ц., и даже оставаясь $\frac{1}{2}$ часа, въ атмосферѣ отъ 119 до 121° Ц. въ большей части случаевъ сохраняютъ способность къ развитію; но нагрѣтыя впродолженіи $\frac{1}{2}$ часа, въ температурѣ $127-132^{\circ}$ Ц., они уже не прорастаютъ. Подобнымъ же образомъ относятся и споры *Ascochora elegans*. Г. Гоффманъ нашель, что споры *Uredo destruens* и *segetum*, въ сухомъ состояніи, безъ вреда могутъ быть нагрѣты до 128° Ц., тогда какъ сырыя споры *Uredo segetum* погибаютъ при $53,5-62^{\circ}$ Ц., а споры *Ur. destruens* — при $70-73^{\circ}$ Ц. По Пайену, *Oidium aurantiacum* выдерживаетъ температуру до 120° Ц., не теряя способности прорасти. Гёппертъ (Göppert) недавно цитировалъ работу Соссюра, изъ которой видно, что пшеница, рожь, ячмень и капуста въ первыя стадіи прорастанія, выдерживали температуру 70° Ц. (долго ли?), если они предварительно высушивались при умѣренной теплотѣ.

На основаніи моихъ указаній и подъ моихъ руководствомъ г-нъ



ф. 8.

Герм. Фидлеръ произвелъ цѣлый рядъ наблюденій съ приборомъ фиг. 8 (и измѣненнымъ). Большой стаканъ *a* стоитъ въ песчаной ваннѣ *s* надъ лампой и наполненъ водою; въ отверстіи крышки укрѣплена пробирка *c*, опущенная глубоко въ теплую воду и содержащая въ нижней своей части сѣмена, между которыми находится термометрической шарикъ; пробирка заткнута пробкой, черезъ которую пропущенъ термометръ. Черезъ крышку *b* можно опустить нѣсколько пробирокъ *e*. Если окружить сосудъ *a* толстымъ слоемъ бумаги, то легко удастся поддерживать температуру вродолженіи часа столь постоянною, что она будетъ колебаться едва лишь на 2° Ц. Опыты производились всякій разъ вродолженіи часа съ сѣменами, высушенными на воздухѣ, и съ сѣменами, вымоченными вродолженіи 24-хъ часовъ въ водѣ. Сѣмена вались въ приборъ лишь тогда, когда оны уже пріобрѣли желаемую температуру. Послѣ такого рода операціи, сѣмена сажаютъ въ сырую землю, и выжидаютъ прорастанія.

I.

Сѣмена нагрѣтыя послѣ предварительнаго высушиванія на воздухѣ. 100 нагрѣтыхъ зеренъ дали А зародышей, выступившихъ на поверхность земли, В зародышей попортившихся до вехода; температура по Цельсію.

С ѣ м е н а :	ненагрѣтыя		отъ 57° до 58°		отъ 59° до 60°		отъ 62° до 63°		отъ 64° до 65°		отъ 67° до 68°		отъ 69° до 70°		отъ 71° до 72°		73°		74°		
	А.	В.	А.	В.	А.	В.	А.	В.	А.	В.	А.	В.	А.	В.	А.	В.	А.	В.	А.	В.	
Гороха.....	88	10	—	—	—	—	—	—	75	20	92	5	85	10	13	3	3	3	3	1	—
Ржи.....	96	2	—	—	—	—	88	12	40	36	20	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ячменя.....	96	—	98	—	90	2	88	4	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Пшеницы.....	100	—	—	—	—	—	—	—	98	—	6	6	1	1	—	1	—	—	—	—	—
Маиса.....	100	—	90	3	86	8	75	10	25	28	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—

II.

Сѣмена нагрѣтыя послѣ 24 часоваго вымачиванія. 100 зеренъ дали при вышеупомянутомъ обозначеніи для А и В.

С ѣ м е н а :	Ненагрѣтыя		49—50°		51—52°		53—54°		54—55°	
	А.	В.	А.	В.	А.	В.	А.	В.	А.	В.
Гороха.....	96	—	75	10	30	4	20	—	—	—
Ржи.....	96	—	30	20	18	8	—	—	—	—
Ячменя.....	90	—	3	4	—	—	—	—	—	—
Пшеницы.....	98	—	40	12	8	8	—	—	—	—
Маиса.....	88	—	2	1	—	—	—	—	—	—

Пустыя мѣста въ обѣихъ таблицахъ означаютъ то, что соответствующія сѣмена при опытѣ не проросли.

Видимыя измѣненія, замѣчаемыя въ кѣлочкахъ при умерщвленіи ихъ дѣйствіемъ высокой температуры, впервые были изучены на протоплазмѣ Максъ Шульцемъ. Онъ нагрѣвалъ въ водѣ, на предметномъ стеклышкѣ, волоски съ тычинокъ *Tradescantia virg.*, жгучіе волоски *Urtica urens* и паренхиматическія кѣлки *Vallisneria spiralis*. Протоплазма ихъ умерла приблизительно при 45° Ц., ея струйки, сохранивъ первоначальное положеніе, пришли въ состояніе оцѣпенѣнія и впоследствии распались. Я же показалъ потомъ, что сопротивленіе протоплазмы дѣйствію высокой температуры значительнѣе, когда окружающая среда воздухъ, а не вода, и что временное оцѣпенѣніе протоплазмы отъ теплоты, происходящее при высокой, однако неубывающей температурѣ, продолжается иногда нѣсколько часовъ, но что его не слѣдуетъ смѣшивать съ окончательнымъ оцѣпенѣніемъ, наступающимъ вслѣдствіе смерти ¹⁾. Что протоплазма различныхъ растений, на воздухѣ, выносить безъ вреда, вродолженіи 10—30 минутъ, температуру даже 50—51° Ц., я заключаю изъ того, что выше названныя растенія переносятъ эту температуру безъ поврежденія, что было бы невозможно при разрушеніи протоплазмы. Точно такимъ же образомъ, на основаніи опыта, можно принять, что при нагрѣваніи въ водѣ отъ 45—46° Ц. (вродолженіи 10 минутъ) протоплазма убивается. Въ

¹⁾ Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. 1863, стр. 48.

волосках чашечки у *Cucurbita Pepo*, нагревание в воде от 46—47° Ц. в продолжении 2-х минут, производило временное оцѣпненіе протоплазмы; спустя 2 часа ¹⁾ она снова начала двигаться; при погружении в воду 47—48° Ц. на одну минуту, протоплазма пришла в состояние оцѣпненія, и лишь по прошествіи двухъ часовъ, въ ней снова появилось движеніе. Напротивъ того, я находилъ въ быстромъ движеніи протоплазму волосковъ съ вѣтвей *Cucurbita Pepo* и *Solanum Lycopersicum*, оставшихся въ нагревательномъ аппаратѣ (ф. 7) в продолженіи 10 минутъ, при температурѣ воздуха отъ 49—50,5 Ц. Въ одной клѣточкѣ волоска *Cucurbita* отъ сѣти токовъ протоплазмы отделился комочекъ, быстро вращался въ клѣточномъ сокѣ, наподобіе амѣбы, а затѣмъ снова слился съ токомъ протоплазмы. Это живо напоминаетъ явленіе, описанное Кюне въ волоскахъ тычинокъ *Tradescantia*, которые онъ подвергалъ температурѣ 14° Ц. ниже точки замерзанія. — У тыквеннаго растенія, находившагося в продолженіи 15 мин. на воздухѣ отъ 50 до 51° Ц. и перенесшаго эту температуру безъ вреда, я нашелъ, спустя часъ, протоплазму волосковъ въ оцѣпненіи; она стянулась въ большіе комочки, расположившіеся около стѣнокъ; въ иныхъ клѣточкахъ образовалась пѣнистая масса съ многочисленными вакуолями. По прошествіи 4-хъ часовъ (при 19—20° Ц.) изъ комочковъ протоплазмы, стянувшихся къ стѣнкѣ, начали выступать токи; въ нѣкоторыхъ клѣточкахъ эти токи проникали чрезъ пространство, наполненное клѣточнымъ сокомъ, въ другихъ же, вмѣстѣ съ сѣтью токовъ, образовался толстый осевой токъ протоплазмы. Такимъ образомъ, во всѣхъ этихъ случаяхъ, произошло только временное оцѣпненіе отъ вліянія теплоты; но когда я опустилъ волоски тыквы, возлѣ самаго термометрическаго шарика, в воду 50° Ц. только на одну минуту, то въ протоплазмѣ навсегда произошла остановка въ движеніи. Свернувшись въ комочки, притомъ изменившись въ цвѣтѣ, она только въ нѣкоторыхъ клѣточкахъ представляла еще сѣть, въ которой впрочемъ движенія не было. Волоски стебля *Nicotiana glauca*, находившіеся в продолженіи 15 мин. на воздухѣ, при 50—51° Ц., не были повреждены, и, по прошествіи 15 часовъ, въ ихъ протоплазмѣ обнаружилось явственное движеніе токовъ. Напротивъ того, въ волоскахъ черешка *Brassica Napus*, находившихся на воздухѣ, по видимому безъ вреда, в продолженіи 20 минутъ при температурѣ 49—49,5° Ц. я нашелъ, что спустя 5 часовъ протоплазма сдѣлалась пѣнистою и не обнаруживала движенія. У волосковъ съ тычинокъ *Tradescantia*, оставшихся на воздухѣ при температурѣ 46—48 Ц., в продолженіи 18 минутъ (съ перерывами), токъ протоплазмы былъ парализованъ только на время и спустя 9 минутъ движеніе началось снова ²⁾.

Замѣтивъ измѣненія клѣточной оболочки при названныхъ температурахъ, мнѣ удалось прослѣдить только въ волоскахъ тычинокъ *Tradescantia*, когда эти послѣднія были убиты. Будучи погружены в воду, при 57° Ц., на 1 минуту и потомъ положены на предметномъ стеклышкѣ въ холодную воду, они въ началѣ представляли протоплазму въ состояніи оцѣпненія; первичный мѣшочекъ не стянулся, или стянулся очень незначительно, и тогда на немъ можно было замѣтить многочисленныя, рѣзко вдавшіяся складочки. По прошествіи 5—10 минутъ клѣточная оболочка мѣстами отстала отъ первичнаго мѣшочка въ видѣ большихъ полусферовидныхъ вздутій и начала замѣтно вбирать въ себя воду, которая и отлагалась въ ея веществѣ преимущественно въ тангентальномъ направленіи, что указываетъ на измѣненіе способа разбуханія. Вслѣдствіе это же самое явленіе удалось вызвать посредствомъ погруженія в воду при 50° Ц. на одну минуту. Это свойство клѣточной оболочки напоминаетъ свойство болѣе крупныхъ зеренъ крахмала, которыя, по Негели ³⁾, уже при 55° Ц., въ сморомъ состояніи, разбухаютъ.

Кюне ⁴⁾ изслѣдовалъ пласмодій *Mycomyces*. У *Didymium serpula* этотъ пласмодій, будучи подвергнутъ на воздухѣ дѣйствию температуры въ 30° Ц. в продолженіи 5-ти минутъ, только временно былъ парализованъ; при 35° Ц. произошла остановка въ движеніи и вмѣстѣ съ тѣмъ смерть. Протоплазма *Aethalium septicum* при 40° Ц. свернулась (coagulirte) по прошествіи 9-ти минутъ, между тѣмъ какъ при 39° Ц., тоже в продолженіи 9-ти минутъ, въ ней произошла только временная остановка. Въ волоскахъ *Tradescantia*, нагреваемыхъ при 45° Ц. в теченіи 6-ти минутъ, Кюне видѣлъ, подобно тому, какъ я наблюдалъ то же самое у *Cucurbita*, отделив-

¹⁾ Flora, 1864, стр. 39.

²⁾ Сравни. Flora 1864 г., стр. 68—70.

³⁾ Nügel, Stärkerkörner, стр. 74.

⁴⁾ l. c. стр. 87.

шіеся комочки протоплазмы, которые двигались амебообразно; токи же самой протоплазмы возстановились снова по прошествіи 8-ми часовъ.

Измѣненія молекулярнаго строенія (организациі) протоплазмы, разумѣется, видѣть нельзя, но оно обнаруживается измѣненіемъ діосмотическихъ свойствъ, точно также какъ у отмороженныхъ клѣточекъ ¹⁾. Убитыя въ водѣ, при 51° Ц., клѣточки волосковъ традесканціи, высачиваютъ красный и фіолетовый клѣточный сокъ черезъ первичный мѣшочекъ и этотъ сокъ протекаетъ въ пространство между первичнымъ мѣшочкомъ и оболочкой и, наконецъ, диффундируетъ чрезъ порѣзную съ окружающею водою. Вещество протоплазмы, безцвѣтное въ живомъ состояніи, вбираетъ въ себя красящее вещество клѣточного сока и сильно окрашивается имъ. Если опустить тонкій ломтикъ свекловицы, содержащій красный сокъ, въ воду отъ 51 — 55° Ц., то этотъ красный сокъ начинаетъ тотчасъ высачиваться, тогда какъ подобные кусочки въ водѣ, при 20° Ц. даже по прошествіи 18 часовъ удерживаютъ еще свое красящее вещество. Если же красный кусочекъ свекловицы опустить въ воду при 51° Ц., такъ чтобъ онъ былъ убитъ, то тогда и въ водѣ, при 22° Ц. онъ отдаетъ свое красящее вещество. Если нарѣзать равныхъ кубиковъ изъ бѣлой свекловицы и, умертвивши нѣкоторые изъ нихъ въ водѣ при 55° Ц., положить ихъ вмѣстѣ со свѣжими въ одинъ и тотъ же красный свекловичный сокъ, извлеченный изъ свекловицы кипяченіемъ, то красящее вещество не проникаетъ въ свѣжіе кусочки впродолженіи 24-хъ часовъ, тогда какъ предварительно убитые кусочки насквозь окрашиваются въ красный цвѣтъ; то же самое происходитъ и съ кусочками тыквеннаго плода. Если кусочки свекловицы, или тыквеннаго плода положить въ воду, при 55° Ц., на часъ времени, то они становятся мягче и отъ легкаго сдавливанія высачиваютъ свой сокъ. Въ водѣ, нагрѣтой до 70° Ц., это же самое явленіе, только въ болѣе сильной степени, происходитъ втеченіи часа; подобные кусочки ткани имѣютъ полное сходство съ замороженными. Здѣсь, точно также какъ и въ листьяхъ, убитыхъ дѣйствіемъ температуры выше 50° Ц., просвѣчиваніе ясно показываетъ, что межкѣльные пространства ихъ выполнены просочившимся клѣточнымъ сокомъ.

д) Ходъ растительныхъ процессовъ при различныхъ температурахъ между крайними предѣлами.

§ 25. Безъ сомнѣнія, одна изъ самыхъ благодарныхъ задачъ въ области растительной фізіологіи — опредѣлить, въ какомъ отношеніи находится скорость и сила различныхъ растительныхъ процессовъ, когда напримѣръ, растеніе прорастаетъ, при 10° Ц., за тѣмъ при 15°, при 20°, 25° и т. д. Такъ какъ нѣтъ никакого основанія предполагать, что различныя жизненныя явленія одного и того же растенія одинаковы, то намъ слѣдуетъ разложить общій жизненный процессъ растенія на его элементарные процессы и произвести для каждаго изъ нихъ параллельныя изслѣдованія. Такимъ образомъ слѣдуетъ показать, напримѣръ, какъ въ данное время происходитъ ассимиляція, обмѣнъ и движеніе веществъ, испареніе, образованіе клѣтокъ, ростъ ихъ, въ томъ случаѣ, если температура постоянно поддерживается до 10°, 15°, 20°, 30°, и т. д. При чрезвычайной трудности удерживать впродолженіи долгаго времени температуру почвы, воздуха и воды постоянною, и притомъ еще имѣть въ виду прочія вліянія, дѣйствующія на ходъ развитія, становится понятно, что подобныя задачи обработаны до сихъ поръ большею частію отрывочно и по отдѣльнымъ вопросамъ; только нѣсколько наблюдений произведено для изученія отношеній постоянной температуры къ образованію хлорофилла, движенію листьевъ нѣкоторыхъ растений, тока протоплазмы и преимущественно къ скорости роста клѣтокъ. Эти наблюденія показали, что энергія фізіологической дѣятельности незначительна близъ низшаго предѣла температуры, что она при (постоянной) болѣе высокой температурѣ, по неизвѣстнымъ намъ причинамъ, усиливается,

¹⁾ Sachs, in Flora 1864, стр. 71.

и что при возрастаніи кѣтокъ зараждающихся органовъ, по достиженіи известнаго maximum'a температуры, всякое дальѣйшее возвышеніе температуры производитъ ослабленіе въ скорости роста. Происходитъ ли подобное ослабленіе предъ достиженіемъ высшаго предѣла температуры и въ другихъ растительныхъ процессахъ, еще сомнительно. Если постоянную температуру обозначить въ видѣ абсциссы, соответствующія физиологическія дѣйствія — въ видѣ ординатъ, то концы послѣднихъ представляютъ для известныхъ до сихъ поръ случаевъ (движенія протоплазмы и роста кѣтокъ) кривую линію, и въ одномъ изъ этихъ двухъ случаевъ (при ростѣ зараждающихся частей), эта кривая достигнетъ maximum'a своего удаленія отъ оси абсциссы, чтобъ вторично приблизиться къ ней по идущему направленію. Истинная форма этой кривой пока ни въ одномъ случаѣ точно не известна. Болѣе всего вѣроятно, что кривая для каждаго элементарнаго процесса имѣетъ свою форму и можетъ пересѣкаться съ другою. Если бы мы умѣли изображать эти линіи для всѣхъ отдѣльныхъ явленій жизни известнаго растенія, то тогда было бы опредѣлено отношеніе температуры къ совокупности жизненныхъ отправленій этого растенія и можно было бы сравнить это отношеніе съ подобными же отношеніями другихъ растеній. Однакожъ, подобныя наблюденія еще не въ состояніи объяснить значенія колебанія температуръ для жизненныхъ отправленій; но что подобныя колебанія имѣютъ значеніе, это по крайней мѣрѣ слѣдуетъ предполагать, если принять во вниманіе, что растенія постоянно подвергаются значительнымъ колебаніямъ температуры и вѣроятно къ нимъ приспособлены.

Если только ограничиваться указаніемъ времени отъ посѣва до плодоношенія растенія при данной средней температурѣ, то вышеуказанная физиологическая задача ни на шагъ не подвинется къ своему разрѣшенію. Способъ, соединить въ одно выраженіе число растительныхъ дней вмѣстѣ съ среднею температурою (перемножать ихъ разумѣется нельзя), или квадратомъ этой температуры, можетъ имѣть свою практическую пользу для климатологій и географіи растеній, физиологическое же его достоинство должно сравнить съ тѣмъ значеніемъ, которое по отношенію къ опредѣленію свойствъ почвы, имѣетъ выраженія: пшеничная почва, овсяная почва и т. д.; опредѣленія такого рода могутъ быть полезны для нѣкоторыхъ практическихъ цѣлей, но ни въ какомъ случаѣ не имѣютъ научнаго значенія. Подобно тому, какъ разработка послѣдняго вопроса можетъ быть названа научною лишь въ томъ случаѣ, когда питаніе растенія сводится къ отношенію его къ отдѣльнымъ составнымъ веществамъ почвы, къ ея физическимъ свойствамъ и т. д., такъ и въ нашемъ случаѣ научная разработка начинается лишь съ рѣшенія вышеупомянутыхъ вопросовъ.

Въ своей работѣ: «Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur», я, уже 5 лѣтъ тому назадъ ¹⁾, указалъ на одну изъ вѣдѣйшихъ причинъ, говорящихъ противъ физиологическаго значенія способа опредѣленія времени вегетаціи и средней температуры, употребляемаго Адапсономъ, Буссенго, Альф. Дегендолемъ и Кетлэ (Quelet). Мои возраженія до настоящаго времени остаются неопровергнутыми. Новая работа Кабша ²⁾ нисколько не измѣнила положенія дѣла, такъ какъ онъ, не обращая вниманія на мои возраженія, придерживается старыхъ возрѣній вмѣстѣ съ ихъ ошибками и логической несостоятельностью. Тутъ дѣло идетъ не о новыхъ наблюденіяхъ и поправкахъ незначительныхъ

¹⁾ Jahrb. f. wiss. Botan., II, стр. 370 ff.

²⁾ Flora, 1863, стр. 520 ff.

ошибокъ въ вычисленіи (устраиеніе температуръ остающихся недѣйствующихи), но объ измѣнѣніи самаго принципа. Здѣсь нѣтъ надобности говорить о единственно вѣрныхъ научныхъ началахъ, такъ какъ они уже достаточно выяснены въ предыдущихъ параграфахъ 19 — 25.

Для доказательства сказаннаго въ послѣднемъ параграфѣ служатъ слѣдующее: этиологированные листья зеленѣютъ, какъ я уже показалъ и при свѣтѣ и въ темнотѣ (у *Conifera*) тѣмъ скорѣе, чѣмъ выше температура. Однако точныхъ опредѣленій этого не произведено ¹⁾. Раздражительнось листьевъ мимозы при 16—18° Ц. довольно слаба, при 30° Ц. и выше, она повидимому достигаетъ maximum'a ²⁾. Боковые листочки *Hedysarum gyrans*, производятъ, по Каблу ³⁾, одно колебаніе, при 35° Ц., вырожденіи 85 — 90 секундъ, при 28 — 30° Ц., — въ 180 — 240 секундъ; при еще болѣе низкой температурѣ колебаніе становится неполнымъ, а при 23 — 24° Ц. почти незамѣтнымъ.

Протоплазма. По Дютроше ⁴⁾, движеніе протоплазмы у *Nitella flexilis*, охлажденной тѣ ташцемъ свѣгу, очень медленно; при нагрѣваніи до 18° Ц. оно ускоряется, при 27 — 40° Ц. впервые появляется замедленіе (отъ колебанія температуры?), но послѣ болѣе продолжительнаго пребыванія въ теплой водѣ, движеніе снова становится быстрымъ. Негели ⁵⁾ подвергали подъ микроскопомъ одну и ту же клеточку *Nitella syneagra*, дѣйствію различныхъ температуръ. Конечная клеточка листа обнаружила при 10° Ц. скорость движенія протоплазмы въ $\frac{1}{10}$ милл. впродожденіи 8 секундъ; при внезапномъ пониженіи температуры на 1½° Ц. она двигалась со скоростью $\frac{1}{10}$ милл. въ 53 секундъ, при пониженіи на 1° — въ 62, а на ½° — въ 83 секунды: около 0° движеніе совершенно прекращалось. Когда затѣмъ температура мало по малу возвышалась, то получились слѣдующія числа, причемъ вліяніе колебаній температуръ не устранило.

Поверхностная часть содержимаго проходила $\frac{1}{10}$ милл.:

при 1° Ц. въ 60 сек.	при 10° Ц. въ 8 сек.	при 19° Ц. въ 3,8 сек.
— 2 — 47 —	— 11 — 7 —	— 20 — 3,6 —
— 3½ — 33 —	— 12 — 6,4 —	— 22 — 3,2 —
— 5 — 24 —	— 14 — 5,4 —	— 24 — 2,8 —
— 6 — 19 —	— 15 — 5 —	— 26 — 2,4 —
— 7 — 15 —	— 16 — 4,6 —	— 28 — 2 —
— 8 — 11,5 —	— 17 — 4,3 —	— 31 — 1,5 —
— 9 — 9,5 —	— 18 — 4 —	— 34 — 1 —
		— 37 — 0,6 —

Лишь только температура повысилась выше 37°, движеніе мгновенно прекратилось; когда же она снова понижилась, движеніе началось сначала медленно, но становилось все скорѣе, и вскорѣ достигло скорости, соответствующей данной температурѣ. Эти числа суть среднія, выведенныя изъ нѣсколькихъ наблюденій; хотя имъ недостаетъ, какъ говорить Негели, математической точности, однакожъ, графическое построение кривой линіи представляетъ большую правдливость. Ускореніе движенія протоплазмы при повышеніи температуры на равное число градусовъ дѣлается все болѣе и болѣе незначительнымъ, чѣмъ выше температура.

Максъ Шудльцъ ⁶⁾ нашелъ при обыкновенной комнатной температурѣ скорость движенія въ волоскахъ *Urtica* и *Tradescantia* = 0,004 — 0,005 милл., при болѣе высокой температурѣ, степень которой пегочно обозначена, для первой = 0,009, для послѣдней отъ 0,008 до 0,010 милл. Далѣе онъ говоритъ (стр. 48), что, начиная отъ 38 — 40° Ц. (при возвышеніи температуры), движеніе во всѣхъ случаяхъ замедляется.

Въ волоскахъ *Cucurbita Pepo*, *Solanum Lycopersicum* и *Tradescantia*, также какъ и въ паренхимѣ *Vallisneria*, движеніе протоплазмы при 11—16° Ц. становилось медленно, при 30—40° очень сильно, при 40—50° часто снова значительно замедлялось ⁷⁾; быть можетъ, что замедленіе движенія происходило только вслѣдствіе колебанія температуры, потому что по письменному сооб-

¹⁾ Flora 1864, № 32.

²⁾ Flora 1863, стр. 454.

³⁾ Botan. Zeitg. 1861, стр. 355.

⁴⁾ Comtes rendus, 1837, т. V, стр. 177 ff.

⁵⁾ Beiträge zur wiss. Botanik. II, стр. 77.

⁶⁾ Das Protoplasma der Rhizopoden и т. д. 1863, стр. 46.

⁷⁾ Flora 1864, № 5.

щенію Гофмейстера, колебаніе на 10—20° Ц. можетъ остановить движеніе, даже если не переходить за предѣлы температуры.

Ростъ кліточекъ (увеличиваніе размѣровъ). Довольно многочисленныя наблюденія, произведенныя по этому вопросу, большею частью имѣли цѣлію опредѣлить ходъ роста извѣстныхъ органовъ, въ различные періоды ихъ развитія ¹⁾, причемъ не обращалось должнаго вниманія на температуру или прочія вѣдущія вліянія; или же старались опредѣлить вліяніе дня и ночи ²⁾ на скорость роста, причемъ большею частію наблюденія температуры производились весьма неудовлетворительно; кромѣ того не было обращено вниманія на измѣненіе въ скорости роста, зависящее отъ періода развитія органа, но независящее отъ температуры. Поэтому, эти работы не дадутъ для нашей цѣли желаемыхъ указаній ³⁾.

Одну изъ лучшихъ сюда принадлежащихъ работъ, хотя безъ соотвѣтственныхъ наблюденій температуръ, представилъ Дюшартръ (Duchartre) ⁴⁾. Работа его представляетъ для нашей цѣли тотъ важный результатъ, что при ростѣ листа, несмотря на различіе въ температурѣ и прочихъ условіяхъ, вначалѣ замѣчается усиленіе роста, потомъ наступаетъ maximum его и, наконецъ, по достиженіи окончательныхъ размѣровъ, энергія роста ослабѣваетъ и прекращается. То же самое явленіе я замѣчалъ у прорастающихъ растений (въ ихъ корняхъ и стебляхъ) при почти постоянныхъ температурахъ и указалъ на важность этихъ фактовъ при опредѣленіи скорости роста органа, какъ функціи (постоянныхъ) температуръ. Принимая во вниманіе этотъ результатъ и другія, имѣющія здѣсь значеніе, побочныя обстоятельства, я старался опредѣлить скорость роста при различныхъ, но въ каждомъ частіюмъ случаѣ почти постоянныхъ температурахъ. Но полученныя числа едва ли достаточно вѣрны для того, чтобы на основаніи ихъ можно было дѣлать вычисленія; для подобныхъ вычисленій число наблюденій должно быть гораздо больше, такъ какъ все значеніе подобныхъ вычисленій зависитъ отъ числа данныхъ, изъ которыхъ выведены среднія величины. Впрочемъ, этихъ наблюденій вполне достаточно для установленія вышеприведеннаго закона. Нѣсколько сѣмянъ оставляли въ землѣ всякій разъ на 48 часовъ; термометръ въ ней показывалъ колебанія только на 2° и самое большее на 3° Р. Числа, обозначающія длину корешковъ и стебельковъ, сложены и раздѣлены на число особей ⁵⁾.

Корешки ⁶⁾.

Zea Mais.		Корешки достигли слѣдующей длины.
Впродолженіи 48 часовъ.	Темпер. по Реомюру.	
„	34°	5,9 милл.
„	30,6°	25,2 „
„	27,2°	55,0 „
„	26,6°	39,0 „
„	21,0°	24,5 „
96 часовъ.	13,7°	2,5 „

Phaseolus multiflorus.

Впродолженіи 48 часовъ корешки достигли слѣдующей длины:

Темпер. по Реомюру.	
34°	7 милл.
30,7°	22 „

¹⁾ Griesbach въ Wiegmanns Archiv für Naturgesch. 1844, Heft II; Münster въ Bot. Zeitg. 1843; Harting въ Bot. Zeitg. 1843.

²⁾ Annals and Magazin of nat. hist. 1849. P. De Candolle, Phys., стр. 441—446.

³⁾ Сравн. даѣе Caspary въ Bot. Zeitg. 1855, стр. 246.

⁴⁾ Recherches physiol. anatomiques et organogéniques sur la Colocase des anciens. Ann. des sc. nat. 1859, стр. 268.

⁵⁾ Sachs, Physiol. Unters. über die Abhängigkeit der Keimung von der Temp. in Jahrb. f. wiss. Botan., II, стр. 352, ff.

⁶⁾ Измѣреніе произведено у Zea, Triticum и Hordeum отъ щитка (scutellum) до вершины корешка, а у Phaseolus и Pisum отъ мѣста прикрѣпленія сѣмядолей.

27,6°	28 »
26,6°	30 »
22,8°	34 »
21,0°	47 »
20,6°	39 »

Pisum sativum.

Впродолженіи 48 часовъ корешки достигли слѣдующей длины:

Темпер. по Реомюру.

30,6°	12,2 милл.
26,6°	17 »
22,8°	41 »
14,1°	4 »

Triticum vulgare.

Впродолженіи 48 часовъ длина 3-хъ корешковъ проростка, взятыхъ вмѣстѣ, достигла слѣдующей величины:

Темпер. по Реомюру.

30,6°	22 милл.
26,6°	50 »
22,8°	88,3 »
14,1°	3,5 »

Яровой ячмень.

Впродолженіи 48 часовъ корешки, вмѣстѣ взятые, достигли:

Темп. по Реомюру.

34°	3 милл.
26,6°	77 »
22,8°	140 »
14,1°	2 »

Перышко.

Длина отъ мѣста прикрѣпленія сѣмядолей или отъ щитка до верхнихъ зародышевой почки.

Длина перышка въ миллиметрахъ.

Впродолженіи 48 часовъ.	Темп. Реом.	<i>Zea.</i>	<i>Phas. mult.</i>	<i>Pisum sat.</i>
	34°	4,6 милл.	7,5 милл.	
»	30,6°	9,1 »	10,2 »	5,5 милл.
»	27,2°	13,0 »	15,0 »	5,0 »
»	26,6°	11,0 »	10,5 »	5,7 »
»	21,0°	5,6 »	11,0 »	10,0 »
96 часовъ	13,7°	4,6 »	7,4 »	3,0 »

Соответственныя числа для пшеницы и ячменя не представляютъ правильной послѣдовательности въ измѣненіи величинъ, вѣроятно потому, что при поверхностномъ положеніи сѣмянъ въ почвѣ, температура частей зародыша не согласовалась съ показаніемъ термометра; впрочемъ, у пшеницы еще видна опредѣленная законность:

Triticum vulgare.

Темп. по Реомюру.

30,6°	4,5 миллим.
27,2°	10,5 »
26,6°	5,0 »
22,8°	9,0 »
14,0°	2,0 »

Сличеніе этихъ чиселъ показываетъ, что maximum скорости роста для различныхъ проростковъ соответствуетъ различнымъ температурамъ, если имѣть въ виду тождественныя части, и что корешокъ и перышко одного и того же растенія по видимому представляютъ maximum скорости роста при различныхъ температурахъ; впрочемъ, это еще сомнительно вслѣдствіе недостаточнаго числа наблюденій.

III.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

Отдѣлъ третій.

Дѣйствія электричества на растенія и заключающіяся въ нихъ электродвигательныя системы.

§ 26. Изъ числа явленій, обусловливаемыхъ напряженіемъ электричества, постоянными электрическими токами и колебаніями въ ихъ напряженіи (*Dichtigkeitsschwankungen*), до сихъ поръ только немногія подвергнуты научной обработкѣ. Растенія постоянно подвергаются вліяніямъ электрическихъ измѣненій почвы и воздуха, представляя собою проводники, удобные по формѣ и положенію, и кромѣ того проникнуты электролитными веществами, однакожь мы ничего незнаемъ о вліяніи всего этого на ассимиляцію, обмѣнъ и движеніе веществъ, на развитіе формы и т. д. Что касается до относящихся сюда литературныхъ указаній, то они не удовлетворяютъ самымъ скромнымъ требованіямъ, и потому едва лишь достойны упоминанія ¹⁾. Напротивъ того, опыты, имѣвшіе цѣлью изслѣдовать вліяніе электричества на движеніе протоплазмы и на раздражительность подвижныхъ листьевъ и цвѣточныхъ частей, доставили нѣкоторые достойные вниманія результаты. Впрочемъ и здѣсь изслѣдованія еще не такъ многочисленны и связаны, чтобъ можно было составить себѣ, хотя бы только въ общихъ чертахъ, ясную картину явленій, совершающихся подъ вліяніемъ электричества опредѣленныхъ и разныхъ степеней напряженія. Изъ всего матеріала можно извлечь развѣ только слѣдующія данныя имѣющія научное значеніе. Какъ для теплоты и свѣта, такъ и для электричества, существуетъ безсомнѣнно извѣстный предѣлъ напряженія, ниже котораго оно не обнаруживаетъ дѣйствія. При извѣстной степени напряженія и здѣсь является временное состояніе оцѣненія органа, изъ котораго, спустя нѣкоторое время, онъ снова можетъ воз-

¹⁾ Указаніе старой литературы, см. P. De Candolle *Phys. végét.* III, стр. 1089 ff. Помогъ Froriep's *Notizen* 1815, Bd. 34, Nr 11.

вратиться въ свое нормальное, подвижное состоянiе; электричество болѣе сильнаго напряженія дѣйствуетъ и здѣсь смертельно.

Электрическiя дѣйствiя, употребляемыя до сихъ поръ при опытахъ, не соотвѣтствуютъ обыкновенной жизни растенiй, а вслѣдствiе этого естественно, что ихъ влiянiе на протоплазму и на цѣлыя подвижныя ткани вызываетъ чаще нарушенiе жизненныхъ отправленiй, чѣмъ ихъ усиленiе. Это видно и изъ опытовъ Юргенсена (Jürgensen) и Шульца, показавшихъ, что электрическiе токи и колебанiя въ ихъ напряженiи, если и оказываютъ влiянiе на движенiе протоплазмы, не доводя ее впрочемъ до оцѣпенѣнiя, то вызываютъ не ускоренiе или какое либо иное усиленiе органической дѣятельности, какъ напр. это въ извѣстныхъ предѣлахъ производитъ теплота, но, напротивъ, всегда замедляютъ движенiе протоплазмы. Впрочемъ, можетъ быть, на измѣненiя формы протоплазмы въ жгучихъ волоскахъ *Urtica urens*, описанныхъ Брюкке, и на другiя явленiя, замѣченныя Кюне, слѣдуетъ смотрѣть, какъ на усиленiе жизненной дѣятельности протоплазмы подъ влiянiемъ извѣстной степени электрическаго возбужденiя.

Только одно указанiе Кабша говоритъ рѣшительно, хотя и двусмысленно, въ пользу того, что нормальная жизненная дѣятельность органа дѣйствительно усиливается отъ слабаго электричества. Онъ именно нашелъ, что ниже 22° Ц. неподвижныя боковые листочки *Hedysarum gujans* способны отъ слабыхъ индуктивныхъ ударовъ обнаружить колебанiя съ большою правильностью и быстротою, хотя въ этомъ случаѣ колебанiя могутъ обусловливаться и тѣмъ, что при значительномъ сопротивленiи тканей прохожденiю электрическаго тока, въ двигающихся частяхъ листочковъ вслѣдствiе индуктивнаго удара, происходитъ повышенiе температуры; слѣдовательно въ этомъ случаѣ движенiе нельзя приписывать непосредственно электричеству, но также и повышенiю температуры. Рѣшенiе этого вопроса нужно предоставить дальнѣйшимъ изслѣдованiямъ.

Особенное вниманiе слѣдуетъ обратить на то, что электричество, дѣйствуя, какъ на протоплазму, такъ и на органы движенiя раздражительныхъ листьевъ и цвѣточныхъ частей, производитъ въ нихъ явленiя, сходныя съ тѣми, какiя обнаруживаются отъ удара, сотрясенiя или другихъ механическихъ влiанiй. Подобно тому, какъ грубое обращенiе съ клѣточками при изготовленiи препарата, сдавливанiе, ударъ, обыкновенно замедляютъ движенiе протоплазмы до того, что оно дѣлается замѣтнымъ лишь по прошествiи значительнаго промежутка времени, когда клѣточка оправится, такъ и движенiе протоплазмы отъ дѣйствiя слабаго электрическаго тока часто на время замедляется, или приостанавливается. Движенiя, производимыя листьями мимозы, пыльниками *Centaurea Scabiosa*, барбариса и *Mahonia*, гиностеміумомъ *Stylidium* и др. отъ дѣйствiя индуктивнаго удара, судя по имѣющимся указанiямъ, происходятъ потому же направленiю, какъ и отъ простаго сотрясенiя.

Напряженiе свободнаго *постояннаго* электричества и *постоянные* электрическiе токи, дѣйствуютъ на растительныя ткани, какъ на нервы и мускулы въ животномъ тѣлѣ, кажется, слабѣе, чѣмъ колебанiя въ ихъ напряженiи; это можно вывести изъ указанiй Кюне, Кабша и изъ болѣе старыхъ опытовъ Беккереля.

Вышеприведенныя положенiя, несмотря на всю ихъ неопредѣленность и гипотетичность, все-таки допускаютъ сомнѣнiя, чѣмъ рѣзко характеризуется современное состоянiе этой части науки. Подобно тому, какъ при первыхъ попыт-

гахъ научной разработки, прежде всего дѣлаются отдѣльныя наблюденія, а затѣмъ уже на основаніи увеличивающагося числа данныхъ и критической ихъ разработки, обобщаютъ общіе результаты, такъ и мы ограничимся здѣсь только указаніемъ важнѣйшихъ наблюденій. Хотя подобная компиляція — работа неблагодарная для того, кто за нее берется, по въ извѣстномъ состояніи науки она полезнѣе сообщенія отдѣльныхъ новыхъ наблюденій.

§ 27. Дѣйствіе электричества на протоплазму. Первые изслѣдованія по этому предмету, произведенныя Беккерелемъ надъ харамп, появились въ 1837 году ¹⁾. Электрической токъ извѣстнаго напряженія, проходящій черезъ клѣточку, останавливаетъ движеніе протоплазмы, но по прошествіи нѣкотораго времени, при продолжающемся дѣйствіи того же самаго тока, оно снова начинается и достигаетъ своей первоначальной скорости. За тѣмъ, усиленіе электричества производитъ новую остановку, послѣ чего движеніе вторично возобновляется. Точно также и ослабленіе силы тока производитъ остановку въ движеніи протоплазмы, которое однакожь и въ этомъ случаѣ возобновляется. Слѣдовательно, данныя Беккереля показываютъ, что движеніе прекращается не столько отъ постоянного тока извѣстнаго напряженія, сколько отъ его колебаній. Постепеннымъ увеличиваніемъ батарей можно, по Беккерелю, произвести остановку на нѣсколько часовъ. По Унгеру ²⁾ всякое механическое раздраженіе производитъ подобныя же дѣйствія.

Если повредить нѣсколько клѣточекъ разрѣзомъ, уколомъ и т. п., то (преимущественно въ молодыхъ растеніяхъ) токъ протоплазмы останавливается во всѣхъ клѣточкахъ, или же, по крайней мѣрѣ, значительно замедляется и послѣ нѣкотораго времени въ неповрежденныхъ клѣточкахъ снова возобновляется съ прежней скоростью. Ясно, что ближайшая причина этого явленія заключается въ томъ, что, вслѣдствіе поврежденія нѣкоторыхъ клѣточекъ, взаимное давленіе (напряженіе ткани) мгновенно уменьшается и такимъ образомъ происходитъ сотрясеніе прочихъ клѣтокъ, производящее остановку въ движеніи протоплазмы; вслѣдъ за этимъ между неповрежденными клѣточками снова устанавливается состояніе равновѣсія, при которомъ опять можетъ происходить движеніе. Вообще, по Унгеру, такое вліяніе всего сильнѣе обнаруживается на клѣточкахъ, ближайшихъ къ поврежденнымъ; давленіе, или другія механическія дѣйствія производятъ подобныя же временныя замедленія въ движеніи протоплазмы.

Одна изъ наиболѣе заслуживающихъ вниманія работъ, произведена Э. Юргенсеномъ ³⁾, изучившимъ вліяніе постоянныхъ и индуцированныхъ токовъ на движеніе протоплазмы въ клѣточкахъ *Vallisneria spiralis*. Круглая стеклянная пластинка, вложенная въ лакированную деревянную рамку, служила предметной пластинкой; въ рамку были вставлены, на противоположныхъ мѣстахъ, мѣдныя полоски, электроды, концы которыхъ, обращенные другъ къ другу, выдавались надъ поверхностью стекла приблизительно на 1 милл. Маленькій, круглый бассейнъ, образованный деревянною рамкою, наполнялся дистиллированою водою на столько, чтобы мѣдныя электроды всею своею выдающеюся изъ рамки ниж-

¹⁾ Comptes rendus, 1837 г., стр. 784.

²⁾ Unger Anat. u. Phys. der Pfl. 1855, стр. 277.

³⁾ Studien des Physiol. Instituts zu Breslau 1861. Heft. 1, стр. 98 ff. Physiol.

ною поверхностью касались воды. Въ воду клался кусочекъ листа, подвергавшійся наблюденію, обыкновенно такъ, чтобы электроды своими нижними поверхностями непосредственно касались его концовъ. Оказалось, что, при такомъ положеніи листочка, проходящій токъ встрѣтилъ меньшее сопротивленіе, чѣмъ если листь былъ повернуть на 90° , такъ чтобы продольная линія приходилась перпендикулярно къ направленію тока. Изъ этого Юргенсенъ заключилъ, что клѣточный сокъ лучше проводитъ токъ, нежели дистиллированная окружающая вода. Сила тока при первомъ и второмъ положеніи листочка относилась какъ 3 : 2.

Чтобы въ клѣточкахъ эпидермиса вызвать подобныя же явленія, какъ въ паренхимѣ, нуженъ болѣе сильный токъ, что Юргенсенъ приписываетъ здѣсь большому числу клѣточныхъ стѣнокъ, чрезъ которыя долженъ проходить токъ. Независимо отъ дѣйствій тока, убивающихъ протоплазму и значительно измѣняющихъ ея форму, причемъ содержимое собирается у стѣнки клѣточки, обращенной къ положительному полюсу, Юргенсенъ вывелъ изъ своихъ опытовъ слѣдующія заключенія, основывающіяся на наблюденіи надъ отдѣльными клѣточками, установленными подъ перекрестными нитями микроскопа. При опытѣ употреблялась батарея изъ небольшихъ элементовъ Грове и ихъ сила регулировалась реохордомъ.

А. Дѣйствія постоянного тока.

1) Токъ отъ одного элемента не производитъ никакого видимаго дѣйствія; токъ отъ 2—4 элементовъ производитъ замедленіе въ движеніи протоплазмы, а при болѣе продолжительномъ дѣйствіи — остановку.

2) Если токъ прекращается, то по истеченіи извѣстнаго времени движеніе появляется снова, если оно только было приостановлено, но не совершенно уничтожено.

3) Если движеніе совершенно прекращено, то даже при немедленномъ размыканіи цѣпи никакого движенія уже болѣе не проявляется.

4) При остановкѣ движенія, хлорофиллъ скопляется въ различныхъ мѣстахъ и отдѣльных, еще свободно плавающихъ крупинокъ его, останавливаются въ этихъ мѣстахъ.

5) Единственное различіе между произвольными остановками движенія и остановками, обусловленными постояннымъ токомъ, состоитъ въ томъ, что въ послѣднемъ случаѣ замѣчается гораздо болѣе точекъ, въ которыхъ обнаруживается остановка.

6) Токи въ 24 элемента дѣйствуютъ также, какъ и болѣе слабые, если только продолжительность ихъ дѣйствія кратковременна.

7) Если увеличить силу тока до 30 элементовъ, то достаточно мгновеннаго замыканія цѣпи, чтобы произвести остановку навсегда.

8) Различія въ дѣйствіи постоянного тока на восходящее и нисходящее движенія клѣточного сока не замѣчено.

9) Если разомкнуть цѣпь тотчасъ послѣ совершеннаго прекращенія движенія, то нельзя замѣтить сокращенія клѣточного содержимаго.

Для полученія индуктивнаго тока, Юргенсенъ употреблялъ приборъ Дю Буа (Du Bois'scher Schlitten), снабженный прерывателемъ Гальске. Дѣйствіе такихъ токовъ, по Юргенсену, такъ сходно съ дѣйствіемъ постоянного тока, что различіе едва только можно замѣтить. Что же касается числа индуктивныхъ уда-

ровъ, проходящихъ черезъ листъ въ единицу времени, то оно не оказываетъ значительнаго вліянія на результаты. Если первоначальный токъ получился отъ одного элемента Грове, то индуктированные токи, полученные при разстояніи цилиндровъ на 30 милл., были почти всегда столь сильны, что останавливали движеніе въ паренхимныхъ клѣткахъ. Сокращеніе клѣточного содержимаго подвліяніемъ индуктированныхъ токовъ, даже въ продолженіи нѣсколькихъ часовъ, не могло быть замѣчено.

Позднѣйшія работы Гейденхайна (Heidenhain), Брюкке, Максъ Шульце, Кюне, относятся болѣе до измѣненія формы протоплазмы отъ извѣстныхъ электрическихъ вліяній. Измѣненія эти, какъ впервые замѣтилъ Максъ Шульцъ, часто представляютъ разительное сходство съ измѣненіями, производимыми какъ высокой температурой, такъ и замораживаніемъ ¹⁾.

По Гейденхайну ²⁾ слабыя электрическіе токи вовсе не измѣняютъ движенія протоплазмы въ волоскахъ тычинокъ *Tradescantia*. При болѣе сильныхъ токахъ, уже послѣ кратковременнаго дѣйствія, струйки протоплазмы вдругъ останавливаются; движеніе крупинокъ становится медленнѣе и темныя крупинки начинаютъ обнаруживать быстрое молекулярное движеніе. При остановкѣ движенія токи протоплазмы получаютъ бугорки, мѣстами появляются на нихъ боковыя утолщенія, которыя легко отшнуровываются, образуя круглыя тѣла, продолжающія измѣнять свою форму, плавая въ клѣточномъ сокѣ. Если индуктированные токи не слишкомъ сильны и ихъ дѣйствіе не слишкомъ продолжительно, то спустя нѣкоторое время послѣ ихъ прекращенія, движеніе снова обнаруживается во всей силѣ. Протоплазма, убитая слишкомъ сильнымъ токомъ, дѣлается крупнозернистою, распадается на комочки, молекулярное движеніе останавливается, потому что мельчайшія молекулы заключаются въ свернувшейся массѣ и вся протоплазма отстаетъ отъ клѣточной стѣнки.

Въ клѣточкахъ паренхимы *Hydrocharis*, убитыхъ индуктированнымъ токомъ, отдѣльныя зернышки хлорофилла и ихъ кучки лежатъ какъ бы въ пузырькахъ.

Чтобъ изучить дѣйствіе электрическихъ токовъ, Брюкке ³⁾ вводилъ въ цѣпь, сначала только на нѣсколько секундъ, жгучіе волоски *Urtica urens*, такъ что они подвергались небольшому числу ударовъ. Первое, замѣчаемое измѣненіе, состоитъ обыкновенно въ появленіи большаго или меньшаго числа нитей, отходящихъ отъ расположенной по стѣнкамъ протоплазмы въ клѣточный сокъ; при самомъ замыканіи цѣпи магнитнаго электродвигателя, Брюкке иногда замѣчалъ движеніе, похожее на движеніе пущенныхъ ракетъ. Часто струйки имѣли значительную длину и доходили до оси клѣтки, на концѣ являлись вздутыми и представляли дрожательныя, извивающіяся движенія. Если протоплазма, въ подобномъ состояніи, перестаетъ подвергаться дѣйствію электричества, то возвращается въ свое прежнее состояніе.

Эти же самыя явленія удалось вызвать Максъ Шульцу ⁴⁾, и онъ замѣчалъ, что они наступали при дѣйствіи электродвигательной силы, близкой къ той, ко-

¹⁾ Сравни. § 22 и § 23.

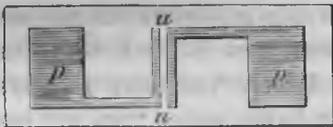
²⁾ Studien des physiol. Inst. zu Breslau 1863, II, стр. 65.

³⁾ Das Verh. der sog. Protoplasmasröme u. s. w. in Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. 1862. Bd. 46, стр. 1.

⁴⁾ Der Protopl. der Rhizopoden u. s. w. 1863, стр. 44.

торою обусловливается смерть. При быстромъ нагрѣваніи волосковъ крапивы до 40° Ц. и выше, протоплазма обнаружила подобныя же измѣненія своей формы, которыя при охлажденіи снова пропадали. У *Tradescantia virg.* онъ не могъ вызвать подобныхъ явленій, но подтвердилъ явленія замѣченныя Гейденхайномъ. Напротивъ того, Кюне ¹⁾ нашелъ, что и у *Tradescantia*, при извѣстныхъ дѣйствіяхъ электрическихъ токовъ, образуются булавовидныя и сосочковидныя выпучивающіяся вздутія, которыя однакожь появлялись почти всегда непосредственно предъ смертію. Но Кюне, токи протоплазмы возобновляются, хотя спустя долгое время до тѣхъ поръ, пока она не распалась еще на комочки и не появилось молекулярнаго движенія (чего Юргенсенъ можетъ быть не замѣтилъ). Возобновленіе движенія Кюне видѣлъ спустя даже 24 часа, когда протоплазма превратилась въ безцвѣтные комочки. Убитая электричествомъ протоплазма (подобно тому какъ и убитая жаромъ, холодомъ и реактивами) въ волоскахъ *Tradescantia*, вслѣдствіе всасыванія опрашеннаго клѣточного сока, окрашивается въ голубой или фіолетовый цвѣтъ.

Особенно интересно сообщеніе Кюне, изъ котораго видно, что въ волоскахъ традесканціи, лежащихъ поперегъ между остроконечными электродами такъ, что токн большаго напряженія проходитъ только черезъ часть клѣточки, протоплазма измѣняется только частью, приблизительно на четверть всей длины клѣточки, образуя валики и комочки, тогда какъ прочія части сѣти токовъ протоплазмы удерживаютъ свою нормальную форму. Изъ этого слѣдуетъ, что протоплазма не легко передаетъ электричество и производимое имъ состояніе раздраженія. То же самое видно изъ наблюденій надъ *Muchomycetes* ²⁾. Онъ клалъ на предметную пластинку (ф. 9), снабженную платиновыми электродами *PP'*, пласмодій (обнаженную протоплазму) ихъ (*Didymium Serpula* и



ф. 9.

Aethalium) такимъ образомъ, что часть пласмодія служила какъ бы мостикомъ чрезъ пространство *uu* и замыкала собою цѣпь, между тѣмъ какъ остальная часть пласмодія оставалась внѣ тока на стеклѣ. Отдѣльныя, по временамъ повторяющіеся индукированные удары, производили въ замыкающей части миксомицета сильное измѣненіе формы и нарушали движенія зернышекъ, тогда какъ части болѣе удаленныя отъ тока, оставались неповрежденными; наконецъ эти послѣднія отдѣлились отъ части убитой, замыкавшей цѣпь, и продолжали двигаться въ видѣ миксоамѣбъ.

Пласмодій миксомицета, который Кюне ³⁾ подвергалъ дѣйствію постоянного тока между двумя широкими электродами, удаленными другъ отъ друга на 4 милл., обнаружилъ измѣненіе лишь при 6-ти маленькихъ элементахъ Грове. Въ моментъ замыканія цѣпи, въ движеніи зернышекъ, направлявшихся отъ положительнаго полюса къ отрицательному, происходило ускореніе толчками, между тѣмъ какъ противоположныя токи протоплазмы на мгновеніе пріостанавливались, или даже нѣсколько отступали назадъ; но продолжительнаго обратнаго тока зеренъ, вслѣдствіе дѣйствія постоянного электрическаго тока, нельзя бы-

1) *Unter. über das Protopl.* и т. д. 1864, стр. 96.

2) *Loc. cit.*, стр. 78.

3) *Loc. cit.*, стр. 79.

ло достигнуть. Для волосковъ тычинокъ традесканціи ¹⁾, надобно было употребить 4 небольшихъ элемента Грове, чтобы помощію постоянныхъ токовъ достигнуть результатовъ, сходныхъ съ результатами, полученными отъ индуктированныхъ ударовъ. Быстрое замыканіе и размыканіе цѣпи или измѣненіе направленія тока не производитъ въ началѣ никакихъ особенныхъ измѣненій. Но если токъ прерывать чаще, то наконецъ движеніе останавливается также и въ клѣточкахъ, не обнаруживающихъ электролиза окрашеннаго сока. Въ клѣточкахъ у отрицательнаго электрода, сокъ окрашивается въ зеленый цвѣтъ, а у положительнаго въ свѣтло-красный; эти окрашиванія убитая протоплазма принимаетъ очень быстро; зернистое содержимое клѣточекъ собирается большею частью въ углу, обращенномъ къ положительному полюсу. Индуктированные удары, не слишкомъ сильныя, не производятъ электролизъ подобнаго рода.

§ 28. Дѣйствія на подвижныя ткани. На основаніи цитатъ Ф. Копа ²⁾, Пфлюгеръ и Шахтъ показали, что отъ дѣйствія умѣреннаго индуктированнаго тока, складываются перистые листочки *Mimosa pudica*, если токъ проходитъ по главному черешку. Напротивъ того, уже Дреу (Dreu) и Марумъ нашли, что сильныя электрическія токи уничтожаютъ раздражительность мимозы. Нассе доказалъ, что гальванизмъ возбуждаетъ движеніе въ чувствительныхъ пыльникахъ барбариса, подобно механическому прикосновенію, а А. ф.-Гумбольдтъ доказалъ, что сильныя электрическія удары уничтожаютъ эту чувствительность. На изгибаніе листьевъ дрозеры отъ гальваническаго тока, обратилъ вниманіе Нитшке (Nitschke).

Конъ (Cohn), для раздраженія пыльниковъ *Centaurea scabiosa*, какъ кажется, примѣнилъ тотъ же приборъ, который употреблялъ Юргенсенъ (§ 27, стр. 71), и устроилъ такимъ образомъ, что индуктированный токъ долженъ былъ проходить черезъ самый половой аппаратъ. Чтобы произвести наблюденія подъ микроскопомъ, онъ устроилъ приборъ, подобный по устройству прибору Юргенсена. На столикъ микроскопа было положено роговое кольцо, на немъ двѣ тонкія, прямоугольно изогнутыя, мѣдныя полоски были приклеены такимъ образомъ, что концы короткихъ колѣнъ лежали горизонтально на кольцѣ, на разстояніи 10 милл. одинъ отъ другаго. Половой аппаратъ былъ положенъ на обѣ мѣдныя полоски такъ, что представлялъ между ними родъ моста, причемъ конецъ вѣнчика лежалъ на одной изъ мѣдныхъ пластинокъ, трубочка пыльниковъ на другой, нити же были свободны и находились между пластинками безъ подставки, вслѣдствіе чего ихъ растяженіе и сокращеніе не встрѣчало никакого механическаго препятствія. Концы мѣдныхъ пластинокъ и оба конца полового аппарата смачивались водою, чѣмъ вполнѣ возстановлялась проводимость тока. Болѣе длинныя колѣна мѣдныхъ полосокъ были загнуты вертикально внизъ и погружены въ чашечки со ртутью, соединенныя проволокою съ электродами индуктирующей спирали. Оба метода наблюденія дали слѣдующіе результаты: въ ту минуту, когда токъ проходилъ черезъ половой аппаратъ, нити укорачивались точно также, какъ послѣ механическаго сотрясенія; позже, нити опять растягивались въ длину, соотвѣтствующую положенію покоя, и могли быть укорочены

¹⁾ Loc. cit., стр. 99.

²⁾ Contractile gewebe im Pflanzenreich, aus den Jahresber. der schles. Gesells. f. vaterländ. Cultur. 1861., тетр. 1, стр. 24.

новымъ индуктированнымъ ударомъ. Если передвижаніемъ вторичной спирали аппарата, сила индуктированныхъ ударовъ измѣнялась, то при этомъ уже слабѣе токи производили укорачиваніе нитей; при значительномъ же усиленіи тока, нити умирали, т. е. мгновенно укорачивались и болѣе уже не удлиннялись, а, напротивъ того, продолжали медленно укорачиваться.

Кабшъ ¹⁾ пользовался приборомъ Румкорфа съ элементомъ Грове. Всего чувствительнѣе къ индуктированнымъ ударамъ относится гностемій отъ *Styloidium graminiflorum* и *adnatum*: слабый токъ, при совершенно почти вытянутой побочной спирали, производитъ вліяніе, совершенно подобное механическому раздраженію. Въ часто раздражаемыхъ или старыхъ органахъ, движеніе отъ раздраженія медленнѣе. Болѣе сильный токъ, проходящій черезъ все растеніе, производитъ родъ онѣмѣнія; половые органы послѣ дѣйствія тока становятся неподвижными, и нечувствительными къ механическому потрясенію, но, спустя $\frac{1}{2}$ часа, подвижность и чувствительность снова восстанавливаются. Для умерщвленія органа необходимо было индуктирующее дѣйствіе всей главной спирали.

«Замѣчательно, что половые органы тѣхъ цвѣтковъ цвѣторасположенія, которые во время дѣйствія электричества находились еще въ состояніи почки, при дальнѣйшемъ, впрочемъ нормальномъ, развитіи, уже болѣе не были раздражительны, между тѣмъ какъ цвѣты прочихъ цвѣторасположеній того же экземпляра, представляли тѣ же явленія, какъ и прежде.» Гораздо менѣе чувствительными Кабшъ нашелъ тычинки *Verbena* и *Mahonia*; токъ, который въ предъидущемъ случаѣ умерщвлялъ, здѣсь производилъ только движеніе; у гностемія отъ *Styloidium* происходитъ умерщвленіе безъ предварительнаго движенія, здѣсь же, напротивъ, при умерщвляющемъ дѣйствіи тока, тычинки постоянно принимаютъ положеніе, соотвѣтствующее раздраженію. Объ оживляющемъ дѣйствіи индуктированныхъ ударовъ, найденномъ Кабшемъ для боковыхъ листочковъ *Hedysarum gyanis*, было уже упомянуто выше; здѣсь надо прибавить, что, при сильнѣйшемъ дѣйствіи прибора, конечный листокъ опускается, въ короткое время какъ при ночномъ положеніи. Если, наоборотъ, эти листочки находились въ ночномъ положеніи и затѣмъ были подвергнуты дѣйствію не слишкомъ сильнаго тока, то послѣ болѣе продолжительнаго дѣйствія, замѣчается незначительное поднятіе ихъ; у *Oxalis*, *Acacia*, *Robinia*, и т. д. нельзя было этого замѣтить.

При этихъ наблюденіяхъ индуктированный ударъ направлялся не прямо на данный органъ, но одинъ изъ проводниковъ прикрѣплялся къ мѣдной пластинкѣ, находящейся въ землѣ, другой, крючкообразно загнутымъ концомъ прикрѣплялся почти на половинѣ стебля къ одной изъ вѣтвей и соприкосновеніе дсвершалось каплей воды. Если на листовыя подушечки и на самыя боковыя листочки, дѣйствовали только слабыя индуктированные токи, то движеніе задерживалось тотчасъ, листочекъ опускался вершиной внизъ, не будучи умерщвленъ, и въ продолженіи нѣсколькихъ недѣль оставался въ висячемъ положеніи, не поблѣкнувъ. Умерщвленіе со всѣми его слѣдствіями наступало однако послѣ сильнаго, прямо насъвозъ проходившаго тока; тѣ же явленія представляетъ конечный листокъ. Въ обоихъ случаяхъ листочки, находящіеся въ состояніи онѣмѣнія, но еще живые, представляютъ эпидермисъ и часть слоя коры разрушенными и окрашенными въ бурый цвѣтъ, внутреннія же тканя еще здорова.

¹⁾ Bot. Zeitg. 1861, стр. 358.

Для завязей *Helianthemum vulgare* и лопастей рыльца *Mimulus guttatus*, надо употребить сильный токъ, чтобъ произвести движенія, которыя вообще наступаютъ лишь тогда, когда эти раздражительные органы сами подвергаются дѣйствию индуктированныхъ токовъ. При употребленіи постоянныхъ токовъ, Кабишъ нашелъ, что раздражительные органы при всѣхъ обстоятельствахъ реагируютъ сильнѣе при замыканіи, чѣмъ при размыканіи цѣпи. Дѣйствіе постоянныхъ токовъ безъ прерывателя, онъ называетъ ничтожнымъ.

§ 29. О электролизѣ растительныхъ веществъ едва ли что нибудь извѣстно, что имѣло бы значеніе съ физиологической стороны, для пониманія химическихъ процессовъ, совершающихся въ растеніи. Объ измѣненіи красящаго вещества, замѣченномъ Кюне въ волоскахъ традесканціи, подъ вліяніемъ постоянного тока, уже было упомянуто. По Кабишу ¹⁾, красное красящее вещество при всѣхъ обстоятельствахъ, смотря по яркости окраски, обезцвѣчивается или моментально, или при болѣе продолжительномъ дѣйствіи индуктированного тока, что замѣчается по его словамъ, какъ для краснаго вещества цвѣтовъ и прицвѣтничковъ, окрашиваемаго щелочами въ голубой цвѣтъ, такъ и для красящаго вещества стеблевыхъ листьевъ и сѣмядолей, окрашиваемаго щелочами въ зеленый цвѣтъ. Въ пораненныхъ лепесткахъ *Aquilegia*, *Vinca*, *Viola*, *Delphinium* и *Campanula*, послѣ пропусканія искры, появляется вмѣсто красиваго синевато-фіолетоваго цвѣта, болѣе темный или болѣе свѣтлый синевато-зеленый цвѣтъ. Желтое красящее вещество долго противостоитъ дѣйствию электричества, а красящее вещество хлорофилла вовсе не чувствительно къ его дѣйствию. Кабишъ приписываетъ эти дѣйствія озону, образуемому электричествомъ.

Беккерель ²⁾ приводитъ опытъ Дэви, который соединилъ два сосуда, наполненные дистиллированной водой, посредствомъ живаго растенія мяты (*Mentha*). Въ одной изъ жидкостей, соединенной съ отрицательнымъ полюсомъ батареи, онъ нашелъ, спустя нѣсколько минутъ, кали и известь, въ сосудѣ, соединенномъ съ положительнымъ полюсомъ — кислоту, которая осаждалась $BaCl$, $CaCl$ и азотнокислою окисью серебра. Растеніе при этомъ казалось неизмѣненнымъ; при продолженіи опыта оно умерло.

Указаніе Беккереля объ электролизѣ крахмала и камеди не совершенно ясно. О выдѣленіи морфия и меконовой кислоты изъ раствора опиума, см. *loc. cit.*, стр. 363. По Гэ-Люссаку броженіе винограднаго сока и сахарнаго раствора ускоряется при погруженіи двухъ платиновыхъ электродовъ, можетъ быть отъ кислорода, освобождающагося при этомъ изъ воды (какъ замѣтилъ Беккерель), который нуженъ для развитія бродильныхъ грибовъ. Всѣ эти указанія имѣютъ цѣлью показать, какъ мало извѣстно объ этомъ вопросѣ.

§ 30. Электродвигательныя условія внутри живаго растенія. Основываясь на физическихъ опытахъ, можно себѣ представить въ отдѣльной растительной кѣлочкѣ, въ тканяхъ и цѣльныхъ растеніяхъ многочисленныя причины, которыя, въ посредственной или непосредственной связи съ различными процессами роста, нарушаютъ постоянно или случайно электрическое равновѣсіе, и такъ какъ растеніе внутри пропитано проводящими жидкостями, то эти электродвигательныя условія служатъ не столько къ накопленію свободнаго электричества высшаго напряженія, сколько скорѣе къ образованію токовъ, уравнивающихъ всякое мѣстное, возникающее измѣненіе въ ихъ напряженіи. Въ отдѣль-

¹⁾ *Loc. cit.*, стр. 363.

²⁾ *Elemente der Electrochemie*; 1857, на нѣмецкомъ, Erfurt, стр. 363.

ныхъ клѣточкахъ клѣточная оболочка, протоплазма и клѣточный сокъ составлены изъ различныхъ въ химическомъ и физическомъ отношеніи атомовъ и молекулъ и притомъ составъ ихъ постоянно измѣняется, что должно нарушать электрическое равновѣсіе.

Если мы обратимъ вниманіе на болѣе значительныя массы тканей, то найдемъ весьма различныя растворимыя или нерастворимыя вещества, правильнымъ образомъ распредѣленныя, и хотя отдѣленныя клѣточными оболочками, но всетаки соединяющіяся посредствомъ всасывающей дѣятельности послѣднихъ, подобно тому, какъ различныя жидкости гальваническаго элемента въ одно и то же время раздѣлены и соединены глиняной діафрагмой. Здѣсь особенно надо обратить вниманіе на фактъ ¹⁾, установленный мною, что въ тканяхъ щелочные и кислые соки представляютъ опредѣленное распредѣленіе, въ чемъ заключаются электродвигательныя условія, о которыхъ можно судить по аналогіи съ извѣстной дѣлью Беккереля. Сокъ тонкостѣнныхъ клѣтокъ сосудистаго пучка, обильный бѣлковыми веществами, въ быстро растущихъ органахъ, реагируетъ щелочно; окружающая же паренхима, изобилующая углеводами, жирами, дубильнымъ веществомъ и т. д., реагируетъ преимущественно кисло. Но эти различныя соки, съ помощью пропитанныхъ ими клѣточныхъ оболочекъ, приходятъ въ соприкосновеніе между собою и могутъ такимъ образомъ дѣйствовать электродвигательно, причемъ однако мѣстное напряженіе возбуждаемаго этимъ электричества, можетъ быть только незначительное, вслѣдствіе условій, благопріятствующихъ его уравниванію. Мнѣ удалось также показать, что самыя молодыя ткани верхины корня и почекъ имѣютъ или щелочную, или среднюю реакцію, и что они поэтому, какъ надо полагать, приходя въ соприкосновеніе съ кислою паренхимой наиболѣе старыхъ частей, должны вызывать электрическіе токи.

Здѣсь, гдѣ дѣлается попытка составить себѣ общее понятіе о возможныхъ явленіяхъ, должно указать и на то, что электрическій токъ дѣйствуетъ на діомозъ, и что такимъ образомъ очень можетъ быть, что происходящее въ растеніи уравниваніе электрическихъ напряженій, содѣйствуетъ перемѣщенію веществъ.

Если далѣе обратить вниманіе на сухопутныя растенія, которыя своими корнями принимаютъ воду и различныя соли разныхъ частей почвы, то нельзя не допустить, что и здѣсь должны дѣйствовать электродвигательныя силы, обусловливающія происхожденіе токовъ. Напротивъ того, листья, находящіеся въ воздухѣ, выдѣляютъ постоянно водяныя пары, образующіяся изъ различныхъ растворовъ клѣточного сока и пары, выдѣляющіяся при такихъ условіяхъ, принимаютъ обыкновенно положительное электричество, испаряющія клѣточки, слѣдовательно, отрицательное, которое здѣсь во всякомъ случаѣ можетъ мгновенно уравниваться. Въ томъ же смыслѣ должно дѣйствовать обусловливаемое кислороднымъ дыханіемъ постоянное стараніе растительнаго вещества. Углекис-

¹⁾ J. Sachs. О кислой, щелочной и средней реакціи живыхъ растительныхъ клѣточекъ, въ *Bot. Zeitg.* 1862, № 33. Щелочная реакція особенно явственно обнаруживается въ сокѣ сосудистыхъ пучковъ всѣхъ частей *Cucurbita Pepo* и корня *Beta vulgaris*. Въ другихъ случаяхъ нужно принимать особенныя предосторожности, указанныя въ моемъ сочиненіи. Но при всѣхъ обстоятельствахъ необходима вполнѣ нейтральная лакмусовая бумажка. Пренія указанія Пайэна и Годишо подробно разсмотрѣны въ названной работѣ.

слота улѣтучивающаяся изъ незеленыхъ частей, здѣсь, какъ въ сгарающемъ углѣ, принимаетъ положительное электричество, между тѣмъ какъ при выдѣленіи кислорода изъ зеленыхъ частей на свѣтѣ, происходитъ обратное. Наконецъ, разность температуръ различныхъ частей растенія, взаимное давленіе, производимое клѣточками разныхъ тканей, и т. п., должны разсматриваться какъ различныя причины электрическихъ колебаній въ растеніи. Теоретически нельзя рѣшить, усиливаются ли отдѣльныя, элементарныя, взаимно электродвигательныя условія, существующія внутри клѣточекъ и тканей, или же большею частью взаимно уничтожаются; изъ немногихъ имѣющихся наблюдений слѣдуетъ только то, что между корнями и надземными частями, между внутренними тканями и эпидермисомъ существуетъ противоположность.

Въ вышеприведенныхъ соображеніяхъ не обращено вниманія на предположеніе, которое часто было высказываемо, именно, что въ растеніяхъ должны существовать подобныя же электродвигательныя условія, какія существуютъ въ животномъ тѣлѣ, въ его первахъ и мускулахъ. Это предположеніе хотя и можетъ быть допущено, однако имѣетъ за себя мало вѣроятія, если припомнить, что такія электродвигательныя условія, знаніемъ которыхъ мы обязаны Дюбуа, свойственны только нервамъ и мускуламъ, что они до сихъ поръ не доказаны въ остальныхъ животныхъ тканяхъ, слѣдовательно тѣмъ мѣнѣе ихъ можно предполагать въ растительныхъ тканяхъ. Присутствіемъ мускуловъ и нервовъ и ихъ отправлениями, животное тѣло отличается отъ растительнаго болѣе, чѣмъ какимъ либо другимъ признакомъ, и поэтому нѣтъ никакого основанія предполагать, что въ растеніи должно существовать что нибудь подобное мускульному и нервному токамъ. Сдѣланныя до сихъ поръ относительно этого изслѣдованія, произведенныя съ должною осмотрительностію, въ дѣйствительности не могли открыть и слѣда подобнаго устройства въ растеніяхъ, какое представляютъ мускулы и нервы. Наблюденія, напротивъ, показали, что дѣйствующія въ растеніяхъ электродвигательныя силы, могутъ быть подведены подъ общіе извѣстные законы, причемъ мы не имѣемъ нужды и права, принимать въ растеніи систему периполярныхъ молекулъ, которыя бы, при опредѣленномъ распредѣленіи, обнаруживали электродвигательныя силы, какъ это происходитъ въ мускулахъ и нервахъ. Однакожъ этимъ еще не отрицается возможность того, что и въ растеніи существуютъ опредѣленныя электродвигательныя распредѣленія поляризованныхъ молекулъ, для доказательства чего однако требуются другіе приемы, чѣмъ какіе до сихъ поръ принимались. Прежде всего нужно было бы устранить электродвигательныя вліянія, возникающія изъ вышеназванныхъ, особенно химическихъ различій, какъ въ отдѣльныхъ клѣточкахъ, такъ и въ тканяхъ. Такъ какъ протоплазма клѣточки и клѣточная оболочка въ живомъ состояніи состоятъ изъ расположенныхъ опредѣленнымъ образомъ молекулъ, вѣроятно опредѣленной формы, то нѣтъ ничего нелѣпаго въ предположеніи, что это расположеніе и форма однородныхъ молекулъ могутъ вызывать электродвигательныя условія, аналогичныя съ условіями, заключающимися въ нервѣ или мускулѣ. Во всякомъ случаѣ, это сравненіе представляетъ мѣнѣе невѣроятнаго, чѣмъ если бы оно было перенесено на цѣлое растеніе или массу тканей, которыя состоятъ изъ самыхъ разнообразныхъ клѣтокъ.

Опыты Пулье ¹⁾, по которымъ электричество, образующееся вслѣдствіе вегетативныхъ процессовъ, можетъ достигнуть значительнаго напряженія, были повторены Риссомъ ²⁾, но не подтверждены. Въ опытахъ Вартманна ³⁾ и Беккереля ⁴⁾, согласующихся между собою почти во всѣхъ пунктахъ, какъ указалъ Вуффъ, не устранено электродвигательное вліяніе растительныхъ соковъ на платиновые электроды и др. Напротивъ того, опытъ Буффа ⁵⁾ въ этомъ отношеніи даетъ точный результатъ. Принимая во вниманіе тотъ фактъ, что корень распространяется въ сырой почвѣ, листья же постоянно (?) бывають покрыты гигроскопическимъ слоемъ влажности, Вуффъ привелъ въ соприкосновеніе испытываемыя внутреннія и внѣшнія части растенія только съ водой. Въ два стакана наливалась на $\frac{1}{2}$ дюйма ртуть, поверхъ которой до краевъ наливалось воды. Платиновыя проволоки, впаянныя въ стеклянныя трубки, погружались амальгамированными концами, выдававшимися только на нѣсколько линий изъ стеклянной трубки, въ ртуть, а противоположные концы проволокъ соединялись съ проволокой мультипликатора. Замыканіе цѣпи производилось помощью полоски мокрой пропускной бумаги, опускаемой концами въ оба стакана; стрѣлка оставалась неподвижною, на незначительное прибавленіе въ одинъ изъ сосудовъ поваренной соли, кислоты или растительнаго сока, тотчасъ производило отклоненіе стрѣлки. Поляризація поверхности ртути токомъ устранялась простымъ помѣшиваніемъ ртути стеклянной ялочкой.

Чтобы опредѣлять состояніе электричества въ растеніи, его помѣщали на мѣсто мокрой пропускной бумаги и послѣ каждого опыта замѣняли послѣдней, для опредѣленія состоянія прибора. Тщательно промытые корни растенія были погружены въ воду одного стакана, листья того же растенія въ воду другаго; при этомъ постоянно происходило отклоненіе стрѣлки; при обратномъ положеніи растенія получалось обратное отклоненіе. Этимъ способомъ были изслѣдованы маленькія деревья яблони, сливы, гребенчатой ели, отпрысковъ розъ, молочаи, *Senecio vulgaris*, *Beta*, *Daucus carota*, *Oxalis stricta*, *Reseda*, *Viola tricolor* и *odorata*, *Fragaria*, *Nicotiana*, злаки, *Sempervivum*, *Agave americana*, *Opuntia*, *Acropera Ladigesii* и др. Хотя отклоненіе стрѣлки мультипликатора было весьма различно, однако направленіе оставалось всегда одно и то же, именно оно указывало на токъ, направившійся по растенію отъ корней къ листьямъ. Длина и величина поперечнаго разрѣза, сочность растенія, вліяющіе на проводимость, дѣйствовали только на различную степень силы отклоненія стрѣлки.

Отрѣзанныя вѣтви, стебель и листья погружались пораненнымъ мѣстомъ въ одинъ, неповрежденные листья наружной поверхностью въ другой сосудъ. Токъ и здѣсь не замедлялъ обнаружиться и его направленіе шло постоянно отъ поврежденнаго мѣста черезъ растеніе къ наружной поверхности листа.

Кромѣ вышеприведенныхъ растеній, были изслѣдованы такимъ образомъ: дубъ, *Carpinus Bet.*, оршнина, ива, серебрястый тополь, *Paulownia imperialis*, кленъ, олеандръ, смородина, чайный кустъ, *Spiraea*, виноградная лоза, ель, кипарисъ, *Pinus lanceolata*, можжевелникъ, кашуца, рѣдка, макъ, *Tropaneolum majus*, *Sedum tectorum* и *hybridum*, папоротники и т. д. Токъ обнаруживался независимо отъ того, было ли пораненіе сдѣлано до или послѣ погруженія. Оторванныя, нѣсколько дней стоявшія въ водѣ, вѣтви, подублеклые и отпавшіе листья дѣйствовали менѣе сильно, но въ томъ же смыслѣ. Дѣйствіе обнаруживалось не всегда мгновенно, но за то сохранялось даже въ продолженіи часовъ, постепенно ослабѣвая. Два листа, висѣвшіе на одномъ растеніи, при погруженіи въ стаканы, не обнаружили тока; но когда на одномъ изъ листьевъ была сдѣлана рана, то токъ отъ него пошелъ по растенію къ неповрежденному листу. И отдѣльный листъ давалъ токъ, если погружался въ стаканы не черешкомъ, а двумя мѣстами пластинки, и если при этомъ въ одномъ мѣстѣ пластинки было сдѣлано поврежденіе; токъ въ этомъ случаѣ шелъ по листу отъ раны къ поверхности.

То же явленіе представляли цѣты и плоды. Въ зеленой корѣ каждое неповрежденное мѣсто относилось къ поврежденному той же вѣтви, какъ положительный полюсъ. Части, лежащія не-

¹⁾ Ann. de chim. et de phys. Bd. 35, стр. 401 и Pogg. Ann., XI, стр. 430.

²⁾ Pogg. Ann. Bd. 69, стр. 288.

³⁾ Bot. Zeitg. 1851, № 16.

⁴⁾ Ann. de chim. et de phys., Bd. 31, 40.

⁵⁾ Wohler, Annalen der Chemie und Pharmacie, 1854. Bd. 89, стр. 80 ff.

посредственно подъ эпидермисомъ, относятся къ верхней поверхности, какъ отрицательно-наэлектризованныя; образовательный слой (Cambium), заболонь и древесина отрицательны. Въ грибахъ (*Agaricus campestris*, *nudus*, *muscarius*, *Lycoperdon gemmatum*) верхняя поверхность шляпки, наружная поверхность ножки положительны, внутренняя ткань — отрицательна. Буффъ не нашелъ различія въ электричествѣ какъ между различными мѣстами ви́шней поверхности эпидермиса, такъ и внутреннихъ тканей, но вѣроятно различіе это было бы замѣчено, если бы щелочныя и кислыя ткани были надлежащимъ образомъ разграничены; временныя нарушенія равновѣсія онъ приписываетъ случайнымъ обстоятельствамъ. Буффъ изъ своихъ опытовъ выводитъ слѣдующія заключенія: обнаруживающіяся электрическія токи не могли первоначально существовать въ растеніи, такъ какъ ихъ можно было направлять вверхъ, внизъ, или также въ бокъ; направленіе токовъ зависитъ вполнѣ отъ произвола, именно: какимъ листомъ замыкается проводящая цѣль, въ составъ которой вводится часть растенія. Далѣе: вся зеленая листовидная верхняя поверхность растенія находится постоянно въ состояніи положительнаго электричества, между тѣмъ какъ внутреннія жидкости и корни наэлектризованы отрицательно. Электродвижительная сила, обуславливающая это электрическое состояніе, крайне незначительна, она съ процессомъ роста не находится ни въ какой непосредственной связи и зависитъ только отъ химической противоположности между водой и растительными соками. Последнее изъ этихъ положеній Буффа основывается еще на слѣдующихъ его наблюденіяхъ. При употребленіи предъидущаго прибора, два свертка изъ пропускной бумаги, пропитанные водой и загнутые каждый подъ прямымъ угломъ, были положены на стеклянную пластинку такимъ образомъ, что гладко обрѣзанные передніе концы были обращены другъ къ другу, но не соприкасались, загнутые же внизъ концы погружались, каждый, въ одинъ изъ стакановъ съ водой. Передняя поверхность одного свертка смачивалась слабой сѣрной кислотой, растворомъ поваренной соли, ѣдкимъ кали, яблочнымъ сокомъ, сокомъ сливы, и затѣмъ приводилась въ соприкосновеніе съ передней поверхностью другаго свертка; токъ постоянно шелъ отъ перваго свертка черезъ мѣсто соприкосновенія къ смоченному водой свертку, но скоро ослабѣвалъ и наконецъ прекращался. Поэтому кажется, говорить Буффъ, если смачивающій растворъ ограниченъ съ обѣихъ сторонъ водой такимъ образомъ, что на одной сторонѣ существуетъ внезапный переходъ, съ другою постепенный, тогда происходитъ токъ, направляющійся въ сторону внезапнаго перехода. Въ растеніи, по его мнѣнію, это явленіе замѣчается постоянно: эпидермисъ рѣзко разграничиваетъ лежащій подъ нимъ сокъ отъ окружающей воды, а пораненная поверхность корня напротивъ представляетъ постепенный переходъ. Ясно, что корни, убогребленные Буффомъ, имѣли тысячи пораненныхъ поверхностей въ видѣ разорванныхъ корневыхъ волосковъ, потому что невозможно корень, растущій въ почвѣ, очистить отъ послѣдней, не повредивъ его. Можно полагать, что указанія Буффа примѣнимы и къ неповрежденнымъ корнямъ, такъ какъ вполнѣ неповрежденная поверхность корней, развившихся въ водѣ, относится къ всасыванію жидкостей, къ растворамъ красящихъ веществъ и кислому марганцовокислому кали, совершенно какъ перерѣзы тканей. Впрочемъ, было бы желательно видѣть повѣрку выводовъ Буффа надъ корнями, выросшими въ водѣ.

Для доказательства весьма незначительнаго электрическаго напряженія, Буффъ составлялъ цѣль изъ листьевъ. 12 стакановъ были наполнены водой, и въ каждый былъ вставленъ глиняный сосудъ, содержащій также воду; сочные длинные листья были размѣщены такимъ образомъ, что конецъ черешка постоянно находился въ водѣ глинянаго сосуда, вершина листа въ водѣ слѣдующаго стакана. Напряженіе между первымъ концомъ черешка и послѣдней вершиной, было еще столь незначительно, что «оно едва могло равняться половинѣ напряженія гальваническаго элемента изъ цинка, мѣди и воды». Къ совершенно подобнымъ результатамъ пришли Юргенсенъ и Рейденхаймъ¹⁾, примѣнившіе методъ Дю Буа. Если листъ *Vallisneria spiralis* съ свѣжимъ поперечнымъ разрѣзомъ и поверхностью былъ подвергнутъ такому же дѣйствию, какъ мускулъ или нервъ, то въ проволоку мультипликатора обнаруживался токъ, педшій отъ поверхности къ поперечному разрѣзу, и отклонявшій стрѣлку при различныхъ опытахъ на 1°—30°, однако и здѣсь сила тока скоро ослабѣвала и въ разныхъ опытахъ необыкновенно измѣнялась. Каждый новый поперечный разрѣзъ оживлялъ электрическій токъ. Между вершиной и поверхностью листа не обнаруживалось тока. Это во всякомъ случаѣ придавало вѣроятность тому предположенію, что токъ обуславливается только химическимъ различіемъ между кѣлочнымъ сокомъ и водой, смачивающей листовую поверхность; это предположеніе подтверждается слѣду-

¹⁾ Studien des physiol. Instituts zu Breslau I, 1861, стр. 104.

щимъ опытомъ: маленькій цилиндръ, сдѣланный изъ пропускной бумаги, пропитывался водою, а на одной изъ конечныхъ поверхностей смачивался выжатымъ клѣточнымъ содержимымъ, и эта, смоченная сокомъ поверхность, соединялась съ одною проволокою, боковая поверхность съ другою; стрѣлка мультипликатора въ этомъ случаѣ показывала постоянное отклоненіе до 50°, токъ шель отъ дистиллированной воды черезъ мультипликаторъ къ клѣточному соку, т. е. соответственно направленію въ листь.

Опытъ, сдѣланный Пулье, критически разъясненъ Беккерелемъ ¹⁾. Пулье ставилъ 12 стеклянныхъ сосудовъ, покрытыхъ лакомъ, въ 2 ряда на столъ, также покрытый лакомъ; сосуды были наполнены садовой землею, и соединялись между собой и съ верхней поверхностью конденсатора металлической проволокою, между тѣмъ какъ нижняя поверхность находилась въ соприкосновеніи съ почвою. Въ землю были посажены сѣмена. Въ первые два дня они разбухали и электричества не обнаруживалось. Когда растеніица показались изъ земли, золотыя пластинки конденсатора обнаруживали избытокъ положительнаго электричества. Поэтому сосуды приняли отрицательное, а выдѣлявшіеся газы положительное электричество. Замѣчаніе (loc. cit.), «хотя химическія дѣйствія были обратны, однако ночью было то же самое явленіе», основано на заблужденіи, такъ какъ здѣсь дѣло идетъ о простомъ процессѣ прорастанія, а не объ усвоеніи. Зерна, съ которыми производили опытъ, были хлѣбныя, кресса, левоевъ, люцерны. По простествіи 3—4 дней, достаточно было одной секунды, чтобы зарядить конденсаторъ. Для удачи опыта нуженъ сухой воздухъ. Что при этихъ опытахъ вообще играетъ роль ростъ, можно только заключить изъ того указанія, что до прорастанія не замѣчается развитія электричества. Предположивши, что это вѣрно, можно принять объясненіе Беккереля; онъ справедливо называетъ прорастаніе истиннымъ стараніемъ; поэтому электрическія дѣйствія должны быть тѣ же, что при стараніи. Въ первое время, когда образующійся газъ остается въ землѣ, должно быть уравновѣшиваніе обоихъ развивающихся электричествъ. Для заряденія конденсатора углекислый газъ долженъ имѣть возможность выдѣлиться. Беккерель справедливо считаетъ это объясненіе еще недостаточнымъ, такъ какъ и испареніе и измѣненіе органическихъ веществъ самой земли могли обуславливать электрическія дѣйствія. Риссъ, повторившій этотъ опытъ ²⁾, и не подтвердившій его, выражается однако очень осторожно, говоря, что въ опытахъ, произведенныхъ Пулье, ему кажется можно допустить предположеніе о существованіи другой причины электрическаго возбужденія, совершенно не зависящей отъ роста. Риссъ наполнялъ совершенно изолированную латунную чашечку, или чаще фарфоровую ванну, влажной садовой землею, и соединялъ свой приборъ съ латуннымъ кругомъ конденсатора, въ 6 дюймовъ въ поперечникѣ, посредствомъ латунной же проволоки. Электричество, перешедшее на конденсаторъ, изслѣдовано было съ помощію вольтова электроскопа. Отъ марта до августа 1844 онъ заставлялъ проращать садовый крессъ (*Lepidium sativum*) 11 разъ, и ежедневно провѣрялъ конденсаторъ, пока крессъ не достигъ вышины въ 2 дюйма. Слѣды электричества въ конденсаторѣ замѣчались часто, но родъ электричества былъ непостоянный; нѣкоторые провѣрочные опыты, произведенные съ землею, въ которой ничего не было посажено, дѣлаютъ весьма вѣроятнымъ, что слѣды электричества не зависятъ отъ явленій роста.

¹⁾ Elemente der Electrochemie; на нѣмецк., Erfurt 1857, стр. 361.

²⁾ Riess, Pogg. Ann. 69, стр. 288.

IV.

СИЛА ТЯЖЕСТИ.

Четвертый отдѣлъ.

Дѣйствія силы тяжести на развитіе.

§ 31. Каждая частичка вещества, принимаемая растеніемъ и совершающая внутри клѣточки и въ тканяхъ самыя разнообразныя движенія, по самымъ разнообразнымъ направленіямъ, подлежатъ въ то же время постоянному влеченію внизъ, производимому на нее силою тяжести. Всѣмъ каждой частичкѣ долженъ быть преодолѣнъ тѣмъ силами, которыя самый процессъ роста получаютъ лишь изъ обмѣна другихъ силъ. Поэтому, сила тяжести производитъ на жизненные процессы растенія вліяніе постоянное, дѣйствующее на каждую матеріальную частичку, и обуславливающее собою необходимость силъ и органическихъ приспособленій, для того чтобы преодолѣть дѣйствіе тяжести на отдѣльныя малѣйшія частички.

Приспособленія въ растеніи (разсмотрѣнныя въ слѣдующемъ отдѣлѣ), имѣющія цѣлю не только принимать и поглощать корнями питательныя вещества и большія количества воды, но и прогонять ихъ вверхъ, въ высшія части дерева, необходимы на столько, на сколько они должны преодолѣть всѣ этихъ веществъ. Но кромѣ того особенная форма и образъ жизни очень многихъ растеній требуютъ еще совершенно особенныхъ приспособленій, для противодѣйствія въ извѣстные періоды развитія влеченію тяготѣнія и для того, чтобы органамъ растенія дать то положеніе и направленіе, какое необходимо для ихъ жизненныхъ отправленій. Растенія плавающія какъ на водѣ, такъ и подъ водою, представляютъ самыя разнообразныя примѣры подобныхъ приспособленій; межклѣтныя пространства, наполненныя воздухомъ, увеличиваютъ тутъ объемъ, вслѣдствіе чего удѣльный вѣсъ всего растенія регулируется именно такимъ образомъ, что оно, соотвѣтственно образу жизни, то остается подъ водою, то отдѣльныя части поднимаются на поверхность. Нерѣдко извѣстные органы преобразуются въ плавательныя снаряды, представляющіе самыя разнообразныя формы, отъ мѣшковъ

Utriculariae, до нитчатыхъ водорослей, сплетенія которыхъ поднимаются на поверхность воды съ помощью выдѣляющихся и остающихся при нихъ пузырьковъ кислорода.

Гораздо сложнѣе средства, замѣчаемыя во многихъ сухопутныхъ растеніяхъ, съ цѣлью не дать имъ опуститься подѣ влеченіемъ собственной тяжести. Плющъ по слабому стремленію стебля вверхъ и по гибкости, принужденъ бы былъ ползти по землѣ, если бы его молодыя стеблевые части не были одарены отрицательнымъ геліотропизмомъ, придавливающимъ ихъ къ прямо стоящимъ опоркамъ и если бы части не прикрѣплялись крѣпко къ опоркѣ, помощью придаточныхъ корней, развивающихся на тѣневой сторонѣ. Въ растеніяхъ, снабженныхъ усиками, форма, положеніе и способъ роста самыхъ усиковъ, также круговое движеніе молодыхъ стеблевыхъ колѣвъ рассчитаны такъ, чтобы привести въ соприкосновеніе раздражительные органы съ сосѣдними опорками. Соприкосновеніе обуславливаетъ завиваніе усиковъ около другихъ предметовъ и такимъ образомъ слабый стебель, какъ веревками, прикрѣпляется по разнымъ направленіямъ, а иначе онъ бы легъ подѣ тяжестью листьевъ и плодовъ. У вьющихся растеній, вслѣдствіе особеннаго роста тканей междуузлій, свѣсившаяся стеблевая вершина описываетъ кругъ до тѣхъ поръ, пока не прикоснется къ опоркѣ, послѣ чего, раздраженная прикосновеніемъ, начнаетъ взвиваться вверхъ; такимъ образомъ растенію дается прямое положеніе, котораго тонкій гибкій стебель, подѣ тяжестью висящихъ на немъ органовъ, безъ такой опоры не могъ бы принять. Какъ развитіе усиковъ и круговое движеніе стеблевой вершины, такъ и раздражительность междуузлій отъ прикосновенія опорки наступаютъ лишь въ то время, когда растеніе по прорастаніи сдѣлается слишкомъ высокимъ и тяжелымъ, чтобы самому держаться прямо. Если у растеній близко сродныхъ, одно имѣетъ достаточно толстый и крѣпкій стебель, для поддержанія самаго себя, то усики не доразвиваются, какъ напр. у *Vicia Faba*, между тѣмъ какъ слабый стебель *Vicia parbonensis* требуетъ вполне развитыхъ усиковъ.

Нѣтъ нужды приводить новые примѣры, число которыхъ легко можно увеличить. Безпристрастное обсужденіе ясно показываетъ, что въ подобныхъ растеніяхъ, для противодѣйствія вредному вліянію тяжести па жизненные отправления, существуютъ совершенно опредѣленные особенности организаціи, но въ бѣльшей части другихъ случаевъ стебли, вѣтви, листья и т. д. обладаютъ достаточною крѣпостью, чтобы, несмотря на тяжесть, удерживать необходимое для нихъ положеніе вверхъ, вкось или горизонтально; въ этихъ случаяхъ особенныя приспособленія не нужны и по этому не существуютъ.

Но органы прорастающаго сѣмени, почки и распускающіеся листья первоначально часто не представляютъ того положенія и направленія къ почвѣ, свѣту и воздуху, которое соотвѣтствовало бы ихъ послѣдующимъ отправлениямъ, а потому для доставленія имъ необходимаго для нихъ положенія, нужны особенныя приспособленія, — органы изгибаются до тѣхъ поръ, пока не примутъ должнаго положенія, паходящагося во всякомъ случаѣ въ опредѣленномъ отношеніи къ силѣ тяжести, слѣдовательно вообще къ положенію соотвѣтствующаго земнаго радіуса. Постоянство этихъ отношеній преимущественно и заставляетъ заключить, что направленіе этихъ движеній опредѣляется силою тяжести. Какимъ образомъ движенія

производятся, будетъ изложено впоследствии, здѣсь же только упомянемъ, что мягкія, гибкія ткани, сходныя съ студенистымъ веществомъ, просто слѣдуютъ влеченію силы тяжести, между тѣмъ какъ остальные ткани состоятъ изъ различныхъ, взаимно давящихъ слоевъ, напряженіе которыхъ измѣняется, если измѣняется ихъ положеніе къ земному радіусу, чѣмъ и обуславливаются опредѣленные изгибы. Въ послѣднемъ случаѣ тяжесть дѣйствуетъ, слѣдовательно, на способъ распредѣленія уже органически связанныхъ молекулъ.

Совершенно другой вопросъ, проявляется ли какимъ нибудь замѣтнымъ образомъ дѣйствіе тяжести малѣйшихъ частей на образованіе новыхъ клѣточекъ дѣленіемъ и на ихъ морфологическое значеніе. Основаніе для постановки этого вопроса заключается въ замѣчаніи, сдѣланномъ уже Дюгамелемъ, что при извѣстныхъ обстоятельствахъ корни появляются преимущественно на частяхъ, направленныхъ внизъ, листовыя же почки на частяхъ направленныхъ вверхъ. Предъидущее показываетъ, что отношенія тяготѣнія къ развитію весьма многосторонни, то просты, то очень запутанны, то органы для выполненія своего назначенія легко подчиняются притяженію земли (корни, многіе стебли и листовыя части), то сама сила тяжести употребляется на то, чтобы заставить органъ принять направленіе противоположное (вверхъ растущіе стебли). Изъ всѣхъ возможныхъ, частью совершенно ясно представляющихся отношеній, изъ которыхъ нѣкоторыя указаны, только немногія до сихъ поръ подробно изслѣдованы.

Что сила тяжести вообще оказываетъ дѣйствіе на ростъ, послѣ всего сказаннаго не нуждается болѣе въ доказательствѣ. Что стремленіе корней, стеблей, листьевъ и т. д. расти внизъ, вверхъ, или вкось, не основано на внутреннемъ побужденіи — также не требуетъ опроверженія, такъ какъ такое предположеніе основано на неясности воззрѣнія, которая сама собою разъясняется приведеніемъ фактовъ.

§ 32. Дѣйствія силы тяжести на состояніе напряженія тканей. Различные органы имѣютъ весьма явственное стремленіе, — принимать во время своего роста опредѣленное направленіе относительно горизонта. Додартъ и Боннетъ ¹⁾ первые обратили вниманіе на эти явленія, но послѣдній смѣшивалъ ихъ съ измѣненіями направленія, производимыми свѣтомъ, которыя не представляютъ никакаго геометрическаго и необходимаго отношенія къ горизонту. Первый шагъ къ научной обработкѣ этого вопроса сдѣлалъ уже Дюгамель, доказавши многочисленными опытами, что у проростковъ направленіе внизъ перваго корня и направленіе вверхъ перваго стебля, не опредѣляются ни вліяніемъ воздуха, ни влажности, ни почвы, ни свѣта ²⁾. Уже Де-ла-Гиръ, по выраженію Дюгамеля ³⁾, повидимому принималъ силу тяжести за причину противоположнаго направленія корня и стебля. Но лишь Найтъ ⁴⁾ высказалъ это опредѣленіе и снова обратилъ вниманіе на этотъ предметъ, придавъ ему особое значеніе своими опытами вращенія. Онъ полагалъ, что вершина корня, способная изгибаться

¹⁾ Bonnet: Recherches sur l'usage des feuilles 1754. 2 отдѣлъ.

²⁾ Phys. des arbres, II. стр. 137, ff.

³⁾ Loc. cit. стр. 140 говорится: «De la Hire explique la tendance des racines vers le centre de la terre par le poids du suc nourricier, qui les remplit.» etc.

⁴⁾ Philos. Transactions 1860, стр. 99.

внизъ, еще мягка и гибка; ея вещество, находящееся въ состояніи перехода изъ жидкаго состоянія въ твердое, подчиняется дѣйствию силы тяжести на столько, что верхинка корня опускается внизъ отъ собственнаго вѣса. Напротивъ того, ростъ стеблевой части, способной изгибаться вверхъ, основывается на расширеніи частей, организованныхъ уже ранѣе, и изгибаніе, направляющее почку вверхъ, вызывается тѣмъ, что при горизонтальномъ или косвенномъ положеніи органа, питающій сокъ, слѣдя тяжести, скопляется на нижней сторонѣ и побуждаетъ ее расти сильнѣе.

Этотъ взглядъ, приближающійся къ истинѣ, основанъ менѣе на точномъ изслѣдованіи, чѣмъ на счастливой комбинаціи; напротивъ, Дютроше ¹⁾, стараясь вывести противоположное дѣйствіе силы тяжести на растущую корневую верхинку и удлиняющіяся междуузлія изъ противоположнаго распредѣленія діосмотически дѣйствующихъ частей въ обоихъ органахъ, опирался на многостороннія, но, къ сожалѣнію, неточныя изслѣдованія; анатомическія посылки его взгляда неточны, частью совершенно ложны, его представленіе о значеніи эндосмоса для объясненія напряженія тканей неудовлетворительно. Уже Вигандъ ²⁾ показалъ, что теорія Дютроше совершенно неудовлетворительна для объясненія положенія къ горизонту одноклѣточнаго органа; впрочемъ собственная попытка Виганда объяснить это явленіе, уступаетъ въ ясности и полнотѣ ученію Дютроше и вполне опровергнуто Гофмейстеромъ.

Недостаточность упомянутыхъ до сихъ поръ изслѣдованій обнаруживается еще въ томъ, что они не даютъ возможности выразить всѣ сюда относящіеся различныя явленія даже въ формѣ эмпирическаго закона; выраженіе ³⁾ «корень имѣетъ стремленіе расти внизъ, стебель вверхъ», употребляется только для краткости выраженія, потому что положеніе, выраженное такимъ образомъ, допускаетъ слишкомъ много исключеній, чтобы имѣть значеніе закона; вѣтви, листья, цвѣты, плоды оставлены при этомъ безъ вниманія, хотя и они у каждаго вида растений принимаютъ опредѣленное направленіе къ горизонту; кромѣ того, на каждомъ главномъ корнѣ, растущемъ внизъ, встрѣчается огромное количество придаточныхъ корней, растущихъ горизонтально, косвенно, даже вверхъ; съ другой стороны пзвѣстны многочисленныя случаи горизонтально растущихъ стеблей и Дютроше неоднократно обращалъ вниманіе на вертикально внизъ идущіе стебли ⁴⁾. Лишь остроумію Гофмейстера удалось изучить относящіеся сюда явленія такимъ образомъ, что на основаніи изслѣдованій ⁵⁾, принадлежащихъ къ числу замѣчательнѣйшихъ въ области растительной физиологіи, можно установить законъ, связывающій причину съ дѣйствіемъ и весьма важный по послѣдствіямъ. По его представленію причину направленія должно искать не въ основномъ различіи между корнемъ и стеблемъ, которое въ томъ видѣ, какъ прежде принимали, фактически не существуетъ, но вообще въ различіи дѣйствія тканей обладающихъ активнымъ напряженіемъ и тканей лишенныхъ такова напряже-

¹⁾ Mémoires II, стр. 1, ff.

²⁾ Botan. Untersuchungen. Braunsch. 1854, стр. 165.

³⁾ Такъ у Декандоля *Physiol. végét.* II, стр. 817.

⁴⁾ Ann. des sc. nat. 1846, V, стр. 24.

⁵⁾ О направленіяхъ растительныхъ частей, опредѣляемыхъ силою тяжести, въ: *Berichte der math. phys. Klasse der Königl. Sächs. Gesellschaft d. Wiss.* 1860.

нiя; такія ткани могутъ находиться не только въ корнѣхъ и въ стеблѣхъ, но и во всѣхъ другихъ органахъ. Отъ времени и мѣста проявленiя этого различiя въ напряженiи тканей развивающагося органа, зависитъ направленiе, принимаемое органомъ подъ влiянiемъ силы тяжести, и различныя обстоятельства могутъ вѣдоизмѣнить результатъ такимъ образомъ, что первоначальное стремленiе къ вертикальному направленiю побуждаетъ фактически къ косвенному, даже горизонтальному росту. Нижеслѣдующiй способъ изложенiя основанъ вполне на ходѣ мыслей, развитомъ Гюфмейстеромъ. Я здѣсь исключаю доказательства въ пользу его теорiи напряженiя тканей, такъ какъ въ настоящей книгѣ этому предмету посвященъ особый отдѣлъ.

Въ удлинняющихся органахъ могутъ встрѣчаться мѣста, въ которыхъ образованныя уже клѣточки (внутри болѣе или менѣе длиннаго отрѣзка органа) не оказываютъ другъ на друга никакого напряженiя, но лежатъ пассивно другъ возлѣ друга. Ихъ клѣточные оболочки, только что начинающiя расти, тонки и мягки, и вся эта масса ткани можетъ быть сравнена съ студенистымъ, очень тягучимъ веществомъ. Въ этомъ состоянiи ткань пассивно подчиняется влеченiю силы тяжести. Если такая ткань находится подъ или надъ вершиною, въ которой происходитъ размноженiе клѣтокъ, то тяжесть этой послѣдней дѣйствуетъ при косвенномъ или горизонтальномъ положенiи органа такимъ образомъ, что мягкое, студенистое, гибкое мѣсто изгибается внизъ. Представимъ себѣ, для наглядности, цилиндрическую палочку сургуча, на одномъ концѣ крѣпко прикрѣпленную, на другомъ свободно держашуюся въ горизонтальномъ положенiи, размягчимъ сургучъ, слегка нагрѣвая, но неразжижая, немного позади свободного конца, тогда тяжести конечнаго куска будетъ достаточно, чтобы произвести въ мягкомъ мѣстѣ изгибъ, направленный внизъ. Чѣмъ мягче названное мѣсто, тѣмъ рѣзче изгибъ. Если бы, напротивъ, мягкая студенистая ткань составляла самую вершину органа, то она представила бы явленiя, совершенно сходныя съ тягучей каплей, получаемой при размягченiи самаго конца палочки сургуча. Въ этомъ лишенномъ напряженiя, чисто пассивномъ состоянiи, находится у большей части корешковъ прорастающихъ сѣмянъ, отрѣзокъ, лежащiй выше вершины корня, внѣ оцѣпенѣвшаго чехлика (*Wurzelhaube*); это именно то мѣсто, гдѣ очень молодыя клѣточки начинаютъ расти въ длину. Въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, оконечность корня, если она лежитъ косвенно или горизонтально, можетъ быть сравнена съ палочкой сургуча, размягченной позади свободного конца. Если, напротивъ, студенистое, мягкое, лишенное напряженiя мѣсто, лежитъ такъ близко къ растущей вершинѣ корня, что оно еще облечено оцѣпенѣвшимъ чехликомъ, то вслѣдствiе этого изгибъ можетъ уменьшиться или совсѣмъ наружиться.

Эти явленiя впрочемъ не ограничиваются корнемъ. Я показалъ, что при прорастанiи *Allium Cera* и *Phoenix dactylifera*, конецъ корня, выходящiй изъ сѣмени, направляется вертикально внизъ, вслѣдствiе того, что влагалищная часть сѣмянодоли, которая здѣсь первая начинаетъ расти въ длину, изгибается внизъ, очевидно отъ тяжести конца корня. Здѣсь, въ составъ свѣсившейся части, входитъ также основанiе сѣмянодольнаго влагалища, обхватывающее почку, которая вслѣдствiе этого изгибанiя подобно корню принимаетъ вертикальное положенiе. Фиг. 9 b. представляетъ нѣсколько степеней прорастанiя *Allium Cera*. А — сѣмя,



ф. 9 в.

разрѣзанное вдоль съ зародышемъ и вторичнымъ бѣлкомъ *c*; *B* — начало прорастанія; корень и часть сѣмянодоли вышли; *C* — (продольный разрѣзь) болѣе развитый зародышъ, сѣмянодоля котораго — *c* изогнута подъ острымъ угломъ внизъ (*k* — почка, *w* — корень); *D* растение, близкое къ концу прорастанія, съ колѣнообразно вогнутою сѣмянодолю (*c* — корень).

Другой примѣръ представляетъ цвѣточная ножка *Boiago officinalis*, которая достаточно мягка и лишена напряженія для того, чтобы изогнуться подъ тяжестью цвѣтка внизъ; вѣроятно это бы-

ваетъ у очень многихъ висячихъ цвѣтковъ.

Весьма яснымъ стремленіемъ слѣдовать изгибанію отъ силы тяжести внизъ, отличаются сосочки пелены (*hymenium*) *Hudium imbricatum* и *geranium*, трубки пелены *Boletus* и пластинки *Agaricus*. Напротивъ, не болѣе какъ простое предположеніе, съ моей стороны, что изгибы обратно- и искривленно-положныхъ сѣмянъ происходятъ, по крайней мѣрѣ иногда, вслѣдствіе того, что вначалѣ лишенная напряженія ткань подлежала вліянію тяжести; впрочемъ, здѣсь могутъ обнаружиться различія въ напряженіи, обуславливающія обратный результатъ.

Что у возрастающихъ вершинъ стебля и вѣтвей могутъ быть мягкія мѣста, способныя изгибаться пассивно, — во всякомъ случаѣ вѣроятно, и по Гофмейстеру ничто не противорѣчитъ тому, что напр. опусканіе внизъ вершиной почки побѣговъ *Turpha latifolia*, происходитъ отъ непосредственнаго дѣйствія силы тяжести на пластическую еще ткань (это предположеніе можетъ имѣть значеніе только до тѣхъ норъ, пока почки находятся между листовыми влагалищами маточной оси)¹⁾.

Листовая почка прорастающихъ двусѣмянодольныхъ (какъ *Phaseolus*, *Ricinus*, *Vicia*, *Tropaneolum* и т. д.), свѣшивается вначалѣ на стеблевой части, изогнувшейся подъ острымъ угломъ внизъ, вѣроятно потому, что тяжесть почки тянетъ внизъ мягкую часть молодого стеблевого колѣна. Позднѣйшее появленіе напряженія тканей въ этомъ мѣстѣ выпрямляетъ изгибъ и приподнимаетъ почку.

Фактъ, замѣченный впервые Вигандомъ и Гофмейстеромъ, что п одноклѣточные органы, каковы напр. корневья клѣточки *Nitella*, проэмбрія папоротниковъ и почки размноженія маршанцій, подобно многоклѣточнымъ тканямъ, свѣшиваются внизъ подъ влеченіемъ тяжести, доказываетъ, что въ обоихъ случаяхъ явленіе зависитъ не отъ клѣточного содержимаго, а отъ гибкости и мягкости (отсутствія напряженія) самой клѣточной оболочки. Въ многоклѣточной ткани, въ части изогнувшейся внизъ, всѣ клѣточные оболочки находятся въ томъ состояніи, въ какомъ находится возрастающая на вершинѣ часть корневыхъ волосковъ вышеупомянутыхъ растений.

Лишеннымъ напряженія, студенистымъ, тягучимъ состояніемъ корневого конца, способнаго изгибаться внизъ, легко также объяснить, почему корни, встрѣчающіе въ почвѣ горизонтальную твердую поверхность и прикасающіеся къ ней

¹⁾ *Botan. Zeitg.* 1862. Изображенія таб. IX, фиг. 2 и 3 и *Botan. Zeitg.* 1863, таб. III, фиг. II и III и фиг. 1 до 6.

въ косвенномъ направленіи, не только плотно прилегають къ этой поверхности, но даже распространяются по ней, такъ что цилиндрическая поверхность дѣлается въ мѣстѣ прикосновенія плоскою. Иногда, когда корень проникаетъ сквозь узкія щели, онъ принимаетъ лентовидную форму. Если возрастающій корень встрѣчаетъ препятствіе въ твердой почвѣ, не допускающей бокового изгибаія старыхъ частей, то онъ расширяется выше органической вершины, мягкія части подъ давленіемъ удлиняющихся старыхъ клѣтокъ, прижимаются къ неподвижной вершинѣ и бывають принуждены распространиться въ сторону; подобнаго рода явленія нерѣдки у горшечныхъ растений.

Если мягкая, лишенная напряженія ткань растущей части, напр. вершины корня, одновременно подлежитъ влеченію тяготѣнія и горизонтально дѣйствующей силѣ, то изгибъ приметъ положеніе, соответствующее равнодѣйствующей обѣихъ силъ. Это происходитъ, когда прорастающія сѣмена вращаются, по способу Найта, вокругъ вертикальной оси въ горизонтальной плоскости. Проявляющаяся при этомъ центробѣжная сила дѣйствуетъ горизонтально и стремится отбросить въ сторону вершину корня, которая въ мягкой части подвижна, — подобно тому, какъ шаръ, висящій на ниткѣ, при такихъ условіяхъ получаетъ размахъ, соответствующій величинѣ центробѣжной силы, а натянутая нить принимаетъ направленіе, вытекающее изъ силы тяжести и центробѣжной силы. Очевидно, что съ возрастающей скоростью вращательнаго движенія усиливается центробѣжная сила и обуславливается направленіе корня, все болѣе и болѣе приближающееся къ горизонтальному.

Если разсматриваемая до сихъ поръ часть тканей удлиняющагося органа немного состарѣлась, то клѣточные оболочки (у одноклѣточныхъ — части клѣточной оболочки) теряють прежнюю гибкость и въ разсматриваемой части органа наступаетъ новое состояніе равновѣсія. Измѣненія, связанныя съ ростомъ, весьма различны въ различныхъ тканяхъ, параллельныхъ оси; одни продолжаютъ удлиняться вслѣдствіе самостоятельнаго роста, другія скоро прекращають свое удлиненіе, или самостоятельное удлиненіе дѣлается медленнѣе. Эти различные слои между собою однако срастаются и должны относительно другъ друга находиться въ состояніи взаимнаго напряженія. Мы можемъ, для упрощенія, представить себѣ дѣло такимъ образомъ, что часть слоевъ лишена самостоятельнаго стремленія расширяться и что части, параллельныя осп роста, одни съ самостоятельнымъ, другія безъ самостоятельнаго стремленія расширяться. Въ одноклѣточныхъ органахъ, напр. въ быстро удлиняющихся междуузліяхъ *Nitella*, въ клѣточкахъ *Vaucheria*, часть активно расширяющуюся составляютъ внутренніе слои клѣточной оболочки, кутикула перестаетъ самостоятельно расширяться, а такъ какъ она срастается съ первыми, то расширяется пассивно и притомъ до тѣхъ поръ, пока ея эластичность не уравновѣситъ расширяющее стремленіе внутреннихъ слоевъ. Органъ поэтому долженъ быть короче, чѣмъ онъ сдѣлался бы въ силу однихъ внутреннихъ клѣточныхъ слоевъ, но длиннѣе кутикулярнаго слоя самого по себѣ. Его дѣйствительная длина опредѣляется взаимнымъ напряженіемъ различныхъ концентрическихъ слоевъ. Въ многоклетчатыхъ органахъ мѣсто кутикулы занимаетъ многоклетчатый эпидермисъ съ кутикулярными слоями, а на мѣстѣ растяжимыхъ внутреннихъ слоевъ клѣтки *Nitella* мы имѣемъ сочную паренхиму.

Но въ большей части случаевъ усложненіе идетъ далѣе, — паренхима проникается отдѣльными сосудистыми пучками, или раздѣляется на сердцевину и кору кольцомъ сосудистыхъ пучковъ. Но во всѣхъ случаяхъ одревенѣвшая паренхима сосудистаго пучка представляетъ явленія, сходныя съ кутникулею; она теряетъ активное стремленіе расшириться и подчиняется, на сколько позволяетъ ей эластичность, влеченію окружающей ее паренхимы.

Если мы паренхиму, или соотвѣтствующіе ей внутренніе слои одноклѣточнаго органа, расширяющіяся самостоятельно, назовемъ, для краткости, общимъ выраженіемъ: «активно расширяющимся тѣломъ» (Schwellkörper), а пассивно расширяющіяся части во всѣхъ случаяхъ (кутикула, эпидермисъ, сосудистый пучокъ) «пассивными слоями», то явленія можно объяснить слѣдующимъ способомъ. Когда лишенная напряженія, студенистая, пассивно повинующаяся силѣ тяжести часть возрастающаго органа начнетъ быстро удлиняться, то слои, параллельные оси роста, дифференцируются на активно расширяющіеся и на пассивные. Если органъ въ этомъ состояніи образуетъ съ горизонтомъ острый уголъ, или даже лежитъ горизонтально, то онъ изгибается вогнутой стороной вверхъ, такимъ образомъ, что свободная, возрастающая вершина приподымается до тѣхъ поръ, пока части, лежащія выше загнувагося мѣста, не примутъ вертикальное положеніе, или до тѣхъ поръ, пока выпрямляющая сила не будетъ уравновѣшена вѣсомъ перевѣсившейся части. Если послѣдній (вѣсъ) достаточно великъ, то понятно, что несмотря на стремленіе къ поднятію, весь органъ всетаки можетъ быть удерживаемъ въ горизонтальномъ положеніи, или даже можетъ изогнуться внизъ, подобно упругой палочкѣ, съ тяжестью на одномъ концѣ.

Фактически проявляющееся изгибаніе вверхъ, или стремленіе къ нему, по Гофмейстеру обуславливается тѣмъ, что нижняя сторона косвенно поставленнаго органа удлиняется сильнѣе верхней стороны; поэтому первая дѣлается выпуклой, послѣдняя вогнутой. Но сильное удлинненіе нижней долевои половины ¹⁾ обуславливается не увеличеніемъ активнаго расширенія, а увеличеніемъ растяжимости нижняго пассивнаго слоя. Гофмейстеръ приводитъ въ пользу этого слѣдующее доказательство: если бы причиной изгибанія вверхъ было увеличеніе силы активнаго растяженія нижней стороны, то по удаленіи пассивныхъ слоевъ, изгибъ долженъ усилиться. Если, напротивъ, удлинненіе нижней стороны обуславливается увеличеніемъ расширяемости нижняго пассивнаго слоя, то по удаленіи пассивныхъ слоевъ изгибъ активно расширяющагося тѣла долженъ уменьшиться или совершенно уничтожиться. Послѣднее фактически проявлялось, когда Гофмейстеръ, у загнувагося вверхъ листа *Allium Cera*, снялъ эпидермисъ. Изгибаніе вверхъ, слѣдовательно, обуславливается тѣмъ, что при равномерномъ распределеніи активнаго расширенія, увеличивается расширяемость пассивнаго слоя нижней стороны, такъ что здѣсь соотвѣтствующая часть активно расширяющагося тѣла фактически можетъ расшириться сильнѣе, чѣмъ на верхней сторонѣ. Причина изгибанія заключается, такимъ образомъ, въ активно расширяющемся тѣлѣ (Schwellkörper); часть живой силы этого тѣла употребляется на то, чтобы расширить нижній пассивный слой и такимъ образомъ изогнуть цѣлый органъ.

¹⁾ Предположеніе, что изгибаніе вверхъ обуславливается укорачиваніемъ верхней стороны, опровергъ Гофмейстеръ несомнѣннымъ доказательствомъ, что верхняя сторона также удлиняется, но только менѣе нижней стороны (Гофмейстеръ I. с., стр. 131).

Если способность, вслѣдствіе которой органъ, поставленный случайно ко-свенно къ горизонту, приподымается и становится къ нему вертикально (или стремится къ этому, на сколько допускають другія силы), основывается на указанныхъ отношеніяхъ напряженія и на ихъ измѣненіяхъ отъ силы, дѣйствующей отвѣсно къ горизонту, то каждый органъ, представляющій подобныя условія организаціи, независимо отъ морфологическаго его значенія, долженъ приподыматься вверхъ, коль скоро выведенъ изъ горизонтальнаго положенія. Неопровержимое подтвержденіе этого вывода представляетъ фактъ, открытый Гофмейстеромъ, что всѣ растущіе корни имѣють свойство изгибаться вверхъ, и притомъ въ тѣхъ частяхъ, которыя лежатъ за мягкимъ мѣстомъ, обусловливающимъ изгибаніе внизъ, слѣдовательно въ частяхъ болѣе старыхъ, чѣмъ послѣднее. Другими словами: одинъ и тотъ же отрѣзокъ удлинняющагося органа, который во время опредѣленной фазы развитія слѣдовалъ пассивно влеченію силы тяжести внизъ, при дальнѣйшемъ развитіи, вслѣдствіе появленія напряженія тканей, приводится нѣсколько часовъ спустя въ состояніе, въ которомъ онъ изгибается подъ вліяніемъ той же силы тяжести вверхъ. Въ первыхъ междоузліяхъ прорастающихъ двусѣмяно-дольныхъ замѣчается то же, что и въ корнѣ; появленіе напряженія ткани подвигается въ молодомъ стеблѣ по направленію отъ шейки къ почкѣ. Вначалѣ стеблевая ткань дотога мягка, что подъ тяжестью почки изгибается колѣнообразно внизъ; мѣсто сгиба постоянно подвигается вверхъ, до тѣхъ поръ, пока наконецъ (большею частью лишь послѣ выхода изъ подъ земли) напряженіе не проявится непосредственно подъ свѣсившимся перышкомъ въ поддерживающемъ его междоузліи, вслѣдствіе чего происходитъ приподнятіе и почка выпрямляется.

Такъ какъ различныя (не одинаковаго возраста) части растущаго органа изгибаются, вслѣдствіе силы тяжести, то внизъ, то вверхъ, такъ какъ эти изгибающіяся мѣста, вслѣдствіе развитія, постоянно перемѣщаются, и такъ какъ то одно, то другое направленіе преобладаетъ, или же усиливается, или ослабляется побочными обстоятельствами, то эти, въ сущности очень простыми приспособленіями, объясняется огромное разнообразіе въ направленіяхъ и изгибахъ органовъ. Преобладаніе у подземныхъ органовъ (корней, побѣговъ) направленія косвеннаго и вертикальнаго книзу, у надземныхъ же вообще направленія косвеннаго и вертикальнаго къверху, я полагаю должно быть приписано: во-1) тому обстоятельству, что вслѣдствіе вліянія свѣта (оставляя въ сторонѣ гелиотропизмъ) увеличивается напряженіе тканей, между тѣмъ какъ подземная темнота способствуетъ студенистому пассивному состоянію молодыхъ тканей. Во-2) при равномъ распредѣленіи напряженія въ подземныхъ и надземныхъ органахъ, существуютъ обстоятельства, обусловливающія для подземныхъ органовъ преимущественно нисходящее, а для надземныхъ восходящее направленіе. Органы, развивающіеся въ твердой почвѣ, могутъ своею мягкою пластическою вершиною, подчиняясь тяжести, проникать въ узкія скажины, подобно густой жидкости; стремленіе же къверху, свойственное лишь болѣе старымъ частямъ, большею частью не можетъ проявляться вслѣдствіе сопротивленія окружающей твердой почвы. Напротивъ, придаточные корни, идущіе по поверхности, особенно у растеній, развивающихся въ темнотѣ, часто выходятъ изъ подъ почвы, приподымаются, но затѣмъ возрастающею вершиною опускаются опять внизъ (*Zea*, *Phaseolus*, клубневые побѣги, *Helianthus tuberosus* и т. д. въ темнотѣ).

Наземные органы развиваются при иныхъ условіяхъ: у нихъ молодья части, пока они еще лишены напряженія, свѣшиваются внизъ, но когда въ нихъ затѣмъ проявляется различіе въ напряженіи тканей, то они не встрѣчаютъ препятствія подняться и остаются въ этомъ положеніи, потому что по прекращеніи удлинненія, форма дѣлается постоянной вслѣдствіе одеревянѣнія и, вообще, вслѣдствіе устойчивости окончательно развитой ткани.

Объ указаннаго причины достаточно объясняютъ, почему у наземныхъ органовъ преобладаетъ направленіе вверхъ, а у подземныхъ внизъ. Горизонтальное направленіе въ обоихъ случаяхъ должно бы встрѣчаться одинаково часто. Такое направленіе свойственно большею частью боковымъ органамъ, которые, выходя изъ вертикальныхъ осевыхъ частей въ горизонтальномъ направленіи, находятъ въ разнообразныхъ побочныхъ обстоятельствахъ препятствіе къ изгибанію кверху или внизъ. Въ листьяхъ, въ черешкѣ, пластинкѣ и нервяхъ, напряженіе тканей распредѣляется, повидимому, въ неодинаковой степени на верхней и нижней сторонахъ и притомъ такъ, что, несмотря на изгибаніе, производимое силою тяжести, листья все-таки верхнюю сторону обращаютъ къ зениту. Точныхъ изслѣдованій объ этомъ, однако, еще не сдѣлано.

Вообще, въ распредѣленіи тканей, какъ лишенныхъ напряженія, а потому изгибающихся внизъ, такъ и тканей, стремящихся вслѣдствіе напряженія вверхъ, ясно проявляется, подобно тому какъ при гелиотропизмѣ, принаравливаніе ко всему ходу жизненныхъ отправленій растенія и къ условіямъ его сохраненія. Дѣйствія гелиотропизма у наземныхъ органовъ обыкновенно комбинируются съ дѣйствіемъ силы тяжести такимъ образомъ, что различнымъ частямъ сообщаются положенія, необходимыя для ихъ отправленій. Не рѣдко замѣчается, что у сильно удлиняющихся органовъ нѣкоторыя части, отличающіяся по строенію, долгое время сохраняютъ способность изгибаться вверхъ, между тѣмъ какъ промежуточные части деревянѣютъ или вообще утрачиваютъ способность изгибаться; такъ напримѣръ, сочлененія у черешковъ *Papilionaceae* сохраняютъ способность изгибаться, между тѣмъ какъ стеблевая часть и собственно черешокъ скоро лишаются этой способности.

Еще рѣзче это въ соломинѣ злаковъ; междуузлія и влагалища листьевъ у нихъ нечувствительны къ вліянію силы тяжести, но узлы, т. е. вздутыя основанія влагалища, сохраняютъ долгое время молодое состояніе, отличающееся сильнымъ напряженіемъ тканей. Если тонкая соломина вѣтромъ перегнута на бокъ, то междуузлія и влагалища остаются прямыми, узлы же изгибаются вверхъ (что проявляется и въ темнотѣ) и притомъ часто въ такой степени, что два смежныя междуузлія соломинки образуютъ одинъ съ другимъ почти прямой уголъ, причемъ нижняя сторона узла длиною иногда бываетъ вдвое болѣе верхней. Дѣйствующая при этомъ сила часто поднимаетъ соломинку длиною въ 2—3 фута и съ колоскомъ на вершинѣ; тутъ, слѣдовательно, сила тяжести дѣйствуетъ на очень длинный рычагъ, сила напряженія, напротивъ, на короткое плечо рычага. Еще рѣзче проявляется эта сила у стеблей манса съ полузрѣлыми початками. Въ нѣкоторыхъ другихъ случаяхъ сила, обусловливаемая напряженіемъ тканей, очень незначительна и не въ состояніи преодолѣть силы тяжести свѣсившейся части, такъ что существующее въ ткани стремленіе кверху не можетъ



ф. 10.

проявиться и вѣтвь свѣшивается внизъ подъ влеченіемъ тяжести, дѣйствующей на длинное плечо рычага. Подобное замѣчается, напримѣръ, у плакучаго ясеня, характерный видъ котораго обусловливается длиною и тонкостію вѣтвей; листья тутъ дѣйствуютъ на болѣе длинное и вмѣстѣ съ тѣмъ на болѣе гибкое плечо рычага, чѣмъ у обыкновенной формы ясеня.

«Иная причина обусловливаетъ, говоритъ Гофмейстеръ ¹⁾, вертикально или косвенно книзу направленный ростъ извѣстныхъ стеблевыхъ образованій, напримѣръ, побѣговъ *Turpa*, *Sarganium*, нѣкоторыхъ побѣговъ *Equisetum arvense*. Подобнаго рода побѣгамъ свойственъ вообще ранній и несоразмѣрно сильный ростъ въ толщину. Вблизи вегетативной вершины образуется у нихъ множество тѣсно стоящихъ листьевъ и притомъ прежде, чѣмъ наступитъ удлинненіе междоузлій, затѣмъ наступаетъ удлинненіе междоузлія, отстоящаго отъ вегетативной вершины на опредѣленное число колѣнъ; въ данное время удлинняется, и притомъ съ необыкновенною живостью, всегда только одно междоузліе. Удлинненіе междоузлій въ подземныхъ побѣгахъ сплннѣе, чѣмъ въ надземныхъ. Въ оконечности стебля, находящейся въ состояніи почки, состоящей изъ тѣсно сближенныхъ листьевъ, не замѣчается различія въ напряженіи различныхъ анатомическихъ системъ». Если побѣгъ, представляющій такое развитіе, при самомъ своемъ появленіи направленъ внизъ, или если онъ вслѣдствіе развитія другихъ частей отклоняется при своемъ появленіи вбокъ и внизъ, то при описанномъ ходѣ развитія онъ будетъ продолжать расти въ первоначальномъ направленіи, потому что въ плотной почвѣ не можетъ проявиться стремленіе вверхъ. Если же подобныя побѣги лежатъ въ водѣ, или если по отмираніи главной оси увеличивается ихъ сила роста, то удлиняющіяся междоузлія изгибаются вверхъ и побѣгъ преобразуется въ восходящій стебель ²⁾.

Весьма простой и наглядный примѣръ тканей, направляющихся пассивно внизъ и изгибающихся активно вверхъ, представляютъ шляпочные грибы. Пенёкъ, обладающій весьма значительнымъ напряженіемъ тканей, изгибается сплпно вверхъ, если выведенъ изъ вертикальнаго положенія, такъ что шляпка принимаетъ горизонтальное положеніе. Если пенёкъ слишкомъ коротокъ, или встрѣтитъ какое либо препятствіе, такъ что шляпка не можетъ принять горизонтальнаго положенія, то остается въ косвенномъ положеніи, колючки, трубки, или пластинки пелены (*hymenium*) опускаются въ нѣсколько часовъ внизъ. Отвердѣніе тканей, наступающее у нѣкоторыхъ листовыхъ мховъ вскорѣ послѣ ея образованія, часто ведетъ за собой замѣчательную нечувствительность къ вліянію силы тяжести. Нерѣдко можно видѣть эти растения растущими совершенно горизонтально изъ вертикальныхъ каменныхъ стѣнъ, или даже косвенно внизъ, не обнаруживая стремленія къ изгибу вверхъ. Подобной же причинѣ должно, можетъ быть, приписать то, что, какъ уже замѣтилъ Дюгамель, омега или совершенно не изгибается кверху, или же обнаруживаетъ весьма слабыя изгибы.

До сихъ поръ было гдворено только о внутреннихъ состояніяхъ тканей, а за внѣшнюю, дѣйствующую на нихъ силу, была принята безъ дальнѣйшихъ разсужденій сила тяжести. Осталось поэтому еще рѣшить два вопроса, именно: 1) на какомъ основаніи принимается сила тяжести за причину, дѣйствующую на со-

¹⁾ Л. с., стр. 205.

²⁾ Дальнѣйшія подробности объ этомъ у Гофмейстера I. с., стр. 206 и 207.

стояніе напряженія и 2) если сила тяжести принимаетъ участіе также при изгибахъ вверхъ, то въ какомъ родѣ надо представлять себѣ ея участіе. Эти вопросы тѣмъ болѣе должны быть возбуждены, что первый до сихъ поръ не былъ подвергнутъ достаточно строгой критической обработкѣ, а второй еще совсѣмъ не былъ поднятъ.

Въ литературѣ весьма распространенъ взглядъ, что будто опыты вращенія Найта въ первый разъ дали доказательство тому, что сила тяжести есть именно та сила, которая опредѣляетъ направленіе корня и стебля. Эти, впрочемъ, столь поучительные и важные опыты показали только, что на растенія дѣйствуетъ сила, приблизительно по отвѣсному направленію, но не болѣе того; это притомъ и не нуждается въ такого рода доказательствѣ, тѣмъ болѣе, что опыты вращенія, въ томъ видѣ какъ они до сихъ поръ производились, не даютъ строгаго доказательства тому, что дѣйствующая при этомъ сила есть отвѣсная. Опыты Найта дѣйствительно доказали, и въ этомъ онъ самъ видитъ ихъ достоинство, что на направленіе частей растенія дѣйствуетъ внѣшняя сила; но и для доказательства этого факта не было необходимости въ опытахъ вращенія. Для строгаго доказательства того, что дѣйствіе силы тяжести должно быть приписано землѣ, требуется доказать: 1) что направленіе силы совпадаетъ вполнѣ съ положеніемъ маятника въ данномъ мѣстѣ и 2) что напряженіе искомой силы вполнѣ соотвѣтствуетъ по величинѣ притяженію земли. Ни то, ни другое до сихъ поръ не доказано и опыты вращенія Найта доказываютъ это менѣе, чѣмъ обстоятельства и безъ того извѣстныя. Для того, чтобы опыты Найта дали требуемыя доказательства, необходимо, чтобы вычисленіемъ можно было показать, что косвенное направленіе, принимаемое корнемъ и стеблемъ горизонтально вращающагося зародыша, вполнѣ опредѣляются съ одной стороны напряженіемъ и направленіемъ силы тяжести, а съ другой — центробѣжною силою. Но если взять во вниманіе трудное опредѣленіе истиннаго направленія столь неправильнаго тѣла, какъ ось зародыша, то на совпаденіе вычисляемаго и наблюдаемаго направленія можно смотрѣть только какъ на случайность; и вычисления, сдѣланныя Вигандомъ, представляютъ столь значительныя отклоненія отъ наблюдаемыхъ величинъ, что изъ нихъ можно вывести все что угодно, но только никакъ не искомое доказательство.

Результаты, полученные при опытахъ, какъ съ горизонтальною плоскостью вращенія, такъ и съ вертикальною, показываютъ только то, что искомая сила дѣйствуетъ снизу вверхъ — фактъ, который столь же наглядно доказывается простымъ переворачиваніемъ прорастающаго сѣмени, какъ это дѣлалъ Дюгамель. Опыты вращенія, слѣдовательно, не даютъ строгаго доказательства въ пользу того, что искомая сила есть сила тяжести, а если ограничиваться одною вѣроятностію, то и въ этомъ случаѣ подобныя опыты уступаютъ въ доказательности многимъ другимъ фактамъ.

Что касается до изгибанія внизъ тканей, лишенныхъ напряженія, напримѣръ, ифкоторыхъ корневыхъ верхушекъ пелены шляпочныхъ грибовъ и т. д., то это явленіе до того сходно съ движеніемъ мягкаго вещества, подлежащаго дѣйствію тяжести, что для меня этого одного достаточно, если удовлетворяться вѣроятностію.

Что касается, съ другой стороны, до изгибанія вверхъ тканей, находящихся въ состояніи напряженія, то ежедневный опытъ показываетъ, что при

этомъ дѣйствуетъ сила, приблизительно отвѣсная. Единственное вѣроятное основаніе въ пользу мнѣнія, что эта сила дѣйствительно направляется къ центру тяжести земли, я въ настоящее время нахожу исключительно въ томъ, что однородныя растенія подъ всѣми географическими широтами и долготами представляютъ одно и то же направленіе по отношенію къ горизонту, фактъ, который притомъ можно считать доказаннымъ только потому, что до сихъ поръ никто не утверждалъ противнаго. Если бы сила, направляющая растенія, не исходила изъ центра тяжести земли, то они въ различныхъ мѣстахъ представляли бы видимо различныя наклоненія къ горизонту, что безсомнѣнія бросилось бы въ глаза путешественникамъ. Въ обоихъ случаяхъ вѣроятностію опредѣляется только направленіе искомой силы, которая, на сколько учитъ очевидность, совпадаетъ съ силою тяжести. Но, для доказательства тождества степени напряженія искомой силы съ напряженіемъ силы тяжести, нѣтъ даже оснований, имѣющихъ значеніе вѣроятности. Несмотря на все это, я подобно другимъ убѣжденъ въ томъ, что сила тяжести есть дѣйствительно та сила, которая обуславливаетъ изгибанія растеній внизъ и вверхъ, руководствуясь при этомъ тѣмъ простымъ доводомъ, что нельзя себѣ представить другой силы, которая бы могла произвести такое дѣйствіе. Степень вѣроятности этихъ предположеній опытами Найта нисколько не увеличивается.

Дѣйствіе силы тяжести на лишенные напряженія и свѣшывающіяся ткани, могло быть разъяснено по крайней мѣрѣ примѣромъ. Разумѣется, что этимъ еще не объясняются происходящіе при этомъ процессы. Относительно изгибанія вверхъ, опираясь на вышеприведенныя указанія Гофмейстера, можно сказать только то, что дѣйствію силы тяжести должны подлежать непосредственно пассивныя слои нижней стороны, дѣлающей выпуклою. Остается показать, отчего въ органѣ, направленномъ косвенно или горизонтально, сила тяжести дѣйствуетъ такъ, что уменьшаетъ эластичность ниже лежащихъ пассивныхъ слоевъ въ большей степени, чѣмъ верхнихъ. Разница въ эластичности кожицы верхней и нижней стороны, производимая тяжестью, во всякомъ случаѣ слишкомъ велика, чтобы могла быть объясняема разностию въ разстояніяхъ той и другой отъ центра тяжести земли. Скорѣе слѣдуетъ допустить, что причина заключается въ самомъ органѣ, такъ какъ напряженіе силы тяжести для верхней и нижней сторонъ почти одно и то же. Если бы изгибаніе вверхъ обуславливалось усиленіемъ активности нижней стороны самостоятельно расширяющейся части, это можно бы, какъ дѣлалъ Найтъ, приписать усиленному питанію нижней стороны или значительному отложенію воды въ ея клѣточныхъ оболочкахъ. Можно бы себѣ представить, что, на примѣръ, въ горизонтально лежащихъ клѣточкахъ стебля *Nitella*, вся тяжесть клѣточного сока давитъ на нижнюю сторону стѣнки ¹⁾, и что вода вдавливается въ нижнюю сторону клѣточной оболочки съ силою, пропорціональною поперечнику клѣточной полости (равному высотѣ жидкости); вслѣдствіе этого частицы воды отлагаются между частіцами оболочки, раздвигая ихъ и обуславливая такимъ образомъ активное удлинненіе соотвѣтственной части

¹⁾ Весь этотъ способъ объясненія основанъ на доказанномъ Гофмейстеромъ фактѣ, что активное расширеніе ткани основывается главнымъ образомъ не на давленіи клѣточного сока на оболочку, но на взаимномъ напряженіи самыхъ молекулъ клѣточной оболочки (см. напряженіе тканей).

кѣлочной оболочки. Это объясненіе приложимо и для многокѣлочнаго тѣла, однако должно быть оставлено въ сторонѣ, если требуется разъяснить первоначальную причину къ изгибанію вверхъ; потому что въ этомъ случаѣ должно показать, какимъ образомъ увеличивается растяжимость нижняго пассивнаго слоя. Я, тѣмъ не менѣе, думаю, что этотъ способъ объясненія съ нѣкоторымъ видоизмѣненіемъ примѣнимъ и въ этомъ случаѣ. Не упуская изъ вида результатовъ, добытыхъ Гофмейстеромъ, мы предположимъ, что активно расширяющіеся слои кѣлочной плевы постоянно пропитываются maximum'омъ воды изъ кѣлочнаго сока. При такомъ предположеніи въ одной цилиндрической, горизонтально лежащей кѣлочкѣ (напримѣръ, *Nitella*, *Vaucheria*), получимъ сверху внизъ слѣдующіе слои:

- 1) пассивный слой (*cuticula* верхней стороны);
- 2) активно расширяющееся тѣло (внутренніе слои кѣлочной оболочки);
- 3) содержимое кѣлочки (протоплазма и кѣлочный сокъ);
- 4) активно расширяющееся тѣло (внутренніе слои кѣлочной оболочки);
- 5) пассивный слой (*cuticula* нижней стороны).

Кѣлочка наполнена вполнѣ и внутренніе слои кѣлочной оболочки обладаютъ сильнымъ стремленіемъ всасывать воду, вслѣдствіе чего вода кѣлочнаго сока съ большой и равномерною силою отлагается въ слояхъ 2-мъ и 4-мъ. Но при горизонтальномъ положеніи кѣлочки, еще должно взять въ расчетъ вѣсъ частицъ воды, вслѣдствіе котораго они будутъ стремиться книзу, и на частицы воды въ слой 4-мъ будетъ происходить давленіе, пропорціональное поперечнику полости (т. е. слою 3-му). Подъ вліяніемъ собственной тяжести и вслѣдствіе давленія 3-го слоя, водяныя частицы 4-го слоя будутъ опускаться, и это тѣмъ болѣе, что слой 4-й уже насыщенъ водою и потеря протекающая отъ опусканія какой либо частицы тотчасъ вознаграждается изъ кѣлочнаго сока. Стремленіе пассивныхъ слоевъ 1-го и 5-го, отложить въ себѣ воду, очень незначительно, а потому небольшой избытокъ воды въ слой 5-мъ долженъ произвести значительную разницу въ напряженіи этого слоя въ сравненіи съ слоемъ 1-мъ. Такой избытокъ воды въ 5-мъ обусловливается вѣсомъ частицъ воды въ слой 4-мъ и силою давленія кѣлочнаго сока. Проникновеніе водяныхъ частицъ въ слой 5-й должно уменьшить притяженіе частицъ вещества въ слой 5-мъ, т. е. уменьшить его эластичность или увеличить растяжимость. Несмотря на незначительный избытокъ воды въ 5-мъ слой и на малое увеличеніе его растяжимости, сильное взаимное напряженіе, существующее между 4-мъ и 5-мъ слоями, вызоветъ незначительное расширеніе слоя 5-го. Къ этому еще присоединяется то, что въ растущемъ органѣ, напряженіе активно расширяющагося тѣла постоянно такъ велико, что послѣднее стремится расширить пассивные слои за предѣлы ихъ эластичности. Какъ скоро это совершится, то частицы 5-го слоя принимаютъ новое положеніе равновѣсія, удаляясь болѣе другъ отъ друга, вслѣдствіе чего они въ состояніи принять снова небольшое количество воды, и слой снова становится болѣе растяжимымъ. Этотъ процессъ, повторяясь, долженъ наконецъ привести къ замѣтному результату. Очевидно, что въ растеніи, возвращающемся въ горизонтальной плоскости, центробѣжная сила комбинируется съ силою тяжести, и водяныя частицы отбрасываются къ периферической сторонѣ, отлагаясь въ большемъ количествѣ во внѣшней сторонѣ, тѣмъ и обусловливается изгибъ, выпуклый кнаружи.

Если объясненіе это вѣрно, то оно имѣетъ значеніе не только для отдѣльной кліточки, но и для тканей, на которыя его уже легко перенести.

Что на растущія части растенія вліяетъ сила, дѣйствующая извиѣ почти въ вертикальномъ направленіи, всего проще доказывается, если, какъ дѣлалъ Дюгамель, помѣщать проростки въ различныя положенія къ горизонту. Для избѣжанія изгибовъ отъ вліянія свѣта, необходимо оставлять растенія въ темнотѣ. Для устраненія возраженія, что изгибы обусловливаются неравномѣрнымъ распредѣленіемъ влажности окружающей среды, должно помѣстить растеніе въ пространство, со всѣхъ сторонъ равномѣрно влажное; это условіе соблюдено, напримѣръ, для водныхъ растеній. Я нахожу удобнымъ опытъ производить такимъ образомъ, какъ это представлено на рисункахъ. Въ фиг. 11 и 12 *u* блюдо, наполненное мелкимъ пескомъ. На немъ стоитъ стеклянный сосудъ *F* съ водой *h*; крышка *D* (фиг. 11) или пробка *k* (фиг. 12) закрываютъ сосудъ



ф. 11.



ф. 12.

чтобы все пространство удержать насыщеннымъ паромъ. Пробка *k* служитъ въ обоихъ случаяхъ для пропуска тонкой проволоки *d*, къ концу которой привѣшено прорастающее сѣмя *s*. Стеклянные сосуды закрыты пріемниками *R*; послѣдніе состоятъ изъ толстаго окрашеннаго въ чернѣйшій цвѣтъ картона и нижнимъ краемъ вдавлены въ песокъ блюда. Этимъ способомъ получается весьма темное пространство и такъ какъ аппаратъ легокъ и малъ, то его легко можно поставить еще въ болѣе обширное темное пространство. Если температура благоприятна, то послѣ 6—10 часовъ пріемникъ *R* можно снять и наблюдать за процессомъ развитія, ни сколько его не нарушая.

Проростки *Tropaeolum majus*, представленныя на фигурахъ, пролегли въ приборѣ ночь приблизительно при 12° Ц. Стебелекъ еще очень молодой, въ обоихъ случаяхъ изгибается вверхъ въ своей болѣе старой части при *a* одаренной напряженіемъ тканей; болѣе молодая часть его, вслѣдствіе этого приподымается и съ своей стороны, такъ какъ она еще лишена напряженія, изгибается внизъ отъ тяжести первыхъ листочковъ. Въ фиг. 11 корень положенъ по возможности совершенно горизонтально и въ началѣ опыта его длина простирается до *b*. Онъ во время опыта удлинняется и выросшая часть опускается внизъ. Ткани, лежащія у *c*, позади пассивнаго мѣста, переходятъ между тѣмъ въ состояніе напряженія и производятъ поднятіе, вслѣдствіе чего приподымается часть оконечности до *b*, откуда потомъ свѣшивается внизъ. На фиг. 12 растеніе повѣшено вертикально корешкомъ вверху, верхняя корешка, продолжающаго расти во время опыта, свѣсилась внизъ; то же самое замѣчается у 4-хъ придаточныхъ корешковъ *bb*. Въ этомъ видѣ опытъ можетъ продолжаться 6—8 дней. Въ фиг. 12 концы корней вросли наконецъ въ воду *a*, стебель зародыша доросъ до пробки.

Пластическимъ свойствомъ, допускающимъ измѣненіе формы подъ вліяніемъ тяготѣнія, обладаетъ только короткій участокъ конца корня ¹⁾. Этотъ участокъ вслѣдствіе одеревяненія бо-

¹⁾ Готтмейстеръ I. с., стр. 200.

лѣ старой ткани корня и размноженія кѣтонок въ точкѣ возрастанія (подъ чехликомъ), постоянно передвигается впередъ. Сила сгиба внизъ обусловливается длиною участка, болѣе или менѣе значительною его мягкостью и продолжительностью этого состоянія. Но изгибаніе мягкихъ частей скоро видоизмѣняется, вслѣдствіе наступающаго удлинненія кѣточекъ, связаннаго съ напряженіемъ тканей. Если напрямѣръ изгибъ въ видѣ остраго колѣна, то онъ вслѣдствіе удлинненія переходитъ въ менѣе крутую дугу.

Въ главныхъ корняхъ бобовыхъ (*Leguminosae*) и крестоцвѣтныхъ (*Cruciferae*), по Гофмейстеру, изгибающаяся часть очень коротка; непосредственно за ней слѣдуетъ сильное растягиваніе кѣтонокъ въ длину. Въ воздушныхъ корняхъ орхидныхъ, напротивъ, это удлинненіе незначительно, образовательный мягкій участокъ имѣетъ длину около 0,5—1 милл., изгибъ такого горизонтально наложеннаго корня крутой и острый. Подобное же отношеніе представляютъ придаточные корни проростковъ *Secale* и *Zea*; пластическая часть корня достигаетъ здѣсь длины 0,5 и 0,8 милл., но за нею слѣдуетъ значительное удлинненіе. Особенно интересны слѣдующіе опыты Гофмейстера ¹⁾. Удлинненіе части, лишившейся пластичности по первоначальному направленію, обусловливаетъ то, что корни втораго и высшаго порядковъ такъ разнообразно уклоняются отъ вертикальнаго направленія. Въ корѣ корней втораго порядка прорастающей горошины, онъ, непосредственно передъ ихъ выступаніемъ изъ коры главнаго корня, сосчитать по длинѣ корня 33—59 кѣточекъ, у чечевицы 24—33 кѣточекъ. Немного значительнѣе число кѣтонокъ въ той части этихъ корней, которая по выростаніи изъ главнаго корня, имѣетъ вертикальное направленіе къ послѣднему; у гороха она состоитъ изъ 46—61, у чечевицы изъ 27—38 кѣтонокъ. Изгибъ внизъ начинается у гороха съ 47—62, у чечевицы съ 26—39 кѣтки. Если придаточный корень получилъ косвенное или горизонтальное положеніе, то все-таки не должно упускать изъ вида поднятіе болѣе старыхъ частей, одаренныхъ напряженіемъ тканей. Полоски коры, снятыя съ косвенно вверхъ растущихъ корней *Pothos longifolia* и *Latania borbonica*, сильно изгибаются вогнутостію кнаружѣ; корень, лишенный коры и расколотый вдоль, дѣлается значительно вогнутымъ со стороны плоскости разрѣза. Сходное явленіе иногда представляютъ корни *Zea Mais*, у которой корни 2 и 3 порядковъ часто выходятъ изъ почвы. У слабыхъ корней высшаго порядка присоединяется наконецъ еще то обстоятельство, что при медленномъ размноженіи кѣточекъ на вершинѣ, часть способная изгибаться — слишкомъ коротка и заключена въ негибкомъ чехликѣ.

У двусѣмянодныхъ корни высшихъ порядковъ отличаются, по Гофмейстеру, отъ корней низшихъ порядковъ явственно тѣмъ, что у нихъ состояніе напряженія начинается ближе къ вершинѣ корня. Корневой чехликъ, который у двусѣмянодныхъ простирается на корнѣ вообще выше, чѣмъ у односѣмянодныхъ и сосудистыхъ тайнобрачныхъ, у корней третьяго порядка *Pisum sativum* и *Phaseolus vulgaris* простирается до того мѣста корня, гдѣ кѣточки коры приблизительно достигли окончательной длины (слѣдовательно лишены пластичности); то же замѣчается у взятыхъ изъ земли корней высшаго (неопредѣленнаго) порядка *Helianthus annuus*, *Tropaeolum majus*, *Pinus silvestris*. Въ главномъ корнѣ проростковъ иныхъ растений отношеніе другое: кѣточки коры верхняго края чехлика едва въ $\frac{1}{8}$ окончательной длины. Этимъ строеніемъ очевидно вполнѣ объясняется горизонтальное направленіе боковыхъ корней.

Показанія Пипо и Пайера о глубокомъ прониканіи корней въ ртуть, уже сами по себѣ возбуждающія недовѣріе, были опровергнуты еще Дюрандомъ (*Dugand*) и Дютроше. Гофмейстеръ ²⁾ возбудилъ при этомъ вопросъ, можетъ ли вершина корня изгибаться внизъ внутри жидкости болѣе шаго удѣльнаго вѣса, чѣмъ ея собственный? . . . Произведенные имъ опыты рѣшаютъ вопросъ отрицательно. На вопросъ Виганда ³⁾ вслѣдствіе чего корень проникаетъ въ почву, Гофмейстеръ даетъ весьма простой и естественный отвѣтъ; онъ указываетъ на то, что очень короткій пластическій конецъ корня проникаетъ въ мелкія поры почвы, подобно тягучей жидкости, причемъ еще подталкивается сюда напряженіемъ удлиняющейся болѣе старой части. Проникнувшая въ поры часть вкорѣ затѣмъ разрастается въ ширину, вслѣдствіе чего частицы почвы раздвигаются; а когда корень сростается съ почвой волосками своей болѣе старой части, то доставляемая этимъ опора благоприятствуетъ такому раздвиганію.

¹⁾ L. c., стр. 201.

²⁾ L. c., стр. 23, гдѣ также сдѣланъ обзоръ литературы.

³⁾ Vigan d. l. c. стр. 140.

Чтобы доказать на опытѣ изгибаніе вверхъ, производимое напряженіемъ тканей, лежащихъ позади пластической части корня, Гюмейстеръ прикрѣплялъ проростки гороха, съ прямымъ главнымъ корнемъ въ 20—30 милл. длины, на досчечкахъ, такимъ образомъ, чтобы корни плотно прилегали къ послѣднимъ, для чего онъ прикалывалъ иглами сѣмядоли и шейки корня. Досчечки были вложены въ хорошо закрывающійся жестяной ящичекъ, насыщенный водными парами. При 11—13° P. впродолженіи 5—8 часовъ всѣ корни поднялись надъ досчечками подъ углами въ 20—30°. Часть, представлявшая изгибъ, была очень коротка и отстояла отъ шейки корня приблизительно на 10 милл., остальная приподнятая часть оставалась прямою; изгибъ внизъ самой верхинки наступилъ лишь спустя 10—18 часовъ послѣ значительнаго ея удлинненія. То же замѣчалось у *Lepidium sativum*, *Vicia sativa*, *Zea Mais*, у которыхъ корешки были длиною только въ 4—10 милл.

Если тому же опыту подвергались болѣе длинные корни, то поднятіе проявлялось на опредѣленномъ разстояніи отъ верхинки (см. фиг. 11); разстояніе этой активно-изгибающейся части отъ верхинки было:

у <i>Lepidium sativum</i>	отъ 1,5 милл. до 3 милл.
» <i>Pisum sativum</i>	» 5 » » 11 »
» <i>Vicia sativa</i>	» 2 » » 4 »

Не касаясь другихъ примѣровъ, приведенныхъ Гюмейстеромъ¹⁾, я обращу вниманіе только на то, что у проростковъ *Pisum sativum* впродолженіи 18-ти часовъ воспослѣдовала изгибъ корня вверхъ на 45—66°.

При повтореніи этихъ опытовъ, должно обратить вниманіе на то, что здѣсь дѣло идетъ только собственно о корнѣ, что, слѣдовательно, подсѣмянодольное стеблевое колѣно должно быть хорошо прикрѣждено, чтобы предотвратить изгибаніе его вверхъ.

Чтобъ доказать упомянутую мною въ § 32 чувствительность періодически двигающихся сочлененій листьевъ Papilionaceae, напримѣръ *Phaseolus*, достаточно дать проросткамъ развиваться въ горшкѣ, наполненномъ землею до той степени, когда расправятся оба первичные и 1—2 тройчатыхъ листа. Затѣмъ опрокидываютъ горшокъ, ставятъ его краемъ на достаточно широкой стеклянный цилиндръ, такъ чтобы перевороченное растеніе свободно висѣло въ послѣднемъ и покрываютъ все большимъ приемникомъ изъ тонкой папки. Послѣ 4—6 часовъ находятъ нижнее черешковое сочлененіе изогнутымъ вверхъ подъ острымъ угломъ; положеніе, которое, какъ показываетъ сравненіе съ растеніями, стоящими въ прямомъ положеніи въ темнотѣ, можетъ быть приписано только силѣ тяжести. Фиг. 12 b, представляетъ подвергнутое такому опыту растеніе P, сочлененія P₁, P₂, которыя при нормальномъ положеніи растенія сообщали бы черешкамъ направленіе, указанное стрѣлками, у опрокинутого растенія послѣ нѣсколькихъ часовъ направились вверхъ крутымъ изгибомъ.

згибъ, направленный вогнутостію внизъ, свойственный возрастающимъ концамъ побѣговъ



ф. 12 b.

¹⁾ Л. с. стр. 188.

Ampelopsia Vitis, по Гофмейстеру, не обусловливается тяжестью свѣсившейся почки, а основывается, какъ кажется, на отрицательномъ геліотропизмѣ¹⁾; оказывать ли эта самая причина вліяніе на весеннее побѣги *Carpinus Betulus* и др. — неизвѣстно.

На основаніи свѣдѣній, какими мы обладаемъ въ настоящее время относительно дѣйствія силы тяжести на части растенія, легко объяснить многочисленныя наблюденія Боннета²⁾ надъ направленіемъ частей растеній; заслуживаютъ вниманія его таблицы 14—18, представляющія, по крайней мѣрѣ для начинающаго, много поучительнаго, напр. изгибаніе вверхъ черешковъ, на что впервые указала Каландрини; далѣе тотъ фактъ (табл. 18), что если прикрѣпить вершину стебля, а нижнюю стеблевую часть оставить свободною, то послѣдняя съ помощью мѣста способна изгибаться, приподымается и принимаетъ совершенно неестественное положеніе и т. п.

Едва ли стоить упоминать, что дѣйствія, какъ силы тяжести, такъ и центробѣжной силы, должны выражаться тѣмъ опредѣленнѣе, чѣмъ благоприятнѣе температура для даннаго растенія. Это обстоятельство ускоряетъ размноженіе кѣловокъ и вмѣстѣ съ тѣмъ образованіе пластическихъ тканей; кромѣ того увеличивается удлинненіе и связанное съ нимъ напряженіе тканей, а послѣднее обусловливаетъ изгибаніе вверхъ. Точно также понятно вліяніе усиленнаго питанія на направленіе роста, вообще обусловленное силою тяжести. Существуетъ извѣстное явленіе, что горизонтально или вкось растущая вѣтвь, по отнятій вершины главнаго стебля, выпрямляется вверхъ, замѣняя нѣкоторымъ образомъ потерянную вершину. Для симподій, т. е. при правильномъ отмираніи колючей почки главнаго побѣга и замѣщеніи ея ближайшей боковой почкой, это составляетъ даже естественный процессъ. Устраненіемъ вершины притокъ ассимилированной пищи направляется въ ближайшій отъ вершины боковой побѣгъ; въ послѣднемъ, такимъ образомъ, увеличивается сила роста, также увеличивается напряженіе тканей, тѣсно связанное со скоростью роста; условія, причиняющія изгибанія вверхъ отъ силы тяжести, дѣлаются благоприятнѣе. Усиленный притокъ пищи благоприятствуетъ точно также движенію корней внизъ, что легко можно наблюдать на прорастающихъ жолудяхъ: если развивается главный корень, то придаточные корни отходятъ перпендикулярно отъ него, слѣдовательно горизонтально и на основаніи указанныхъ Гофмейстеромъ причинъ, продолжаютъ расти горизонтально или косвенно внизъ. Если напротивъ того оторвать главный корень, достигшій длины въ 2—5 сант., то 1—2 придаточные корни начинаютъ развиваться подобно главному корню; они обыкновенно дѣлаются толще остальныхъ придаточныхъ корней, по размноженію кѣловокъ на вершинѣ становятся совершенно подобными главному корню, такъ какъ они вмѣстѣ послѣднимъ принимаютъ въ себя всю массу пищи и такимъ образомъ пластичность ткани въ возрастающемъ концѣ достаточно увеличивается, чтобы сообщить этимъ замѣщающимъ корнямъ столь же опредѣленное стремленіе внизъ, каковымъ въ неповрежденныхъ проросткахъ отличается только главный корень.

§ 32. b. Одновременное вліяніе тяжести и центробѣжной силы. Вліяющія здѣсь условія должны быть изучены съ помощью математически точныхъ изслѣдованій; но сдѣланныя до сихъ поръ наблюденія еще не требуютъ для ихъ пониманія такого математическаго изложенія и достаточно указать на нѣкоторые изъ могущихъ встрѣтиться случаевъ. Чтобы облегчить себѣ представленіе довольно запутанныхъ явленій, можно къ периферіи кружка, снабженнаго осью вращенія, проходящею черезъ его центръ, прикрѣпить гибкіе куски проволоки, которымъ при различныхъ положеніяхъ кружка придаютъ тѣ изгибы, какіе должны были бы принять вершины корней и междоузлія проростка, подчиняясь вліянію изложенныхъ въ предъидущемъ § дѣйствій силъ тяжести и центробѣжной силы.

Явленія, представляемая вершиною корня, можно представить еще нагляднѣе, если къ кружку прикрѣпить въ соответственномъ положеніи цилиндрической или конической кусокъ сургуча, нагрѣть его на столько, чтобы онъ сдѣлался мягкимъ и гибкимъ какъ тѣсто, и потомъ подвергнуть вліянію медленнаго или быстраго, горизонтальнаго или вертикальнаго вращенія.

¹⁾ L. c., стр. 208.

²⁾ Untersuchungen über den Nutzen der Blätter, deutsch v. Arnold.

Этими способами достигается достаточно наглядное представленіе о результатахъ, которые должны были бы проявиться, на основаніи ученія Гюфмейстера, въ проросткахъ, приведенныхъ въ вращеніе, и облегчается сравненіе результатовъ, наблюдаемыхъ въ дѣйствительности, съ теоретическими предположеніями.

Предположимъ на первый разъ, что ось вращенія горизонтальна, плоскость вращенія слѣдовательно вертикальна. Гибкія проволоки прикрѣплены къ периферіи по срединѣ своей длины, одна половина проволоки обозначаетъ стебель, другая — корень или только конецъ корня; на направленіе кверху, также свойственное корню, мы для простоты не обращаемъ вниманія. Мы далѣе предполагаемъ, что мѣсто, способное изгибаться какъ вверхъ, такъ и внизъ постоянно подвигается впередъ (удаляется отъ точки прикрѣпленія проволоки), какъ это дѣйствительно и бываетъ у растений. Далѣе, что это подвиганіе происходитъ медленно, и, что для проявленія изгиба необходимо болѣе продолжительное время. Мы сначала предположимъ тотъ случай, что вертикально стоящій кружокъ движется очень медленно и даже не постоянно, а съ перерывами. Медленность этого вращенія пусть будетъ такъ велика, что изгибающія силы имѣютъ время въ каждой точкѣ нуги произвести дѣйствительные сгибы корня и стебля, и что, прежде чѣмъ наступитъ замѣтное измѣненіе въ положеніи кружка, мѣста способныя изгибаться передвинутся влѣдствіе роста. Центробѣжная сила при этомъ не окажетъ вліянія, такъ какъ медленность движенія не позволитъ ей проявиться. Если соотвѣтственно этимъ предположеніямъ, передвигать кружокъ напримѣръ постоянно на 45° и каждый разъ загибать проволоку въ одной ея половинѣ вертикально внизъ, въ другой вертикально вверхъ, производя каждый разъ изгибъ нѣсколько болѣе къ соотвѣтственному концу проволоки, то каждая половина проволоки послѣ одного оборота представитъ оборотъ спирали съ переломами, которые были бы закруглены, если бы изгибы производились не послѣ оборотовъ въ 45° , но чаще, послѣ оборотовъ на меньшій уголъ. Спираль корневого конца, по направленію соотвѣтствуетъ спирали стебля, какъ въ томъ случаѣ, когда первоначально прямая проволока прикрѣплена параллельно оси вращенія, такъ и тогда, если она прикрѣплена тангентально къ периферіи или радіально. Если проволоку заставить вращаться около самой себя при вышеприведенныхъ условіяхъ, то она принимаетъ ту же самую форму, какъ въ томъ случаѣ, если прикрѣплена къ периферіи кружка, параллельно оси вращенія.

Какъ второй случай, представимъ себѣ, что вертикально вращающаяся плоскость движется, какъ и прежде, толчками, такъ что дѣйствіе центробѣжной силы не обнаружится, но что движеніе на столько скоро, что супротивныя положенія внизу, вверху, справа, слѣва, достигаются прежде, чѣмъ наступаетъ изгибъ и замѣтный ростъ. Въ этомъ случаѣ изгибаніе не можетъ проявиться, такъ какъ по предположенію проволока, замѣняющая у насъ растеніе, постоянно приходитъ уже въ супротивное положеніе, прежде чѣмъ успѣваетъ проявиться изгибаніе, соотвѣтствующее первому положенію.

Какъ третій случай, представимъ себѣ вращеніе не толчками, а непрерывное, причемъ скорость для периферическихъ точекъ столь значительна, что происходитъ замѣтное дѣйствіе центробѣжной силы, и что вмѣстѣ съ тѣмъ части способныя изгибаться проходятъ супротивныя положенія (внизу, вверху, справа, слѣва) такъ быстро, что сила тяжести не можетъ проявиться. Ре-

зультатъ теперь будетъ тотъ, какъ будто бы сила тяжести не существовала и центробѣжная сила одна оказывала вліяніе на часть способную изгибаться. Мягкая вершина корня отбрасывается просто, какъ шарикъ всящій на ниткѣ, по направленію радіуса; активныя мѣста стебля, одаренныя напряженіемъ тканей, напротивъ того, должны сдѣлаться выпуклыми кнаружи, свободно двигающаяся вершина (почка) склоняется при этомъ къ центру вращенія.

Согласно взгляду, изложенному мною выше о вліяніи силы тяжести на увеличеніе растяжимости эпидермиса нижней стороны, мы можемъ въ этомъ случаѣ представить себѣ, что частицы кліточной жидкости отбрасываются по направленію радіуса къ наружнымъ стѣнкамъ, проникаютъ въ пассивныя слои и обуславливаютъ такимъ образомъ увеличеніе ихъ растяжимости. Очевидно, что это должно происходить всего сильнѣе по направленію радіуса, т. е. по направленію самой центробѣжной силы. Если потомъ часть стебля, способнаго изгибаться, приметъ направленіе радіуса, то этимъ самымъ уничтожается всякая причина дальнѣйшаго изгибапія. Растеніе, такимъ образомъ, подъ вліяніемъ центробѣжной силы при вращеніи въ вертикальной плоскости, принимаетъ положеніе, какъ будто въ центрѣ вращенія дѣйствуетъ сила, отталкивающая корень въ радіальномъ направленіи и притягивающая почку къ центру.

Какъ четвертый случай, мы будемъ разсматривать постоянное, но неравномѣрное вращеніе кружка, неравномѣрно нагруженнаго по окружности, происходящее такимъ образомъ, что одна изъ точекъ периферіи (самая тяжелая), приходитъ въ самое верхнее положеніе, представляетъ minimum скорости, отсюда движется книзу съ возрастающей быстротой, въ самомъ низшемъ положеніи достигаетъ maximum'a своей скорости, и съ уменьшающейся быстротой поднимается на другой сторонѣ. Зародышъ, прикрѣпленный въ этой точкѣ, на одной половинѣ своего пути будетъ подлежать вліянію силы тяжести дольше, чѣмъ на другой и втеченіи первой половины, слѣдовательно, въ корнѣ проявится наклоненіе внизъ, и это тѣмъ болѣе, что центробѣжная сила при этомъ слабѣе, чѣмъ при прохожденіи второй половины пути. Если представимъ себѣ проростки, прикрѣпленные въ нѣсколькихъ точкахъ вращающагося такимъ образомъ кружка, то они послѣ болѣе продолжительнаго вращенія, своими корнями всѣ болѣе или менѣе сильно отклонятся отъ самой тяжелой точки периферіи, между тѣмъ какъ стебель будетъ къ этой точкѣ стремиться подъ разными углами. Если кружку, послѣ проявленія этого дѣйствія, дадутъ положеніе, которое онъ занимаетъ въ моментъ самаго медленнаго движенія, именно такъ, чтобы самая тяжелая точка периферіи стояла вверху, то всѣ проростки будутъ своими корнями обращены косвенно внизъ; только у растенія, супротивнаго самой тяжелой точкѣ окружности, корень будетъ направленъ радіально кнаружи и внизъ потому, что, въ моментъ самаго медленнаго движенія, его корень направленъ внизъ, а въ моментъ самаго быстрого движенія, сила тяжести прямо противодѣйствуетъ центробѣжной силѣ, дѣйствія же при промежуточныхъ положеніяхъ взаимно уравновѣшиваются. Напротивъ того растенія, удаленныя отъ самой тяжелой точки на 90° , уклоняются отъ радіальнаго положенія наиболѣе, потому что они въ минуту самаго медленнаго вращенія лежатъ горизонтально и сила тяжести можетъ такимъ образомъ обнаруживать наиболѣе сильное отклоненіе.

Если представимъ себѣ проростки лежащими въ горизонтальной оси вращенія, такъ что математическая ось растенія совпадаетъ съ осью вращенія, то дѣйствіе будетъ подобное тому, какъ въ обонхъ послѣднихъ случаяхъ, только вліяніе центробѣжной силы усложнится. Центробѣжная сила будетъ очень незначительная, если скорость вращенія точекъ эпидермиса не очень велика. Дѣйствіе на корень и стебель будетъ при этомъ различное. Въ стеблѣ, вращающемся вокругъ самого себя, всѣ точки, диаметрально противоположныя другъ другу, будутъ подлежать дѣйствію центробѣжной силы въ равной степени. Увеличеніе растяжимости пассивныхъ тканей, будетъ слѣдовательно одинаково для всѣхъ сторонъ стебля и результатъ можетъ быть только тотъ, что вся кожица сдѣлается болѣе растяжимою и, слѣдовательно, допустить большее расширеніе паренхимы, вслѣдствіе чего усилятся ростъ стебля. Пластическая часть корня, напротивъ того, должна будетъ вздуться подъ вліяніемъ центробѣжной силы, дѣйствующей по направленію отъ оси ко всѣмъ точкамъ периферіи, вслѣдствіе чего она позади чехлика должна образовать кольцевую выпуклость. Оба слѣдствія еще не доказаны, но будутъ вѣроятно результатомъ опыта. Гофмейстеръ сообщаетъ, что онъ посредствомъ центробѣжной силы, дѣйствующей по направленію длины корня, получалъ суживаніе на мягкомъ гибкомъ мѣстѣ, что очевидно указываетъ на возможность сдѣланнаго мною вывода.

Слѣдствія вращенія, на сколько они касаются вершины корня, разсмотрѣнныя въ трехъ послѣднихъ случаяхъ, могутъ быть весьма легко представлены наглядно, если кусокъ сургуча, въ формѣ корневаго конца, размягчить ниже верхушки и подвергнуть за тѣмъ различнымъ впадамъ вращенія. Я употребляю для этого стеклянный кругъ съ радіусомъ въ 8 см.; въ центрѣ его — отверстіе, въ которое воткнута пробка; черезъ нее проходитъ ось вращенія, состоящая изъ тонкой стеклянной трубки. Достаточно производить вращеніе пальцами. Неравномерности скорости вращенія достигаютъ легко тѣмъ, что къ одному мѣсту периферіи приклеиваютъ какое нибудь достаточно тяжелое тѣло.

При вращеніи около горизонтальной оси возможно вполнѣ устранить дѣйствія тяжести на растительную часть, или дать ей проявляться въ различной степени; при вращеніи растенія около вертикальной оси, условія совершенно пня. Здѣсь растеніе, прикрѣпленное къ вращающейся окружности, остается постоянно совершенно одинаково подвергнутымъ дѣйствію силы тяжести, будучи постоянно обращено внизъ одною и тою же стороною, такъ что дѣйствія, втеченіи послѣдовательныхъ моментовъ, должны очевидно слагаться. Горизонтально дѣйствующая центробѣжная сила образуетъ съ силою тяжести постоянно прямой уголъ и изгибы частей растенія должны быть результатомъ одновременнаго дѣйствія обѣихъ силъ. Такъ какъ сила тяжести дѣйствуетъ параллельно вертикальной оси вращенія, центробѣжная же сила по направленію радіуса, то всѣ происходящія отъ нихъ изгибы должны лежать въ плоскости, проходящей чрезъ ось вращенія и пересѣкающей вращающійся кругъ по радіусу. Корень постоянно будетъ направляться кнаружи, стеблевая вершина (предполагая, что подъ нею не будетъ пассивной части) будетъ наклоняться къ оси, вслѣдствіе того, что наружная сторона напряженной ткани сдѣлается выпуклою. Съ возрастающей скоростью вращенія и съ удаленіемъ отъ центра вращенія, центробѣжная сила будетъ измѣняться соотвѣтственно суммѣ дѣйствій этихъ двухъ условий; по мѣрѣ

увеличенія этой суммы, растеніе будетъ приближаться къ горизонтальному положенію, не имѣя возможности когда либо достигнуть его вполнѣ. Если, напротивъ того, представимъ себѣ растеніе прикрѣпленнымъ (въ какомъ угодно положеніи къ горизонту) къ окружности горизонтальнаго колеса, вращающагося толчками, и потому не проявляющаго центробѣжной силы, то оно будетъ находиться исключительно подъ вліяніемъ тяжести и, несмотря на измѣненіе азимута, приметъ направление, соотвѣтствующее окоренившемуся въ почвѣ растенію.

Послѣ всего сказаннаго, достаточно сдѣлать краткій перечень произведенныхъ до сихъ поръ опытовъ вращенія, которымъ первый толчокъ далъ, какъ кажется, Гунтеръ ¹⁾, по которымъ въ первый разъ были развиты даже Найтомъ. Найтъ ²⁾ прикрѣплялъ прорастающія сѣмена къ окружности вертикальнаго колеса, которое смачивалось и приводилось въ движеніе ручейкомъ. Колесо имѣло 11 дюймовъ въ діаметрѣ и дѣлало 150 оборотовъ въ минуту; садовые бобы, прикрѣпленные къ окружности, пустили корни радіально кнаружи, по направленію центробѣжной силы: стебельки стремились къ центру вращенія. На периферіи колеса, находившагося въ связи съ маленькимъ колесомъ мельницы, вращавшагося въ горизонтальной плоскости и производившаго при діаметрѣ въ 11 дюймовъ, 250 оборотовъ въ минуту, прорастающіе бобы пустили корни радіально кнаружи, стебли въ противоположномъ направленіи; но тѣ и другіе представляли наклонъ на 10° книзу (корни) и вверхъ (стебли); при 80-ти оборотахъ наклонъ корня и подъемъ стебля доходили уже до 45°. — Дютроше ³⁾ вставлялъ растенія въ влажный шаръ, который онъ посредствомъ часоваго механизма заставлялъ вращаться около центра, лежащаго внѣ его. При вертикальной плоскости вращенія, онъ для *Pisum sativum* и *Vicia sativa* получалъ тотъ же результатъ, какъ и Найтъ. Когда проростки вращались около вертикальной оси, на концахъ діаметра въ 38 снт. и при 120 оборотахъ въ минуту, они принимали совершенно горизонтальное направленіе, разумѣется, не съ математическою точностію.

Дютроше повторилъ опыты Гунтера, съ нѣкоторыми видоизмѣненіями; онъ нашелъ, что проростки *Vicia sativa*, помѣщенные на продолженіи почти горизонтальной оси вращенія, развиваютъ корень и стебель по направленію послѣдней, однако такъ, что корень слѣдуетъ по направленію пониженія, а стебель по направленію повышенія оси и притомъ даже въ томъ случаѣ, когда отклоненіе оси отъ горизонтали доходитъ только до 1°,30'. Къ вертикальному вращающемуся колесу, съ радіусомъ въ 20 снт., движеніе котораго было неравномерное и медленное, онъ прикрѣпилъ два шара на супротивныхъ мѣстахъ окружности и одинъ въ центрѣ вращенія; шары содержали прорастающія сѣмена *Vicia sativa*. На одну половину оборота колеса, употреблялось 66 секундъ, на другую — 54 секунды. Оси проростковъ при этомъ опытѣ принимали положеніе, вертикальное къ тому діаметру колеса, который одною стороною всего долѣ оставался подвергнутымъ дѣйствию силы тяжести, между тѣмъ какъ другая сторона его, при болѣе быстромъ полуоборотѣ, менѣе долго подвергалась дѣйствию силы тяжести. «Корни были вертикальны къ тому діаметру и съ той стороны, которая оставалась долѣ обращенною къ землѣ; стеблевая почка направлялась вертикально къ этому діаметру, но съ противоположной стороны, которая всего долѣ оставалась обращенною къ зениту».

«Если разсматривать (стр. 48) приборъ въ тотъ моментъ, когда при движеніи болѣе тяжелаго шара вверхъ, діаметръ, къ которому онъ прикрѣпленъ, принялъ горизонтальное положеніе, то всѣ корни оказываются направленными къ центру земли, а стеблевая почка вертикально къ небу.»

Вигандъ ⁴⁾ заставлялъ прорастать сѣмена (кресса, горчицы, гороха, пшеницы) на стрѣлкахъ стѣнныхъ часовъ, скорость движенія которыхъ была въ $\frac{1}{2}$ дюйма и $\frac{1}{3}$ дюйма въ минуту; спиральные изгибы корня при этихъ опытахъ замѣчались только въ небольшомъ числѣ; корни расли, напротивъ, по самымъ различнымъ направленіямъ. Вигандъ сдѣлалъ въ первый разъ попытку, сравнить отклоненіе корня отъ отвѣсной линіи, при вращеніи около вертикальной оси, съ соотвѣтственнымъ положеніемъ маятника, попытка, которая дала во всякомъ случаѣ очень

¹⁾ P. de Candolle, Phys. végét. II, 820.

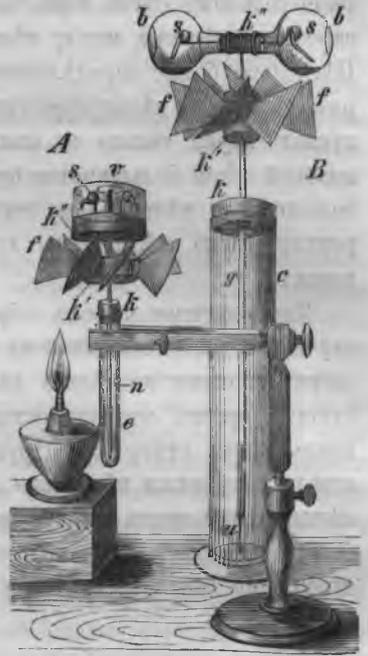
²⁾ Philos. Transactions of the royal society of London, 1806, стр. 99.

³⁾ Memoires II, стр. 40 П.

⁴⁾ Botanische Untersuchungen, Braunschweig 1854, стр. 146.

неудовлетворительные результаты, но указала вѣрный путь, по которому современемъ получится дѣйствительное доказательство въ пользу того, что искомая сила, приводящая въ вертикальное положеніе корень и стебель, есть сила тяжести. Но какъ велики трудности, встрѣчаемыя при этихъ изслѣдованіяхъ, видно изъ показанія Гофмейстера ¹⁾, что при его опытахъ, какъ при опытахъ Цайта, Дютроше и Виганда, индивидуальное различіе въ отклоненіи корней при горизонтальномъ вращеніи, было столь значительно, что онъ отказывается приводить числа. Легче всего отклонялись корни прорастающихъ злаковъ, именно *Secale* и *Zea*. Надо еще обратить вниманіе на замѣчаніе Гофмейстера, на которое я уже выше нѣсколько разъ ссылался, что измѣненіе направленія корня по направленію радіуса вращенія проявляется лишь тогда, когда корень достигъ известной длины, которая у проростковъ *Ergum Lens* доходитъ до 0,75 милл., *Vicia sativa* 1 милл., *Zea Mais* 1 милл., *Secale* 0,5 милл. Онъ подтвердилъ даже результаты опыта Гунтера.

Подобнаго рода опыты вращенія произведены только немногими изслѣдователями, и многимъ вѣроятно даже не случилось видѣть описанныхъ явленій. Это должно, безсомнѣнно, главнымъ образомъ приписать тому обстоятельству, что рѣдко встрѣчается случай пользоваться соответственными механизмами; изготовленіе же особеннаго аппарата дорого и наблюденіе за нимъ неудобно. Для того чтобы ознакомиться съ явленіями на горизонтально вращающемся колесѣ, не имѣя ввиду строго научныхъ изслѣдованій, или чтобы показать ихъ слушателямъ, можетъ служить простой аппаратъ, устроиваемый легко и безъ большихъ расходовъ. Фиг. 13 представляетъ два способа устройства такого прибора. При *A*, въ широкую пробку *k'* воткнуто восемь косвенно поставленныхъ крыльевъ *f* изъ самой тонкой листовой латуни; черезъ средину той же пробки проходитъ совершенно вертикальная къ ней вязальная игла *n* которая черезъ отверстіе пробки *k* входитъ въ пробирку *c* и упирается въ дно ея. Верхняя часть вязальной иглы проходитъ вертикально черезъ центръ пробки *k''*, на которой прикрѣпляются иглами сѣмена, готовыя прорасти. Пробку накрываютъ потомъ смоченнымъ внутри стекляннымъ сосудомъ *v* (кристаллизаторъ); пробирка поддерживается подпоркой и содержитъ нѣсколько капель воды.



ф. 13.

У *B* вмѣсто вязальной иглы употреблена, какъ ось вращенія, тонкая стеклянная трубка *g*; внизу при *u* къ ней хорошо прилѣплена помощью сургуча вязальная игла; дно, на которое послѣдняя опирается, должно быть вогнуто; *c* высокій стеклянный цилиндръ. Пробка *k'*, въ которую воткнуты крылья, поддерживаетъ на продолженіи оси вращенія, на твердой толстой проволоцѣ, мягкую пробку *k''*, на оба конца которой надѣты стеклянные шары *bb* (обыкновенные кипячильники); прежде чѣмъ ихъ надѣть, прикрѣпляютъ къ вертикальнымъ конечнымъ поверхностямъ пробки, на проволоцѣ, прорастающія сѣмена *s*. Если поставить, какъ показываетъ фигура, подъ крылья (лучше всего короткія и широкія) лампу, то толчокъ восходящаго воздуха произведетъ равномерное вращеніе, скорость котораго впрочемъ обыкновенно не превосходитъ 8—10 оборотовъ въ минуту; если же поставить приборъ на желѣзную комнатную печь, равномерно нагрѣваемую, то восходящій теплый воздухъ заставитъ оборачиваться колесо даже 70—80 разъ въ минуту, что, при высокой температурѣ, совершенно достаточно, чтобы ясно увидѣть у прорастающихъ горошинокъ послѣ 6—8 часовъ, отклоненіе корней. Нѣкотораго вниманія требуетъ въ обоихъ случаяхъ устройство пробки *k*, чтобы довести здѣсь треніе до minimum'a. Я дѣлалъ въ пробкѣ прежде всего широкое отверстіе и наклеивалъ потомъ на верхнюю поверхность тонкій латуниный листокъ, въ которомъ было отверстіе такой ширины, чтобы ось враще-

¹⁾ L. с. стр. 210.

нія проходила свободно, но безъ лишняго простора. Край этого отверзтія долженъ быть очень гладкій и острый. Приборъ *B* естественно нельзя ставить на горячую печь непосредственно, достаточно подставить треножник съ песчаной ванной. Въмѣсто пробирки *e* или стекляннаго цилиндра *c*, употребляютъ лучше высокой, крѣпкой, желѣзній треножникъ; но тогда нижній конецъ вязальной иглы долженъ быть вставленъ въ гладкую, фарфоровую чашечку, или т. п., чтобы уменьшить треніе. Въ этомъ случаѣ и остріе *u* укрѣпляется въ стеклянной трубкѣ не сургучомъ, но инымъ способомъ.

§ 33. Что тяготѣніе оказываетъ вліяніе на развитіе формъ и на морфологическое развитіе клѣточекъ, въ настоящее время можетъ быть высказано только какъ гипотеза, и число наблюденій, побуждающихъ къ такому предположенію, не велико. Можно бы привести, напр., тотъ фактъ, что у стеблей у которыхъ кольцомъ снята кора, часто выходятъ корни изъ верхняго утолщеннаго края заростающей раны, между тѣмъ какъ изъ нижняго вырастаютъ листовыя почки. Нѣсколько болѣе опредѣленныхъ наблюденій произведено Дюгамелемъ. Онъ зарывалъ ивовыя вѣтви горизонтально въ землю, на 1—2 дюйма глубины; вѣтви пускали корни только на нижней сторонѣ. При другомъ подобномъ опытѣ, крайней мѣрѣ большинство придаточныхъ корней появилось на нижней сторонѣ, большинство вѣтвей — на верхней; появленіе вѣтвей было тутъ впрочемъ вѣроятно только слѣдствіемъ дальнѣйшаго развитія уже прежде подготовленныхъ почек.

Иное значеніе имѣетъ образованіе придаточныхъ почекъ, при слѣдующихъ случаяхъ: два посаженныя въ ящики деревца райской яблони были перевернуты вверхъ корнями; послѣдніе дали листовыя вѣтви, выступившія надъ почвой. У одного деревца онъ ихъ оставилъ, онъ окрѣпли, между тѣмъ какъ висѣвшая внизъ крона отмерла; у другаго, онъ удалил новыя вѣтви, причемъ старый стволъ сохранялся нѣсколько лѣтъ, но наконецъ также отмеръ. Дюгамель ¹⁾ замѣчаетъ при этомъ слѣдующее: «Эти опыты доказываютъ, что для корней естественно быть выше вѣтвей; кажется, что сокъ, развивающій корни, имѣетъ стремленіе опускаться, между тѣмъ какъ сокъ, развивающій вѣтви, стремится подняться».

¹⁾ Phys. des arbres. Paris, 1758. II, 121 и 122.

V.

ПИТАТЕЛЬНЫЯ ВЕЩЕСТВА.

Пятый отдѣлъ.

Питательныя вещества растений.

а. Общія понятія.

§ 34. Различныя вещества, необходимыя для растительной жизни, имѣють для нее двойное значеніе; съ одной стороны они представляютъ массу, на которой сосредоточиваются всѣ внѣшнія силы, и которая приводится въ движеніе силами, существующими внутри растенія. Съ другой стороны, каждое отдѣльное элементарное вещество и каждое сочетаніе можно разсматривать какъ среду, которая даетъ возможность проявиться различнымъ силамъ, проникающимъ внутрь растенія и сливающимся тамъ съ другими силами, теплотой, электричествомъ и тяжестью. Питательныя вещества не представляютъ, слѣдовательно, какъ полагали прежніе физиологи, только пассивный образовательный матеріалъ, какъ бы глину, изъ которой при посредствѣ силъ, существующихъ въ растеніи, строятся новыя формы; напротивъ того, каждый атомъ питательнаго вещества, входя въ живую клѣточку, вноситъ съ собою сумму силъ, неотъемлемо ему принадлежащихъ, и силы эти дѣлаются активными при новыхъ условіяхъ. Если, съ одной стороны, каждая частичка вещества, входя въ составъ клѣточки, подлежитъ тотчасъ же силамъ и условіямъ уже присущимъ клѣточкѣ, то, съ другой стороны, вмѣстѣ съ тѣмъ измѣняется и состояніе послѣдней. Химическія силы, т. е. средство, имѣють въ этомъ случаѣ главное, хотя не единственное значеніе; если мы предположимъ, что въ клѣточкѣ химическія силы находились въ состояніи равновѣсія, то со входомъ cadaго новаго атома это равновѣсіе нарушается и покой смѣняется движеніемъ. Исходя изъ этой точки зрѣнія, можно разсматривать значеніе питательныхъ веществъ для растенія точно также, какъ мы разсматривали отношенія къ растеніямъ свѣта, теплоты, электричества и тяжести. Если, какъ это нерѣдко

дѣлаютъ, исключить изученіе названныхъ внѣшнихъ вліяній изъ области физиологій, то должно также исключить явленія питанія, которое дѣйствуетъ точно также въ формѣ силъ, поступающихъ въ растеніе извнѣ.

Подобно тому, какъ при изученіи вліянія свѣта, мы постоянно обращали вниманіе на родъ свѣтовыхъ лучей, производящихъ опредѣленное вліяніе, точно также и тутъ прежде всего необходимо опредѣлить, какіе элементы почвы и атмосферы оказываютъ вліяніе на растенія, и каковы именно будутъ эти вліянія. Если почти достоверно, что зеленое растеніе не можетъ развиваться подъ вліяніемъ одноцвѣтнаго свѣта, но что ему необходимъ свѣтъ, составленный изъ различныхъ лучей, то должно считать доказаннымъ, что для доставленія растенію матеріала и силъ къ произрастанію, необходимо одновременное содѣйствіе значительнаго числа химическихъ элементовъ. При этомъ должно замѣтить, что сочетаніе двухъ или многихъ элементовъ, обладаетъ существенно другими силами, нежели каждая изъ составныхъ частей этого сочетанія, взятая въ отдѣльности. Слѣдовательно, нельзя удовольствоваться разсмотрѣніемъ различныхъ отдѣльныхъ элементовъ, необходимыхъ для растенія, но должно также опредѣлить, какія сочетанія этихъ элементовъ пригодны растенію. Покаместъ мы не будемъ касаться того, откуда растеніе беретъ элементы и ихъ сочетанія; мы предполагаемъ, что вещества эти уже находятся въ распоряженіи растенія.

Исторія постепеннаго развитія взглядовъ на питаніе растеній не можетъ быть здѣсь изложена по недостатку мѣста. Краткій обзоръ прежнихъ взглядовъ и понятій помѣщенъ мною въ журналѣ «Aus der Natur», 1861, № 1. Древнѣйшія положенія и изслѣдованія можно также найти въ извѣстныхъ сочиненіяхъ Hales, Bonnet, Du Hammel, Ingenhous, Senebier. Съ Сосюра начинается новый періодъ въ изслѣдованіяхъ и возрѣніяхъ. По части питанія всѣ позднѣйшія открытія описаны Францемъ Шульцемъ въ его Lehrbuch der Chemie für Landwirthe, II, 1 Abtheilung.

§ 35. Какіе химическіе элементы принадлежатъ къ питательнымъ веществамъ? — Чтобы опереться въ нашихъ соображеніяхъ на твердую почву, мы впредь будемъ принимать за питательныя вещества растенія только тѣ элементы, которые абсолютно необходимы для совокупныхъ вегетативныхъ процессовъ. Нѣтъ основанія какое нибудь вещество назвать питательнымъ потому только, что оно постоянно попадаетъ въ одномъ или даже во многихъ растеніяхъ, т. е. нельзя вещество это разсматривать какъ *необходимое* для растенія; необходимость должна быть доказана другимъ путемъ. При большомъ распространеніи нѣкоторыхъ элементовъ въ почвѣ и въ воздухѣ и при доказанной способности растеній поглощать не только вещества не имѣющія для него никакого значенія, но даже и вредныя, многія изъ веществъ, заключающихся постоянно въ растеніи, могутъ быть случайно примѣшаны и, слѣдовательно, не должны быть разсматриваемы какъ существенно необходимыя.

Отсюда слѣдуетъ, что должно изучать только тѣ элементы, которые, входя въ клѣточку, составляютъ необходимую принадлежность жизни растенія, какъ строительный матеріалъ, или какъ источникъ силъ. Если перечислить элементы до сихъ поръ найденные въ растеніяхъ путемъ химическаго анализа, то необходимыми питательными веществами очевидно войдутъ въ ихъ число и остается только найти критерій, которымъ можно было бы опредѣлить, которыя изъ веществъ имѣютъ значеніе случайныхъ примѣсей. Есть два такихъ критерія: а priori уже безсомнѣнно, что всѣ тѣ элементы, которые входятъ въ составъ химической формулы

растения и безъ которыхъ клѣточка невообразима, суть необходимыя питательныя вещества; какъ скоро мы знаемъ, что чистая клѣтковина состоитъ изъ опредѣленныхъ количествъ углерода, водорода и кислорода, то эти вещества нужно разсматривать какъ настоящія питательныя вещества всякаго растенія, производящаго клѣтковину; если мы знаемъ далѣе, что кромѣ этихъ трехъ элементовъ въ составъ химической формулы бѣлковыхъ веществъ входятъ еще азотъ и сѣра, то должно принять, что пять элементовъ безъ исключенія необходимы для каждой растительной клѣточки, потому что каждая клѣточка заключаетъ въ себѣ протоплазму, состоящую главнымъ образомъ изъ бѣлковыхъ веществъ. Если бы было столь же безсомнѣнно, что фосфоръ входитъ какъ элементъ въ составъ растительныхъ веществъ, если бы, напримѣръ, подтвердилось, что въ составъ растеній входятъ масла, содержащія фосфоръ, то такое подтвержденіе послужило бы доказательствомъ необходимости и этого элемента.

Но этотъ критерій непримѣнимъ ко многимъ другимъ веществамъ, находящимъ въ растеніи; напримѣръ, калий и кальцій, хотя и встрѣчаются во всѣхъ растеніяхъ, но ни одинъ изъ двухъ металловъ не принадлежитъ къ химической формулѣ такого сочетанія, которое мы должны были бы разсматривать какъ необходимое условіе развитія растенія. Химическое отношеніе калия, извести, магnezія, ѣдкаго натра и др. къ образованію клѣтковины и бѣлковыхъ веществъ, еще не извѣстно; до сихъ поръ не опредѣлено, могутъ ли клѣтковина и бѣлковина существовать безъ котораго либо изъ названныхъ элементовъ, или нѣтъ; поэтому, для доказательства необходимости подобныхъ элементовъ, нужно прислать другой, чисто-физиологическій принципъ; должно показать — можетъ ли растеніе продолжать полное развитіе, не принимая извѣстнаго элемента въ какой либо формѣ: въ этомъ случаѣ положительнаго рѣшенія можно достигнуть только опытомъ; если ни разу не удастся довести растенія до полного развитія безъ калия или магnezія, то мы должны принять, что этотъ элементъ необходимъ.

Для каждаго, занимающагося подобнаго рода опытами, совершенно ясно, что такое доказательство подлежитъ нѣкоторымъ возраженіямъ, потому что неуспѣшное развитіе растенія можетъ обуславливаться многими другими обстоятельствами, а не только недостаткомъ необходимаго вещества.

Напротивъ того, если удастся достигнуть сильнаго развитія, удаливъ извѣстное вещество, то это послужитъ доказательствомъ его бесполезности; предположеніе, что растеніе дѣйствительно не приняло вещества, о которомъ идетъ вопросъ, должно быть подтверждено анализомъ развившагося растенія, потому что одно устраненіе вещества ничего не доказываетъ, такъ какъ никогда нельзя быть напередъ убѣжденнымъ въ химической чистотѣ другихъ доставленныхъ веществъ.

Должно замѣтить, что нѣтъ возможности абсолютно устранить отъ растенія какое либо вещество и вотъ почему: въ каждомъ сѣмени уже обыкновенно заготовленъ рядъ веществъ; слѣдовательно, если изъ числа доставляемыхъ нами питающихъ веществъ, мы удалимъ одно, то этимъ мы не достигнемъ абсолютнаго устраненія его изъ имѣющаго развиваться растенія, такъ какъ вещество это поступитъ въ прорастающее растеніе изъ сѣмени, и слѣдовательно количество вещества, хотя и незначительное, все-таки будетъ заключаться въ растеніи, тогда какъ теоретически оно совершенно не должно тамъ находиться; понятно, что за-

готовленное въ сѣмени количество питательныхъ веществъ имѣтъ вліяніе на послѣдующее развитіе. Въ этомъ случаѣ результатъ опыта будетъ тѣмъ доказательнѣе, чѣмъ менѣе сѣмя и чѣмъ больше развѣвившееся изъ него растеніе, т. е. чѣмъ больше вѣсовое отношеніе взятой массы сѣмени къ вѣсу полученной массы растенія.

Если разсмотрѣть критически всѣ сдѣланные до сихъ поръ опыты, то придемъ къ тому результату, что (кромѣ пяти вышеназванныхъ элементовъ) для развитія растеній также необходимы калий, кальцій, магnezія, желѣзо и фосфоръ, и что эти элементы будутъ въ строгомъ смыслѣ питательныя вещества, потому что до сихъ поръ ни разу не удалось достигнуть значительнаго развитія растенія, отнявъ одинъ изъ названныхъ элементовъ; кромѣ ихъ, вѣроятно, необходимы также натрій и хлоръ. Относительно марганца и кремнія, до сихъ поръ не доказано ихъ отношеніе къ усвоенію и образованію формы растенія. Что касается до литія ¹⁾, брома ²⁾, іода ³⁾, алюминія ⁴⁾, мѣди ⁵⁾, цинка ⁶⁾, кобальта ⁷⁾, никкеля ⁸⁾, бора ⁹⁾, стронція ¹⁰⁾, барія ¹¹⁾, то мы знаемъ только, что они постоянно содержатся во многихъ или въ отдѣльныхъ растеніяхъ опредѣленныхъ мѣстностей, но нигдѣ не указывается на ихъ отношеніе къ процессу развитія, или на ихъ необходимость для разсматриваемаго растенія. На присутствіе фтора въ растеніяхъ, указываетъ существенно только то единственное обстоятельство, что нѣкоторое количество этого замѣчательнаго тѣла заключается въ зубахъ и костяхъ людей и животныхъ, питающихся исключительно растительной пищей.

Послѣ сказаннаго въ параграфѣ понятно, что доказывать опытомъ необходимость вещества, находимаго въ растеніи помощью анализа, требуется только въ тѣхъ случаяхъ, когда дѣло идетъ о такъ называемыхъ составныхъ частяхъ золы, между которыми, впрочемъ, находится и сѣрная кислота, отчасти образующаяся при сжиганіи сѣры, заключающейся въ бѣлковыхъ веществахъ, гдѣ она является необходимою составною частью. Напротивъ того, было бы излишне доказывать опытомъ, что растенію необходимы углеродъ, кислородъ, водородъ и азотъ, такъ какъ эти вещества представляютъ основной строительный матеріалъ каждой отдѣльной кѣлочкы; относительно этихъ элементовъ требуется только опредѣленіе той формы, въ которой они принимаются растеніями, и тѣхъ органовъ, съ помощью которыхъ происходитъ это принятіе. Эти же вопросы относятся и до составныхъ частей золы.

Пять элементовъ, входящихъ въ составъ химической формулы кѣтксообразовательныхъ веществъ, т. е. въ составъ углеводовъ, маслъ и бѣлковыхъ веществъ, свойственны рѣшительно всѣмъ растеніямъ (также какъ и животнымъ), такъ какъ эти составныя сгарающія соединенія входятъ въ составъ всѣхъ кѣтокъ въ видѣ ихъ строительнаго матеріала; напротивъ

¹⁾ Доказанъ Бунзеномъ посредствомъ спектральнаго анализа золы растеній.

²⁾ и ³⁾ найдены въ морскихъ растеніяхъ.

⁴⁾ Въ плаунахъ (*Lycopodiumarten*) постоянно встрѣчается глина: Pogg. Ann. CXI, 339 и Rochleder (*Chemie u. Physiol. d. Pflanz.*; 1858, стр. 3).

⁵⁾ По Комалье (*Commaille*) въ древесинѣ апельсиновъ, въ древесинѣ и шишкахъ сосны и кедра (*Flora* 1864, стр. 31), далѣе по W. Wicke въ *Polygonum aviculare*, *Sisymbrium officinale*, *Lactuca Sativa*, *Daucus carota*, *Kleeheu*, *Weizinklee*, въ листьяхъ *Morus*, *Quercus*, *Tilia*, *Platanus*, *Fagus* (*Nachrichten der Universität Göttingen*, 1864, № 13); прежнія изслѣдованія Декандолы (*Physiol. übers. v. Rüger*, I, стр. 385—386).

⁶⁾ Въ *Viola calaminaria* и *Thlapsi calam.* постоянно и иногда въ растеніяхъ на почвѣ, содержащей цинкъ; см. ниже.

⁷⁾, ⁸⁾, ⁹⁾, ¹⁰⁾, ¹¹⁾ По Forchhammer'y (*Lehrbuch der chemie und physik. Geologie von G. Bischoff. Bonn, 1863, 1 Bd., 2 Aufl., стр. 445*) *Fucus vesicul.* и *Zostera marina* содержатъ борную кислоту, также цинкъ, никкель, кобальтъ; *Fucus vesicul.* содержатъ также стронцій и барій.

того, при неизвѣстности назначеній составныхъ частей золь (за исключеніемъ желѣза, обусловливающаго зеленый цвѣтъ хлорофилла) весьма важенъ тотъ фактъ, что нѣкоторые изъ этихъ частей, какъ калий, кальцій, магnezія и фосфоръ (также вѣроятно кремній) встрѣчаются въ каждой растительной клеткѣ, что указываетъ на ихъ необходимость. Распространеніе этихъ элементовъ во всемъ растительномъ царствѣ, указываетъ на ихъ физиологическое значеніе; на это опирался уже Соссюръ, указывая впервые на составныя части золь, какъ на необходимыя составныя части растенія, а не какъ на случайную подмѣсь.

Въ незначительномъ процентномъ количествѣ составныхъ частей золь въ сравненіи съ вѣсомъ стареющихъ веществъ, и еще болѣе въ сравненіи съ вѣсомъ живаго растенія, уже Соссюръ не видѣлъ доказательства тому, что растенія могутъ обойтись безъ этихъ веществъ. Этотъ фактъ допускаетъ однако то важное заключеніе, что соединенія кальція, калия, магnezіи и фосфора имѣютъ для растенія значеніе не столько строительнаго матеріала, сколько своимъ присутствіемъ и силой сродства поддерживать въ клеткѣ химическіе процессы. Значеніе углерода, водорода, кислорода и азота, состоитъ главнѣйше въ образованіи возможно большаго количества той массы, которою обусловливается возможность морфологическихъ процессовъ; ѣдкое кали, известь и магnezія, повидимому, болѣе имѣютъ значеніе по той химической дѣятельности, которую онѣ вызываютъ въ растеніи; для наглядности можно бы сказать, что пять элементовъ, образующихъ стареющія вещества, представляются какъ футляръ и колеса часовъ, т. е. составляютъ ихъ главную массу, а необходимыя составныя части золь можно сравнить съ часовой пружиной, которая, управляя вѣсьмъ механизмомъ, составляетъ ничтожнѣйшую часть всего вѣса часовъ; впрочемъ это сравненіе, какъ и всякое другое, не соответствуетъ вполне сущности дѣла.

Опытное доказательство необходимости для растенія одной изъ составныхъ частей золь, достигается, если при одинаковомъ способѣ воспитыванія растеній, однимъ будутъ доставлены всѣ элементы, найденные въ золь, въ пригодныхъ для питанія соединеніяхъ, другія же лишаются одного изъ веществъ, причемъ должно стараться, чтобы оно не попало въ растеніе случайно, напр. въ видѣ примѣси къ другимъ веществамъ. Если развитіе тѣхъ и другихъ идетъ одинаково, то этимъ доказывается бесполезность извѣстнаго вещества; но если экземпляры, лишенные одного вещества, оказываютъ какую либо непорядочность въ развитіи, или неполноту въ процессахъ усвоенія, то изъ этого можно вывести необходимость устраненнаго соединенія: подобные вопросы требуютъ однако многостороннихъ подтвержденій, по причинамъ, изложеннымъ въ параграфѣ; даже наблюденіямъ, произведеннымъ наблюдателями, заслуживающими довѣрія, должно довѣряться съ большою осмотрительностію.

Въ началѣ нынѣшняго столѣтія было произведено много опытовъ, съ цѣлію доказать необходимость, или полезность какого либо вещества для растенія; но опыты эти не имѣютъ никакого значенія, потому что въ нихъ растенію доставлялось всегда только одно какое нибудь вещество, безъ прочихъ нужныхъ веществъ. Если для питанія растенія требуется N элементовъ, то понятно, что $N-1$ элементовъ не достаточно для питанія, и если недостающій элементъ извѣстенъ, то этимъ прямо опредѣляется его необходимость для питанія; но если растенію доставляются $N-2$ или $N-3$ или $N-x$ веществъ, и оно не развивается, то невозможно опредѣлить, которому именно изъ недостающихъ веществъ должно приписать результатъ; опытъ невѣренъ, потому что онъ основанъ на абсолютно-невѣрномъ, нелогичномъ методѣ. Точно также неудовлетворительны опыты и въ томъ случаѣ, когда, не принимая въ уваженіе потребности растенія, нѣкоторые изъ необходимыхъ веществъ доставляются въ недостаточномъ количествѣ. Если, слѣдовательно, для растенія необходимо опредѣленное число элементовъ, то понятно, что каждый отдѣльно взятый элементъ самъ по себѣ вовсе не составляетъ питательнаго матеріала, но что это значеніе онъ пріобрѣтаетъ только въ совокупности съ другими необходимыми элементами. На это указываетъ уже въ 1798 г. молодой Гумбольдтъ ¹⁾. «Въ физиологическихъ наблюденіяхъ, говоритъ онъ, должно остерегаться приписывать одному веществу или одной силѣ то, что основано на взаимномъ отношеніи многихъ силъ».

Въ опытахъ, рѣшающихъ затронутые здѣсь вопросы, дѣло не въ томъ только, чтобы вѣрно сообразоваться съ чисто-химическими условіями, но нужно также имѣть постоянное попеченіе о растеніи въ продолженіи нѣсколькихъ недѣль, даже отъ 3 до 5 мѣсяцевъ. При строжайшемъ соблюденіи всѣхъ химическихъ условій, легко могутъ вкратѣсь многочисленныя ошибки, большая часть которыхъ можетъ быть приписана тому, что не принималась во вниманіе вредъ, наносимый

¹⁾ Въ соч. J. Ingenhous: «Ernährung der Pflanzen» перев. Фиспера (Leipzig) 1798 стр. 30.

растениям недостаткомъ свѣта ¹⁾. Однимъ словомъ, для вѣрнаго опредѣленія результата, должно сравнивать растенія, поставленныя въ помѣщеніи, всегда недостаточно освѣщенное и недостаточно снабжаемое воздухомъ, только съ растеніями, подвергнутыми тѣмъ же условіямъ, т. е. находящимися въ томъ же помѣщеніи и подъ такимъ же освѣщеніемъ. Всякое сравненіе растенія, развивающагося при такихъ обстоятельствахъ, съ другимъ, растущимъ при нормальныхъ условіяхъ на открытомъ воздухѣ, обличаетъ недостатокъ въ физиологическихъ соображеніяхъ и противорѣчить основнымъ правиламъ индуктивныхъ наукъ.

Послѣ всего вышесказаннаго очевидно, что изъ описаній опытовъ возможно вывести опредѣленное заключеніе тогда только, когда въ нихъ обращено вниманіе на всѣ обстоятельства, имѣющія какое либо вліяніе на жизнь растенія; поэтому было бы бесполезно сообщить здѣсь, только въ извлеченіи, тѣ опыты надъ развитіемъ растеній, изъ которыхъ можно вывести заключеніе о полезности или безполезности опредѣленной составной части золы. Въ слѣдующемъ параграфѣ приводится въ цитатахъ литература, касающаяся этого предмета, здѣсь же мы для менѣе опытныхъ читателей укажемъ на тѣ основныя положенія, которыми должно руководствоваться при разборѣ подобныхъ работъ.

Употребленное мною выраженіе,—растеніе, въ извѣстныхъ условіяхъ развивалось «нормально» или «ненормально» дало поводъ къ недоразумѣніямъ. Такъ какъ подобныя недоразумѣнія, даже при ихъ несостоятельности ²⁾, затрудняютъ научное обсужденіе дѣла, то гораздо лучше будетъ при разборѣ опытовъ питанія прямо говорить о послѣдствіяхъ, которыя за собою влечетъ прибавленіе или отнятіе опредѣленныхъ веществъ и соединеній; гораздо лучше ставить категорическіе вопросы: обусловливаетъ ли опредѣленный способъ питанія приращеніе въ вѣсѣ сухаго вещества или нѣтъ; обусловливаетъ ли оно (*ceteris paribus*) ту или другую форму, оказываетъ ли вліяніе на ходъ прорастанія, способъ развитія, фруктификаціи и т. д. Подобные вопросы гораздо цѣлесообразнѣе и точнѣе, нежели вопросъ — развивается ли растеніе при подобныхъ условіяхъ нормально или ненормально.

§ 36. Соединенія, въ видѣ которыхъ химическіе элементы могутъ быть приняты растеніемъ какъ питательныя вещества. Питательныя вещества всѣ безъ исключенія должны проникать во внутренность клѣточекъ сквозь замкнутыя стѣнки; принятіе ихъ совершается, слѣдовательно, посредствомъ диффузіи; отсюда слѣдуетъ, что въ растеніе могутъ проникнуть только тѣ элементы и соединенія, которыя при обыкновенной температурѣ, необходимой для развитія растенія, являются въ газообразномъ или жидкомъ состояніи, или въ видѣ растворовъ. Такъ называемыя органическія соединенія, свойственныя растеніямъ, содержатъ въ себѣ атомы отдѣльныхъ элементовъ соединенными не соотвѣтственно ихъ сильнѣйшему средству, но такъ, что въ состояніи проявить многостороннія химическія дѣйствія; такія соединенія отъ дѣйствія сильныхъ кислотъ или основаній, легко разлагаются; отсюда ясно, что принимаемые растеніемъ элементы и соединенія не должны обладать сильными основными или кислыми свойствами, — въ противномъ случаѣ они бы легко разрушили равновѣсіе атомнаго расположенія. Наблюденіе показываетъ, что большинство доставляемыхъ растеніямъ питательныхъ соединеній, обладаетъ средними свойствами, и что, слѣдовательно, ихъ сильнѣйшія средства насыщены; углекислота есть единственная, болѣе крѣпкая кислота, принимаемая клѣточками, при обыкновенной температурѣ, въ не нейтрализованномъ состояніи, но за то она разбавлена въ сильной степени кислородомъ и азотомъ воздуха, такъ что ея кислыя свойства могутъ обнаруживаться только постепенно и весьма медленно; если окружающій воздухъ или вода обладаютъ большимъ процентнымъ содержаніемъ этой кислоты, то она убиваетъ растеніе.

¹⁾ Ueber die Hindernisse bei Vegetationsversuchen in geschlossenen Räumen, von J. Sachs въ журналѣ «Die landwirthch. Versuchstationen» II, 201.

²⁾ Растенія воспитанныя мною въ водныхъ растворахъ, развивались совершенно нормально.

Кислой реакціи паренхимнаго сока, обусловливаемой растительными кислотами, или ихъ солями, можетъ быть приписано то обстоятельство, что корни многихъ растений могутъ принимать питательныя вещества изъ смѣсей, слегка щелочныхъ. Большая степень щелочности, однако, дѣйствуетъ вредно и быстро убиваетъ корневныя клѣточки. Единственный элементъ, вступающій въ растеніе со всей энергіей своего химическаго дѣйствія, есть кислородъ; онъ здѣсь, также какъ и у животныхъ, поддерживаетъ процессъ дыханія, причемъ онъ или разлагаетъ часть органическаго, усвоеннаго вещества растенія, или обусловливаетъ дальнѣйшія измѣненія, причемъ часть уже усвоеннаго вещества сгараетъ въ углекислоту и воду (см. Дыханіе); кажется, что каждое дальнѣйшее измѣненіе усвоеннаго вещества, имѣющее цѣлью образованіе клѣточекъ (ростъ), находится въ прямой связи съ подобнымъ дѣйствіемъ кислорода; весьма вѣроятно, что часть кислорода, освободившагося въ зеленыхъ органахъ во время усвоенія, распространяется въ тканяхъ растенія въ видѣ озона, и что въ нѣкоторыхъ тканяхъ, содержащихъ усвоенныя вещества, находятся органическія соединенія, озонирующія входящій кислородъ¹⁾, вслѣдствіе чего значительно усиливается его химическая дѣятельность.

Между соединеніями, необходимыми для питанія зеленыхъ растений, главную массу занимаютъ кислородныя соединенія, въ сравненіи съ которыми количество хлористыхъ, бромистыхъ и іодистыхъ металловъ столь незначительно, что едва можетъ быть принято въ разсужденіе. Въ отношеніи кислородныхъ соединеній можно поставить общимъ закономъ, что питательными веществами могутъ быть только элементы высшей степени окисленія; такъ, напримѣръ, зеленое растеніе получаетъ углеродъ не изъ окиси углерода, а изъ углекислоты; изъ различныхъ степеней окисленія сѣры, фосфора и азота, принимаются исключительно соли кислотъ SO^3 , PO^5 и NO^5 ²⁾. Касательно тяжелыхъ металловъ, желѣза и марганца, неизвѣстно, принимаются они въ видѣ окисей или солей закиси; тотъ фактъ, что эти соединенія, доставленныя растенію, удовлетворяютъ его потребности въ этихъ металахъ, еще не объясняетъ, въ какой формѣ ихъ соли принимаются корнями.

Относительно состава такой питательной смѣси, которая бы удовлетворяла требованіямъ зеленаго, но не чужеяднаго растенія, изъ имѣющихся опытовъ можно вывести слѣдующее: предполагая, что вода, углекислота и атмосферный воздухъ, доставляются растенію въ соотвѣтствующемъ его потребностямъ видѣ, что температура и освѣщеніе благопріятны, то въ такомъ случаѣ значитель-

¹⁾ По Косману (Cossman, Comptes rendus, 1862, p. 731) кислородъ, выходящій изъ растений, долженъ быть озонированъ; то же самое подтверждаетъ Скутеренъ (Scutetten, тамъ же 1856, Т. 42, стр. 941). Также по де-Лука (de Luca Wilde's Centralblatt 1857, стр. 153) озонированіе происходитъ при посредствѣ растений на свѣтѣ. Позей (Poeu: Comptes rendus, 1863, t. 57, стр. 348) въ нелсныхъ выраженіяхъ отрицаетъ это показаніе. Объ озонирующемъ вліяніи свѣжихъ растительныхъ соковъ (картофеля и грибовъ). Ср. Schönbein въ Pogg. Ann. 75, стр. 357 и въ Handwörterbuch der Chemie, VII, 265, также и Mulder (die Chemie der Ackerkrume перев. v. Müller, 1861, стр. 243).

²⁾ Также и амміакъ вступаетъ въ растеніе въ видѣ солей окиси аммонія; амміакъ самъ по себѣ убиваетъ растеніе въ очень малыхъ дозахъ, такъ что еще меньшее количество этого газа, которое не могло бы вредно дѣйствовать, не можетъ доставить количества азота, потребнаго для развитія растенія.

ное приращеніе въ вѣсѣ растенія и болѣе или менѣе нормальное образованіе формы и воспроизводительныхъ органовъ, можетъ происходить, если питательная смѣсь будетъ составлена изъ достаточнаго количества слѣдующихъ веществъ:

1) Азотнокислая соль (основаніе — кали, натръ, известь), или соль окиси аммонія (кислота — азотная, сѣрная, углекислота?), или одновременно азотистыя соединенія обоихъ родовъ.

2) Калиева соль (сѣрнокислая, азотнокислая, фосфорнокислая; хлористый калий одинъ вѣроятно не можетъ удовлетворить потребности растенія въ калии.

3) Натровая соль (также). (Соли литія до сихъ поръ не разсматривались.)

4) Соль извести (съ кислотами сѣрной, азотной и фосфорной; хлористый кальцій).

5) Соль магнезіи (сѣрнокислая).

6) Желѣзная соль (въ видѣ хлористаго соединенія, или въ видѣ сѣрнокислой закиси?).

7) Соль марганца (нужна ли?).

Опыты показываютъ, что растенія допускаютъ значительныя измѣненія въ составѣ этихъ веществъ, и что при весьма различномъ составѣ солей, можетъ происходить успѣшное развитіе. Но опыты не показали, какія качественныя и количественныя отношенія названныхъ здѣсь соединеній наиболѣе благопріятны для какаго либо растенія. Изъ сдѣланныхъ до сихъ поръ анализовъ золы и опытовъ, можно только сказать, что, кажется, полезнѣе въ питательныя смѣси прибавлять болѣе калиевыхъ солей, нежели натровыхъ; болѣе солей извести, нежели магнезіи, и всегда только весьма незначительное количество желѣзныхъ (и марганцовыхъ) солей; сѣрнокислыя, азотнокислыя и фосфорнокислыя соединенія должны перевѣшивать хлористыя соединенія. Очевидно, что питательныя смѣси должны быть составлены такимъ образомъ, чтобы каждый изъ необходимыхъ элементовъ входилъ въ составъ смѣси или въ видѣ основанія, или въ видѣ соли.

Эти данныя относятся, однако, только къ технической сторонѣ опытовъ, но они не даютъ никакихъ средствъ заключить, дѣйствительно ли употребляемыя основанія и кислоты входятъ въ корни въ формѣ опредѣленныхъ солей, или основанія и кислоты принимаются клѣточками болѣе или менѣе независимо одно отъ другаго. Это предположеніе оправдывается тѣмъ, что (даже предполагая, что всѣ эти кислоты и основанія растворены въ водѣ) не существуетъ опредѣленнаго взгляда относительно ихъ взаимнаго соединенія въ водѣ. Вопросъ о формѣ соединеній, въ которыхъ вещества дѣйствительно принимаются, становится еще запутаннѣе, когда смѣсь находится одновременно подъ вліяніемъ силы притяженія почвы и когда нѣкоторыя вещества растворяются лишь подъ вліяніемъ поверхности корня, обладающей кислыми свойствами.

Если дѣлью будетъ, не показать какіе элементы и въ какихъ соединеніяхъ потребны для растенія, но показать, напримѣръ, что вообще составныя части золы необходимы (т. е. содержатъ необходимые элементы) или, что растеніе въ состояніи принимать необходимые элементы, не только изъ почвы, но и изъ раствора или изъ различныхъ растворовъ, или если для какойнибудь цѣли желательнѣе воспитать растеніе безъ почвы собственно, въ средѣ, лишенной органическихъ примѣсей¹⁾, или воспитывать сухопутное растеніе, съ неповрежденными корнями въ водныхъ растворахъ питательныхъ веществъ, или наблюдать ростъ корней въ прозрачной сре-

¹ Напримѣръ опыты Буссенго надъ усвоеніемъ азота.

динѣ и т. д., то во всѣхъ этихъ случаяхъ нѣтъ необходимости составлять искусственныя смѣси нужныхъ солей; можно употреблять золу того рода растенія, надъ которымъ производится наблюдение, или можно ее замѣнить золой другихъ растеній, или растительныхъ веществъ (напримѣръ золой компостной земли, навоза и т. д.); причемъ, смотря по необходимости, нужно прибавлять какое нибудь азотистое соединеніе и, по крайней мѣрѣ, отчасти нейтрализовать щелочную золу (лучше всего азотной кислотой); кромѣ того вообще необходимо обращать вниманіе и на всѣ другія условія питанія.

Само собою понятно, что во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ опыты должны рѣшить необходимость или безполезность вещества, принимаемаго корнями, или когда вообще въ опытѣ желаютъ точно знать, что корни находятъ въ своей окружности, когда далѣе хотя бы исключить всасывающія силы почвы и т. д., то во всѣхъ этихъ случаяхъ должно устранять участіе обыкновенной почвы; понятно, что для достиженія этого условія нужно предоставить корнямъ развиваться въ такой средѣ, которая могла бы доставлять нужныя вещества и кромѣ того сама обладала бы опредѣленными качествами. Съ этою цѣлью старались обыкновенную почву замѣнять различными веществами: сѣрнымъ цвѣтомъ, чистымъ углемъ, измельченнымъ кварцомъ, бусами, очищеннымъ крупнымъ пескомъ, пемзой и, наконецъ, дистиллированной водой. Другія вещества, взятые въ значительномъ количествѣ, или трудно очищаются, или дорого стоятъ, и при этомъ нерѣдко не удовлетворяютъ требованіямъ по своимъ физическимъ свойствамъ, такъ что во многихъ случаяхъ найдено самымъ удобнымъ замѣнить почву дистиллированной водой, заключающей питательныя вещества потребнаго качества и количества. Понятно, что при этомъ необходимо соблюдать множество предосторожностей. Смѣшиваніе и концентрація питательныхъ смѣсей требуютъ предварительныхъ и осмотрительныхъ изслѣдованій. И первый показалъ, что при соблюденіи всѣхъ условій, можно сухопутныя растенія безъ твердой почвы довести до роскошнаго развитія и даже до образованія плодовъ; методы, указанные мною, съ успѣхомъ примѣнены Штоманомъ (Stohmann), Ноббе (Nobbe) и Кнопомъ (Knop).

Подобный опытъ производится слѣдующимъ способомъ: сѣмена заставляютъ прорастать въ чистомъ пескѣ или въ опилкахъ до тѣхъ поръ, пока они не окажутся годными для употребленія; изъ опасенія, чтобы во время перваго періода прорастанія что-либо не перешло въ растеніе изъ окружающей среды, можно сѣмена съ самаго начала положить на продыравленную пергаментную бумагу или на сѣтку изъ конскаго волоса, и сѣтку эту натянуть надъ сосудомъ съ дистиллированной водой, такъ чтобы сѣмена увлажались снизу; или изъ тонкихъ стеклянныхъ палочекъ дѣлается родъ рѣшетки, на которую кладутся сѣмена, такъ что бы нижней стороною они прикасались къ водѣ; или сѣмена прикрѣпляютъ къ ниткѣ, которую опускаютъ въ сосудъ, такъ что сѣмена прикасаются къ водяной поверхности и т. д.

Когда корешокъ зародыша удлинится на нѣсколько сантиметровъ и уже отчасти развился себелекъ (Plumula), тогда молодое растеніе помещается въ аппаратъ, изображенный на фиг. 14-й. Прорастающій маисъ, напримѣръ, съ прорастающимъ листомъ укрѣпляется въ дыру пробки *K* такимъ образомъ, что сѣмя *S* съ бѣлкомъ находится подъ пробкой, но надъ поверхностью воды, въ которую погружается только прорастающій корень; подобное положеніе можно давать тѣмъ прорастающимъ растеніямъ, которыя снабжены большими сѣмянодолями, выступающими надъ землею. Бѣлокъ или мясистыя сѣмянодоли никогда не должны быть погружаемы въ воду, — они нуждаются только въ влажности, которую и находятъ въ пространствѣ подъ пробкой. Легко придумать, какъ должно прикрѣплять растенія, прорастающія наподобіе хвойныхъ и Chenopodiaceae; должно только строго смотрѣть, чтобы ничто, кромѣ собственно корня, не погружалось въ воду. Стеклянный цилиндръ *N* ставится въ пустой цилиндръ изъ папки, или обертывается черной бумагой и растеніе ставится въ свѣтлое мѣсто, до возможности открытое солнцу. Въ первый день цилиндръ можно наполнить одной дистиллированной водой, не прибавляя никакихъ веществъ; я всегда замѣчалъ, что въ этомъ случаѣ первыя стадіи прорастанія идутъ успѣшнѣе, нежели тогда, когда съ самаго начала прибавляются питательныя вещества; какъ только прорастающее растеніе распустило первый зеленый листъ,



ф. 14.

оно получаетъ способность усвоенія, т. е. переработки извнѣ принятыхъ веществъ и въ это время должно корнямъ, достаточно развившимся, доставить питательныя вещества.

Для составленія раствора берется по вѣсу на 1000 частей дистиллированной воды не болѣе 3 или 4 частей питательныхъ веществъ. Если сосудъ окажется узкимъ для разрастающагося растенія, то оно перемѣщается въ другой, большихъ размѣровъ, причемъ должно стараться не вынимать растенія изъ пробки, но если этого нельзя избѣжать, то должно вынимать и вставлять растеніе въ пробку всегда посредствомъ боковой щели.

Для приготовленія растворовъ питательныхъ веществъ удобнѣе всего заготовить предварительно значительное количество строго титрованныхъ растворовъ отдѣльныхъ солей, которыя хотятъ употребить, напримѣръ: азотнокислыхъ, сѣрниокислыхъ, фосфорнокислыхъ кали, натра, извести, сѣрниокислой магнезій, хлористаго калия и хлористаго натрія, желѣзныхъ и марганцовыхъ солей. Средствомъ пилетки берется нужное число кубическихъ сантиметровъ растворовъ и смѣшивается съ потребнымъ количествомъ дистиллированной воды. Свѣтлые растворы послѣ смѣшенія образуютъ осадки, а нѣкоторыя соли, напримѣръ трехосновная фосфорнокислая известь, очень трудно растворимая и друг., должны быть доставляемы въ видѣ порошка, если желаютъ, чтобы соли эти были въ достаточномъ количествѣ. Однимъ словомъ, невозможно въ одно время смѣшать въ растворѣ все нужныя для растенія кислоты и основанія въ такомъ количествѣ, чтобы растворъ былъ достаточно концентрированъ и соответствовалъ бы составу золь растенія въ количественномъ и качественномъ отношеніи.

Цѣлью опыта опредѣляется возможность употребленія такой смѣси питательныхъ веществъ, въ которой получаютъ осадки. Если растеніе должно расти въ свѣтлой жидкости, то при составленіи смѣси, вода должна быть слегка подкислена (напримѣръ азотной кислотой) или употреблять способъ, описанный мною ¹⁾ подъ именемъ: «Метода переменныхъ растворовъ», т. е. готовятъ два или болѣе раствора, въ которыхъ соли раздѣляются на двѣ или болѣе группы въ такомъ порядкѣ, что въ каждомъ отдѣльномъ растворѣ, при концентраціи 3—4 частей на 1000 воды, осадка не образуется; растеніе заставляють попеременно принимать то одинъ, то другой растворъ. Мои опыты показали, что такимъ способомъ маисъ и бобъ достигли полного развитія и образовали значительныя массы органическаго вещества, и это также доказываетъ, что растенія не нуждаются въ принятіи различныхъ питательныхъ веществъ за одинъ разъ, но дѣлають это попеременно, принимая то одно вещество, то другое; однако періоды переменъ разныхъ растворовъ не должны быть слишкомъ продолжительны.

Часто на развитіе имѣеть благоприятное вліяніе, когда растеніе, впродолженіи недѣли поглощавшее растворъ питательныхъ веществъ, помѣщаютъ на нѣсколько дней въ дистиллированную воду; кажется, что послѣдняя бываетъ особенно благоприятна во время вызрѣванія плодовъ ²⁾.

Для сохраненія растворовъ постоянными впродолженіи даннаго времени, едва ли найдется другое средство, кромѣ возобновленія ихъ по меньшей мѣрѣ ежедневно, потому что чрезъ отнятіе воды и чрезъ различный расходъ питательныхъ веществъ, количественный составъ раствора подлежить постоянно измѣненію; эти измѣненія не могутъ быть уравнины только однимъ прибавленіемъ чистой воды или доливаніемъ раствора до первоначальнаго уровня. Если растворъ питательныхъ веществъ содержитъ желѣзо, то въ концѣ періода развитія обыкновенно замѣчается измѣненіе его самими корнями, неблагоприятное для растенія: внезапно происходитъ образованіе чернаго осадка сѣрнистаго желѣза съ запахомъ сѣрнистаго водорода: корни чернѣють и отмирають; этого можно избѣжать частымъ возобновленіемъ раствора. По Штоманну ³⁾ причина заключается въ наступленіи щелочной реакціи раствора, и корни сами обладаютъ, по его словамъ, способностью даже кислый растворъ въ короткое время преобразовывать въ щелочной. Я первый указалъ на этотъ процессъ возобновленія ⁴⁾.

Изъ моихъ работъ, а также изъ работъ Ноббе (Nobbe), Штоманна (Stohmann), Кнопа (Knop) можно видѣть, сколько различныхъ вариаций представляетъ методъ, описанный здѣсь толь-

¹⁾ Штоманнъ (Stohmann) своими опытами доказалъ, что этотъ методъ не абсолютно нуженъ и что для воспитанія сухопушпаго растенія въ водѣ, можно къ ней прибавлять частью и нерастворимыя соли, не перемѣняя раствора.

²⁾ Этимъ способомъ можно было бы уменьшить большое содержаніе золь въ растеніяхъ, развившихся въ растворахъ.

³⁾ Stohmann: Die landw. Vers. — Stat. тетр. X, стр. 66.

⁴⁾ Die landw. Vers. — Stat. тетр. VI, стр. 246.

ко въ общихъ чертахъ. Здѣсь не нужно возвращаться къ непріятному спору, начавшемуся о томъ, можетъ ли сухопутное растеніе развиваться безъ почвы, или нѣтъ; фактъ тотъ, что съ того времени, какъ я первый представилъ подробное описаніе моихъ опытовъ, уже многими удалось съ успѣхомъ воспитывать растенія въ водныхъ растворахъ ¹⁾.

Растенія, выросшія у меня безъ почвы въ водныхъ растворахъ, были относительно также крѣпки, даже крѣпче тѣхъ, которыя въ опытахъ, произведенныхъ прежними наблюдателями развивались въ пескѣ, углѣ и т. д. Такъ на примѣръ, въ 1860, у меня, между прочимъ, развился ²⁾ маисъ, который въ сухомъ состояніи, съ 42-мя зернами, вѣсилъ 26,91 грамма, причемъ взявъ вѣсъ посаженнаго сѣмени за 1, вѣсъ произведеннаго вещества = 60,88, вѣсъ образовавшихся сѣмянъ превосходилъ вѣсъ посаженнаго въ 18,66 разъ.

Въ 1861, я получилъ маисъ также съ 42-мя зрѣлыми зернами ³⁾, способными прорасти; будучи высушенъ, онъ вѣсилъ 29,875 грамма; посаженное сѣмя, высушенное на воздухѣ, вѣсило 0,2018 грамма; тогда же я получилъ Phaseolus папсу съ шестью способными къ прорастанію сѣменами; высушенное растеніе вѣсило 18,468 грамма, причемъ вѣсъ образовавшагося вещества превосходилъ вѣсъ употребленнаго сѣмени въ 60 разъ ⁴⁾. Ноббе получилъ въ водномъ растворѣ, между прочимъ, гречиху, вѣсъ сухаго вещества которой доходитъ до 3,766 грамма и относится къ вѣсу употребленнаго сѣмени какъ 215 къ 1 ⁵⁾. Штоманъ выростилъ, между прочимъ, маисъ, вѣсъ сухаго вещества котораго = 84,3 гр. и превосходилъ вѣсъ посаженнаго сѣмени въ 731 разъ; въ одномъ случаѣ онъ получилъ 370 зеренъ, способныхъ къ прорастанію ⁶⁾. Наконецъ, послѣ многолѣтняго сомнѣнія въ возможности подобныхъ опытовъ и Кнопъ получилъ маисъ, съ вѣсомъ сухаго вещества до 50,288 грамма ⁷⁾.

Я потому придаю значеніе этимъ числамъ, что важность какого нибудь вещества, какъ питательнаго, доказывается тогда только, когда безъ прибавленія его не удастся достигнуть значительнаго приращенія въ вѣсѣ сухаго вещества, но по прибавленіи этого вещества вѣсъ развившагося растенія многократно превышаетъ вѣсъ сѣмени.

При подобныхъ опытахъ, однако прежде всего должно доказать, что избранный методъ самъ въ себѣ не заключаетъ какого либо препятствія къ достиженію роскошнаго развитія. Каждый методъ, который несмотря на присутствіе или отсутствіе опредѣленнаго вещества, самъ по себѣ не допускаетъ значительнаго приращенія въ вѣсѣ, уже оставляетъ сомнѣніе въ томъ, должно ли приписывать неуспѣшное развитіе растенія недостатку вещества или другимъ условіямъ. Это обстоятельство отчасти уменьшаетъ значеніе результатовъ, полученныхъ княземъ Salm-Horst-

¹⁾ Для того, кто интересуется предметомъ и желаетъ вѣрно судить о приоритетѣ работъ, относящихся къ этому вопросу, нужно замѣтить, что дѣло не въ томъ, чтобы сухопутныя растенія нѣкоторое время могли расти въ водѣ, но въ томъ, чтобы сухопутное растеніе, начиная съ прорастающаго сѣмени, безъ почвы, только доставляя опредѣленные питательныя вещества, воспитать такъ, чтобы оно вмѣстѣ съ умноженіемъ вѣса сѣмени, развило всѣ свои органы и произвело новыя сѣмена, способныя съ своей стороны къ прорастанію. Я первый выполнилъ эти условія и это составляетъ мою неотъемлемую собственность; относительно этой работы необходимыя замѣчанія помѣщены мною въ журналѣ «Erdmann's und Werther's Journal für praktische Chemie», 1861, стр. 373 ff. Въ 6 тетради «landwirthschaftlichen Versuchstationen», 1860, одновременно появились моя статья и Кнопа; я описалъ рядъ удавшихся опытовъ развитія маиса въ водныхъ растворахъ, между тѣмъ какъ Кнопъ, стр. 280, сводитъ свои результаты и ниже, на стр. 287, говоритъ, что до сихъ поръ онъ при такихъ опытахъ получалъ въ результатъ только ненормальное развитіе, чего, впрочемъ, онъ и ожидалъ. Въ моей вышеназванной работѣ можно найти различныя воззрѣнія, какъ относительно производства, такъ и оцѣнки этихъ опытовъ, а также и исторію этого вопроса; я первый вывелъ на свѣтъ уже забытые опыты Дюамеля (Du Hamel physique des arbres, II, 202) который довелъ въ рѣчной водѣ бобы до плодоношенія, оставляя развиваться въ водѣ въ продолженіи 8 лѣтъ дубъ и т. д.

²⁾ Die landwirthsch. Versuchstationen, тerp VI, стр. 249.

³⁾ Annalen der Landwirthschaft in den Kön. preuss. Staaten 1862. Wochenblatt № 19, стр. 181.

⁴⁾ Тамъ же, стр. 235, № 25.

⁵⁾ Die landwirthsch. Versuchsstationen, тerp XII, стр. 336.

⁶⁾ V. Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, II, 411.

⁷⁾ Die landwirthsch. Vers.-Stat., тerp XI, стр. 183.

магомъ и ставить ихъ ниже, чѣмъ они могли быть по проницательности и ловкости экспериментатора.

Остусь Либихъ ¹⁾ ясно вывелъ изъ нѣкоторыхъ классическихъ опытовъ Буссенго, что незначительное приращеніе въ вѣсѣ, производимое питательной смѣсью, еще не служитъ доказательствомъ нормальнаго образованія веществъ въ растеніи; онъ, именно, показалъ, что въ томъ случаѣ когда не доставить способный къ усвоенію азотъ, вѣсъ растенія можетъ въ $3\frac{1}{2}$ раза превышать вѣсъ сѣмени, и все-таки въ растеніи не было увеличено количество азота, а слѣдовательно и не образовалось азотистыхъ веществъ (протоплазмы). Увеличеніе вѣса сухаго вещества зависитъ въ этомъ случаѣ только отъ безазотныхъ веществъ, вѣсъ которыхъ, по Либиху, увеличивается сравнительно съ вѣсомъ сѣмени въ $2\frac{1}{2}$ раза, при содѣйствіи азотистаго вещества, первоначально содержащагося въ сѣмени.

Если бы изъ того обстоятельства, что растеніе, не получая способнаго къ усвоенію азота, все-таки обнаруживаетъ (незначительное) приращеніе въ вѣсѣ, вывести заключеніе о бесполезности азота для растеній, то очевидно сдѣлали бы грубую ошибку; то же самое можетъ быть сказано и относительно натра и др. Только тогда, когда приращеніе въ вѣсѣ многократно превышаетъ вѣсъ сѣмени, мы въ правѣ принять, что недостающее вещество не составляетъ необходимости для всесторонняго развитія растительныхъ веществъ. Подобно тому какъ въ опытахъ Буссенго, азотистыя вещества, заключавшіяся въ сѣмени, при содѣйствіи минеральныхъ веществъ, производили новыя количества безазотистыхъ веществъ, содѣйствуя ихъ образованію тѣмъ, что покидая листья уже образовавшіеся, переходили въ молодые, гдѣ снова при посредствѣ ихъ образовались безазотистыя усвоенныя вещества; то же самое также могло происходить и съ другими веществами.

Если повторяющееся участіе одного вещества при ассимиляціи въ растеніи, по данной Либихомъ схемѣ, дѣлаетъ возможнымъ умноженіе другихъ веществъ, то все-таки такое образованіе веществъ будетъ одностороннее, и растеніе, наконецъ, погибнетъ, какъ это и было въ разсмотрѣнномъ опытѣ Буссенго. При такихъ условіяхъ образованіе значительнаго количества органическаго вещества невозможно и поэтому значительное увеличеніе въ вѣсѣ, есть первый критерій, дающій право судить о бесполезности вещества, удаленнаго изъ пищи.

Въ заключеніи при критическомъ разборѣ вліянія определенныхъ питательныхъ смѣсей на ходъ развитія, должно обратить вниманіе на одно обстоятельство. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, для того чтобы судить о результатѣ, необходимо, чтобы растеніе не только значительно увеличило вѣсъ сухаго вещества въ сравненіи съ сѣменемъ, но также чтобы оно произвело цвѣты и плоды. Но надо замѣтить, что необразованіе плодовъ можетъ происходить совершенно независимо отъ питанія растенія; именно, могутъ остаться невыполненными механическія условія оплодотворенія, напримѣръ, если цвѣтень не будетъ перенесенъ на рыльце; у многихъ растеній для этой цѣли необходимы наскѣомыя, у нѣкоторыхъ созрѣваніе пыли и рыльца происходятъ не одновременно, у многихъ оплодотвореніе цвѣтка или растенія затрудняется по другимъ причинамъ. Если не обратить вниманія на эти обстоятельства, и не оказать растенію въ извѣстныхъ случаяхъ содѣйствія, то оплодотворенія не произойдетъ, и въ такомъ случаѣ отсутствіе плодовъ у отлично питаемаго растенія можетъ быть ошибочно приписано неправильности въ состояніи растенія, обусловливаемой ненормальнымъ питаніемъ. Однимъ словомъ, по необразованію плодовъ никогда нельзя судить о неспособности растенія къ оплодотворенію. Вопросъ о томъ, оплодотворимо растеніе или нѣтъ, долженъ быть разрѣшенъ особо.

в) Элементарный составъ сгорающихъ веществъ ²⁾.

§ 37. Зеленныя не чужеядныя растенія и не нуждающіяся въ черноземной почвѣ, получаютъ углеродъ исключительно изъ углекислоты воздуха, или окружающей воды, кислородъ выдѣляется подѣ вліяніемъ свѣта.

¹⁾ J. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agriculture und Physiologie 1865, II, стр. 47. Cp. Boussingault's: Versuche Ann. de Chemie et de phys. sér. III, XLIII, 149 и Boussingault's Agronomie, Chemie agricole et Physiol. 1860, Paris, I, стр. 35—37; стр. 49 и главнымъ образомъ стр. 64.

²⁾ Важнѣйшія сочиненія относящія къ отдѣленіямъ b и c суть: Theodore de Saussure: Recherches chimiques sur la végétation 1804. J. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung

Ниже помѣщены доказательства того, что названныя растенія во многихъ случаяхъ получаютъ углеродъ, необходимый для образованія органическихъ веществъ, исключительно изъ углекислоты.

1) Всѣ растенія, которыя не могутъ на свѣтѣ разлагать углекислоту, должны быть оставлены въ сторонѣ, потому что онѣ или живутъ непосредственно продуктами усвоенія зеленыхъ растеній, разлагающихъ углекислоту (безхлорофиллыныя паразитныя растенія), или питаются органическими продуктами разложенія другихъ организмовъ (безхлорофиллыныя, но не чужедныя, напримѣръ, многіе большіе грибы, *Monotropa*, *Neottia nidus avis*); точно также могутъ остаться въ сторонѣ при разсмотрѣніи вопроса о принятіи углерода тѣ растенія, которыя хотя и чужедны, но зеленого цвѣта (*Viscum album*, *Thesium*, многіе *Rhynanthaceae*) и тѣ зеленыя растенія, которыя могутъ развиваться только въ черноземѣ, и у которыхъ, по всей вѣроятности, часть веществъ образуется чрезъ принятіе органическихъ соединений извнѣ. Если поименованныя растенія вполнѣ или отчасти живутъ органическими (углеродистыми) соединениями, то остальные растенія должны имѣть особыя приспособленія, которыя давали бы имъ возможность производить органическія углеродистыя соединения изъ единственнаго углеродистаго соединенія — углекислоты. Приспособленіе это состоитъ въ хлорофиллѣ клѣточекъ. Во всѣхъ безхлорофиллыныхъ растеніяхъ или безхлорофиллыныхъ частяхъ, часть органическаго вещества сожигается посредствомъ постояннаго дыханія, вслѣдствіе чего углеродъ отдѣляется въ видѣ углекислоты. Если бы были только одни безхлорофиллыныя растенія, то безъ содѣйствія животныхъ все органическое ихъ вещество наконецъ было бы сожжено. Существованіе органическаго царства упрочено только тѣмъ, что усвояющая дѣятельность клѣточекъ, содержащихъ хлорофиллъ, на землѣ сильнѣе, чѣмъ разрушеніе органическаго вещества, происходящее при дыханіи растеній и животныхъ. Несмотря на потребленіе черноземныхъ продуктовъ разложенія различными животными и растеніями и несмотря на постоянное сожиганіе чернозема посредствомъ атмосфернаго кислорода, количество чернозема въ почвѣ не только не уменьшается, но увеличивается; ясно, что образованіе органическаго вещества посредствомъ процесса усвоенія зеленыхъ растеній сильнѣе, чѣмъ разрушеніе его вышеприведенными дѣятелями.

2) Существованіе такихъ растеній, которыя получаютъ углеродъ, необходимый для образованія органическихъ веществъ, изъ углекислоты воздуха подтверждается слѣдующими фактами:

а) Появленіе лишаяевъ на голыхъ скалахъ, даже на стеклѣ, и развитіе зеленыхъ эпифитовъ, снабженныхъ только одними воздушными корнями. Незначи-

auf *Agricultur und Physiologie*; erster Theil. H. v. Mohl: *Die vegetabilische Zelle, c. Nahrungsstoffe*. Boussingault: *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*. Paris, 1860. I. Rochleder, *Chemie u. Physiol. der Pfl.* 1858, 101 ff. Важны нѣкоторыя замѣчанія у Carl Voigt: *Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegungen auf den Stoffwechsell*, 1860. München: in der Einleitung. Ни одна часть растительной физиологии не обладаетъ такой богатой литературой; для критической разработки относящихся сюда отдѣльныхъ вопросовъ, нужно было бы написать цѣлую книгу; да это было бы и бесполезно, такъ какъ важнѣйшія сочиненія уже всѣмъ извѣстны. Я удовольствуюсь, поэтому, краткимъ рефератомъ, въ которомъ обращу вниманіе только на то, что существенно необходимо для пониманія послѣдующаго изложенія.

тельные количества органической пыли, носящейся въ воздухѣ, которой бы можно было приписать вліяніе на развитіе растенія, уже потому должны быть оставлены въ сторонѣ, что нельзя сказать, въ какой формѣ это органическое вещество можетъ проникнуть въ растеніе.

- б) Возможность доводить зеленныя, водныя растенія до полного развитія въ дистиллированной водѣ, содержащей только составныя части золы, какъ это удается съ *Protococcaceae*, *Palmellaceae* и *Confervae*, причемъ изъ нѣсколькихъ клѣточекъ, безъ нарушенія свѣтлости раствора, на свѣтѣ, по прошествіи нѣсколькихъ недѣль, образуются толстыя скопленія размножившихся клѣточекъ; это же явленіе замѣчается даже тогда, когда доступъ органической пыли къ водѣ бываетъ тщательно загражденъ.
- в) Возможность развитія сухопутныхъ растеній въ такой почвѣ, изъ которой прокапываніемъ и промываніемъ извлечены все органическія вещества ¹⁾; здѣсь растенія получаютъ значительное приращеніе въ вѣсѣ, что происходитъ отъ образованія углеродистыхъ веществъ на счетъ углекислоты.
- г) Возможность воснитыванія сухопутныхъ растеній ²⁾ въ водныхъ растворахъ, составленныхъ изъ составныхъ частей золы этихъ растеній съ прибавленіемъ азотнокислой или аммоніакальной соли; въ такихъ растворахъ растенія могутъ развиваться такъ успѣшно, что вѣсъ ихъ въ высушенномъ состояніи превосходитъ вѣсъ сѣмени въ 60 и даже въ нѣсколько сотъ разъ, причемъ около половины прибыли составляетъ углеродъ, который здѣсь можетъ происходить только изъ углекислоты воздуха.
- е) Неспособность всеѣхъ, до сихъ поръ изслѣдованныхъ зеленыхъ растеній, умножать органическое вещество безъ разложенія углекислоты, т. е. въ темнотѣ (напротивъ, количество органическаго вещества даже уменьшается).

Въ первомъ отдѣлѣ (особенно въ § 8) было уже указано на то, что зерно хлорофилла (вообще протоплазма, окрашенная въ зеленый цвѣтъ) есть органъ выдѣленія кислорода и усвоенія углерода, а слѣдовательно и новообразованія органическаго вещества насчетъ углекислоты; тамъ же было сказано, что свѣтъ составляетъ часть силъ, необходимыхъ для преодоленія химическаго сродства и для отдѣленія углерода (и водорода) отъ кислорода. Ни одно безхлорофилльное растеніе и ни одна безхлорофилльная клѣточка зеленого растенія не могутъ ни въ темнотѣ, ни на свѣтѣ образовать органическаго вещества насчетъ углекислоты, потому что они не отдѣляютъ кислорода; все такія клѣточки живутъ только посредствомъ продуктовъ, усвоенныхъ хлорофилловыми клѣточками (того же самаго или другаго растенія); хлорофилловыя клѣточки не могутъ выдѣлять кислорода безъ свѣта, определенной преломляемости, а слѣдовательно въ темнотѣ не могутъ образовывать органическихъ веществъ насчетъ углекислоты и воды, потому что это возможно только при выдѣленіи кислорода; когда клѣточка образуетъ органическое вещество насчетъ углекислоты и воды, то уже формула этого вещества показываетъ, что тутъ часть кислорода выдѣлилась.

Въ растительномъ царствѣ по отношенію къ способности образовывать старяющееся вещество, насчетъ углекислоты или принятыхъ латинъ органическихъ соединений, существу-

¹⁾ Въ опытахъ Буссенго объ усвоеніи азота.

²⁾ Культурныя растенія, растущія обыкновенно въ черноземной почвѣ.

ють два крайніе предѣла, между которыми однако существуютъ переходы ¹⁾. Одну крайнюю группу составляютъ растенія, которыя въ состояніи даже при роскопнѣйшемъ развитіи добыть всю массу своего углерода исключительно путемъ разложенія углекислоты; къ другой крайней группѣ относятся безхлорофильныя растенія, никогда не разлагающія углекислоты, и которыя, слѣдовательно, должны принимать углеродистое вещество извнѣ въ формѣ органическихъ соединений; послѣдняго рода растенія или чужедныя, или питаются продуктами разложенія другихъ организмовъ. Должно однако допустить, что одно и то же растеніе, образующее органическія вещества разложеніемъ углекислоты зелеными листьями, одновременно въ состояніи также принимать органическія вещества извнѣ и такимъ образомъ пользоваться обоими способами питанія ²⁾. Въ извѣстномъ смыслѣ это дѣлаютъ всѣ прорастающія растенія, питающіяся посредствомъ бѣлка; вначалѣ они берутъ изъ этой ткани усвоенныя вещества и образуютъ изъ нихъ органы, но какъ скоро они такимъ образомъ съ помощію свѣта произведутъ зеленые листья, то послѣдніе начинаютъ разлагать углекислоту и насчетъ полученныхъ такимъ образомъ веществъ умножаются органы. Чужедныя растенія относятся къ питающимъ ихъ растеніямъ также, какъ проростокъ къ бѣлку. Если они не содержатъ зеленыхъ клѣточекъ, то всѣ углеродистыя соединенія берутся изъ питающаго растенія; но если паразиты въ то же время снабжены зелеными листьями, какъ наиримѣрь у *Rhinanthaceae*, *Thesium* и т. д., то нельзя не принять, что эти листья служатъ для усвоенія, одновременно съ тѣмъ всасывающіе органы добываютъ усвоенныя вещества изъ питающаго растенія ³⁾.

Судя по нѣкоторымъ опытамъ Питра (*Pitra*) можно полагать, что *Viscum album* большею частью само образуетъ свои органическія составныя части, изъ питающаго же растенія беретъ только неорганическія, не ассимилированныя вещества. Поэтому можно думать, что и нечужедныя растенія съ зелеными листьями, растушія исключительно на почвѣ, очень богатой гумусомъ, получаютъ часть организующагося вещества чрезъ принятіе органическихъ соединений, другую же посредствомъ ассимилированія углекислоты.

Сказанное въ этомъ параграфѣ вызвано тѣмъ, что простое наблюденіе того факта, что содержащія хлорофилл растительныя части, или клѣтки разлагаютъ углекислоту, еще не достаточно разъясняютъ происхожденіе углерода растительныхъ веществъ и связанныя съ этимъ явленія; столь легко замѣчаемое принятіе углекислоты и выдѣленіе кислорода въ содержащихъ хлорофилл органахъ, получаетъ полное значеніе для жизни растенія только въ томъ случаѣ, когда другими способами будетъ доказано, что извѣстныя растенія получаютъ весь углеродъ изъ углекислоты, и что, слѣдовательно, всѣ ихъ органическія составныя части обязаны своимъ происхожденіемъ послѣдней.

¹⁾ Ср. Н. v. Mohl: *Veget. Zelle*, стр. 237 ff.

²⁾ Тотъ фактъ, что холодная вода растворяетъ незначительную часть веществъ чернозема, еще не доказываетъ, что растенія ихъ не принимаютъ; точно также изъ того, что въ водномъ экстрактѣ почвы фосфорная кислота и кали заключаются въ количествахъ недостаточныхъ для питанія растенія, нельзя вывести, что вещества эти не принимаются растеніемъ. Впрочемъ, мы не знаемъ, должно ли вообще тутъ брать въ разсмотрѣніе черноземокислыя соли, такъ какъ они не суть единственные продукты разложенія сгнившихъ организмовъ, и мы не знаемъ въ какой формѣ могутъ заключаться въ черноземной почвѣ тѣ органическія вещества, которыя принимаются многими растеніями.

³⁾ Въ теоріи питанія растеній до сихъ поръ мало разсматривали различныя степени паразитизма. Слѣдующія работы содержатъ матеріалъ: Charles Lory, *Observ. s. l. respir. et la struct. des Orobanches* in *Ann. des sc. nat.* 1847, T. 8, p. 158. — Duchartre: über *Lathraea clandestina* въ *Comptes rendus*, 1843, T. 17, p. 1328. — Ad. Chatin тамъ же, 1863, T. 57 p. 771. — Hooker: über *Myzodendron* in *Ann. des sc. nat.* 1846, T. 5 u. 6. — Mitten über *Thesium limophyllum* тамъ же, 1847, T. 7, p. 127. Decaisne: über *Rhinantaceen* тамъ же, T. 8, p. 5. Pitra: über *Viscum album* u. a. in *Bot. Zeitg.* 1861, № 9. Duchartre: über *Monatropa* in *Ann. des sc. nat.*, 1846, T. 6, p. 29 ff. Unger: *Beiträge Z. Kenntniss der parasit. Pfl.* in *ann. des Wiener Museums* II. — Ulatz: über *Cuscuta* in *Flora* 1860, p. 257. — W. H. de Vries: *Sur les Rafflesia Ruchousmii et Patma* 1853. — Schacht: *Beiträge zur Anatomie und Physiol. der Pfl.* 1854.

Ингенгусъ (Ingenhous) ¹⁾ открылъ въ 1779 г., что корни, цвѣты, плоды постоянно образуютъ углекислоту и выдыхаютъ ее, въ зеленыхъ же органахъ этотъ процессъ прекращается только при солнечномъ освѣщеніи или яркомъ дневномъ свѣтѣ, взаимно того они выдыхаютъ одинъ кислородъ. Сенебье (Senebier) ²⁾ доказалъ затѣмъ, что выдыхаемый кислородъ образуется чрезъ разложеніе принятой извнѣ углекислоты, причемъ растеніе удерживаетъ углеродъ, и что зеленые органы могутъ также разлагать на свѣтѣ углекислоту, образовавшуюся въ самой ткани вслѣдствіе дыханія ³⁾.

Соссюръ (Th. de Saussure) подтвердилъ и расширилъ показанія Сенебье, вособенности тѣмъ, что употреблялъ лучшіе методы для количественныхъ опредѣленій; онъ показалъ, что выдыхаемый кислородъ постоянно смѣшанъ съ азотомъ, и что онъ по объему почти равенъ разложившейся углекислотѣ; что небольшое количество углекислаго газа, находящееся въ атмосферномъ воздухѣ, только тогда благоприятствуетъ вегетаціи, когда разлагается зелеными органами, напротивъ того, примѣсь эта вредитъ прорастающимъ растеніямъ и также зеленымъ растеніямъ въ отсутствіи свѣта; «присутствіе или скорѣе переработка углекислоты необходима для вегетаціи зеленыхъ частей на солнцѣ; они умираютъ, если удалить углекислоту, которую они образуютъ съ кислородомъ атмосферы» (здѣсь разумѣются растенія, находящіяся въ небольшихъ приемникахъ); и «растенія, разлагая углекислоту, ассимилируютъ часть заключающагося въ ней кислорода».

Тотъ фактъ, что только зеленныя части растеній, принимая углекислоту, на свѣтѣ выдыхаютъ кислородъ, былъ уже замѣчено первыми наблюдателями и всякимъ кто самъ производилъ подобнаго рода опыты. Тѣмъ не менѣе даже Соссюръ сомнѣвался въ постоянствѣ этого явленія, ссылался на то, что красныя листья *Atriplex* также выдѣляютъ кислородъ; Коренвидеръ (Corenwieder) подтвердилъ это открытіе для краснолистныхъ разновидностей орѣшника, бука, *Atriplex* и *Coleus* ⁴⁾; Клоэцъ (Clöz) ⁵⁾ однакоже объяснилъ это явленіе, доказавъ, что цвѣтныя листья содержатъ хлорофилъ. Онъ отдѣлилъ нояницами зеленныя, желтыя и красныя мѣста листьевъ *Amaranthus tricolor*, и выставилъ ихъ при одинаковыхъ условіяхъ, въ водѣ, содержащей углекислоту, на солнцѣ; только зеленныя части выдѣляли кислородъ; въ листьяхъ *Amaranthus caudatus* всѣ три красящія вещества перемѣшаны и такія листья даютъ *ceteris paribus* менѣе кислорода чѣмъ зеленые; онъ пришелъ къ тому заключенію, что листья разлагаютъ углекислоту пропорціонально содержащую въ нихъ зеленого вещества.

И такъ паружная окраска листьевъ не имѣетъ значенія; важно только то, находятся ли въ цвѣтномъ сокѣ кѣтънокъ зеленыя зерна хлорофилла, или нѣтъ. При послѣдующемъ разсмотрѣніи диффузіи газовъ и движенія воздуха въ растеніяхъ, вполнѣ разъяснится, что углекислота, разлагаемая зелеными тканями, то принимается непосредственно ими самими, то приносится къ нимъ безцвѣтными частями (корнями), что она доставляется растеніямъ то изъ воздуха, то изъ воды. Вѣроятно, что сухолутные растенія поглощаютъ большую часть углекислоты непосредственно листьями изъ воздуха; это доказываютъ извѣстные опыты Буссенго ⁶⁾ съ виноградною лозой, также опыты Соссюра, Добени (Daubeny) ⁷⁾, Фогеля и Витверъ (Wittver) ⁸⁾.

Легко убѣдиться, что водяныя растенія, а также и погруженныя въ воду сухопутныя растенія, поглощаютъ изъ нея углекислоту и взаимно того выдыхаютъ кислородъ.

Изъ того, что у погруженныхъ въ воду растеній часто выдѣляется газъ изъ безцвѣтныхъ частей, даже изъ корней (*Vallisneria*), было бы ошибочно заключить, что въ этихъ частяхъ также разлагается углекислота; это достаточно опровергается тѣмъ, что подобныя части, сами по себѣ (будучи отрѣзаны) никогда не выдѣляютъ кислорода, тогда какъ каждая отдѣльная

¹⁾ «Ueber Ernährung der Pfl. und Fruchtharkeit des Bodens, deutsch von G. Fischer, Leipzig, 1798, p. 57.

²⁾ *Physiol. végét.* III, 197 ff.

³⁾ p. 344, loco citato.

⁴⁾ *Comptes rendus*, 1863, стр. 268.

⁵⁾ *Ibidem*, стр. 834.

⁶⁾ *Boussingault, Landwirtschaft* I, стр. 40.

⁷⁾ *Philosoph. Transactions*, 1836, I, 149.

⁸⁾ *Abhandl. der k. bayer. Akad. d. Wiss. München*, VI, 1851—1852, стр. 265.

часть зеленого листа это дѣлаетъ; явленіе это просто объясняется тѣмъ, что газъ, выдѣляющійся въ растеніи, проходитъ въ межклеточныя ходы, и оттуда уже выдѣляется вездѣ, гдѣ находится отверстіе; у сухопутныхъ растеній естественныя отверстія для этой дѣли устьицы, но они подъ водою обыкновенно закрываются, вслѣдствіе чего образовавшійся газъ выходить сквозь случайныя разрывы, или на сдѣланномъ поперечномъ разрѣзѣ.

Дютроше ¹⁾ погружалъ въ воду листь *Nymphaea* съ перерѣзаннымъ черешкомъ и пузырьки газа выходили только изъ черешка, потому что смоченныя устьицы были закрыты; когда же онъ оставлялъ плавать листья *Nymphaea* и *Hydrocharis* въ ихъ обыкновенномъ положеніи, то изъ черешка уже не выходилъ газъ въ воду, такъ какъ онъ могъ выдѣляться чрезъ открытыя устьица. Такъ какъ у подводныхъ растеній, газъ, отдѣляющійся при дѣйствіи свѣта и скопляющійся въ межклеточныхъ ходахъ, не находитъ устьицъ для выхода, то онъ долженъ выдѣляться чрезъ случайныя отверстія; если же ихъ нѣтъ, то онъ медленно выдѣляется посредствомъ диффузіи, причемъ упругость газа, количество котораго въ воздушныхъ полостяхъ растенія быстро увеличивается, можетъ быть очень велика; это видно изъ того обстоятельства, что если у *Vallisneria* или *Ceratophyllum*, когда они стоятъ на свѣтѣ, безъ выдѣленія пузырьковъ газа, произвести въ любомъ мѣстѣ уколъ, то въ воду вдругъ выходитъ струя пузырьковъ, нерѣдко производящая замѣтный шумъ.

Положеніе листа относительно источника свѣта также имѣетъ значеніе, на что указываетъ уже тотъ фактъ, что большая часть листьевъ имѣетъ стремленіе (посредствомъ гелиотропизма) обращать къ свѣту свою верхнюю сторону; у такихъ листьевъ зеленая ткань верхней стороны существенно различна отъ ткани нижней стороны; у прямостоящихъ, мало или вовсе не гелиотропическихъ листьевъ (*Iris*, *Hyacinthus*, злаки) разница эта незначительна или совершенно незамѣтна. Дютроше ²⁾ перевернулъ подъ водою листь *Nymphaea* такъ, что только нижняя его сторона была освѣщена; прежде, когда верхняя сторона его была подвержена дѣйствію разсѣяннаго свѣта, листь этотъ выдѣлялъ ежеминутно 24 пузырька; перевернутый, онъ черезъ $\frac{1}{4}$ часа давалъ только 10 пузырьковъ въ минуту, на слѣдующій день 5—6 пузырьковъ, на третій день 2 пузырька, на четвертый пузырьки уже не выдѣлялись; на седьмой день верхняя сторона снова была обращена къ свѣту и выдѣленіе возобновилось только черезъ два дня.

О вліяніи силы свѣта было уже говорено въ первыхъ главахъ, и мы видѣли, что нѣкоторые растенія выдѣляютъ газъ и при разсѣянномъ свѣтѣ. Дютроше ³⁾ уже показалъ, что у *Nymphaea alba*, *Potamogeton*, *Myriophyllum spicatum*, *Hydrocharis morsus ranae*, при дѣйствіи разсѣяннаго свѣта выдѣляются пузырьки газа, въ которомъ кислорода содержится болѣе, чѣмъ въ воздухѣ; всѣ растущія въ тѣни породы также должны разлагать углекислоту безъ непосредственнаго солнечнаго освѣщенія. О вліяніи температуры также уже упомянуто; Фокупре (F. de Gauscoupret) ⁴⁾ пытался выразить зависимость разложенія углекислоты отъ свѣта и теплоты эмпирическою формулой. Въ уравненіи $Q = A + Ct^2$, Q означаетъ количество углекислоты, поглощенной или выдѣленной въ данное время, A — коэффициентъ, независимый отъ температуры, но измѣняющійся смотря по природѣ растенія и по освѣщенію, C — зависитъ только отъ свѣта. Для *Laurus Tinus* онъ, напримѣръ, нашелъ:

$$\begin{aligned} \text{въ темнотѣ} & \dots \dots \dots Q = 0,733 + 0,0003 t^2 \\ \text{при разсѣянномъ свѣтѣ} & \dots \dots Q = 0,213 + 0,00021 t^2 \\ \text{при непосредств. солнечно. освѣщ.} & Q = 0,627 + 0,00014 t^2 \end{aligned}$$

Для темпера. урѣ ниже 0° , Ct^2 будетъ отрицательною величиною. Буссенго ⁵⁾ нашелъ было въ выдыхаемомъ на свѣтѣ кислородѣ, горючее углеродное соединеніе; но Клоэзъ ⁶⁾ показалъ, что растенія при естественныхъ условіяхъ (*Potamogeton perfoliatus* въ текучей водѣ) не выдѣляютъ горючаго газа; Буссенго ⁷⁾ призналъ справедливость этого возраженія, но только подтвердилъ, что погруженные въ воду листья сухопутныхъ растеній (слѣдовательно при ненормальныхъ условіяхъ) выдѣляютъ вмѣстѣ съ азотомъ и кислородомъ также и окись углерода.

¹⁾ Mémoires, I, 341.

²⁾ Mém. I, 354.

³⁾ Mém. I, 342.

⁴⁾ Comptes rendus, 1864, T. 58, стр. 334.

⁵⁾ Ann. de chimie et de phys. 3 Sér., 1862, T. 66.

⁶⁾ Comptes rendus, 1863, t. 57, 354.

⁷⁾ Ibid., стр. 413.

Газъ, выдыхаемый при разложеніи углекислоты подъ вліяніемъ свѣта, никогда не состоитъ изъ чистаго кислорода, но постоянно смѣшанъ съ азотомъ; процентное содержаніе послѣдняго тѣмъ болѣе, тѣмъ слабѣе вообще отдѣленіе газа ¹⁾; Унгеръ показалъ, что азотъ, какъ говорилъ уже Добени, происходитъ изъ проникающаго въ растение атмосфернаго воздуха ²⁾. Несмотря на это, легко можетъ быть, какъ утверждаютъ Клоэцъ и Гратіоле, что водяныя растенія, находящіяся даже въ водѣ лишенной воздуха, всегачи выдѣляютъ азотъ, который онѣ въ этомъ случаѣ теряютъ черезъ разложеніе своихъ собственныхъ составныхъ частей ³⁾.

Делюкъ (de Lusk) ⁴⁾ доказалъ, что содержащіе хлорофиллъ паразиты разлагаютъ углекислоту; 4 лота срѣзанныхъ вѣтвей *Miscum album*, положенныхъ въ углекислую воду, выдѣлили подъ вліяніемъ полуденнаго солнца, впродолженіи 2-хъ часовъ, 20 куб. сант. газа, состоявшаго изъ 61,5% кислорода, 8,8% углекислоты и 29,7% азота. Напротивъ, у растеній лишенныхъ хлорофилла (паразиты и паразитныя растенія) до сихъ поръ никогда не наблюдалось выдѣленіе кислорода на счетъ углекислоты; напротивъ того, они поглощаютъ большое количество кислорода, сжигая посредствомъ дыханія часть своихъ органическихъ составныхъ частей, и образуя углекислоту (и воду?), подобно прорастающимъ растеніямъ; прямое солнечное освѣщеніе усиливаетъ этотъ процессъ тѣмъ, что возвышаетъ температуру ⁵⁾.

§ 38. Водородъ, который вмѣстѣ съ углеродомъ входитъ въ составъ всѣхъ органическихъ соединений (за исключеніемъ безводной щавелевой кислоты), доставляется растенію изъ двухъ источниковъ, весьма различныхъ по количеству доставляемаго ими водорода, изъ воды и амміака. Нѣтъ никакого основанія принимать, что безазотныя растительныя соединенія получаютъ водородъ инымъ путемъ, какъ черезъ разложеніе воды, и такъ какъ соединенія эти составляютъ большую часть продуктовъ ассимиляціи, то можно указать на воду, какъ на главный источникъ водорода для органическихъ растительныхъ веществъ. Но, съ другой стороны, такъ какъ амміачныя соли, по крайней мѣрѣ при извѣстныхъ обстоятельствахъ, принимаютъ участіе въ образованіи бѣлковыхъ веществъ, такъ какъ многіе азотистые продукты ассимиляціи могутъ быть разсматриваемы какъ производныя амміака, то и заключающійся въ амміакѣ водородъ также долженъ быть принятъ во вниманіе.

Такъ какъ наиболѣе значительное количество водорода, находящагося въ органическихъ растительныхъ веществахъ, происходитъ изъ воды, то часть бывшаго съ нимъ въ соединеніи кислорода, или, при образованіи безкислородныхъ соединений, все количество послѣдняго, должны отдѣлиться. Вѣроятно, что часть кислорода, выдыхаемаго растеніемъ при принятіи углекислоты, происходитъ изъ разложившейся воды, при разложеніи же углекислоты выдѣляется только одинъ атомъ ея кислорода. Для многихъ образующихся въ растеніи соединений необходимость разложенія воды вполнѣ понятна; при образованіи всѣхъ тѣхъ соединений, которыя на данное количество водорода содержатъ менѣе кислорода, нежели сколько нужно для образованія воды (какъ напримѣръ жирныя кислоты), отдѣляется кислородъ не только углекислоты, но и воды; само собою разумѣется, что въ тѣхъ случаяхъ, когда органическое соединеніе, образующееся въ растеніи, вовсе не содержитъ кислорода, а только углеродъ и водородъ, то отдѣляется весь кислородъ углекислоты и воды, доставившихъ эти элементы. Однакоже нѣтъ необходимости, чтобы при образованіи соединений, мало

¹⁾ См. Daybeny l. c.

²⁾ Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wiss., 1853, Bd. X, 414;

³⁾ Ann. de chemie et de phys., T. 32, стр. 41.

⁴⁾ Вѣ Rochleder, Chemie und Phys. d. Pl., стр. 106.

⁵⁾ См. Дыханіе, а также: Lory: Ann. des sc. nat. 1847, T. 8, стр. 158.

или вовсе не содержащихъ кислорода, газообразный кислородъ выдѣляется изъ растенія, потому что можно себѣ представить, что тѣло состоящее изъ углерода, водорода и кислорода, вслѣдствіе разложенія распадается на соединеніе богатое и на соединеніе бѣдное кислородомъ ¹⁾.

Вода составляетъ питательное вещество не только въ той мѣрѣ, въ какой она доставляетъ органическимъ соединеніямъ водородъ и часть кислорода, но она сама по себѣ принимаетъ различнаго рода участіе въ организациі растенія; всѣ части клѣтки, имѣющія определенное очертаніе, пропитаны водою и извѣстное количество частицъ воды участвуетъ въ молекулярной организациі оболочки, протоплазмы, ядра, крахмальныхъ зеренъ, хлорофилла и т. д.

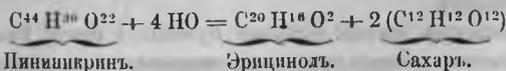
Всѣ эти образованія состоятъ не изъ одного органическаго вещества, но изъ вещества извѣстнымъ образомъ сгруппированнаго съ частицами воды (см. отдѣлъ о молекулярномъ строеніи организованныхъ образованій); если исполнѣ, или частью удалить эти частицы воды, то оболочка, протоплазма и т. д. теряютъ свое внутреннее, способное къ жизненнымъ проявленіямъ, строеніе.

Вода участвуетъ въ образованіи формъ растительныхъ органовъ, подобно тому, какъ она участвуетъ въ образованіи многихъ кристалловъ; она составляетъ какъ питательное, такъ и образовательное вещество, и, по аналогіи съ кристаллизационною водою, можетъ быть названа въ этомъ случаѣ организационною водою (Organisationswasser). Кромѣ того, вода есть всеобщій посредникъ при всѣхъ явленіяхъ растворенія внутри клѣтокъ; при передвиженіи веществъ она переноситъ различныя соединенія, которыя должны быть перемѣщены изъ одного мѣста въ другое; наконецъ, для каждой замкнутой клѣтки необходимъ извѣстный мѣръ воды, чтобы поддерживать стѣнки въ напряженномъ состояніи; къ этому мы еще вернемся въ главѣ о тургесценціи тканей.

§ 39. Кислородъ можетъ считаться питательнымъ веществомъ только въ той мѣрѣ, въ какой онъ входитъ въ формулы органическихъ соединеній, производимыхъ растеніемъ, и, слѣдовательно, способствуетъ увеличенію вѣса сухихъ веществъ растенія. Газообразный же кислородъ, проникающій въ растеніе извнѣ, производящій окисленія и служащій для образованія углекислоты и воды насчетъ органическихъ веществъ, уменьшаетъ количество сухихъ веществъ въ растеніи, и поэтому не можетъ считаться питательнымъ веществомъ. Последній процессъ, при обыкновенномъ способѣ выраженія, скорѣе можетъ быть противопоставленъ питанію, какъ дыханіе; кислородное дыханіе также необходимо для жизненныхъ явленій, какъ и питаніе, но оно не составляетъ части питанія.

Когда сѣмя прорастаетъ, поглощая дистиллированную воду, теплоту и кислородъ, то вѣсъ его сухихъ составныхъ частей уменьшается, потому что поглощенный кислородъ превращаетъ часть его органическаго вещества въ углекислоту и воду; пожалуй, и это можно причислить къ питанію, но только это будетъ извращеніемъ смысла самаго слова, потому что подъ питаніемъ разумѣется явленіе, совершенно противоположное уменьшенію въ вѣсѣ.

¹⁾ Такъ напримѣръ, линиикринъ, горькое начало *Pinus sylvestris*, распадается на эрициноль и сахаръ:



²⁾ Это и другія, сюда относящаяся, замѣчанія см. въ Rochleder: «Phytochemie», 1854, стр. 325.

Но въ той мѣрѣ, въ какой кислородъ составляетъ существенную составную часть въ формулѣ гидратовъ, жировъ, бѣлковыхъ веществъ и т. д., онъ есть питательное вещество; вопросъ о происхожденіи этого питательнаго вещества объясняется тѣмъ, что, какъ уже упомянуто, почти все количество питательныхъ веществъ вводится въ растеніе въ видѣ кислородныхъ соединений и притомъ такъ, что для образованія растительныхъ веществъ значительно большая часть этого кислорода должна выдѣлиться.

Если, несмотря на этотъ избытокъ кислорода, который отдѣляется при процессѣ ассимиляціи, растеніе все-таки постоянно поглощаетъ газообразный кислородъ, то уже это обстоятельство указываетъ на то, что газъ, такимъ образомъ вдыхаемый, служитъ къ совершенно другимъ цѣлямъ, нежели то количество, которое принимается растеніемъ въ питательныхъ веществахъ (см. Дыханіе).

§ 40. Азотъ, хотя и поглощается растеніями, какъ свободный газъ, какъ атмосферный азотъ, но въ этомъ видѣ онъ не составляетъ питательнаго вещества; для того, чтобы образовать азотистыя составныя части растеній, преимущественно бѣлковыя вещества, азотъ долженъ вступать въ кѣтки въ соединеніи съ другими элементами, вособенности въ видѣ азотнокислыхъ или аммоніакальных солей; еще неизвѣстно, можетъ ли онъ составлять непосредственное питательное вещество (для нечужеядныхъ растеній), когда онъ находится въ составѣ органическихъ соединеній.

Ю. Либихъ, опираясь преимущественно на теоретическихъ соображеніяхъ, первый опредѣлительно указалъ на аммоніакальныя соединенія (и на производныя отъ нихъ азотнокислыя соединенія), какъ на ближайшій источникъ, изъ котораго растенія берутъ потребный имъ азотъ ¹⁾. Соссюръ первый указалъ на то, что свободный атмосферный азотъ не составляетъ питательнаго вещества для растеній ²⁾; многолѣтніе опыты Буссенго надъ вегетаціей впервые доказали это экспериментально ³⁾, и затѣмъ это было подтверждено Жильберомъ, Lawes и Pugh; произведенные ими опыты съ бесплодною, твердою почвой, также какъ и многочисленныя опыты надъ вегетаціей въ водныхъ растворахъ, показали, что для образованія азотистыхъ растительныхъ веществъ вполнѣ достаточно аммоніакальныхъ или, еще лучше, азотнокислыхъ солей (разумѣется въ присутствіи всѣхъ другихъ питательныхъ веществъ).

Все это, однако же, относится только до значительнаго большинства растеній, содержащихъ хлорофиллъ; что касается до настоящихъ чужеядныхъ и до перегнойныхъ растеній, не содержащихъ хлорофилла (какъ *Neottia nidus avis*), то неизвѣстно, получаютъ ли они потребный для нихъ азотъ въ видѣ амміака азотной кислоты, или въ видѣ органическихъ соединеній; неизвѣстно также, не

¹⁾ Сравни: J. v. Liebig, Die Chem. in ihr. Anw. auf Agr. u. Phys., 1865, I, стр. 54 и 55 die Anmerkung.

²⁾ Соссюру (Chem. Unters. üb. der Vehet. von Voigt übers. 1805, стр. 190) принадлежитъ по крайней мѣрѣ та заслуга, что онъ впервые усумнился въ питательности свободного азота воздуха; его положительныя указанія (см. предъид. цитату), что большая часть азота принимается растеніемъ въ видѣ органическихъ соединеній, опровергнуты Либихомъ и новѣйшими опытами надъ вегетаціей.

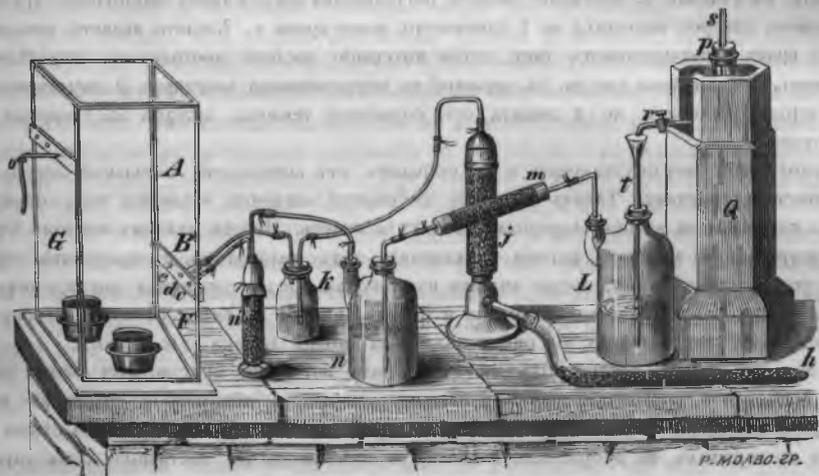
³⁾ Этимъ были опровергнуты прежнія воззрѣнія Буссенго и опыты Виля (Georges Ville), по которымъ культурныя растенія ассимилируютъ значительныя количества атмосфернаго азота; Georges Ville. Recherches expérimentales sur la végétation. Paris, Victor Masson, 1858.

могутъ ли инныя растенія, хоть отчасти, пользоваться этими послѣдними веществами.

При томъ всеобщемъ распространеніи, которымъ пользуются сочиненія Либиха и Буссенго, рассматривающія этотъ предметъ, нѣтъ надобности подробно говорить объ литературѣ этого вопроса; въ планъ этой книги также совершенно не входитъ обсужденіе уже достаточно разработаннаго вопроса: откуда растенія получаютъ аммоніакальныя и азотнокислыя соли и достаточно ли они ихъ получаютъ тѣмъ или другимъ путемъ; эти вопросы вполнѣ относятся до прикладной физиологіи; чисто теоретическій вопросъ состоитъ въ слѣдующемъ: должно ли или можетъ ли растеніе, для образованія своихъ азотистыхъ составныхъ частей, принимать свободный азотъ, или селитру, или амміакъ, или, наконецъ, органическія азотистыя соединенія?

Предполагая, что специалисты знакомы съ работами Буссенго, здѣсь, для неспециалистовъ, я ограничусь краткимъ изложеніемъ только способа производства его многочисленныхъ, классическихъ опытовъ, чтобы на примѣрѣ показать, какимъ путемъ и съ какимъ тщаніемъ должно быть представлено экспериментальное доказательство того, что свободный атмосферный азотъ не можетъ служить къ умноженію азотистыхъ составныхъ частей растеній ¹⁾.

Въ стеклянномъ колпакѣ *A* (фиг. 15), вмѣстимости котораго 124 литра, стоятъ въ поддонникахъ, на мраморной доскѣ, цвѣточныя горшки въ 4 дециметра вмѣстимости. Почва въ горшкахъ состоитъ изъ прокаленной пемзы, смѣшанной съ золой и смоченной чистой (дистиллированной) водой. Въ эту лишенную азота почву кладутся сѣмена. Въ мѣстѣ *B*, на высотѣ 20 сантим. надъ основаніемъ, стеклянная стѣнка прервана желѣзною полосою, покрытою лакомъ (желѣзныя рамы, скрѣпляющія стѣнки колпака также лакированы). Въ этой полосѣ находятся отверстія *c*, *d*, *e*, въ которыя вставляются пропитанныя саломъ пробки. Черезъ *c* впускаютъ углекислоту,



ф. 15.

черезъ *d* атмосферный воздухъ; черезъ *e* можно поливать растенія и черезъ это же отверстіе вынимаютъ опадающіе листья. Небольшая часть стекла *F* укрѣплена посредствомъ замазки такимъ образомъ, что ее легко можно отнимать и вновь приставлять: она служитъ дверью при вставленіи и выниманіи растеній. Стѣнка *G* также раздѣлена желѣзною лакированою полосою, въ которой укрѣплена трубка *o*, сообщающаяся съ аспираторомъ въ 500 литровъ вмѣстимости. Атмосферный воздухъ, который при дѣйствіи аспиратора проходитъ въ колпакъ чрезъ отверстіе *d*, берется въ *k*; онъ проходитъ по трубкѣ *h*, которая наполнена кусками пемзы, пропитанную сѣрною кислотою, для того чтобы задержать амміакъ и разрушить атмосферную, органическую шиль; затѣмъ воздухъ проходитъ сквозь сосудъ *i*, наполненный пемзой, содержащей сѣрную кислоту, избытокъ которой можетъ стекать внизъ; отсюда онъ проходитъ въ промывательную банку *k* съ дистиллированной водой, для того чтобы получить новое количество водянаго пара, оставшагося имъ въ пемзѣ пропитанной сѣрною кислотою (надъ которой онъ проходилъ на про-

¹⁾ Boussingault: *Agronomie, Chimie agricole et Physiol.* I p. 69. Представленный здѣсь аппаратъ скопированъ съ табл. I рис. 3, и для ясности упрощенъ въ нѣкоторыхъ частностяхъ.

тяженіи 150 сантим.); кромѣ того промывательная банка *k* имѣть цѣлью указывать, вполнѣ ли плотно замкнуть аппаратъ и не проходить ли въ колпакъ другой воздухъ, кромѣ прошедшаго сквозь *h* и *i*. Чтобы узнать это, закрываютъ пальцемъ отверстіе *h*, вследствие чего должно прекратиться прохожденіе пузырей въ *k*, при дѣйствіи аспиратора. Входящая сквозь *c* углекислота образуется въ стеклянкѣ *l*; она проходитъ сперва по трубкѣ *m*, наполненной кусками мѣла, гдѣ задерживается увлеченная газомъ кислота; затѣмъ она идетъ въ стеклянку *n*, съ растворомъ двууглекислаго натра, гдѣ газъ промывается, и для большей вѣрности вступаетъ еще въ сосудъ *n'*, наполненный пемзою, пропитанною тѣмъ же самымъ растворомъ.

Двууглекислый натръ былъ для этой цѣли приготовленъ изъ прокаленного до-красна углекислаго натра, потому что продажная двууглекислая соль рѣдко не содержитъ амміака, присутствіе котораго здѣсь должно быть вполнѣ устранено.

Съ тою же цѣлью былъ прокаленъ и испанскій мѣлъ, служившій для приготовленія замазки для части *F*, и затѣмъ замазка эта была еще покрыта саомъ. Употребленіе стекольной замазки, по возможности избѣгалось, такъ какъ она постоянно содержитъ органическія вещества, при разложеніи которыхъ развивается углекислый амміакъ. Для добыванія углекислоты въ стеклянкѣ *l* дѣйствовали слабой соляной кислотой на углекислую известь, или сѣрной кислотой на углекислый натръ (въ *l*).

Подъ колпакомъ *A* нужно было постоянно имѣть 2—3 процента по объему углекислоты; поэтому газъ этотъ долженъ былъ развиваться съ извѣстною быстротой, соответственно скорости вхожденія атмосфернаго воздуха; этого достигали слѣдующимъ образомъ: предварительно опредѣляли сколько углекислоты отдѣляется отъ дѣйствія 100 куб. сантим. кислоты въ концентрированномъ состояніи; затѣмъ кислоту эту разводили въ 2 литрахъ воды и наполняли ею стеклянку *p*, помѣщенную на стивѣ *q*; вытеканіе кислоты регулируется посредствомъ мариоттовой трубки *s*, нижній конецъ которой находится на 1 сантиметръ выше крана *r*. Кислота падаетъ каплями въ воронку *t*; кранъ *r* поворачиваютъ такъ, чтобы вытеканіе кислоты продолжалось опредѣленное число часовъ. Постановкою сосуда съ кислотой въ песчанниковой подставкѣ *q* достигалась не только твердая установка, но и защита отъ солнечной теплоты, которая бы увеличила скорость истеченія.

Для того чтобы твердо установить и предохранить отъ поврежденія остальные сосуды, они были обложены кирпичами. Такимъ образомъ собранный аппаратъ оставался подъ открытымъ небомъ въ совершенной цѣлости впродолженіи 4-хъ мѣсяцевъ. Передъ каждымъ опытомъ горшки и пемзу нагрѣвали до краснаго каленія и охлаждали подъ колоколомъ, въ присутствіи сѣрной кислоты, чтобы устранить поглощеніе амміака изъ воздуха. Зола, служившая питательнымъ веществомъ, добывалась изъ растений *Lupinus* и бобовъ, иногда въ смѣси съ выщелоченною золою испражнений; употребленная для опыта зола была вполнѣ лишена угля и азота.

Изъ анализа сѣмянъ однородныхъ съ тѣми, надъ которыми производился опытъ, опредѣлялось процентное содержаніе азота и отсюда вычислялось абсолютное содержаніе азота въ сѣменахъ, помѣщенныхъ въ аппаратъ. Если во время опыта одно или нѣсколько сѣмянъ находящихся въ горшкахъ, не проросли, а гнили, то ихъ азотистыя составныя части служили для питанія остальныхъ, что также принималось въ разсчетъ. Изъ 7-ми рядовъ опытовъ здѣсь будетъ рассмотрѣнъ третій, какъ наиболее поучительный.

Бобъ (*Phaseolus nanus*) вѣсомъ въ 0,748 грамма, былъ посаженъ 14 марта 1854 года въ пемзу, предварительно удобренную 0,2 грамма смѣшанной золы и 1 граммомъ выщелоченной золы. 12 іюня первичныя листья были велики и мясисты; было 6 нормальныхъ (тройныхъ) листьевъ, цвѣтъ которыхъ былъ также темень, какъ у садовыхъ растений; сѣмядоли пожелтели (утратили содержимое). 22-го іюня сѣмядоли завяли; первичныя листья (*feuilles séminales*) почти вполнѣ обесцвѣтились; кромѣ 6-ти прежнихъ листьевъ было еще 6 молодыхъ. 1-го іюля бобъ началъ цвѣсть; на немъ было 9 распутившихся, 3 среднихъ и 6 молодыхъ листьевъ. Со времени опаденія сѣмядолей и первичныхъ листьевъ, листья сдѣлались блѣдными (*rales*); растеніе имѣть 8 цвѣтковъ, изъ которыхъ 2 раскрыты. 15-го іюля образовалось 2 стручка, каждый въ 3 сантиметра длины; со времени цвѣтенія листья еще болѣе поблѣднѣли и многіе отпали; осталось 9 нормальныхъ и 12 маленькихъ листьевъ. Къ 24-му іюля одинъ стручокъ значительно развился, другой же не развился и началъ отдѣляться. Листья продолжали блѣднѣть и опадать по мѣрѣ развитія плода. Съ 12-го августа уже не появлялись новыя листья, стручокъ пожелтѣлъ. Къ 17-му августа онъ созрѣлъ. Растеніе было вынута послѣ трехмѣсячной вегетаціи; еще зеленый стебель имѣть 28 сантим. вы-

шины и при основаніи 6 миллим. толщины. Стручокъ имѣлъ 6 сант. длины и 7 миллим. ширины; въ немъ было 2 правильно развитыхъ, бѣлыхъ сѣмени, но они были очень малы и вѣсили только 0,06 грамма, слѣдовательно едн $\frac{1}{12}$ употребленнаго для опыта сѣмени. Во время этого опыта сквозь аппаратъ прошло 54,000 литровъ воздуха. Высушенное растеніе вѣсило 2,847 грамма, т. е. въ 3,8 раза болѣе, чѣмъ первоначальное сѣмя.

Содержаніе азота было слѣдующее:

Въ вынутомъ растеніи = 0,0330 грамма.

Въ почвѣ = 0,0011 »

Всего = 0,0341 »

Въ посаженномъ сѣмени = 0,0335 »

Прибыль во время культуры = 0,0006 »

Приравъ въ соображеніе всѣ побочныя обстоятельства, имѣющія здѣсь значеніе, изъ этихъ чиселъ можно вывести тотъ результатъ, что «во время вегетаціи не было усвоено замѣтное количество азота», хотя растеніе совершило полный циклъ развитія и всѣ его сухихъ частей почти учетверился; слѣдовательно прибыль въ вѣсѣ относится только до безазотныхъ веществъ, и образованіе новыхъ веществъ было одностороннее. Длинный рядъ другихъ опытовъ, при которыхъ растенія произрастали въ невозобновляемомъ воздухѣ, или же при доступѣ атмосферы, привелъ къ тому же самому результату, что растенія не ассимилируютъ свободный, атмосферный азотъ. Къ этому же результату приводятъ опыты Lawes, Жильбера и Pugh ¹⁾, которые были произведены по тому же принципу, съ тою же крайнею осторожностью и съ различными видоизмѣненіями условій, влияющихъ на вегетацію.

Буссенго ²⁾ показалъ также, что бродильные грибки во время своей вегетаціи не поглощаютъ атмосфернаго азота, а что скорѣе небольшая часть его утрачивается изъ бродящей жидкости (не въ видѣ амміака). Онъ удалялъ изъ молока казеинъ и оставлялъ профильтрованную сыворожку открытою; въ нее попадали бродильные грибки и начиналась быстрая вегетація *Penicillium glaucum*. Кишля питательная жидкость содержитъ все, что нужно грибкамъ: азотистое вещество альбуминъ, фосфаты, кали, натръ, известь, магнезію, желѣзо и воду. Изъ одной части сыворожки опредѣлялось процентное содержаніе въ ней азота, и вычислилось абсолютное его содержаніе во взятой для опыта жидкости; наконецъ это количество сравнивалось со вѣсѣмъ содержаніемъ азота, какъ въ жидкости, такъ и въ развившихся въ ней грибахъ.

Буссенго также доказалъ тщательными опытами надъ вегетаціей, что и азотнокислыя соли безъ участія другихъ азотистыхъ соединеній могутъ быть источникомъ для образованія известнаго количества азотистыхъ растительныхъ веществъ ³⁾; къ этому же заключенію приводятъ работы Сальмъ-Горстмара (*Fürst Salm-Horstmar*) ⁴⁾. Опыты въ этомъ направленіи только тогда доказательны, когда отъ растенія устраненъ всякій другой источникъ азота, и когда обстоятельства такъ подобраны, что переходъ азотнокислыхъ соединеній въ аммоніакальныя соли невозможно. Здѣсь мы покажемъ на примѣрѣ, какъ Буссенго рѣшилъ эту задачу ⁵⁾.

Контрольный опытъ надъ *Lupinus*.

10-го мая 1855. Почва составлена изъ:

мелкихъ галекъ = 424,0 грамма

грубого кирпичнаго порошка = 709,5 »

кварцеваго песку = 391,0 »

1524,5 »

¹⁾ On the sources of nitrogen of vegetation with special reference to the question whether plants assimilate free or uncombined nitrogen in *Philosoph. Transactions of the royal society of London*, 1861, Vol. 151. Part. II.

²⁾ Л. с. стр. 340.

³⁾ Уже раньше было извѣстно, что нитраты поглощаются растеніями, и что нныя растенія преимущественно растутъ на почвахъ, содержащихъ селитру; но это еще не рѣшаетъ разсматриваемаго здѣсь вопроса.

⁴⁾ *Versuche und Resultate über die Nahrung der Pfl.* Braunschweig, 1856, стр. 26 ff.

⁵⁾ *Boussingault I. c.* стр. 163—181. Я не касаюсь здѣсь многочисленныхъ предосторожностей, соблюденіе которыхъ необходимо для вѣрнаго опредѣленія веществъ, заключающихся въ почвѣ и въ растеніи.

На удобрение этой почвы употреблено:

выщелоченной золы = 1,3 грамма
щелочной золы . . . = 0,2 »

Сѣмя отъ *Lupinus*, вѣсомъ въ 0,302 грамма, было положено въ эту смѣсь; развитие происходило на открытомъ воздухѣ, подъ защитою отъ дождя; поливка производилась водою, содержащею углекислоту. 2-го августа сѣмядоли сморщились, и нѣкоторые нижние листья обезцвѣтились. Растение было довольно сильное, имѣло 12 сант. высоты и 14 листьевъ.

Вѣсъ его въ сухомъ состояннн = 1,415 грамма, слѣдовательно почти въ 5 разъ болѣе, чѣмъ вѣсъ первоначальнаго сѣмени.

Азота въ растеннн = 0,0166 грамма
» въ почвѣ = 0,0040 »
0,0206 »
» въ сѣмени = 0,0170 »
Прибыль во время 3 мѣсяцевъ вегетацин = 0,0036 »

Изъ этого опыта, и изъ одновременно произведеннаго опыта надъ крессомъ явствуетъ, что при вышеописанныхъ условннхъ происходитъ слабая ассимиляція азота, зависящая преимущественно отъ большой массы бесплодной почвы (ее однакоже нельзя получить вполнѣ бесплодною); поэтому для сравненнн было произведено два опыта надъ *Helianthus annuus*, при которыхъ употреблено меньшее количество почвы.

Опыты надъ *Helianthus annuus*.

Начаты 10-го мая 1855.

№ I. Два сѣмени подсолнечника вѣсомъ въ 0,062 грамма были положены въ прокаленный песокъ, который находился въ горшкѣ изъ обожженной глины (песокъ = 167,9 грамма, горшокъ = 74,90 грамма) и на удобрение котораго употреблено:

щелочной золы . . . = 0,1 грамма
выщелоченной золы = 1,0 »
азотнокислаго кали = 0,05 »

Почву поливали сперва чистою, затѣмъ углекислою водою. Растеннн развивались на открытомъ воздухѣ, подъ стеклянною кровлею. 6-го юнн развитнн растеннн было уже такъ успѣшно, что казалось полезнымъ прибавить въ почву еще 0,06 грамма азотнокислаго кали въ видѣ воднаго раствора; 21, 28 юнн, 19, 21 юлн также прибавлено по 0,2 грамма нитрата; то же самое повторено 31 юлн. 19-го августа болѣе растеннн имѣло уже 72 сантиметра высоты, и на вершинѣ его была цвѣтовая почка, цвѣтки которой были уже желтаго цвѣта. Меньшее растеннн имѣло 50-сантиметровъ вышины, 7 сухнхъ листьевъ (до 8 сантнм. длины и 4 шнрнны), 7 свѣжнхъ и 3 маленькихъ листа подъ цвѣтовой почкой. 22-го августа прекратили опытъ вслѣдствнн случайности (вершина одного растеннн сломалась). Растеннн вѣсилн въ сухомъ состояннн = 6,685 грамма, т. е. въ 108 разъ болѣе чѣмъ первоначальное сѣмя. Почва получила во время опыта 1,11 грамма селитры.

№ II. 10-го мая 1855 два сѣмени подсолнечника были положены въ прокаленный песокъ, въ которомъ находилось:

щелочной золы — 0,1 грамма
выщелоченной золы — 1,0 »
но не было селитры.

Поливка производилась углекислою водою несодержащею аммиака; горшокъ стоялъ возлѣ предвндущаго. 6-го юнн стволы были отъ 4—6 сантнмет. высоты и на каждомъ было по 2 нормальныхъ листа (здѣсь разумѣются вѣроятно обыкновенные листья, въ противоположность сѣмядолямъ), имѣвшихъ 2,5 сант. длины и 1,2 сант. шнрнны. Сѣмядоли (*feuilles primordiales*) блѣдно-зеленаго цвѣта; 15-го юнн онѣ вполнѣ обезцвѣтились. До 21-го юнн едва замѣтнн уснхъ въ развитнн; 4 юлн одно изъ растеннн погнбло и высушено: оно имѣло только 2 листа (*feuilles normales*). 21-го юлн оставшееся въ-живыхъ растеннн имѣло 13 сант. высоты, и на немъ было два очень чахлахъ листа, имѣвшихъ 1 сант. длины и 7 ммнм. шнрнны (въ это самое время растеннн № I имѣло 52 сант. высоты и 11 листьевъ); 31-го юлн появилось еще 2 маленькихъ, чахлахъ листа. 22-го августа показало еще 3 листа; высота ствола 20 сант., онъ очень тонокъ; самый большой листь не длиннѣе 2 сант. и не шнре 7 ммнм.

Растение, погибшее 4-го июля, въшло въ сухомъ состояніи = 0,110 грамма
 другое = 0,215 »
 Оба вмѣстѣ = 0,325

Растенія въшли, слѣдовательно, въ въ $4\frac{1}{2}$ раза болѣе чѣмъ первоначальное сѣмя.

Балансъ азота въ опытѣ № 1.

Въ 1,110 грамма азотнокислаго кали = 0,1536 грамма.
 Въ 0,062 сѣмянцъ = 0,0019 »

Первоначально азота = 0,1555 »

Въ 6,685 грамма сухихъ веществъ растеній = 0,1126 »
 Въ 242,8 » почвы и массы горшка = 0,0452 »

Получено азота = 0,1578 »

Прибыль во время опыта = 0,0023 »

Если растеніе взяло изъ нитрата все количество азота, потребное для образованія альбумина и казеина, то оно израсходовало 0,8026. На каждый эквивалентъ ассимилированнаго азота, растеніе это, какъ кажется, поглощало эквивалентъ кали(?); въ почвѣ найдено было почти все количество нитрата, которое не было поглощено растеніемъ. Дѣйствіе азотнокислаго кали было ясно съ самаго начала вегетации.

Балансъ азота въ опытѣ № II:

Въ сухомъ растеніи = 0,0022 грамма
 Въ почвѣ = 0,0035 »

0 0057

Въ первоначальномъ сѣмени = 0,0021 »

Прибыль = 0,0036 »

Изъ этихъ опытовъ и изъ другихъ, произведенныхъ съ азотнокислымъ натромъ надъ прессомъ, Буссенго заключаетъ ¹⁾, что нитраты дѣйствуютъ на вегетацию съ такою же или еще съ большею энергіею, чѣмъ аммоніакальныя соли ²⁾.

Дальнѣйшіимъ подтвержденіемъ этому служили опыты надъ вегетацией сухопутныхъ растеній въ водяныхъ растворахъ, хотя они и не дають столь опредѣленныхъ рѣшеній относительно источниковъ азота растеній (возможность примѣси амміака и органической пили), какъ опыты Буссенго.

При многочисленныхъ опытахъ надъ вегетацией, исполненныхъ мною самимъ, всегда было ясно, что, при равенствѣ прочихъ условій, вегетация усиливалась, вѣсъ сухаго вещества увеличивался, когда къ раствору питательныхъ веществъ, кромѣ составныхъ частей золи, прибавляли еще азотнокислую соль. Вышеупомянутому, выведенному мною въ 1861 г. растенію *Phaseolus nanus* съ 6-ью способными прорасти сѣменами, вѣсъ котораго въ сухомъ состояніи былъ 18,4681 грамма, азотъ былъ доставленъ въ видѣ калиевой селитры; точно также и маисовому растенію, которое дало 42 зрѣлыхъ зерна и вѣсъ котораго въ сухомъ состояніи равнялся 29,375 граммамъ (причемъ произошло приращеніе съ 1 на 164 ³⁾); однакоже въ обоихъ этихъ, какъ и въ другихъ подобныхъ, случаяхъ, атмосферный амміакъ не былъ удаленъ; но какъ не значительно его вліяніе, видно изъ того факта, что безъ азотистыхъ примѣсей къ раствору питательныхъ веществъ, никогда не удается достигнуть даже признаковъ подобнаго приращенія. Кромѣ также вывелъ растеніе, вѣсившее въ сухомъ состояніи 50,288 граммовъ, прибавляя къ раствору единственно азотнокислые кали и известь (въ присутствіи остальныхъ составныхъ частей золи). Точно также и Шоббе (*Nobbe*) выростилъ, не прибавляя аммоніакальныхъ солей, гречиху, вѣсившую въ 200 разъ болѣе, чѣмъ сѣмя ⁴⁾. Штоманъ ⁵⁾ вывелъ въ водныхъ растворахъ, несодержавшихъ амміака, но содержащихъ азотнокислыя соли, 4 маисовыхъ растеній, вѣсъ которыхъ въ сухомъ состояніи былъ 132,5 грамма (4 растенія вмѣстѣ взятыя).

¹⁾ loco citato, стр. 191.

²⁾ Georges Ville loco citato, стр. 50: A égalité d'azote, le nitre agit plus que les sels ammoniacaux.

³⁾ Сравни стр. 118.

⁴⁾ Landw. Vers. Stat. 1862. Heft XII, стр. 339.

⁵⁾ Agronomische Zeitung 1864, стр. 323.

Въ сокѣ живыхъ растений встрѣчается какъ амміакъ, такъ и селитра, притомъ послѣдняя часто въ большомъ количествѣ. Либихъ нашелъ аммоніакальныя соли въ сокѣ березы и кле-на ¹⁾. Уже П. Декадоль представилъ рядъ растений, сокъ которыхъ содержитъ азотнокислые кали ²⁾; по Буссенго оно находится въ табакѣ, въ *Helianthus*, въ сокѣ виноградной лозы, орѣшника, бука, бѣлаго бука, банапа, въ млечномъ сокѣ *Hura crepitans*. Понятно, что присутствие азотной кислоты въ ткани растений можетъ быть доказано тогда только, когда она скорѣе поглощается корнями, чѣмъ перерабатывается въ илѣткахъ; поэтому ее находятъ преимущественно въ растеніяхъ, растущихъ на почвѣ богатой селитрой. Поразительно, какъ велико количество азотнокислаго кали, которое растенія могутъ поглощать, не погибая вслѣдствіе присутствія переработаннаго избытка. Это видно уже изъ опытовъ надъ вегетацией и Буссенго приводитъ ³⁾, что табакъ, растущій на селитряной почвѣ около Мадулипатана, до того переизобилуетъ селитрой, что листья становятся отъ этого совершенно бѣлыми; въ сердцевинѣ *Helianthus*'а на селитряной почвѣ нашелъ онъ столько селитры, что сердцевина эта взрывала, когда ее клали на раскаленные угли, тогда какъ остальныя части растенія содержали едва замѣтныя количества селитры.

Хотя углекислый амміакъ и долженъ быть названъ источникомъ азота для растений, такъ какъ онъ служитъ къ образованію другихъ аммоніакальныхъ солей и селитры, то все же сомнительно, можетъ ли сколько нибудь значительная часть азотистыхъ растительныхъ веществъ образоваться чрезъ прямое поглощеніе углекислаго амміака; корни и другія части растений въ высшей степени чувствительны относительно этой соли въ растворенномъ или въ летучемъ состояніи, они погибаютъ отъ столь малыхъ количествъ ея, что, даже предполагая очень долгіе сроки вегетации, едва ли вѣроятно, чтобъ растеніе могло поглотить весь азотъ, потребный для образованія протоплазмы и т. д., въ видѣ углекислаго амміака.

Работами Буссенго, Либиха, Бино, Баррала и др. достаточно доказано, что растенія находятъ въ обыкновенной почвѣ и въ естественной водѣ аммоніакальныя соли и селитру; поэтому казалось бы вѣроятнымъ, что одно и то же растеніе, при естественныхъ условіяхъ, пользуется обоими азотистыми соединеніями одновременно, или въ различное время. Либихъ уже доказалъ на основаніяхъ теоретической химіи, что именно амміакъ и производныя отъ него азотнокислыя соединенія, суть наиболѣе удобныя азотистыя соединенія для процесса ассимиляции растений.

Ясное изложеніе этого мнѣнія находится у Рохледера ⁴⁾, который выражается слѣдующимъ образомъ: «Изъ амміака съ величайшею легкостью образуются соединенія азота съ другими элементами, когда эти элементы дѣйствуютъ на амміакъ. Для растений, слѣдовательно, несравненно легче образоватъ азотистыя составныя части изъ амміака, чѣмъ изъ свободнаго азота. Кромѣ того, еще второе обстоятельство говоритъ въ пользу образованія азотистыхъ веществъ растительнаго царства изъ амміака. Разсматривая азотистыя составныя части растений, мы встрѣчаемъ или сильныя основанія, какъ морфинъ, или слабыя основанія, какъ пинеринъ и кофенинъ, или индифферентныя тѣла, какъ горчичное масло, или слабыя кислоты, какъ аспарагинъ. Всѣ тѣ изъ нихъ, точныя изслѣдованія которыхъ дали болѣе или менѣе вѣрное понятіе о химической ихъ конституціи, должны быть, безъ всякаго сомнѣнія, разсматриваемы какъ производныя амміака. Оказалось, что часть этихъ соединеній, куда принадлежитъ аспарагинъ, по своему происхожденію ничто иное, какъ продуктъ соединенія кислоты съ амміакомъ, при выдѣленіи водорода и кислорода въ видѣ воды. Такъ, въ дѣйствительности, мы постоянно находимъ аспарагинъ только тамъ, гдѣ находится и яблочная кислота, которая можетъ быть искусственно добыта изъ аспарагина (Шриа). Изъ бѣльшей части органическихъ основаній, содержащихся въ нихъ азотъ, весь или частію, очень легко выдѣляется известными средствами, въ видѣ метилamina и тому подобныя летучихъ основаній (Рохледеръ, Вурцъ, Андерсонъ, Вертгеймъ). Но эти летучія основанія состоятъ изъ амміака, въ которомъ определенное количество водорода замѣщено эквивалентными количествами органическихъ радикаловъ (А. В. Готманъ, Вурцъ); мы можемъ искусственно образоватъ большую часть этихъ основаній изъ амміака, чрезъ замѣщеніе водорода

¹⁾ Loco citato I, стр. 66.

²⁾ *Physiol übers.* von Röper I, стр. 383.

³⁾ Loco citato, стр. 158.

⁴⁾ *Chem. u. Phys. d. Pflanzen*, стр. 115—116.

соотвѣтственными радикалами (А. В. Гофманъ). Горчичное масло, также какъ и сиванинъ, содержитъ азотъ въ видѣ цианистаго соединенія. Цианъ же есть производное углекислаго амміака, изъ котораго его можно себѣ представить происшедшимъ, черезъ потерю воды, такъ какъ, при надлежащихъ обстоятельствахъ, онъ можетъ быть вновь переведенъ въ амміакъ и углекислоту, причемъ принимаетъ элементы воды. Тотъ фактъ, что всѣ азотистыя составныя части растительнаго царства суть производныя амміака, ясно говоритъ о способѣ ихъ происхожденія. Легко доказать, что и всеобще распространенныя азотистыя составныя части растений, подобно болѣе рѣдкимъ, суть производныя амміака. Бѣлковыя тѣла не только образуютъ амміакъ при гніеніи и при сухой перегонкѣ, но при дѣйствіи окисляющихъ веществъ они даютъ валеронитрилъ, производное велеріянокислаго амміака, сильную кислоту, цианистое соединеніе и производное муравьинокислаго амміака; при извѣстныхъ обстоятельствахъ они даютъ лейцинъ, который можетъ образоваться изъ тѣльдина, вслѣдствіе выдѣленія сѣры; тѣльдинъ же можетъ быть полученъ изъ альдегида, сѣрнистаго водорода и амміака.»

Сѣра есть составная часть бѣлковыхъ веществъ, и потому необходимый элементъ для образованія протоплазмы; она также входитъ въ составъ нѣкоторыхъ особенныхъ растительныхъ веществъ, какъ чесночнаго масла, масла ассафетиды, горчичнаго масла. «Единственнымъ источникомъ сѣры для образованія этихъ веществъ, должно принять сѣрную кислоту сѣрнокислыхъ солей почвы.» — «Не можетъ казаться страннымъ, что сѣрная кислота при этомъ разлагается, такъ какъ элементы ея соединены между собою не тѣснѣе, чѣмъ элементы воды, и даже гораздо слабѣе, чѣмъ элементы углекислоты; однакоже эти тѣла разлагаются въ растеніяхъ, хотя они суть соединенія столь же постоянныя или болѣе постоянныя ¹⁾»

Сѣрнистый водородъ въ небольшомъ количествѣ, составляетъ сильный ядъ для растений и въ атмосферѣ его ибѣт, или же встрѣчается только въ ничтожномъ количествѣ. О сѣрнистыхъ металлахъ, по различнымъ причинамъ, нечего и думать; остаются только сѣрнокислыя соли, которыя всюду находятся въ почвѣ и въ водѣ. Всѣ опыты надъ вегетаціей въ безплодной почвѣ, искусственно снабженной питательными веществами, или въ водныхъ растворахъ питательныхъ веществъ, указываютъ только на сѣрнокислыя соли, какъ на источникъ сѣры растений, и тѣ, часто очень значительныя, количества органическихъ веществъ, которыя были такимъ способомъ образованы, доказываютъ, что сѣрнокислыя соли представляютъ собою вполне достаточный источникъ сѣры для образованія веществъ подобныхъ протоплазмѣ. Впрочемъ, растенія поглощаютъ болѣе сѣрнокислыхъ солей, чѣмъ сколько непосредственно нужно для образованія бѣлковыхъ веществъ; неизвѣстно, какое значеніе имѣетъ этотъ избытокъ неразложившихъ сульфатовъ въ растеніи, количество которыхъ въ иныхъ случаяхъ очень значительно; такъ, многія морскія растенія и *Tamargis gallica* — содержатъ большія количества сѣрнокислаго натра, *Troaeolum majus* — много сѣрнокислаго кали, многія *Equisetaceae* — большія количества гипса ²⁾).

с) Составныя части зола.

§ 42. Въ новѣйшее время никто не сомнѣвается въ томъ, что кали, известь, магнезія и фосфорная кислота (сѣрная кислота) суть необходимыя составныя части для питанія всякаго растенія безъ исключенія, даже всякой отдѣльной клѣтки; если одного изъ этихъ веществъ недостаетъ, то невозможно заставить какое бы то ни было растеніе, изъ подвергнутыхъ до сихъ поръ опыту, образовать сколько нибудь значительное количество органическаго вещества; еще менѣе возможно довести при этомъ растеніе до полнаго окончанія его метаморфозы. Поэтому нѣтъ надобности приводить спеціальныя доказательства необходимости этихъ веществъ. Но, съ другой стороны, тѣмъ менѣе извѣстно ихъ истинное отноше-

¹⁾ Rochleder, loco citato, стр. 120.

²⁾ Rochleder, loco citato, стр. 129.

ніе къ ассимиляціи и къ обмѣну веществъ въ растеніи. Что фосфорная кислота должна находиться въ какомъ либо соотношеніи съ образованіемъ бѣлковыхъ веществъ, вывели изъ того, что она постоянно встрѣчается въ сообществѣ съ ними, а также изъ того факта, что въ пныхъ сѣменахъ она представляетъ опредѣленное, постоянное вѣсовое отношеніе къ количеству азота ¹⁾; неизвѣстно, однакоже, какимъ образомъ фосфорная кислота влияетъ на химическій процессъ при образованіи бѣлковыхъ веществъ. Если подтвердится, что въ растеніяхъ, вособенности въ сѣменахъ, распространены содержащіе фосфоръ жиры, то въ такомъ случаѣ отношеніе фосфорной кислоты къ ассимиляціи уже болѣе выяснится. Для кали Либихъ указалъ на подобное же отношеніе къ углеводамъ ²⁾: части растеній, богатые крахмаломъ, сахаромъ и т. д. всегда богаты солями кали; физиологически столь же важно, сдѣланное уже Соссюромъ, замѣчаніе, что большое содержаніе кали въ золѣ какой либо части растенія, совпадаетъ съ энергіей и быстротой ея роста ³⁾.

Кали, известь, магнезія, совершенно независимо отъ отношеній къ обмѣну веществъ, могутъ вѣроятно, въ соединеніи съ минеральными или растительными кислотами, принимать непосредственное участіе въ молекулярномъ строеніи организованныхъ частей кѣтокъ; каждая кѣточная оболочка, какъ бы она ни была молода или стара, даетъ скелетъ изъ золы, состоящей преимущественно изъ углекислаго кали, и эти составныя части золы такъ тѣсно связаны съ кѣтковиной, что ее невозможно освободить отъ нихъ, не разрушая ея организаціи. Поэтому предполагаютъ, что при явленіи роста чрезъ вставку частицъ (Intussusception) не только частицы кѣтковины и воды, или протоплазмы и воды, сгруппировываются въ извѣстномъ относительномъ положеніи, но что и опредѣленное количество частицъ солей, основанія которыхъ кали, известь и магнезія, принимаетъ, по относительному расположенію, извѣстное участіе въ этомъ сложномъ, молекулярномъ строеніи.

Со времени Соссюра обратившаго вниманіе на эти вопросы, было очень много писано объ связи названныхъ составныхъ частей золы съ различными проявленіями растительной жизни; но несмотря на это не удалось отыскать даже общихъ правилъ, не говоря уже о недопускающихъ исключеній законахъ, или о дѣйствительномъ указаніи причины и дѣйствія въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ; названныя до сихъ поръ сочиненія содержатъ множество матеріала, приводить который здѣсь было бы бесполезно.

§ 43. Желѣзо до сихъ поръ есть единственный металлъ, относительно котораго можно съ опредѣлительностью и экспериментально, доказать его физиологическое значеніе; хотя положительно и неизвѣстно, входитъ ли желѣзо въ химическую формулу красящаго вещества хлорофилла ⁴⁾, но вѣрно то, что растенія, вполнѣ лишеныя желѣзныхъ солей, перестаютъ образовывать хлорофиллъ, и что, слѣдовательно, желѣзо необходимо для того, чтобъ растенія были зелены. Такъ какъ у самостоятельно ассимилирующихъ растеній, выдѣленіе кислорода (безъ котораго немислимо образованіе органическихъ веществъ изъ углекислоты, воды и т. д.) не можетъ совершаться безъ присутствія хлорофилла, то желѣзо, какъ ве-

¹⁾ Dr. W. Mayer, Ergebnisse der agricult. chem. Station des Generalcomités des bayrischen landw. Vereins in München. 1857, стр. 37.

²⁾ Die Chemie in ihrer Anw. u. s. w., 1855. II. p. 26 und anderwärts.

³⁾ Recherches chim. übers. v. Voigt, стр. 163.

⁴⁾ Verdeil.

щество, образующее хлорофилл, имѣетъ величайшую важность въ процессѣ ассимиляціи; и дѣйствительно, многочисленныя наблюденія показываютъ, что растенія, которыя перестаютъ образовывать хлорофиллъ вслѣдствіе недостатка желѣза, въ той же мѣрѣ теряютъ силу вегетаціи, и когда хлороза (бѣлый цвѣтъ листьевъ отъ недостатка желѣза) достаточно сильна, то совершенно погибаютъ. Растенія, вполнѣ лишеныя желѣза, продолжаютъ нѣсколько времени расти, подобно растеніямъ, находящимся въ темнотѣ; они растутъ до тѣхъ поръ, пока въ тканяхъ ихъ еще находятся ассимилированныя запасныя вещества; когда же они израсходованы, то ростъ прекращается; это показываетъ, что желѣзо имѣетъ второстепенное значеніе для роста на счетъ уже готовыхъ образовательныхъ веществъ; но листья, происходящіе такимъ образомъ, лишены, при полномъ дневномъ свѣтѣ, зеленаго цвѣта, — они неспособны ассимилировать; желѣзо, для зеленыхъ, самостоятельно ассимилирующихъ растеній, есть необходимый дѣятель въ ряду тѣхъ химическихъ процессовъ, при помощи которыхъ растеніе производитъ свои ассимилированныя, образовательныя вещества; несмотря на то незначительное количество, въ которомъ оно удовлетворяетъ потребности растенія, желѣзо всетаки есть одна изъ причинъ, обуславливающихъ все образованіе новыхъ веществъ въ растеніяхъ, содержащихъ хлорофиллъ.

Для всего сказаннаго нами имѣются полныя и всестороннія доказательства: 1) Хлорозныя растенія ¹⁾ начинаютъ зеленѣть черезъ нѣсколько дней, если они поглощаютъ корнями желѣзныя соли въ видѣ слабаго раствора. 2) Каждое мѣсто хлорознаго листа въ скоромъ времени становится зеленымъ, если его снаружи помазать слабымъ желѣзнымъ растворомъ и если растворъ этотъ проникнетъ внутрь. 3) Микроскопическія изслѣдованія А. Гри (A. Gris) показали, что въ послѣднемъ случаѣ безформенная и безцвѣтная протоплазма хлорозныхъ листьевъ зеленѣетъ и образуетъ зерна хлорофилла. 4) Возможно вызвать хлорозу, заставляя прорастающія растенія вегетировать въ лишенныхъ желѣза растворахъ: хлороза наступаетъ при этомъ послѣ полного израсходованія запасныхъ веществъ; первые листья прорастающаго растенія зелены, такъ какъ они находятъ желѣзо въ сѣмени; когда же начнется ассимиляція зелеными листьями, подъ вліяніемъ лишенной желѣза смѣси питательныхъ веществъ, то образуются свѣтло-зеленые, полужелтые, наконецъ и вполнѣ бѣлые листья. 5) Такое растеніе можетъ еще нѣкоторое время жить, но затѣмъ погибаетъ вслѣдствіе недостатка органовъ, способныхъ ассимилировать. 6) Пока искусственно произведенная хлороза еще не послужила причиной второстепенныхъ поврежденій въ листьяхъ, возможно вызвать образованіе хлорофилла чрезъ поглощеніе (1,2) солей желѣза корнями или самую поверхность листьевъ. 7) Марганецъ и никкель не въ состояніи замѣнить желѣзо въ его спеціальномъ дѣйствіи (Risse).

Старшій Гри ²⁾ первый открылъ что хлороза растеній обуславливается недостаткомъ желѣза, и первый указалъ на выводы, приведенные въ § подъ цифрами 1 и 2. Смыслъ его, Артуръ Гри, не только повторилъ и подтвердилъ опыты своего отца, но и наблюдалъ подъ микроскопомъ явленія, наступающія въ клеткахъ хлорозныхъ листьевъ, послѣ того какъ они смочены раство-

¹⁾ Хлорозные листья съ перваго взгляда могутъ быть отличены отъ этиолованныхъ, въ которыхъ образованіе хлорофилла задержано темнотой.

²⁾ Eusèbe Gris, профессоръ химіи въ Châtillon-sur-Seine, Côte d'or, † 1849. De l'action des composés ferrugineux solubles sur la végétation, 1843 и Nouvelles expériences sur l'emploi des ferrugineux solubles appliqués à la végét. 1844.

рами желѣза (хлористаго, азотнокислаго, сѣрниокислаго ¹⁾). Онѣ только разѣ помочилъ правую половину хлорознаго листа *Digitalis micrantha* растворомъ сѣрниокислой закиси желѣза, и уже черезъ три дня половина эта замѣтно позеленѣла. Кѣтки хлорозной половины листа были изнутри покрыты слоемъ зернистой, желтоватой студени (протоплазма), или же въ нихъ находилась облачная зернистая масса. Позеленѣвшія же кѣтки той половины листа, которая была смочена растворомъ желѣза, содержали хлорофиллъ въ различныхъ степеняхъ развитія, частію въ видѣ полигональныхъ зеренъ, лежавшихъ около оболочки кѣтокъ, частію въ видѣ закругленныхъ зеренъ хлорофила. Точно также позеленѣли листочки правой стороны листа *Glycine chinensis* черезъ 72 часа послѣ того, какъ они были намазаны желѣзнымъ растворомъ. Кѣтки хлорозныхъ листочковъ содержали желтоватую студень, расположенную по стѣбкамъ; въ позеленѣвшихъ же, подвергнутыхъ дѣйствию желѣза, кѣткахъ, она уже приняла яркій зеленый цвѣтъ.

Къ такимъ же результатамъ привели опыты надъ *Iris*, *Petunia*, *Quercus*, *Smilax*, *Portensia* ²⁾. А. Гри говоритъ: «Хлороза характеризуется пріятствіемъ къ полному образованію зеренъ хлорофила, и желѣзныя соли дѣйствуютъ на растительную хлорозу, одаряя хлорофиллъ, развитіе котораго было остановлено, способностью развиваться далѣе и т. д.» Сальмъ-Горстмаръ ³⁾ первый показалъ посредствомъ опытовъ, вполнѣ въ этомъ отношеніи доказательныхъ, что въ несодержащихъ желѣза смѣсяхъ питательныхъ веществъ, можно произвести появленіе хлорозы (овесъ, лѣтній раисъ), чрезъ прибавленіе же желѣзныхъ солей можно вызвать зеленый цвѣтъ. Фаундлеръ (Phaundler) ⁴⁾ воспитывалъ растенія въ растворахъ питательныхъ веществъ и замѣтилъ, что они блѣднѣютъ, когда въ числѣ питательныхъ веществъ нѣтъ желѣза; листья, появившіеся позже, были блѣднѣе прежнихъ. Я показалъ своими опытами надъ вегетаціей въ водныхъ растворахъ, произведенными надъ мансомъ въ 1860 г., что хлороза наступаетъ тогда только, когда растеніе развило всѣ зародышныя части (насчетъ веществъ сѣмени) ⁵⁾; первые 3—4 листа бывають зелены, хотя растворъ питательныхъ веществъ и не содержитъ желѣза; слѣдующіе бывають зелены только въ верхней части, основаніе же листьевъ бѣлое; наконецъ являютъ вполнѣ бѣлые листья. Опыты, произведенные мною въ 1861 г., показали дѣйствіе недостатка желѣза еще рѣшительнѣе у кауусты, воспитанной въ растворахъ питательныхъ веществъ, лишенныхъ желѣза, также наступала хлороза позднѣйшихъ листьевъ; у *Phaseolus* я никогда не получалъ вполнѣ безцвѣтныхъ листьевъ, но позднѣйшіе изъ нихъ были чрезвычайно прозрачны и свѣтло-зеленаго цвѣта ⁶⁾. Прибавленіе нѣсколькихъ капель раствора желѣза (хлористаго, углесюнокислаго, сѣрниокислаго) вызываетъ уже черезъ 24—48 часовъ ясный зеленый цвѣтъ, въ 3—4 дня хлорозные листья вполнѣ приняли густой зеленый цвѣтъ. Позеленѣвшее такимъ образомъ мансовое растеніе я помѣстилъ еще разѣ въ лишенный желѣза растворъ питательныхъ веществъ, и оно образовало здѣсь новыя, вполнѣ бѣлые листья, которые отъ прибавленія желѣза опять позеленѣли. Опытъ показалъ также, что хлористый марганецъ не можетъ замѣнить дѣйствія хлористаго желѣза.

Задуманный въ этомъ направленіи опытъ былъ произведенъ въ 1861 г., одновременно съ опытомъ, надъ прежде упомянутомъ мансовомъ растеніемъ, давшимъ 42 зрѣлыя зерна и всѣвшемъ въ сухомъ состояніи 29,875 граммовъ ⁷⁾. Прорастающія растенія манса (*Cinquantinomaïs*) развились въ сырыхъ оилкахъ до того, что первый корень имѣлъ 2—3 сант. длины; одно изъ нихъ было (подобно тому, которое описано въ вышеупомянутой работѣ) укрѣплено, представленнымъ па фиг. 14-й способомъ, и первоначально оставлено въ дистиллированной водѣ до тѣхъ поръ, пока не развернулись оба первые зеленые листа. Затѣмъ 15-го іюня оно было

¹⁾ А. Gris, въ *Ann. des sc. nat.* 1857, VII, стр. 201.

²⁾ *Abbildungen loc. cit.* Tafel. 10.

³⁾ *Versuche und Resultate über die Nahrung der Pflanzen*, 1856.

⁴⁾ *Ann. der Chemie und Pharmacie*, Bd. XII, стр. 37.

⁵⁾ *Zeitschr. «Die Landwirthsch. Vers. Stat.»*, 1860, Heft VI, 253.

⁶⁾ *Flora* 1862, стр. 183.

⁷⁾ *Annalen der Landwirthschaft in den Königl. preuss. Staaten*, Wochenblatt, 1862,

помѣщено въ растворъ питательныхъ веществъ, содержащій на 1000 куб. сант. дистиллированной воды:

1	граммъ сѣрнокислаго кали.
0,5	— хлористаго натрія.
1	— гипса.
0,5	— сѣрнокислой магнезій.
1	— фосфорнокислой извести (трехосновной).

9-го іюня растеніе имѣло многочисленныя корни и 4 распустившихся свѣтло-зеленныхъ листа, изъ которыхъ послѣдній былъ въ 14,5 сантим. длины и въ 2 сантим. ширины. Въ этотъ день растеніе было перенесено въ растворъ, который на 1000 куб. сант. дистиллированной воды содержалъ:

1	граммъ азотнокислаго кали.
0,5	— хлористаго натрія.
1	— гипса.
0,5	— сѣрнокислой магнезій.
1	— фосфорнокислой извести.

2-го іюля было множество здоровыхъ корней, на растеніи сидѣло 6 листьевъ; первые 3 были зеленые, 4-й съ бѣлымъ основаніемъ, выросшимъ послѣ, 5-й съ зеленой вершиной, на остальномъ протяженіи бѣлый, 6-й былъ совершенно бѣлый; 4-й удлинился на 28 сант., 5-й имѣлъ въ длину 2—9 сантим., 6-й — 15,5 сантим. Въ этотъ же день было прибавлено 3 куб. сантим. раствора хлористаго марганца, но послѣ трехъ дней (5-го іюля) въ листьяхъ еще не оказывалось слѣдовъ зеленѣнія; поэтому 5-го іюля было прибавлено 3 куб. сантим. раствора хлористаго желѣза (что соотвѣтствуетъ 3-мъ грам.): уже 6-го іюля, послѣ полудня, начали зеленѣть при основаніи 4-й, 5-й и 6-й листья; къ 25-му іюля выросло еще 3 листа, которые, подобно листьямъ 4-му, 5-му, 6-му, имѣли зеленая и бѣлая полосы; очевидно, что желѣза было прибавлено недостаточно, такъ какъ одна часть желѣза была осаждена фосфорной кислотой. 25-го іюля было еще разъ прибавлено 3 куб. сантим. хлористаго желѣза и 1-го августа всѣ листья были вполне зелены и растеніе начало расти быстро.

А. Гри (A. Gris) въ новомъ своемъ сочиненіи ¹⁾ замѣчаетъ, что Броньяръ, Дегень (Decaisne), Пайенъ (Payen), Неуманъ, Пепинъ (Pepin) и др. произвели въ *jardin des plantes* многочисленныя изслѣдованія надъ родами *Hortensia*, *Calceolaria*, *Pelargonium*, *Cineraria*, *Spigaea*, *Erica*, *Oenothera* и др., подтверждающіе опыты его отца. Нѣкоторые экземпляры *Azalea*, обнаружившіе хлорозу, опускались въ сентябрѣ мѣсяцѣ, при 20—25°, съ листьями и вѣтвями въ растворъ сѣрнокислаго желѣза (1 граммъ на литръ) и послѣ совершеннаго и равномернаго смачиванія вынимались. Спустя восемь дней была уже замѣтна перемѣна; къ почвѣ прибавили еще болѣе крѣпкаго раствора (8 гр. на 1000), вслѣдствіе чего хлороза совершенно исчезла и въ почкахъ развились новые зеленые листики.

Точно также и Штоманъ, вслѣдствіе своихъ изслѣдованій, произведенныхъ съ большою осмотрительностію, чѣмъ изслѣдованія Кюпа, пришелъ къ тому убѣжденію, что «желѣзо исполняетъ при развитіи растенія совершенно опредѣленную функцію (а не служитъ только средствомъ проводить въ растенія фосфорную кислоту). Вліяніе желѣза становится очень скоро замѣтнымъ, потому что листья, прежде желтовато-бѣлые, принимаютъ начиная съ жилки, прекрасный зеленый цвѣтъ» ²⁾.

Наконецъ я приведу здѣсь нѣкоторые опыты, произведенные въ 1864 г., г. Риссе, ходъ и выполненіе которыхъ я ежедневно могъ самъ наблюдать и которые были произведены съ рѣдкимъ искусствомъ. Они показываютъ, что дѣйствіе желѣза не можетъ замѣниться никкелемъ. Вотъ факты, сообщенные мнѣ г. Риссе: «13-го мая зерна манса, вымоченныя предварительно въ родолженіи 24-хъ часовъ въ дистиллированной водѣ, были положены въ опилки, тщательно про-

¹⁾ De l'application des sels de fer à la végét.; Extrait du bulletin de la société impériale zoologique d'acclimatation, 1862, Juillet.

²⁾ См. *Agronomische Zeitg.* v. Hamm., 1864, стр. 325.

выявленные и промыты. Они проросли скоро и очень успешно; 23-го мая они были переложены в раствор питательных веществ, в котором на один литр воды содержалось:

азотнокислого кали.....	1,0	грамм.
азотнокислой извести.....	1,0	»
сѣрникоислой извести.....	0,3	»
сѣрникоислой магнезії.....	0,3	»
хлористаго патрія.....	0,4	»

Всего . 3,0 на 1000.

Соли, взятые для составленія растворовъ, были всѣ химически чистыя и частью были приготовленны собственно для этой дѣли. Къ каждому изъ растворовъ прибавлялось незначительное количество химически-чистой, свѣже-осажденной фосфорнокислой извести. Растенія проросли очень хорошо, развили 31-го мая среднимъ числомъ 4—5 листьевъ, имѣли высоту 10 сантим. и обладали здоровыми бѣлыми корешками, длиною до 30 сит., съ многочисленными тонкими побочными корешками. Всѣ растенія были нѣсколько хлорозны, что именно оказывалось ясно на листьяхъ развившихся подъ конецъ, тогда какъ 3 первые листа были нормальнаго свѣтло-зеленаго цвѣта. Въ этотъ же день нѣсколько растений было поставлено въ растворъ, содержащій кромѣ вышеприведенныхъ солей еще 0,05 грам. хлористаго желѣза на литръ, тогда какъ прочіе оставались въ растворахъ, не содержащихъ желѣза. Въ скоромъ времени оказалось значительное различіе: растенія, находившіяся въ растворахъ съ желѣзомъ, начали сильно расти, хлороза приостановилась, и по прошествіи нѣсколькихъ дней, всѣ листья сильно позеленѣли, между тѣмъ какъ растенія въ растворахъ, не содержащихъ желѣза, развивались медленно, а 4-й и 5-й листья дѣлались болѣе и болѣе желтовато-бѣлыми.

19-го іюня у всѣхъ растений, находившихся въ растворахъ безъ желѣза, развився 6-й листъ, на которомъ хлороза обнаружилась весьма рѣзко. Съ этихъ поръ растеніе болѣе не росло и величина его не превышала $\frac{1}{3}$ величины растений, воспитанныхъ въ растворахъ съ желѣзомъ. Хлорозные листья бывають обыкновенно чрезвычайно нѣжны и тонки, мѣстами прозрачны, что доказываетъ, что полости кѣлочекъ не выполнены и образованіе протоплазмы прекратилось.

Около 23-го іюня большая часть листьевъ поблекла, а корни, напротивъ того, все еще были совершенно бѣлы и здоровые.

25-го іюня было изслѣдовано одно изъ растений. Оно содержало:

твердыхъ веществъ.....	0,5505	грам.
зола.....	0,0560	»
органическихъ веществъ.....	0 4945	»
органическихъ веществъ сѣмени..	0,3878	»

Слѣдовательно . 0,1067 грам.

составляютъ прибыль сухаго органическаго вещества въ продолженіи вегетаціи.

Такимъ образомъ растенія замирають очень скоро въ растворахъ, не содержащихъ желѣза и обнаруживаютъ только незначительную прибыль вѣса, сравнительно съ сѣменемъ; напротивъ, развиваются совершенно нормально въ растворахъ содержащихъ желѣзо. Изъ послѣднихъ нѣсколькихъ экземпляровъ были съ особенной цѣлью доведены до взрванія; я приведу здѣсь только одно растеніе для сравненія съ вышеописанными. Въ продолженіи всего періода развитія, составъ раствора не измѣнялся. 15-го іюля растеніе въ 1½ ф. вышиной было посажено въ цилиндръ (въ 2 литра емкости), наполненный свѣжимъ растворомъ; вода, испаряемая листьями, ежедневно замѣщалась дистиллированою водою; количество испарившейся воды было очень значительно; съ 20-го іюня до 6-го іюля оно составляло среднимъ числомъ ежедневно до 107 куб. сит. 6-го іюля появилась метелка мужскихъ цвѣтовъ и съ ея раскрытіемъ испареніе значительно усилилось, именно возрасло (среднимъ числомъ) до 200 куб. сит. ежедневно, а въ послѣдствіи даже болѣе 300 куб. сит. 16-го іюля пыльники выпустили всю цвѣтень, рыльца початка еще не выступили; выступившія затѣмъ рыльца (24-го іюля) были оплодотворены пылью другаго маисоваго растенія, воспитаннаго тѣмъ же способомъ. 2-го іюля растворъ былъ возобновленъ вслѣдствіе того, что на нѣкоторыхъ растеніяхъ оказалось, что вся азотная кислота исчезла и на корняхъ мѣстами появилось сѣрнистое желѣзо. Точно такое же возобновленіе раствора было произведено 12-го августа. 15-го сентября растеніе было вынуто, причемъ послѣдніе 10 дней передъ этимъ оно

находилось въ дистиллированной водѣ. Оказалось, что оно развилось совершенно нормально; въ початкѣ помѣщались 63 зръя зерна вѣсомъ 16,384 грамма. Слѣдующія чиста показываютъ вѣсъ сухихъ веществъ и зола отдѣльныхъ частей растенія.

Названія частей растенія.	Сухое вещество въ грамм.	Зола въ граммахъ.	Зола сухаго вещества въ %.
Мужеская метѣлка.....	1,115	0,037	3,22
Листья.....	13,750	0,824	5,99
Междоузлія.....	10,370	0,691	6,66
Початокъ съ покровомъ и 1 боковымъ початкомъ	9,534	0,447	4,69
Корень.....	4,995	0,104	2,10
63 зерна.....	14,259	0,290	2,03
Все растеніе.....	54,023	2,393	4,35

Слѣдующія изслѣдованія надъ хлорозными растеніями, воспитываемыми въ растворахъ безъ желѣза, были произведены съ цѣлю опредѣлить вліяніе закиси марганца и никкеля.

10-го іюня къ одному изъ хлорозныхъ растеній было прибавлено сѣрнокислой закиси марганца, а 12-го іюня къ другому — сѣрнокислой окиси никкеля въ точно такомъ же количествѣ, въ какомъ прежде къ раствору, несодержащему желѣза, прибавлялось хлористое желѣзо. Ни въ одномъ изъ этихъ случаевъ не обнаружилось никакого дѣйствія: растенія, поставленныя въ такія условія, остались хлорозными и 25-го іюня, наконецъ, умерли; въ этотъ день ихъ вынули. Оказалось:

1) у растенія, находившагося въ растворѣ содержащемъ марганецъ и несодержащемъ желѣза:

сухаго вещества..... = 0,6330 граммовъ
 зола..... = 0,0730 »
 органическаго вещества. = 0,5600 »
 органическаго вещества сѣмени. = 0,3878 »
 прибыли во время развитія..... = 0,1722 граммовъ;

2) у растенія, воспитаннаго въ растворѣ, содержащемъ никкель, и несодержащемъ желѣза:

сухаго вещества..... = 0,5335 граммовъ
 зола..... = 0,0530 »
 органическаго вещества..... = 0,4805 »
 органическаго вещества сѣмени = 0,3878 »
 прибыли впродолженіи развитія... = 0,0927 граммовъ.

И такъ оба растенія нисколько не отличаются отъ растеній, воспитанныхъ въ растворѣ безъ желѣза.

Для большаго разъясненія этихъ опытовъ, хлорозныя растенія одинаковой степени развитія были 10-го и 12-го іюня, тѣмъ же способомъ подвергнуты дѣйствію хлористаго желѣза. Въ обоихъ случаяхъ очень скоро обнаружился сильный ростъ, хлороза исчезла и растенія въ этомъ случаѣ росли совершенно нормально.

Такимъ образомъ изъ этихъ опытовъ очевидно пронстекаетъ, что желѣзо для маиса составляетъ существенный питательный матеріалъ, т. е. что это растеніе безъ желѣза не способно ни къ какому развитію, и что желѣзо въ этомъ случаѣ не можетъ замѣниться ни марганцемъ, ни никкелемъ. Такъ какъ недостатокъ желѣза обуславливаетъ появленіе хлорозы, то, слѣдовательно, этотъ металлъ абсолютно необходимъ для образованія хлорофилла.

Подобно тому, какъ вышеописанные опыты выяснили, что сѣянцы, воспитанные въ растворахъ, не содержащихъ желѣза, не способны къ значительному увеличенію вѣса, такъ слѣдующіе опыты показываютъ, что у маисовыхъ растеній, воспитанныхъ совершенно нормальнымъ образомъ, недостатокъ желѣза въ позднѣйшій періодъ замедляетъ ростъ.

15-го іюня три растенія, воспитанныя совершенно нормально въ растворахъ съ желѣзомъ и очень сильно развитыя, имѣвшія болѣе 1½ футовъ вышины, были посажены въ растворъ питательныхъ веществъ, несодержащій желѣза; корни предварительно были тщательно очищены и обмыты дистиллированной водой. Уже по прошествіи 6-ти дней на молодыхъ листьяхъ показались

желтовато-бѣлыя долевая полоски, которыя 23-го юня сдѣлались весьма рѣзкими; 30-го юня всѣ листья представляли полосатый видъ и всѣ три растенія значительно отстали въ ростѣ отъ нормально развившихся, причемъ количество воды, испарившейся чрезъ листья, было значительно меньше у первыхъ, чѣмъ у послѣднихъ. Мужескія метелки и початки появились позже и послѣ продолжительныхъ промежутковъ времени, попытки омылить рыльца пылью другаго растенія, оказались безуспѣшными. 4-го октября ихъ вынули; вѣсъ твердаго вещества у перваго растенія равнялся 19,24 грамма; у втораго 17,19 грам., у третьяго 14,94 грам., что составляетъ, слѣдовательно, только $\frac{1}{3}$ и даже менѣе вѣса растеній, воспитанныхъ въ растворахъ съ достаточной примѣсью желѣза.

Кнопъ ¹⁾ утверждаетъ, что хлороза есть слѣдствие очень многихъ причинъ, что она помяется, когда происходитъ какое либо нарушение въ питаніи, что она дѣйствительно можетъ вызываться совершеннымъ недостаткомъ желѣза, но что безъ сомнѣнія ошибочно приписывать особое значеніе желѣзу при образованіи хлорофилла и вмѣстѣ съ тѣмъ зеленого цвѣта растенія. Такое мнѣніе можетъ основываться только на непростительномъ незнаніи литературы, или же на искаженіи вопроса о которомъ идетъ рѣчь.

Кнопъ или зная работы Гри ²⁾ и тогда обязанностію его было ихъ опровергнуть, прежде чѣмъ высказывать такое мнѣніе; или же онъ ихъ не зналъ, и, слѣдовательно, говорилъ о предметѣ, не зная его литературы. Далѣе Кнопъ утверждаетъ ³⁾, что растенія, получавшія фосфорнокислосое желѣзо только въ первый періодъ развитія, когда корни достигли длины 6—8 дюймовъ, или вообще получавшіе желѣзо можетъ быть (!) только втеченіи первыхъ 4-хъ недѣль, совершали дальнѣйшее развитіе безъ прибавленія желѣза такъ же усгѣшно, какъ и другія, получавшія фосфорнокислую окись желѣза во все продолженіе развитія. Это положеніе Кнопа понятно только при условіи, что его питательные растворы содержали примѣсь желѣза.

Въ № 9 названнаго журнала, стр. 323, Кнопъ говоритъ еще разъ, что желѣзу несправедливо приписываютъ способность обуславливать зеленый цвѣтъ растеній, и единственное доказательство, приподимое имъ въ пользу этого мнѣнія, состоитъ въ томъ, что г. Вольфъ наблюдалъ цѣлый рядъ маисовыхъ растеній, очень хорошо развитыхъ, не доставляя имъ никакого желѣза; но при этомъ не сказано, до какой степени доходило ихъ развитіе и кромѣ того можно предположить, что растворы были не чисты, а содержали желѣзо.

Замѣчаніе Кнопа ⁴⁾, что хлорозу можно уничтожить какъ аммоніакальной солью, такъ и свободной фосфорной кислотой и т. д., основывается на недостаточномъ разъясненіи различныхъ причинъ образованія хлорофилла. Мнѣ очень хорошо знакомъ болѣзненный видъ такихъ растеній, у которыхъ ощущается недостатокъ въ азотистой пищѣ и фосфорной кислотѣ; мнѣ также извѣстно и то, что подобное болѣзненное состояніе можетъ быть устранено прибавленіемъ упомянутыхъ веществъ; но это нисколько не противорѣчитъ значенію желѣза. Несомнѣнно, что зерна хлорофилла (состоящія вообще изъ двухъ веществъ — протоплазмическаго и зеленого красящаго) для своего образованія нуждаются въ содѣйствіи азотистой пищи и фосфорнокислой соли, и извѣстно также, что при недостаткѣ этихъ веществъ задерживается образованіе ассимилированныхъ веществъ, особенно азотистыхъ, а потому естественно допустить, что вмѣстѣ съ этимъ не будетъ происходить образованія вещества хлорофилла, недостатокъ котораго обуславливаетъ свѣтло-зеленый оттѣнокъ листьевъ. Но всетаки это состояніе не есть хлороза, и если всякое недостаточное образованіе хлорофилла будутъ принимать за хлорозу, то наконецъ и этиоліро-ванная растенія нужно будетъ называть хлорозными.

Для образованія хлорофилла необходимы слѣдующія условія:

- 1) красящее вещество;
- 2) температура, необходимая для образованія красящаго вещества;
- 3) желѣзо;
- 4) свѣтъ;
- 5) существованіе протоплазмы, изъ которой образуются зерна; сама протоплазма состоитъ изъ углерода, азота, водорода, кислорода, сѣры и, кромѣ того, для образованія вещества про-

¹⁾ Zeitschrift «Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen» 1863. Heft 13, стр. 102.

²⁾ Что положеніе Гри относительно позеленія хлорозныхъ листьевъ послѣ наружнаго смазыванія ихъ растворомъ желѣза справедливо, я вполне убѣдился изъ опытовъ Руссе.

³⁾ Loc. cit., стр. 101.

⁴⁾ L. c., стр. 323.

топлазмы необходимо участіе фосфорной кислоты, изъ чего слѣдуетъ, что и эти шесть веществъ необходимы для образованія хлорофилла. Если изъ всѣхъ этихъ условій образованія хлорофилла одного недостаетъ, то нарушается нормальное развитіе, но если недостатокъ своевременно будетъ устраненъ, то нормальное развитіе возобновится.

Этимъ совершенно уничтожаются ничего неговорящіе возраженія и опыты Кюпа, описанные имъ въ Landw. Versuchsstation 1862. Heft, стр. 135, ff.

§ 45. Натрій, въ новѣйшее время, на основаніи опытовъ, считается излишнимъ для маиса и гречихи, но рѣшительно это еще не доказано. Можетъ быть, что для нѣкоторыхъ растений достаточно натрія только въ очень незначительномъ количествѣ, но это еще не значитъ, что онъ совершенно излишенъ; при повсемѣстномъ распространеніи этого вещества на земной поверхности, что доказываетъ спектральный анализъ, растения во время опыта могутъ получить малѣйшія частныя его, даже въ томъ случаѣ, когда къ питательному веществу не было прибавлено натровой соли. Только изъ того обстоятельства, что искусственно выведенныя растения, превышающія въ нѣсколько разъ вѣсъ взятаго сѣмени, не содержатъ въ золѣ и слѣдовъ натра, можно вывести заключеніе, что натрій не принадлежитъ къ *необходимымъ* питательнымъ веществамъ.

Для меня еще сомнительно, что высказанное въ концѣ доказательство примѣнимо къ гречихѣ, выведенной Ноббе безъ участія натрія; во всякомъ случаѣ выраженіе, что «натрій входилъ только въ золѣ посѣва», показываетъ, что здѣсь дѣло идетъ объ очень незначительномъ количествѣ его ¹⁾.

Напротивъ, мнѣніе Кюпа, касательно маисоваго растенія, вѣсившаго 50 граммовъ, что «натрій не составляетъ необходимаго вещества для образованія органической массы сухопутнаго растенія» ²⁾, есть мнѣніе лишенное всякаго основанія, потому что если онъ и не прибавлялъ къ питательнымъ растворамъ натрія въ отдѣльномъ состояніи, то этимъ еще не доказано, что растеніе его не принимало, и Штоманъ ³⁾, держась другаго взгляда, справедливо требуетъ доказательства анализомъ, что растеніе дѣйствительно не содержало натрія; Кюпъ этого доказательства не представилъ.

По опытамъ князя Сальмъ-Горстмаръ (Salm-Horstmar), натрій необходимъ для образованія плода пшеницы ⁴⁾.

§ 45. О необходимости хлора. Ноббе и Зигертъ представили подробныя изслѣдованія, показывающія, что хлоръ необходимъ для гречишныхъ растений, какъ специфическое питательное вещество, что хлоръ при образованіи сѣмянъ этого растенія ⁵⁾ играетъ существенную роль.

До сихъ поръ неизвѣстно, зависить ли развитіе приморскихъ, такъ называемыхъ солончаковыхъ растений отъ присутствія большихъ количествъ натрія, или хлора, или же отъ соединенія обоихъ этихъ веществъ, въ видѣ хлористаго натрія. Точно также неизвѣстно, суть ли хлористые и іодистые металлы необходимыя питательныя вещества для морскихъ растений, въ которыя они поступаютъ изъ морской воды, или они имѣютъ какое нибудь другое отношеніе къ жизни растений.

§ 46. Кремневая кислота есть одна изъ значительныхъ составныхъ частей золы не только злаковъ и хвощей, но, какъ показали Вилке и Моль, и золы растений многихъ другихъ семействъ; но несмотря на это, ее нельзя принимать за

¹⁾ Landw. Versuchsstation, 1863. Heft 13, стр. 133.

²⁾ Ibid. Heft 9 стр. 301.

³⁾ Agronomische Zeitung von Hamm. 1864, стр. 325.

⁴⁾ Loc. cit., стр. 29.

⁵⁾ Landw. Versuchsstation, 1862. Heft 12, стр. 339. Сравни далѣе Сальмъ-Горстмаръ, I. с.

питательный матеріалъ въ томъ смыслѣ, какъ кали, фосфорная кислота и т. д., она появляется въ растеніяхъ совершенно въ иномъ видѣ.

Опытами доказано, что содержаніе кремневой кислоты въ растеніяхъ, богатыхъ ею въ нормальномъ состояніи, можно уменьшить до minimum'a, не нанося этимъ существеннаго вреда образованію ассимилированныхъ веществъ; далѣе, стремленіе кремневой кислоты отлагаться въ веществѣ клѣточной оболочки тканей, наиболѣе удаленныхъ отъ частей, въ которыхъ происходитъ обмѣнъ веществъ, ея незначительное количество въ молодыхъ органахъ, въ которыхъ происходитъ образованіе клѣтокъ и быстрый ростъ органа, ея большое накопленіе въ старыхъ частяхъ и пр., все это приводитъ къ заключенію, что кремневая кислота при химическомъ процессѣ ассимиляціи, при образованіи органическаго вещества изъ неорганической матеріи, въ сущности не принимаетъ такого участія, какъ настоящія питательныя вещества, кали, магнезія, известь и фосфорная кислота; напротивъ того, можно предполагать, что кремневая кислота въ видѣ кислоты или въ видѣ кремнекислой соли потребляется растеніемъ на подобіе ассимилированнаго вещества; далѣе, что она, не принимая участія въ химическомъ процессѣ въ тканяхъ, отлагается въ веществѣ клѣточной оболочки совершенно такимъ же образомъ, какъ отлагаются и клѣточные молекулярныя частицы; что она, слѣдовательно, принимается растеніемъ въ видѣ готоваго образовательнаго вещества, причемъ однако нельзя сказать, что растеніе абсолютно нуждается въ ея содѣйствіи; повидимому, кремневая кислота только содѣйствуетъ молекулярному построенію клѣточной оболочки.

Этотъ способъ возрѣнія оправдывается и разсмотрѣніемъ молекулярныхъ особенностей кремневой кислоты, свойство которой во многихъ отношеніяхъ тождественно со свойствами ассимилированнаго образовательнаго вещества, крахмала, клѣтковины и бѣлковыхъ веществъ. Такимъ образомъ можно сказать, что кремневая кислота полезна для растеній не по химическому средству, но по ея молекулярнымъ свойствамъ, по ея отношенію къ растворимости, къ агрегатному состоянію, вообще къ диффузиі и т. д.

Взглядъ, что кремневая кислота имѣетъ существенно другое отношеніе къ жизни растеній чѣмъ кали, фосфорная кислота, и т. д., что она не принимаетъ участія при образованіи бѣлковыхъ веществъ, растительныхъ кислотъ и т. д., былъ высказанъ уже В. Вилке¹⁾; по его основанію я считаю неудовлетворительными, тогда какъ основанія, высказанныя въ параграфѣ, вполне доказательны.

Взглядъ, что кремневая кислота существенно дѣлюю своею имѣетъ увеличиваніе плотности ткани (особенно у злаковъ), ни на чѣмъ не основанъ, приводился прежде, и напелъ въ Кноиѣ своего послѣдняго защитника²⁾. Недостатку кремневой кислоты въ почвѣ, а слѣдовательно и въ растеніи, приписывали, что хлѣба иногда ложатся, но это мнѣніе ничѣмъ не доказано и не оправдывается сельско-хозяйственной практикой; притомъ, подобное возрѣніе не объясняетъ всѣхъ встрѣчающихся случаевъ, что напротивъ возможно, коль скоро будетъ извѣстно, что наклоненіе хлѣбовъ основывается частію на этиологичности, мягкости, недостаткѣ эластичности, на слишкомъ значительномъ удлиненіи нижнихъ междоузлій соломины и ея незначительномъ одеревѣніи. Всѣ эти свойства выступаютъ особенно рѣзко тогда, когда растенія стоятъ слишкомъ тѣсно и взаимно другъ друга оттѣняютъ; этимъ объясняется, отъ чего такъ называемая рядовая культура (Drillkultur) и рѣдкіе носѣвы противодѣйствуютъ наклоненію хлѣбовъ, отчего отдѣльно стояція пеккультурныя растенія никогда не ложатся; этимъ точно также объясняется, почему наклоненіе въ сырые года, при сла-

¹⁾ Bot. Zeitg. 1861, № 16.

²⁾ Landw. Versuchsstationen, Heft. 6, стр. 269.

бомъ освѣщеніи и сильною ростъ, бываетъ сильнѣе, отчего слишкомъ сильное удобреніе почвы благоприятствуетъ наклоненію, такъ какъ оно уже въ ранній періодъ развитія обуславливаетъ роскошный ростъ, вслѣдствіе котораго растенія затѣняютъ другъ друга, этиолируются въ своихъ нижнихъ частяхъ, что происходитъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ гуще они стоятъ.

Выпрямленіе увяшаго хлѣба обуславливается не твердыми листовыми влагалищами, богатыми кремневою кислотой, но нѣжными травянистыми узлами, преодолѣвающими тяжесть свѣсившейся соломины.

Если въ нѣкоторыхъ случаяхъ верхняя кожица растительнаго органа становится твердою, вслѣдствіе отложенія кремнекислоты, то изъ этого еще не слѣдуетъ, что кремнекислота необходима для плотности: растеніе обладаетъ другими средствами, чтобы дѣлать свою ткань твердою и эластическою.

Оба предположенія, т. е. что кремнекислота не имѣетъ близкаго отношенія къ ассимиляціи, и что ее недостатокъ въ соломинѣ не производитъ никакого размягченія и неспособности держаться въ вертикальномъ положеніи, доказываются тѣмъ, что мнѣ удалось вырастить мансовое растеніе со столь незначительнымъ содержаніемъ кремнекислоты, что становится вѣроятною возможностью воспитать растеніе виолы успѣшно вовсе безъ кремнекислоты. Вышеупомянутое мансовое растеніе, которое я вырастил въ 1861 г. въ водномъ питательномъ растворѣ, и о которомъ я сообщилъ въ первый разъ въ февралѣ 1862 г. ¹⁾, дало 29,8 грамм. твердыхъ веществъ; я нарочно не прибавлялъ къ питательному раствору кремнекислоты, но анализъ показалъ между твердыми продуктами, 30 миллигр. кремнекислоты, что можно приписать частію растворимости стекла, частію пыли, скопившейся на растеніи. Согласно съ анализомъ растеній, растущихъ въ дикомъ состояніи на свободѣ, въ золѣ нашего растенія слѣдовало бы имѣть 18—23 процент. кремнекислоты; но въ ней было только 0,7 проц. Весь стволъ, вышиною въ нѣсколько футовъ, содержалъ $\frac{1}{2}$ миллиграмм.; 10 большихъ листьевъ всѣ вмѣстѣ только 20 миллиграмм., такъ что на листь длиною въ 68 см. и шириною 4,1 см. приходилось только 2—3 миллиграмм. кремнекислоты. Стебель и листь держались въ томъ же положеніи, какъ и у обыкновенныхъ комнатныхъ мансовыхъ растеній и этимъ опровергается положеніе, что стойкость органа зависитъ отъ кремнекислоты; ассимиляція этого растенія дала 29-ти граммовъ вѣса твердаго вещества и 42 зерна, способныя прорасти, чѣмъ доказывается, что кремнекислота не составляетъ необходимаго условія для образованія органическаго вещества. Содержаніе кремнекислоты у этого растенія составляло около $\frac{1}{30}$ того количества, которое должно было бы заключаться въ нормально-развишемся растеніи одинаковаго съ нимъ вѣса; содержаніе кали, фосфорной кислоты не можетъ быть столь незначительнымъ, потому что растеніе не могло бы развиваться, если бы содержаніе этихъ веществъ довести только до $\frac{1}{30}$ ²⁾.

Мансовое растеніе, выведенное Кнопомъ и образовавшее 50 грам. твердыхъ веществъ, воспитывалось безъ кремнекислоты ³⁾; въ корнѣ оно содержало ничтожное количество кремнекислоты, въ 15-ти листьяхъ вмѣстѣ 22 миллигр. и въ стеблѣ только $\frac{1}{2}$ миллигр. ⁴⁾.

Все высказанное мною въ параграфѣ о значеніи кремневой кислоты, какъ вещества образовательнаго, молекулярныя свойства котораго даютъ растеніямъ возможность усвоить его, и потреблять для молекулярнаго построенія кѣлочной оболочки, подобно крахмалу и кѣлочному соку, основывается существенно на такъ называемомъ кремневомъ скелетѣ кѣлочной оболочки, который получается, если прокалывать кѣлочную оболочку, предварительно очищенную

¹⁾ Flora, стр. 53.

²⁾ Verg. Stohmann in Agronomische Zeitung von Hamm. 1864, стр. 325.

³⁾ S. Landw. Vers. Stat. 1862, Heft. 11, стр. 125.

⁴⁾ Кнопъ (Landw. Vers. Stat., Heft. 6, стр. 269) говорить: «кремнекислота, находясь въ изобиліи въ этомъ органѣ (влагалищѣ), безъ сомнѣнія придаетъ ему плотность и вмѣстѣ съ тѣмъ непосредственно имѣетъ цѣлю придавать молодой соломинѣ способность противостоять внѣшнимъ влияніямъ». За тѣмъ въ томъ же самомъ сочиненіи № 9, стр. 301, онъ говоритъ: «Оказывается, что кремнекислота, принимаемая какъ необходимая составная часть для образованія органовъ злаковъ, просто сопровождаетъ необходимыя для питанія вещества, и хотя я не отвергаю того, что отложеніе ея во влагалищахъ придаетъ этимъ послѣднимъ большую твердость, чѣмъ они могли бы имѣть безъ кремневой кислоты, но всетаки я того мнѣнія, что она не принадлежитъ къ питательнымъ веществамъ».

кислотами (Моль), до совершеннаго сгаранія всѣхъ органическихъ веществъ или если уничтожить органическое вещество мацерированіемъ въ хромовой кислотѣ ¹⁾).

Прежде присутствіе кремнезема предполагалось только у злаковъ и хвощей, но Вилке и Моль доказали, что это вещество входитъ въ составъ большаго числа растеній, такъ что въ настоящее время кремнеземъ долженъ быть разсматриваемъ какъ вещество обыкновенное, общее всему растительному царству.

Имѣя превосходную работу Моля, было бы излишне указывать на прежнюю литературу (которая у Моля изложена обстоятельно); а потому мы здѣсь изложимъ вкратцѣ только важнѣйшіе результаты, полученные Модемъ ²⁾. Моль нашелъ кремневые скелеты не только у *Diatomaceae*, но и во всѣхъ классахъ тайнобрачныхъ (можетъ быть за исключеніемъ грибовъ и лишаевъ), и въ 42-хъ семействахъ явнобрачныхъ. При такомъ обширномъ распространеніи кремнекислоты бросается въ глаза то обстоятельство, что въ нѣкоторыхъ семействахъ кремневые скелеты общераспространены, тогда какъ въ другихъ случаяхъ растенія, близкія между собою по всѣмъ признакамъ, въ этомъ отношеніи представляютъ различія. Кремнекислота повидимому не всегда отлагается въ кѣлочной оболочкѣ непрерывно въ формѣ скелетовъ, но иногда и другимъ какимъ либо образомъ. Такъ напр. въ золѣ еловыхъ иголъ (*Fichte*) кремнекислоты содержится до 19^o проц., но скелета при сжиганіи не образуется. Иногда сухіе листья, у которыхъ эпидермисъ сильно пропитанъ кремнеземомъ, имѣютъ какъ-бы металлическій видъ (*Petrea volubilis*, *Elvira bifolia*, *Devilla*, *Hirtella*); однакожъ, по наружности большею частію нельзя заключить о присутствіи кремнеземистаго скелета. Кремневый скелетъ встрѣчается по преимуществу во внѣшнихъ стѣнкахъ кѣлочка эпидермиса, и притомъ или только на одной верхней поверхности листа, или также на нижней (но здѣсь онъ слабѣе); окремненіе распространяется и на устьицы. При гладкой поверхности кожицы окремненіе однообразно; напротивъ того, у *Scirpus palustris*, *mucronatus* и др. окремниваютъ только бугорки, замѣчаемые преимущественно на стеблѣ. Иногда кремниютъ только волоски листьевъ (*Ficus joannis*, *Urtica excelsa*, на плодахъ *Galium Aparine*), или же сперва кремниютъ волоски, а отсюда окремненіе постепенно распространяется по окружающимъ кѣлочкамъ эпидермиса, независимо отъ очертанія самихъ кѣлочекъ (*Cerinth aspera* и *minor*, *Echium vulgare*, *Helianthus tuberosus*, *Cucurbita Pepo*); у иныхъ же кремнѣтъ вся поверхность эпидермиса (*Humulus Lupulus*, *Ulmus campestris* и др.); иногда образуются зубчатые бугорки при окружности волосковъ, какъ напр. на верхней поверхности листа *Delima rugosa*, или же сильно кремниютъ только кѣлочки, несущія на себѣ волоски.

У листьевъ съ окремнившою кожицею, не рѣдко окремниваютъ и кѣлочки мякоти (*Mesophyllzellen*); сосудистые лучки окремниваютъ у *Ficus sycomorus*, *Ceratonia siliqua*, *Magnolia grandiflora*, (*Quercus robur* и др. Паренхимныя кѣлочки всего листа по Молю, замѣтно окремниваютъ, у *Ficus sycomorus*, *Fagus silvatica*, *Quercus suber*, *Deutzia scabra* и др. Полное окремненіе всѣхъ родовъ элементарныхъ органовъ Моль замѣтилъ въ листѣ *Theobroma cacao* ³⁾. Окремненіе перидермы онъ нашелъ у *Boswellia papyrifera*; Вилке ⁴⁾ находилъ кремневый скелетъ въ наружномъ слое коры *Fagus sylv.*, *Carpinus Betulus*, *Acer Pseudoplatanus*, а у *Urticeen* и *Artocarpeen* это явленіе общераспространено. По Вилке дубяныя волокна вообще окремниваютъ, такъ что даютъ скелетъ (*Linum usitatiss.*, коношля, *Urtica dioica*, *Phormium tenax*, *Agave americana* ⁵⁾).

Способъ отложенія кремнекислоты, образующей въ кѣлочной оболочкѣ скелетъ, составляетъ самую существенную часть изслѣдованій Моля. Онъ показалъ, что въ окремнившихъ стѣнкахъ кѣлочекъ масса ихъ состоитъ изъ кѣлковины; даже у *Diatomaceae* кремнекислота является въ видѣ вторичнаго отложенія, располагаясь не въ формѣ особой оболочки, а въ видѣ инфильтраціи. Частицы кремнекислоты, остающіяся послѣ прокалыванія кѣлочной стѣнки въ видѣ скелета, отделились въ кѣлочной оболочкѣ въ видѣ составныхъ частей ея молекулярнаго строенія. Окремнившая кѣлочная стѣнка сохраняетъ гибкость, растяжимость и способность

¹⁾ По Полендеру. *Bot. Zeitg.* 1862, № 47.

²⁾ Ueber das Kiesel skelet lebender Pflanzenzellen von H. v. Mohl, въ *Bot. Zeitg.* 1861, № 30—42 и № 39,

³⁾ Объ окремненіи цистолитовъ см. въ оригиналѣ.

⁴⁾ *Bot. Zeitg.* 1862, стр. 76—79.

⁵⁾ Ueber Verkieselung der Samenhaare, *vergl. Flora*, 1863, стр. 114.

разбухать; прокаленный эпидермис свертывается во внутрь, изъ чего слѣдуетъ, что кремневая масса отложена плотнѣе въ наружномъ слое стѣнки. По Молю, болѣе толстые кремневые скелеты, при употребленіи гипсовой пластинки, дѣйствуютъ на поляризованный свѣтъ подобно самой кѣлочной оболочкѣ.

Кремнекислота находится иногда и внутри полости кѣлочка, даже въ видѣ твердой массы; она встрѣчается или въ формѣ зерна, похожаго на зерно крахмала, или же наполняетъ полость кѣлочка въ видѣ мелкозернистой массы. Но б'льшую частью масса кремнезема совершенно выполняетъ полости кѣлочекъ эпидермиса (отдѣльныя группы кѣлочекъ у *Licania crassifolia*, *Hirtella racemosa*, и т. д.); у кѣлочекъ, стѣнки которыхъ не кремниютъ, полость можетъ выполняться кремнеземомъ до такой степени, что представляется отлитую вмѣстѣ съ капальцами, проходящими чрезъ стѣнки (*Hirtella racemosa*, *Davilla brasiliana*). Такимъ образомъ окремнѣніе постепенно переходитъ въ дѣйствительное окаменѣніе.

У живыхъ растений въ нѣкоторыхъ частяхъ встрѣчается явленіе, описаніе котораго живо напоминаетъ окремнѣніе ископаемыхъ растительныхъ органовъ. Въ корѣ *Sauto* окремнѣвають цѣлыя массы тканей и образуютъ сложныя вмѣстѣ отложения (Крюгеръ). Вилке въ кускѣ коры *Sauto* (*Hirtella silicea*), высушенномъ на воздухѣ, нашелъ 34 проц. золы въ которой содержалось 96,17 проц. кремнекислоты.

Въ одной изъ моихъ статей ¹⁾ я пытался обстоятельнѣе провести аналогію между окремнѣніемъ и окаменѣlostями. О кремневомъ скелетѣ діатомей и о сравненіи его съ искусственно образованными, заслуживаетъ вниманія работа Максъ Шульца ²⁾.

§ 47. О присутствіи окиси цинка въ живыхъ растеніяхъ и объ ея отношеніи къ физиологическимъ процессамъ, до настоящаго времени было извѣстно очень мало. Риссъ, въ продолженіи нѣсколькихъ лѣтъ, занимался этимъ вопросомъ, и я считаю себя обязаннымъ сообщить здѣсь рядъ точныхъ его наблюденій, цитируя его собственныя слова:

«Кромѣ А. Брауна, сообщившаго о присутствіи окиси цинка въ одной изъ породъ фіалокъ (*Calmeivelchen*), въ которой она качественно была изслѣдована Беллинградтомъ въ мангеймской лабораторіи, эта окись была найдена Форхаммеромъ ³⁾ въ древесинѣ и корѣ дуба, бука, березы и сосны, хотя только въ очень ничтожномъ количествѣ. Но, по моимъ наблюденіямъ, присутствіе окиси цинка въ растительномъ веществѣ отнюдь не такъ ограничено; мои изслѣдованія показали, что б'льшая часть растеній, выросшихъ на почвѣ содержащей цинкъ, содержитъ окись цинка въ б'льшемъ или мѣньшемъ количествѣ».

«Изслѣдованія касательно содержанія цинка, были произведены надъ многими какъ дико растущими, такъ и культурными растеніями, въ опрестностяхъ Альтенберга (близъ Ахена). Тамъ гдѣ цинковыя руды (какъ углекислая, такъ и кремнекислая окись цинка) выступаютъ на поверхность почвы, эта послѣдняя бываетъ богата цинкомъ, процентное содержаніе котораго въ нѣкоторыхъ мѣстахъ простирается до 20% и даже болѣе. Мнѣ удалось доказать присутствіе цинка почти во всѣхъ растеніяхъ этой мѣстности, мною изслѣдованныхъ (Риссъ) и принадлежавшихъ къ различнымъ семействамъ. Количественное же опредѣленіе я произвелъ до сихъ поръ только для такихъ растеній, которыя, какъ *Viola tricolor*, или *Thlaspi alpestre*, произрастая на почвѣ, содержащей цинкъ, значительно укло-

¹⁾ Flora, 1862, стр. 63, II.

²⁾ Verhandl. d. naturhist. Vereins der pr. Rheinlande und Westfalens XX. стр. 1 — 42; мой рефератъ объ этомъ предметѣ находится въ Flora 1863, стр. 115.

³⁾ Pogg. Ann., XCV, 90.

няются отъ видовыхъ признаковъ (см. ниже), или же какъ *Argmeria vulgaris* и *Silene inflata*, которыя съ особенной роскошью развиваются на мѣстахъ, наиболѣе изобилующихъ цинкомъ». Количества цинковой окиси, содержащіяся въ этихъ растенияхъ, приведены въ слѣдующей таблицѣ:

Растенія, высушенныя на воздухѣ содержали:

I. *Thlaspi alpestre* (var. *calamin*).

Корень	6,28 проц. зола и 0,167 проц. ZnO, что составляетъ 1,66 проц. зола.
Стебель	11,75 » » » 0,385 » » » » 3,28 » »
Листья	11,45 » » » 1,50 » » » » 13,12 » »
Цвѣты	8,49 » » » 0,275 » » » » 3,24 » »

II. *Viola tricolor* (*calamin*).

Корень	5,59 проц. зола и 0,065 проц. ZnO, что составляетъ 1,52 проц. зола.
Стебель	10,55 » » » 0,065 » » » » 0,62 » »
Листья	9,42 » » » 0,110 » » » » 1,16 » »
Цвѣты	7,66 » » » 0,075 » » » » 0,98 » »

III. *Argmeria vulgaris*.

Корень	4,74 проц. зола и 0,17 проц. ZnO, что составляетъ 3,58 проц. зола.
Стебель	5,37 » » » 0,02 » » » » 0,37 » »
Листья	9,36 » » » 0,11 » » » » 1,17 » »
Цвѣты	6,08 » » » 0,07 » » » » 1,15 » »

IV. *Silene inflata*.

Корень.....	2,71 проц. зола и 0,02 проц. ZnO что составляетъ 0,74 проц. зола.
Стебель	} ..11,43 » » » 0,22 » » » » 1,92 » »
Листья	
Цвѣты	

«Само собою разумѣется, что не должно опредѣлять содержанія цинка въ золѣ растений, потому что при сжиганіи растенія неизбежна потеря цинка вслѣдствіе его улетучиванія. Для опредѣленія количества цинка, я растворялъ органическое вещество или въ соляной кислотѣ и хлорноватокисломъ кали, или же сухое растеніе, превращенное въ мельчайшій порошокъ, выщелачивалъ слабою горячею азотною кислотою. Этотъ послѣдній способъ далъ точный результатъ и по своей простотѣ имѣетъ преимущество предъ другими способами.»

«Въ высшей степени замѣчательно вышеупомянутое измѣненіе наружнаго вида *Viola tricolor* и *Thlaspi alpestre*, растущихъ на поляхъ, содержащихъ цинкъ; эти измѣненія столь постоянны, что подали поводъ къ установленію новыхъ видовъ *Viola calaminaria* и *Thlaspi alpestre*. Въ какой связи находятся они съ содержаніемъ цинка, каково вообще физиологическое значеніе послѣдняго, должно быть разяснено дальнѣйшими изслѣдованіями. Даже о постоянствѣ видовъ *Viola calamin.*, сколько мнѣ извѣстно, взгляды ботаниковъ различны.»

Марганецъ повидимому въ нѣкоторомъ отношеніи сходенъ съ цинкомъ; онъ является въ сѣнохъ и томъ же растеніи, то въ ничтожномъ, то въ чрезмѣрно большомъ количествѣ, смотря по почвѣ; его значеніе, необходимость или безразличность въ отношеніи питанія растенія, еще неизвѣстны.

Литература о составныхъ частяхъ зола растений:

Th. de Saussure: Recherches chimiques, 1864.

J. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, 1865.

Rochleder: *Chemie u. Physiol. d. Pflanzen*, 1858, стр. 121, ff.

Asche der Epiphyten: Luca, *Comptes rendus*, 1861, стр. 244.

Asche der Flechten: Flora, 1864, № 34, v. Uloth.

Nothwendigkeit der Aschenbestandtheile für Gährungspilze: Pasteur, *Arbeiten über die Gährung* и рефератъ De Bary объ этомъ въ Flora 1863, стр. 8 — 10; также Raulin: *Comptes rendus* 1863, T. LVII, стр. 228.

Ueber die Inconstanz der Aschenverhältnisse: Malaguti u. Durocher, *Ann. des sc. nat.* 1858.

Allgemeines: Garreau, *Ann. des sc. nat.* 1860, стр. 170.

VI.

ПРИНЯТІЕ ПИТАТЕЛЬНЫХЪ ВЕЩЕСТВЪ.

Шестой отдѣлъ.

Переходъ воды и растворенныхъ веществъ изъ окружающей среды въ растенія.

§ 48. Принятіе воды и растворенныхъ въ ней питательныхъ веществъ происходитъ чрезъ кліточныя стѣнки вслѣдствіе диффузіи. Справедливость этого положенія понятна сама собою и не нуждается въ особенныхъ доказательствахъ, если за словомъ «диффузія» оставить общепринятое въ научномъ языкѣ значеніе. Такимъ образомъ подъ именемъ диффузіи слѣдуетъ понимать всѣ тѣ виды молекулярныхъ движеній, которые обуславливаютъ непрерывное перемѣщеніе частицъ, и которые происходятъ вслѣдствіе притяженія химически различныхъ веществъ до тѣхъ поръ, пока внутри извѣстнаго органа не произойдетъ абсолютнаго равновѣсія молекулярныхъ силъ. Не говоря уже о газахъ, подобныя передвиженія происходятъ:

1) Когда частицы жидкаго вещества проникаютъ между частицами вещества, способнаго къ разбуханію.

2) Когда частицы твердаго вещества, вслѣдствіе притяженія растворяющаго вещества, разъединяются и равномерно размѣщаются въ послѣднемъ или когда растворъ извѣстной крѣпости соприкасается съ болѣе слабымъ или болѣе сильнымъ растворомъ подобнаго же рода, или съ растворяющимъ веществомъ въ чистомъ видѣ.

3) Когда вещество растворяющее и вещество въ немъ растворенное соприкасаются съ тѣломъ, способнымъ къ разбуханію.

4) Когда двѣ однородныя жидкости, способныя между собою смѣшиваться, взаимно проникаются, или проникаютъ тѣло, способное къ разбуханію.

5) Когда тѣло способное къ разбуханію, съ одной стороны проникается растворяющимъ веществомъ, а съ другой приходитъ въ соприкосновеніе съ веществомъ, растворимымъ въ послѣднемъ и т. д.

Подобныхъ силъ вообще совершенно достаточно для объясненія явленій, происходящихъ при поступленіи вещества въ растеніе, особенно если принять во вниманіе, что при этомъ по необходимости должны возникать въ замкнутыхъ клѣткахъ различныя состоянія напряженія, и что химическіе процессы въ клѣткахъ дѣйствуютъ въ качествѣ постоянныхъ нарушителей равновѣсія, препятствующихъ уравниванію молекулярныхъ силъ.

Извѣстные въ настоящее время законы диффузіи даютъ возможность подвести подъ нихъ различныя случаи поступленія веществъ въ растеніе, хотя еще невозможно разложить каждое изъ этихъ явленій на его элементарные процессы. Если же иногда и говорятъ, что поступленіе веществъ и ихъ движеніе по растенію не могутъ быть объяснены диффузіей, эндосмосомъ и экзосмосомъ, то этимъ выражается только то, что произведенныя до сихъ поръ изслѣдованія надъ диффузіей еще не допускаютъ полнаго объясненія этихъ физиологическихъ процессовъ. Притомъ же подобное требованіе не состоятельно и даже нелогично, такъ какъ не предвидится возможности устроить изъ свиного пузыря, пергаментной бумаги и т. д., при участіи раствора сахара, гумми, соли, такой аппаратъ, который могъ бы вполне представить извѣстныя явленія жизни клѣточки; это требованіе было бы только тогда основательно, если бы мы умѣли построить искусственную клѣточную стѣнку, которая по молекулярному строенію была бы абсолютно схожа съ естественною клѣочною стѣнкою, и если бы мы внутри нашей искусственной клѣточки могли создать искусственную протоплазму такимъ образомъ, чтобы ея свойства были совершенно тѣ же, какъ и свойства живой протоплазмы. Извѣстно, что явленія диффузіи въ клѣточкѣ мѣняются мгновенно и рѣзко, какъ скоро она убивается какимъ нибудь образомъ; этотъ простой фактъ показываетъ, что свойственныя живому состоянію молекулярныя силы, къ пониманію которыхъ мы стремимся, основываются на неизвѣстныхъ свойствахъ клѣточныхъ частей, подражать которымъ искусственно еще не удавалось; желаніе же замѣнить эти части животной кожей, основывается на полнѣйшемъ непониманіи дѣла.

Гораздо скорѣе возможно изъ явленій диффузіи, происходящихъ въ составныхъ частяхъ клѣтокъ, судить о ихъ молекулярномъ строеніи, какъ это уже удалось Негели.

Однакожъ, столь грубые, въ сравненіи съ клѣточкою, аппараты, какіе употребляются при изслѣдованіяхъ законовъ диффузіи, составляютъ тѣмъ не менѣе основаніе для нашего возрѣнія на ходъ жизни клѣточки; только нельзя ожидать, чтобъ они объяснили явленія во всей подробности; достаточно того, что эти аппараты знакомятъ насъ съ самыми общими законами молекулярныхъ силъ. Физиологія, слѣдящая за послѣдовательностію въ жизни клѣтокъ, не вправѣ отвергать этихъ законовъ, но еще менѣе вправѣ прилагать ихъ безусловно къ клѣточкѣ; физиологія обязана, смотря по обстоятельствамъ и требованіямъ явленій роста, комбинировать и видоизмѣнять эти законы.

Возраженіе, что явленія диффузіи, въ томъ видѣ, какъ мы ихъ вызываемъ искусственно, не могутъ дать никакого объясненія жизненныхъ процессовъ въ клѣткѣ, было бы на столько же основательно, какъ и утвержденіе, что законы химіи не могутъ имѣть значенія въ отношеніи къ растеніямъ, потому что химикамъ не удастся приготовить въ стеклянныхъ и металлическихъ сосудахъ

крахмала, клетчатки или белковины изъ углекислоты, воды, аммиака и сѣрной кислоты, тогда какъ растеніе производитъ эти вещества легко и повидимому съ незначительными средствами. Растеніе работаетъ не съ стеклянными и металлическими сосудами, а съ живыми клеточками, гдѣ на сочетаніе веществъ вліяетъ не только химическое средство, но и различнаго рода молекулярныя силы.

Я здѣсь, какъ и въ слѣдующихъ отдѣлахъ, предполагаю уже известными тѣ явленія диффузіи, которыя были до сихъ поръ изслѣдуемы въ искусственныхъ аппаратахъ. Они относятся не столько къ растительной физиологіи, сколько въ общей физикѣ и принадлежатъ вмѣстѣ съ тѣмъ къ общей подготовкѣ всякаго занимающагося физиологіей. Начинаящіе могутъ найти необходимыя указанія въ слѣдующихъ сочиненіяхъ: С. Ludvig, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen* 1858, im 1 и 2 Abschnitt des 1 Bds. (лучшее сочиненіе въ этомъ направленіи); Adolf Fick, *Medicinische Physik*, 1 Abschnitt (превосходное по изложенію); Th. Graham, въ *Ann. der Chemie und Pharmacie* v. Vöhler, Liebig, Knopp, 1862, Januarheft und Pogg. *Ann.* 1864; Dutochet, *Mémoires pour servir à l'hist. et т. д.*; Bd. I. Очень важны для физиологической цѣли наблюденія Маткэ о накопленіи растворенныхъ красящихъ веществъ въ белковинныхъ тѣлахъ (*Bot. Zeitg.* 1859, стр. 21). Негели: «*Diosmose der Pflanzenzelle*», Негели и Крамеръ in *Pflanzenphysiol. Unters.* Heft I, 1855; далѣ Негели: *Reaction von Jod auf Starkerkörner und Zellmembranen in den Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss.* 1862 и 1863.

Отношеніе красящихъ веществъ и іода къ органическимъ тѣламъ, способнымъ разбухать, въ вышеупомянутыхъ сочиненіяхъ не вошло въ составъ общаго разсмотрѣнія; но это отношеніе особенно важно, ибо доказываетъ, что нѣкоторые растворенныя вещества поступаютъ въ тѣла, способныя къ разбуханію, въ значительно большемъ количествѣ, чѣмъ растворяющая ихъ среда, тогда какъ большая часть соляныхъ растворовъ представляетъ обратное явленіе.

Основываясь на этомъ, можно скопленіе въ организованныхъ тѣлахъ іода и красящихъ веществъ, извлеченныхъ изъ растворовъ, назвать накопляющею диффузіею (*accumulirende Diffusion*). Это явленіе сдѣлалось чрезвычайно важно для физиологіи послѣ того, какъ Негели показалъ, что протоплазма въ живомъ состояніи не всасываетъ красящаго вещества, но будучи убита, она не только всасываетъ, но даже накапливаетъ его помощію диффузіи ¹⁾.

Такъ называемая поглощающая сила почвы, къ которой я обращусь впоследствии, основывается отчасти, повидимому, на подобныхъ процессахъ, какъ и окрашиваніе убитыхъ белковинныхъ веществъ карминомъ, и отложеніе іода въ крахмальныхъ зернахъ и въ клеточной оболочкѣ. Но здѣсь не мѣсто входить ближе въ объясненіе этихъ явленій.

§ 49. Свойство какого либо органа всасывать воду и растворенныя въ ней вещества, обусловливается способностью верхней поверхности его непосредственно соприкасаться съ водою, т. е. смачиваться ею. Растительныя части, покрытыя жирнымъ восковымъ слоемъ, на которомъ вода собирается въ видѣ капельъ и стекаетъ, и которыя, будучи погружены въ воду, остаются сухими, или къ которымъ пристають только отдѣльныя капельки, такія растительныя части не могутъ служить органами принятія воды и растворенныхъ въ ней веществъ. Сюда принадлежатъ многія растительныя воздушныя части, покрытыя такъ называемымъ налетомъ (воскомъ), или толстою пленкою (*cuticula*), какъ напримѣръ, нѣкоторыя междуузлія, листья, плоды, цвѣты. Эти органы часто бываютъ окружены слоемъ воздуха, который (можетъ быть сгущенный) съ значительной силой пристааетъ къ поверхности и дѣлаетъ невозможнымъ соприкосновеніе воды съ поверхностію органа. Этотъ слой воздуха легко замѣнить, — стоить только погружить свѣжую вѣтвь въ колодезную воду и тогда онъ образуетъ на эпидермисѣ серебристо-блестящій покровъ, часто значительной толщины. До тѣхъ

¹⁾ Ростъ крахмальныхъ зеренъ и клеточной оболочки вслѣдствіе отложеній между частями (*Intussusceptien*), какъ говоритъ Негели, можетъ быть разсматриваемъ за особенный случай накапливающейся диффузіи.

портъ, пока этотъ слой не поглотивается окружающею водою, или не смывается часто падающими каплями дождя, смачиванія не происходитъ, и эти поверхности не могутъ служить органами всасыванія воды и водныхъ растворовъ.

Здѣсь, кажется, наиболѣе удобнымъ остановиться на нѣкоторыхъ явленіяхъ, находящихся въ связи съ вышесказаннымъ, но на которыя до сихъ поръ физиологи еще мало обращали вниманія. Если погрузить ¹⁾ свѣжій листъ манса въ чистую воду, то пластинка листа оказывается покрытою серебристо-блестящимъ слоемъ воздуха, только срединный нервъ является зеленымъ, т. е. смачивается водою; если же листъ будетъ находиться въ водѣ долгое время, то слой воздуха пропадаетъ и поверхность смачивается. При погруженіи листьевъ *Lupinus termis* или *Trifolium pratense* толстый облекающій слой воздуха замѣчается на всей поверхности, за исключеніемъ большихъ нервовъ, смачивающихся водою. Волоски, находящіеся на поверхности листа, также смачиваются и воздухъ, окружающій листъ, нѣкоторымъ образомъ является пронизаннымъ отверстіями. У вынутаго изъ воды листа, части, соотвѣтствующія мякоти (мезофилл) оказываются сухими, а болѣе толстые нервы смоченными.

Образованіе капель росы на листьяхъ основывается очевидно на подобныхъ же причинахъ ²⁾, причемъ однако форма поверхности листа оказываетъ вліяніе въ томъ отношеніи, что вслѣдствіе различія въ лучеспусканіи разныхъ частей, видоизмѣняется и количество воднаго осадка. Вообще распредѣленіе капель зависитъ отъ развѣтвленія нервовъ; поэтому оно у односѣмянодныхъ преимущественно прямолинейное, у двудольныхъ сѣтчатое. На нервахъ капли располагаются въ равныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ и похожи на шурки жемчуга. Чѣмъ толще нервы, тѣмъ больше капельки, и потому на одномъ и томъ же листѣ встрѣчаются капельки всѣхъ величинъ, смотря по толщинѣ нерва.

На листьяхъ съ гладкимъ эпидермисомъ, между нервами появляются болѣе неправильныя капельки, несливающіяся съ каплями на нервахъ. Листовые края на зубцахъ усажены болшею частію правильно расположенными капельками, выдѣляющимися изнутри; у злаковъ часто подобная большая капля виситъ на вершинѣ листа. Волоски, находящіеся на листьяхъ, покрыты обыкновенно кѣлымъ рядомъ маленькихъ капелекъ, которыя часто можно различить лишь въ лупу; капельки эти сидятъ на волоскахъ другъ за другомъ, какъ жемчугъ на шуркѣ. Утромъ, на верхней поверхности листьевъ обильно покрытыхъ росой, капельки стекаютъ въ углубленія; это — маленькія долилки, дно которыхъ образуется нервами листа. Вода въ этихъ мѣстахъ пристаеетъ, между тѣмъ какъ съ кожицы, покрывающей мякоть, она стекаетъ.

Поэтому очень можетъ быть, что небольшое количество росы всасывается листомъ при посредствѣ волосковъ и эпидермиса нервовъ. Всасываніе это можетъ быть до нѣкоторой степени значительно только при очень сухой почвѣ, послѣ жаркихъ дней, когда растенія вечеромъ остаются еще влажными; если же листья упруги и тургесцируютъ, а корни еще находятъ воду въ почвѣ, то едва

¹⁾ J. Sachs: «Mechanismus bei der Ernährung der Pflanzen» въ *Agronomische Zeitung von Hamn.*, 1860, стр. 710.

²⁾ J. Sachs: «Notiz über Thaubildung auf Pflanzen» въ *Landwirthsch. Vers.-Stat.* 1861, Bd. II, 45, гдѣ приняты въ расчетъ и капли росы, собирающіяся на листьяхъ.

ли возможно, чтобъ вода проникала въ большомъ количествѣ, такъ какъ всѣ клѣтки и безъ того совершенно ею переполнены.

Одновременно съ росой на вершинѣ и краяхъ листьевъ появляются выдѣлившіяся изъ внутри капли, что можно легко наблюдать вечеромъ на открытомъ воздухѣ; изъ этого слѣдуетъ, что корни въ это время всасываютъ еще много воды и гонять ее въ листья, что они содержатъ ее въ большемъ количествѣ чѣмъ листья, вслѣдствіе чего изъ послѣднихъ она выступаетъ въ видѣ капель; слѣдовательно и это обстоятельство доказываетъ, что роса не въ состояніи проникать внутрь листа въ большомъ количествѣ.

Напротивъ того, если листья вечеромъ бывають еще вялы, что впрочемъ случается очень рѣдко, то они могутъ всасывать росу и тѣмъ снова пріобрѣсти упругость. Въ нашемъ климатѣ росѣ не слѣдуетъ придавать слишкомъ большаго значенія, потому что она появляется изобильно тогда только, когда со времени послѣдняго дождя прошло не слишкомъ много времени, когда, слѣдовательно, растенія находятъ въ почвѣ значительное количество воды ¹⁾. Если такимъ образомъ роса проникаетъ въ мѣста, смачиваемыя водою, хотя и въ едва замѣтныхъ количествахъ, то и соли амміака и азотной кислоты, растворенныя въ ней, должны проникать въ клѣточки вслѣдствіе диффузій; впрочемъ при очень незначительномъ количествѣ этихъ солей въ росѣ, растеніе пріобрѣло бы этимъ путемъ только очень незначительную прибыль.

Къ ряду явленій, зависящихъ отъ различнаго смачиванія эпидермиса, покрывающаго мякоть и нервы листа, принадлежитъ рядъ капиллярныхъ явленій, замѣченныхъ впервые С. Ф. Арендтомъ на листьяхъ различныхъ растеній. Если верхняя поверхность листовыхъ первовъ сильно смачивается водою и если ихъ поперечный разрѣзъ представляетъ извѣстную вогнутость и при этомъ распредѣленіе волосковъ на и подлѣ поверхности первовъ благоприятное, то вода можетъ подыматься по желобкамъ нервовъ, какъ по капиллярнымъ трубкамъ и, распространяясь вдоль мелкихъ нервовъ, наконецъ, въ видѣ капель спадаетъ съ повислой вершины листа. Арендтъ описываетъ это явленіе у листьевъ *Urtica dioica*; я, съ своей стороны, могу подтвердить его наблюденія, слѣдующимъ образомъ: если отрѣзокъ стебля *Urtica dioica* поставить въ воду такъ, чтобъ основанія двухъ листовыхъ черешковъ тоже были погружены въ воду, а верхнія части черешковъ и пластинки находились въ воздухѣ, то вода поднимается вверхъ по желобку черешка, достигаетъ срединнаго желобка пластинки, и на вершинѣ послѣдней, если она наклонена внизъ, испадаетъ въ видѣ капель; вода проникаетъ и во всѣ маленькіе желобки, соотвѣтствующіе развѣтвленіямъ нервовъ.

У *Urtica urens* это капиллярное вліяніе менѣе сильно, у *Ballota nigra* оно силь-

¹⁾ «Повидимому самую важную роль (сказалъ я далѣе I. с.) роса играетъ утромъ, при солнечномъ восходѣ; когда растенія находятся еще въ состояніи ночнаго покоя, солнце вдругъ начинаетъ на нихъ дѣйствовать и они становятся вялыми, такъ какъ корни въ почвѣ еще не согрѣтой, бывають мало дѣятельны; роса предохраняетъ листья отъ вдругъ наступающаго сильнаго испаренія послѣ восхода солнца, и такимъ образомъ растеніе ищетъ время вступить въ состояніе напряженія, соотвѣтствующее дню. Это возрѣніе основывается на произведенномъ мною наблюденіи, показавшемъ, что растенія, культивированныя въ комнатѣ какъ бобы, маисъ, Brassica, по утрамъ, будучи вдругъ освѣщены солнцемъ, часто сильно вянутъ, по потомъ при продолжающемся дѣйствіи солнца, снова становятся свѣжими, а также на томъ фактѣ, что всасывающая дѣятельность корня усиливается при повышеніи температуры.»

нѣе, тѣмъ у *Urtica dioica*; у *Leonurus cardiaca* вода поднялась сперва по стеблю до высоты 3-хъ снт. и затѣмъ уже достигла основанія листа, послѣ чего вышеописаннымъ способомъ распространилась по листу. Очень сильно было дѣйствіе и у *Ageratum coeruleum*; подобное же было наблюдаемо и у *Physalis Alkekengi*.

У *Clinopodium vulgare*, *Betonia stricta*, вода поднимается по листу, но не испадаетъ каплями; еще слабѣе дѣйствіе у *Galeobdolon luteum*, *Galeopsis octoleuca*, *Scrofularia vernalis*; множество другихъ листьевъ, по наблюденіямъ Арендта и мопмъ, не обнаруживали этого явленія ¹⁾.

Вода и растворенныя въ ней вещества, безъ сомнѣнія, могутъ диффундировать во внутренность клѣточекъ черезъ такія части листовыхъ поверхностей, которыя отличаются значительною способностью смачиваться. Нижеописанные опыты Дюшартра указываютъ на то, что растеніе, можетъ быть, извлекаетъ пользу изъ весьма малаго количества веществъ, доставляемыхъ такимъ образомъ, даже если взвѣшиваніемъ и нельзя доказать замѣтнаго принятія воды. Разныя породы представляютъ въ этомъ отношеніи во всякомъ случаѣ не одинаковыя свойства, такъ какъ способность листьевъ смачиваться весьма различна ²⁾.

Повидимому, поверхности, усѣяныя большимъ количествомъ устьицъ, преимущественно защищены отъ смачиванія водою, что видно уже изъ вышесказаннаго, а еще болѣе изъ того обстоятельства, что плавающие листья, напр. *Nymphaea*, *Polygonum amphibium*, *Hydrocharis* и др. на нижней сторонѣ, лишенной устьицъ, смачиваются вполне; верхняя же сторона, на которой находятся устьицы, не смачивается, такъ что вода собирается на ней въ видѣ круглыхъ капель.

Значеніе этого устройства для экономіи растенія понятно, такъ какъ устьицы при продолжительномъ смачиваніи закрываются и не допускаютъ быстро вхожденія и выходенія газовъ.

§ 50. Если наружная поверхность клѣточной стѣнки способна смачиваться, то и вся безъ исключенія масса стѣнки, повидимому, можетъ пропитываться жидкостью, и такъ какъ стѣнка съ внутренней стороны прикасается къ протоплазмѣ, которая въ свою очередь находится въ соприкосновеніи съ воднистою частью содержимаго, то, очевидно, соблюдены всѣ условія для диффузіи при посредствѣ стѣнокъ клѣточки.

Оставляя на время въ сторонѣ различіе диффузіи черезъ стѣнки клѣточекъ, и черезъ протоплазмическій слой (цериальной слой), не лишне, для лучшаго уразумѣнія послѣдующаго, предварительно разсмотрѣть въ главныхъ чертахъ, что должно произойти, на основаніи извѣстныхъ законовъ диффузіи, если клѣточка съ наружной стороны приходитъ въ соприкосновеніе съ воднымъ растворомъ различныхъ веществъ, какъ это обыкновенно случается съ частями растеній, принимающими питательныя вещества изъ воды рѣкъ, озеръ, моря, или изъ искусственныхъ растворовъ питательныхъ веществъ.

Пусть жидкость, прикасающаяся къ наружной поверхности клѣточной оболочки способной смачиваться, содержитъ въ растворѣ три различныхъ соли a , b , c , и пусть растворъ, по вѣсу на единицу воды содержитъ $m(a)$, $n(b)$, $p(c)$, количества

¹⁾ Должно однако замѣтить, что вода изъ капиллярныхъ трубокъ не истекаетъ, если проникаетъ въ трубки въ силу одной ихъ капиллярности.

Примѣч. ред.

²⁾ Сравни. Bonnet, Usage des feuilles, I.

названныхъ веществъ. Самый общій случай будетъ тотъ, что составъ раствора претерпѣваетъ количественное измѣненіе, въ то время, когда единица воды проникаетъ въ вещество стѣнки. Каждая частица растворенныхъ веществъ соединена, съ извѣстной силою, съ растворяющей водою. Вода, проникая въ оболочку вслѣдствіе частичнаго притяженія послѣдней, тянетъ за собою съ извѣстною силою и частицы a, b, c ; но частичное притяженіе оболочки въ отношеніи къ водѣ и каждому изъ веществъ a, b, c , различно; число частицъ воды и a, b, c , могущихъ одновременно помѣститься между частицами оболочки, есть функція различныхъ притяженій между водою и оболочкой, водою и a, b, c , далѣе между оболочкою и a, b, c , и кромѣ того между частицами a, b и c .

На единицу вступившей въ оболочку воды, проникнуть поэтому не количества m, n, p веществъ a, b, c , но другія количества, напр. $\frac{m}{u}, \frac{n}{x}, \frac{p}{y}$, гдѣ u, x, y могутъ означать различныя величины, какъ цѣлыя, такъ и дробныя. Изъ отношенія протоплазмы и клѣточной оболочки къ красящимъ веществамъ, которыя не проникаютъ въ живую протоплазму, между тѣмъ какъ диффундируютъ черезъ оболочку, слѣдуетъ, что величины $\frac{1}{u}, \frac{1}{x}, \frac{1}{y}$ для оболочки клѣточекъ, и для протоплазмы, могутъ быть весьма различны. Если въ веществѣ клѣточной оболочки на мгновеніе возстановится частичное равновѣсіе, то мы на наружной сторонѣ ея будемъ имѣть растворъ, который на единицу воды содержитъ количества $m_{(e)}, n_{(e)}, p_{(e)}$, предполагая, что количество раствора таково, что можно пренебречь частью, проникнувшею въ оболочку. Въ оболочкѣ же на единицу воды будутъ приходиться количества $\frac{m_{(e)}}{u}, \frac{n_{(e)}}{x}, \frac{p_{(e)}}{y}$ веществъ.

Вопросъ дѣлается гораздо сложнѣе, когда окружающій растворъ находится въ меньшемъ количествѣ, такъ что измѣненія, происходящія въ жидкости вслѣдствіе диффузіи, не могутъ остаться безъ значенія, какъ это случается при воспитаніи сухонутныхъ растений въ водныхъ растворахъ, въ маленькихъ сосудахъ.

Оставимъ однако на время этотъ случай въ сторонѣ, и пусть въ пропитанной оболочкѣ нарушится частичное равновѣсіе. Положимъ, что часть клѣточной оболочки находится, напр., въ прикосновеніи съ другими клѣточками, вытягивающими изъ нее воду. Тогда всосанная вода нашей оболочки будетъ двигаться по направленію къ послѣднимъ, между тѣмъ какъ части оболочки, прикасающіяся къ раствору, вознаграждаютъ изъ него свою потерю въ водѣ. Растворяющая вода приходитъ такимъ образомъ въ движеніе какъ въ веществѣ оболочки, такъ и снаружи ея, между тѣмъ какъ частицы a, b, c остаются безъ измѣненія и ихъ взаимное равновѣсіе не нарушается. И такъ въ оболочкѣ образуется токъ воды, безъ одновременнаго движенія растворенныхъ веществъ. Но если снаружи клѣточки находится только небольшое количество раствора, то опять дѣлается замѣтно концентрированнѣе, и чрезъ это потребуются установленіе новаго равновѣсія между имъ и жидкостью пропитывающею оболочку, такъ что вслѣдствіе всасыванія одной воды, произойдетъ нарушеніе равновѣсія растворенныхъ частицъ. Такое движеніе воды можетъ, въ разсматриваемомъ случаѣ, ограничиваться движеніемъ по массѣ оболочки, безъ прониканія ни въ протоплазму, ни въ клѣточный сокъ. Если, напротивъ того, и протоплазма принимаетъ въ себя воду, то она можетъ отнимать ее отъ внутренней поверхности оболочки, вслѣдствіе чего произойдетъ еще диффузионный токъ поперекъ оболочки и т. д.

Если мы теперь примемъ, что внутри протоплазмы вещество *a* перейдетъ въ новое химическое соединеніе, то этимъ въ протоплазмѣ нарушится для *a* частичное равновѣсіе и протоплазма будетъ стремиться принять новое количество *a*, изъ внутренняго слоя кліточной оболочки. Если это притяженіе протоплазмы достаточно сильно, то частицы *a* изъ промежутковъ между частицами кліточного вещества перейдутъ въ протоплазму, вслѣдствіе чего во внутреннемъ слое освобождается мѣсто, на которое передвинутся частицы *a*, находящіяся въ слояхъ, лежащихъ ближе кънаружи. Подобное движеніе будетъ очевидно передаваться, поперегъ кліточной оболочки, частицамъ, все болѣе и болѣе отдаленнымъ отъ протоплазмы. Наконецъ и самый наружный слой оболочки будетъ отдавать ближайшему внутреннему частицы *a*, вмѣсто которыхъ приметъ такое же количество изъ смачивающаго его раствора. Такимъ образомъ произойдетъ токъ, т. е. движеніе частицъ *a*, отъ окружности поперегъ оболочки къ протоплазмѣ, въ которомъ ни вода, ни частицы *b*, *c*, не будутъ принимать участія, а если и будутъ перемѣщаться, то развѣ вслѣдствіе другихъ причинъ. Частицы *a* плывутъ, нѣкоторымъ образомъ, отъ раствора черезъ кліточную оболочку, и каждая, можетъ быть, уносить съ собою водяную сферу. Такимъ же образомъ и для частицъ *b* можетъ найтись поводъ къ движенію. Частицы эти могутъ напр. окристаллизовываться въ кліточной жидкости, чрезъ что послѣдняя дѣлается способною принять новое количество ихъ, которое и притягивается изъ протоплазмы, протоплазмой изъ кліточной оболочки, а этою въ свою очередь изъ окружающаго раствора. Въ то же время вещество *c* можетъ быть притягиваемо кліточками, сосѣдними къ разсматриваемой, и также придти въ движеніе, причѣмъ оно можетъ или дважды пересѣчь поперегъ кліточную оболочку, пройдя чрезъ протоплазму и кліточный сокъ, или же двигаться по оболочкѣ, въ частичныхъ промежуткахъ послѣдней, до того мѣста, гдѣ переходитъ въ оболочку сосѣдней кліточки. Каждое изъ четырехъ частичныхъ движеній (воды и веществъ *a*, *b*, *c*) вызывается, сообразно нашему предположенію, особою причиною. Сверхъ того, каждое изъ этихъ движеній независимо одно отъ другаго (но могутъ однако находиться взаимности отъ слѣдствій этихъ движеній), и можетъ имѣть особую скорость и направленіе. Движенія безсомнѣнно возбуждаются частичнымъ притяженіемъ, которое для каждой части раствора различно, а не виѣшними какими нибудь причинами. Нарушенія частичнаго равновѣсія обусловливаются потребленіемъ различныхъ составныхъ частей раствора, а потребленіе это будетъ различно, смотря по природѣ вещества. Поэтому, съ нѣкоторою натяжкою, можно сказать, что различныя составныя части раствора для процесса диффузіи относительно независимы другъ отъ друга, что тѣмъ болѣе приближается къ истинѣ, чѣмъ жиже растворъ и чѣмъ больше его масса. Взаимное притяженіе частицъ *a*, *b*, *c*, можетъ также обусловить то, что напр. *b*, передвигаясь, увлечетъ по тому же направленію извѣстное количество частицъ *c*. Отношеніе между притяженіями воды, оболочки и растворенныхъ веществъ можетъ, съ другой стороны, быть причиною того, что чѣмъ въ большемъ количествѣ входитъ *a*, тѣмъ въ меньшемъ количествѣ принимаетъ *b* и т. д. На движеніе составныхъ частей раствора имѣетъ кромѣ того вліяніе состояніе развитія кліточки, или сосѣднихъ ячеекъ. Одиночная, лежащая въ водѣ кліточка, напр. у *Palmellaceae* и *Protococcaceae* и т. д. очевидно представляетъ наипростѣйшій случай. Пока кліточка эта только быстро увеличи-

вается въ объемѣ, и живетъ на счетъ своихъ запасныхъ веществъ, она принимаетъ изъ окружающаго раствора преимущественно воду. Когда же она перестаетъ расти и ассимиляція беретъ перевѣсъ, такъ что клѣточка наполняется крахмаломъ, масломъ, протоплазмой, тогда преимущественно происходитъ движеніе необходимыхъ для этого солей.

Многоклѣтныя водяныя растенія представляютъ то же самое. У растеній, снабженныхъ надземными дыхательными органами, принятію воды благоприятствуетъ испареніе, а принятіе каждаго изъ питательныхъ веществъ опредѣляется химическою дѣятельностью органовъ.

Изъ всего этого вытекаетъ, что растеніе принимаетъ въ надлежащемъ количествѣ изъ окружающаго раствора то, что ему необходимо, причемъ растворъ можетъ значительно уклоняться отъ количественной потребности растенія. Если только растворъ содержитъ всѣ необходимыя вещества, и притомъ въ такой концентраціи, что въ данное время съ принимающею поверхностью приходитъ въ прикосновеніе достаточное число частицъ, удовлетворяющее требованіямъ растенія, то растворы весьма различнаго количественнаго состава могутъ вполне питать растеніе, и изъ одного и того же раствора очень различныя растенія могутъ удовлетворять своимъ весьма разнообразнымъ потребностямъ. Причина этого весьма проста, потому что не растворъ вливается въ растеніе, но растеніе принимаетъ нужное изъ раствора. Поэтому, въ этомъ смыслѣ мы имѣемъ право говорить объ избирательной способности (*Wahlvermögen*) растенія. Но эта способность не есть абсолютная. Различныя условія, зависящія исключительно отъ концентраціи раствора и частичныхъ особенностей составныхъ частей клѣточки, могутъ произвести то, что изъ раствора воспримется какого либо вещества болѣе, чѣмъ нужно для растенія, т. е. болѣе, чѣмъ оно перерабатываетъ, и что такимъ же образомъ совершенно безразличныя вещества изъ раствора проникаютъ въ растеніе. Ядовитыя вещества не принимаются здѣсь во вниманіе, потому что они убиваютъ клѣточки, прерываютъ жизненную дѣятельность и разрушаютъ ихъ частичное и химическое строеніе. Такъ какъ растеніемъ принимаются разнообразнѣйшія, безразличныя и даже вредныя вещества, и такъ какъ растеніе, даже при самыхъ неблагоприятныхъ обстоятельствахъ, старается удовлетворить изъ раствора свои потребности въ отдѣльныхъ веществахъ, то можно, для краткости выраженія, приписать растенію «количественную избирательную способность» ¹⁾. Но весьма вѣроятно, что для каждаго растенія возможно составленіе такого раствора питательныхъ веществъ, который бы лучше всего удовлетворялъ его потребностямъ, и въ которомъ оно бы расло съ наибольшею скоростью и силой; очевидно, что въ такомъ случаѣ развитіе будетъ тѣмъ несовершеннѣе, чѣмъ составъ раствора будетъ болѣе отдаленъ отъ вышеупомянутаго.

Подъ вліяніемъ силъ, обусловливающихъ передвиженіе частицъ раствора (диффузію), могутъ даже разлагаться химическія соединенія, но въ настоящее время еще нѣтъ возможности опредѣлить, какія именно разложенія происходятъ внутри растенія, гдѣ диффузионныя силы приобретаютъ такое громадное развитіе. Наружная клѣточная оболочка воспринимающихъ органовъ бываетъ болѣе или менѣе пропитана содержащимися въ самой клѣточкѣ соединеніями, и должно допустить,

¹⁾ Несмотря на двусмысленность этого выраженія, я желаю сохранить его, такъ какъ до сихъ поръ не было предложено болѣе выразительнаго.

что ими покрывается наружная поверхность, какъ это бываетъ со всякимъ пропитаннымъ жидкостью тѣломъ. Поэтому вещества, пропитывающія клеточную оболочку, приходятъ въ непосредственное соприкосновеніе съ веществами, содержащимися въ растворѣ, окружающемъ воспринимающій органъ. Такимъ образомъ происходитъ непосредственное, химическое взаимодѣйствіе между веществами содержимаго клеточки и веществами окружающаго раствора, вслѣдствіе чего можетъ произойти разложеніе растворенныхъ солей. Этимъ можно объяснить наблюденіе, сдѣланное въ первый разъ Кнопомъ (Knop). Онъ показалъ, что при развитіи въ водныхъ растворахъ манса, о которомъ неоднократно было говорено, азотнокислыя соли кали, извести и горькозема отдавали свою кислоту растенію, между тѣмъ какъ оставшіяся основанія были найдены въ растворѣ питательныхъ веществъ въ видѣ углекислыхъ солей извести, горькозема и сѣрнокислаго кали. Но объясненіе этого явленія значительно затрудняется тѣмъ обстоятельствомъ, что въ растворѣ, окружавшемъ корень, находились одновременно многія соли.

Отношеніе растенія къ окружающей средѣ, которое я называю количественною избирательною способностью, открыто Соссюромъ (Th. Saussure) и подтверждено съ тѣхъ поръ длиннымъ рядомъ фактовъ. Вѣрное во всѣхъ отношеніяхъ объясненіе этого явленія было впервые предложено Шульцъ-Флитомъ (Schulz-Fleeth: *Der rationelle Ackerbau* 1856, p. 123). Онъ указывалъ на то, что отдѣльныя питательныя вещества и вода принимаются растеніемъ только въ томъ случаѣ, если внутри и внѣ корня нарушится «эндоосмотическое равновѣсіе», что происходитъ въ растеніяхъ главнымъ образомъ вслѣдствіе употребленія проникнувшихъ веществъ. Впрочемъ, послѣ работъ Брюкке (Brücke), Лудвига (Ludvig), Клоетта (Cloetta), Фика (Fick) должно было сдѣлаться понятнымъ, что растворъ смѣси различныхъ веществъ не можетъ попасть въ растеніе въ такомъ сложномъ видѣ.

Соссюръ показалъ ¹⁾, что одинъ и тотъ же видъ растенія, изъ равно концентрированныхъ растворовъ различныхъ веществъ, принимаетъ на одинъ объемъ всосанной воды различныя количества растворенныхъ веществъ, и что такимъ же образомъ одни и тѣже корни, изъ раствора, составленнаго изъ двухъ или трехъ веществъ, взятыхъ въ равномъ количествѣ, всасываютъ въ равное время различныя количества послѣднихъ. При рассмотрѣнныхъ имъ процессахъ, въ растеніе переходилъ каждый разъ растворъ съ меньшей концентраціей противъ употребленнаго, но за то оставшіяся растворъ былъ концентрированнѣе первоначальнаго. Исслѣдованія имъ растенія, *Polygonum Persicaria* и *Bidens cannabina* ясно испарили посредствомъ листьевъ большія количества воды, и вознаграждали потерю всасываніемъ воды изъ раствора, между тѣмъ какъ потребленіе растворенныхъ веществъ по количеству не соответствовало принятой водѣ. Употребленія при этомъ вещества были частью камедь, сахаръ и т. п., съ особенною трудностію диффундирующія чрезъ клеточную оболочку, частью вещества сомнительнаго значенія для растенія, подобно уксуснокислой извести, а частью для растенія ядовитыя, какъ сѣрнокислая мѣдь. Главные результаты, добытые Соссюромъ, были подтверждены Тринчинетти (Trinchinetti, 1843) ²⁾. По его мнѣнію, корни всасываютъ всѣ неорганическія вещества растворенныя въ водѣ, хотя въ очень различныхъ количествахъ. Когда онъ употреблялъ растворы, содержащіе одновременно селитру и поваренную соль, то *Mercurialis annua* и *Chenopodium viride* всасывали много селитры и мало поваренной соли, *Satureja hortensis* — много поваренной соли и мало селитры, и это происходило даже тогда, когда растворъ содержалъ поваренной соли втрое болѣе, чѣмъ селитры. Изъ подобнаго раствора *Chenopodium viride* всосало почти всю селитру, *Solanum lycopersicum* — много поваренной соли и самое незначительное количество селитры. Изъ раствора нашатыря и поваренной соли *Mercurialis* всосало много нашатыря, а *Vicia faba* много поваренной соли. Настой чернильныхъ орѣшковъ не всасывался ни однимъ

¹⁾ Recherches chimiques sur la végétation.

²⁾ Augusto Trinchinetti Sulla facoltà assorbente delle radici de vegetabili. Milano, 1843
4. Здѣсь цитир. по реферату Моля въ *Bot. Zeitg.* 1845, стр. 111.

растеніемъ; точно также жидкій клейстеръ, растворъ сахара, всасывались только растеніями съ поврежденными корнями. Окрашенные органическія вещества никогда не переходили въ здоровые корни. Гумусовокислый кали всасывался различными растеніями (чечевица, бобы, *Polygonum Persicaria* и др.), но нельзя было доказать присутствія его въ самомъ растеніи (см. Schlossberger, въ *Ann. d. Chem. u. Phys.*, 81 стр. 122). Шульцъ-Флигъ ¹⁾ сравнивалъ основанія и кислоты, содержащіяся въ обыкновенной водѣ, съ находящимися въ растеніяхъ, выросшихъ въ этой водѣ. Отъ *Chara foetida*, *Nottonia palustris*, *Nymphaea lutea* были изслѣдованы подводныя части; отъ *Nymphaea lutea*, *alba* — выступающіе на воздухъ листья; отъ *Stratiotes aloides*, *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia*, *Arundo Phragmites* — все растеніе). Зола этихъ растеній различалась по количественному составу не только между собою, но и отъ золы питающей ихъ воды. Понятіе объ этомъ даютъ слѣдующіе примѣры:

Окружающая вода содержала въ 1000 частяхъ.		Зола растеній содержала во 100 частяхъ:			
		Chara I.	foetida ²⁾ II.	Nottonia palustris ³⁾	Stratiotes aloides ⁴⁾
Кали	0,0054	0,49	0,23	8,34	30,72
Натра	—	0,18	0,12	3,18	1,21
Хлористаго натра	0,0335	0,14	0,03	8,94	2,72
Окиси желѣза	слѣды	0,04	0,16	1,82	0,38
Извести	0,0533	54,73	54,84	21,29	10,73
Магnezіи	0,0112	0,57	0,79	3,94	14,35
Фосфорн. кислоты	0,0006	0,31	0,16	2,88	2,87
Сѣрной кислоты	0,0072	0,24	0,28	6,97	3,48
Углекислоты	0,0506	42,60	42,86	21,29	30,37
Кремнекислоты	слѣды	0,70	0,33	18,64	1,81.

Гёдехенсъ (Godechnes) ⁵⁾ анализировалъ три вида *Fucus*, собранные на западномъ берегу Шотландіи, при устьѣ р. Клейды.

	<i>Fucus digitatus.</i>	<i>Fucus vesiculosus.</i>	<i>Fucus nodosus.</i>	<i>Fucus serratus.</i>
Кали	22,40	15,23	10,07	4,15
Натра	8,29	11,16	15,80	21,15
Извести	11,86	9,78	12,80	16,36
Магnezіи	7,44	7,16	10,93	12,66
Окиси желѣза	0,62	0,3	0,29	0,34
Хлористаго натра	28,39	25,10	20,16	18,76
Иодистаго натра	3,62	1,37	0,54	1,33
Сѣрной кислоты	13,26	28,16	26,60	21,06
Фосфорной кислот.	2,56	1,36	1,52	4,40
Кремнекислоты	1,56	1,35	1,20	0,43
Зола въ процент.	20,4%	16,39%	16,19%	15,63%

Не только предъидущія числа показываютъ, что различныя растенія всасываютъ изъ одной въ той же средѣ различныя количества растворенныхъ веществъ, но и подводныя растенія служатъ доказательствомъ того, что у нихъ движеніе соляныхъ частицъ изъ воды въ ра-

¹⁾ Ueber die unorganischen Bestandtheile einiger Wasserpflanzen, въ *Pogg. Ann.* 1851, 84 Bd., стр. 80.

²⁾ Зола всего растенія I и II изъ различныхъ мѣстностей; 100 частей сухаго вещества содержали 54,84 золы.

³⁾ Судя по сему къ подводнымъ—слѣдовательно не въ цвѣтущемъ состояніи. Зола содержала 1,75% перекиси марганца. 100 частей сухаго вещества содержали 16,69 золы.

⁴⁾ 100 частей всего высушеннаго растенія содержали 17,19 золы.

⁵⁾ *Ann. d. Chem. u. Pharm.* 54, стр. 354. Здѣсь по Kollider, *Chem. u. Phys. d. Pflanz.*, стр. 121.

стение можетъ быть быстрее, чѣмъ движеніе самихъ частицъ воды, такъ какъ у этихъ растений испаренія въ обыкновенномъ смыслѣ этого слова не существуетъ, и присутствіе проходящаго по нимъ водянаго тока не доказано. Можно крипить, что онѣ всасываютъ лишь столько воды, сколько дѣйствительно содержится въ организмѣ. Въ сравненіе съ этимъ количествомъ воды, принятое количество отдѣльныхъ солей весьма велико, въ сравненіи съ ихъ содержаніемъ въ окружающей водѣ. Если для нѣкоторыхъ изъ этихъ водныхъ растений въ свѣжемъ состояніи принять содержаніе воды въ 90%, то 1,000 частей свѣжаго растенія будутъ содержать 100 частей сухаго вещества. Эти 100 частей сухаго вещества у *Portonia* содержатъ, по Шульцъ-Флитю, 16,7 частей соли. И такъ, въ этомъ растеніи на 900 частей воды приходится 16 частей солей, а въ окружающей водѣ на 1,000 частей ея — только 0,1618 частей веществъ, образующихъ соль. Если допустить, что изслѣдованная Шульцъ-Флитомъ *Portonia* содержала 90% воды, то найдемъ, что она на 1,000 частей своей растительной воды содержитъ 0,53 частей фосфорной кислоты, тогда какъ въ окружающей водѣ на 1,000 частей приходится только 0,0006, т. е. въ 900 разъ менѣе. И такъ, если растеніе приняло только такое количество воды, какое оно содержитъ въ своихъ тканяхъ (незначительную разложившуюся часть воды можно не принимать въ расчетъ), то соляныя частицы, содержащія фосфорную кислоту, должны проникать въ растеніе чрезъ восприимчивую поверхность въ 900 разъ скорее частицъ воды. Подводное растеніе составляетъ, следовательно, какъ для этого вещества, такъ и для другихъ центръ притяженія, къ которому притякаютъ частицы означенныхъ веществъ. Подобное замѣчается иногда и съ іодистымъ натромъ, который, находясь въ морской водѣ въ весьма маломъ количествѣ, накопляется въ ткани видовъ *Fucus*. Если допустить аналогію между предметами одаренными жизнью и безжизненными, то это накопленіе извѣстныхъ веществъ въ подводныхъ растеніяхъ можно сравнить съ накопленіемъ раствореннаго кармина въ опущенномъ въ растворъ кускѣ казеина или яичнаго бѣлка, которые при благоприятныхъ условіяхъ совершенно вытягиваютъ это красящее вещество, всасываютъ его въ себя, и окрашиваются въ интенсивный красный цвѣтъ¹⁾. И здѣсь частицы вещества движутся къ центру притяженія, представляемому яичнымъ бѣлкомъ. Само собою разумѣется, что нечего здѣсь говорить о притяженіи на дальнемъ разстояніи. Казеинъ или яичный бѣлокъ всасываютъ ближайшія къ нему частицы; окружающій слой раствора дѣлается чрезъ это бѣднѣе красящимъ веществомъ, и вытягиваетъ его изъ сосѣдняго слоя, а этотъ въ свою очередь изъ слоя еще болѣе отдаленнаго, и т. д. Ясно, что подобнымъ же образомъ дѣйствуетъ и всасывающая поверхность растенія; но здѣсь питательное вещество не только проникаетъ въ ткань, но и претерпѣваетъ дальнѣйшія химическія измѣненія. Однако очень возможно, что кремневая кислота окружающей воды просто располагается на клеточной оболочкѣ, подобно красящему началу въ веществѣ окрашивающагося тѣла. У инкрустирующихся извѣстью харъ, небольшое количество растворенной въ окружающей водѣ двууглекислой извести, осаждается на поверхности клеточекъ въ видѣ простой углекислой извести, и такимъ образомъ возбуждается притокъ болѣе отдаленныхъ частицъ, которыя точно также осаждаются на растеніи. Здѣсь, какъ и при прежде упомянутыхъ частичныхъ движеніяхъ, движеніе самой массы воды (проточная вода, движеніе воды отъ дѣйствія вѣтра и т. д.) должно способствовать притоку различныхъ веществъ къ поверхности растенія.

Наконецъ фактъ, что растенія съ совершенно различными потребностями, и съ совершенно различными составомъ земли могутъ расти на одной и той же почвѣ, показываетъ, что каждое изъ нихъ черпаетъ необходимое для себя изъ общаго питательнаго резервуара; съ другой стороны часто одинъ и тотъ же видъ растенія вырастаетъ на весьма различныхъ почвахъ, и тѣмъ не менѣе представляетъ постоянно гризиполь и нѣчто характерное въ составѣ соли, хотя въ отдѣльныхъ составныхъ частяхъ ея часто встрѣчаются значительныя отклоненія. Если почва очень бѣдна какии-либо веществамъ, необходимымъ для растенія, то оно будетъ всасывать его только весьма медленно, развиваться не такъ быстро и менѣе роскошно, а потому и другія вещества будутъ принимать медленно. Если же почва богата этимъ веществомъ, то растеніе можетъ его всасывать быстро, развиваться скорѣе (въ такомъ же время достигъ большаго вѣса сухаго вещества); независимо отъ употребленія этого вещества, обуславливающаго его дальнѣйшее вхожденіе въ растеніе, оно будетъ проникать также и потому, что видъ растенія находится въ болѣе или менѣе количествѣ, а потому частичное равновѣсіе вѣи и внутри растенія возобновится только въ тѣхъ случаяхъ, если въ послѣднее проникнетъ большое количество вещества.

¹⁾ Maschke въ *Bot. Zeitg.* 18:9, стр. 23.

Но растенія, укоренившіяся въ почвѣ, подвержены условіямъ, иногда значительно усложняющимъ упомянутый процессъ (см. ниже). Какъ велико можетъ быть различіе въ процентномъ составѣ зольныхъ веществъ однихъ и тѣхъ же растеній на различныхъ почвахъ, видно преимущественно изъ работы Малагути (Malaguti) и Дюроше (Durocher: Ann. des sc. nat. 1878. I. IX. 230).

Зола содержала, напримѣръ, слѣдующіе проценты извести:

	На известковой почвѣ.	На неизвестковой почвѣ.
<i>Brassica oleracea</i>	27,98	13,62
<i>Napus</i>	43,60	19,48
<i>Trifolium pratense</i>	43,32	29,72
<i>incarnatum</i>	36,18	26,68
<i>Scabiosa arvensis</i>	28,60	17,16
<i>Allium Porrum</i>	22,61	11,41
<i>Dactylis glomerata</i>	6,24	4,62

Далѣе, зола содержала, напримѣръ, слѣдующіе проценты сѣрной кислоты:

	На глинистой почвѣ.	На известковой почвѣ.
<i>Brassica oleracea</i>	4,63	3,56
<i>Napus</i>	7,19	4,20
<i>Trifolium pratense</i>	3,86	3,05
<i>incarnatum</i>	3,05	1,74
<i>Scabiosa arvensis</i>	3,70	2,65

Для процентнаго содержанія кали и натра въ золь, Малагути даетъ слѣдующія числа:

	<i>Brassica Napus.</i>	<i>Trifol. pratense.</i>	<i>Trifol. incarn.</i>	<i>Allium Porrum.</i>	<i>Quercus pedunc.</i>	
На известковой почвѣ	натра	5,56	4,80	13,80	2,26	2,18
	кали	12,34	9,60	19,11	40,23	11,60
На глинистой почвѣ	натра	3,00	1,60	4,80	2,00	слѣды.
	кали	25,42	27,20	28,74	42,44	19,83

Паразиты принимаютъ изъ питающихъ ихъ растеній вещества также не въ той количественной мѣрѣ, въ какой они заключаются въ послѣднихъ. Такъ *Daedalia quercina*, по Шлоссбергеру (Schlossberger) и Дешингу (Dörping)¹⁾, накапливаетъ въ себѣ фосфорную кислоту, содержащуюся только въ незначительномъ количествѣ въ гниломъ деревѣ, на которомъ живетъ это растеніе. Точно также *Viscum album* содержитъ фосфорной кислоты относительно болѣе, чѣмъ дерево яблони, на которомъ оно растетъ.

§ 51. Въ предъидущемъ параграфѣ выводы были основаны на томъ предположеніи, что всасывающая поверхность растенія омывается растворомъ питательныхъ веществъ, не подлежащимъ никакой другой притягательной силѣ, кромѣ притяженія самаго растенія. Такъ бываетъ у подводныхъ растеній и у плавающихъ, корни которыхъ свободно висятъ въ водѣ, и у разводныхъ въ водныхъ растворахъ сухопутныхъ растеній. Но, если всасывающая поверхность растенія распространяется въ смачивающейся средѣ, такъ что данная жидкость одновременно подлежитъ притяженію поверхностей этой среды и растенія, то эти двѣ силы должны вообще противодѣйствовать другъ другу, и отношеніе всасывающей поверхности къ окружающему раствору значительно усложняется. Въ подобныхъ условіяхъ находятся подземныя растенія и корни тѣхъ, которыя произрастаютъ на обыкновенной сухой (не насыщенной водою) почвѣ. Смотри по природѣ почвы, ея химическому и механическому составу, она образуетъ тѣло болѣе или менѣе мелкопористое, часто способное разбухать, которое производитъ на проникнувшій въ ея промежутки растворъ питательныхъ веществъ частичныя, одновременно и химическія дѣйствія, чрезъ что составныя части раствора подвергаются разнымъ влияніямъ и частью извлекаются даже изъ ра-

¹⁾ Ann. d. Chem. u. Pharm. 32, стр. 115 и Rochleder loc. cit., стр. 125.

створа прикасающагося къ частицамъ почвы. Для болѣе легкаго уразумѣнія, рассмотримъ сперва отдѣльно воду растворовъ проникнувшихъ въ такую почву, а потомъ перейдемъ къ отношенію растворенныхъ въ ней питательныхъ веществъ, съ одной стороны къ почвѣ, а съ другой — къ всасывающей поверхности растенія.

§ 52. Всасываніе воды изъ почвы¹⁾. Для болѣе простоты, здѣсь прежде всего будетъ говорить только о такихъ растеніяхъ, которыя растутъ на почвѣ пригодной для воздѣлыванія, т. е. вообще благопріятной для растительности, какъ напримѣръ верхній слой пашни, сухой плодородный лугъ, верхній слой болѣе части лѣсныхъ почвъ, садовая земля и т. д. Такая почва, независимо отъ ея химическаго состава, характеризуется тѣмъ, что она содержитъ максимумъ лишь столько воды, сколько способна удержать притяженіемъ своей поверхности, но что обыкновенно она содержитъ гораздо менѣе этого. При благопріятныхъ обстоятельствахъ такая почва не содержитъ стекающей воды (проточной), такъ какъ послѣдняя въ короткое время сбѣгаетъ (черезъ пористую почву, дренажныя трубы и т. д.), если отъ дождя, снѣга и т. д. поры временно наполняются водою, неудерживаемою частичнымъ притяженіемъ почвы. Подобная почва состоитъ обыкновенно изъ каменныхъ обломковъ очень различной величины, лежащихъ въ мелкоискрошенной основной массѣ. Послѣдняя можетъ быть песчаная, глинистая и можетъ быть снабжена черпоземными осколками и крошками. Чѣмъ почва богаче глинистыми и черпоземными составными частями, тѣмъ ближе приближается она, по своему отношенію къ водѣ, къ органическому, способному разбухать, тѣлу. Извѣстно, что наши обыкновенныя культурныя и полевыя растенія не произрастаютъ на подобнѣй почвѣ, если всѣ ея промежутки наполнены водою; ближе входитъ въ причины этого излишекъ, но главныя причины заключаются въ происходящемъ при этомъ недостаткѣ воздуха и въ гніеніи органическихъ остатковъ. Намъ преимущественно интересуется здѣсь тотъ фактъ, что вся вода, которая обыкновенно содержится въ подобной почвѣ, подлежитъ притяженію поверхности ея твердыхъ частицъ (что это имѣетъ здѣсь мѣсто, показываетъ то обстоятельство, что содержащаяся въ почвѣ вода не стекаетъ, между тѣмъ какъ излишекъ, не находящійся болѣе въ зависимости отъ притяженія поверхности, тотчасъ же стекаетъ), и что для весьма большаго числа видовъ растеній благопріятна именно такая почва, у которой они должны отнять воду, удерживаемую ея притяженіемъ. Если извѣстный объемъ почвы способенъ притяженіемъ своей поверхности удержать определенное количество воды, то очевидно, что удерживающая сила будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ менѣе дѣйствительное содержаніе воды въ почвѣ, и очевидно, что тѣмъ значительнѣе должна быть сила растенія для того, чтобы отнять у такой почвы воду. Сухопутныя растенія болѣшую часть времени ихъ произрастанія находятся въ такомъ положеніи, такъ какъ культурная почва бываетъ насыщена водою только во время дождя, и непосредственно послѣ него, въ промежуткахъ же между дождями содержаніе воды далеко не соответствуетъ притягательной силѣ почвы. Несмотря на это, растенія могутъ, изъ почвы повидимому сухой, удобно растирающей между пальцами и изъ которой даже при сильномъ давленіи не замѣчается выдѣленія воды, иззлекать послѣднюю для своихъ потребностей; это до-

¹⁾ Я сообщилъ главнѣйшее изъ послѣдующаго въ 1859 г. въ статьѣ «Wurzelstudien» въ «Landwirtsch. Versuchsstationen», Heft 4, стр. 1, ff.

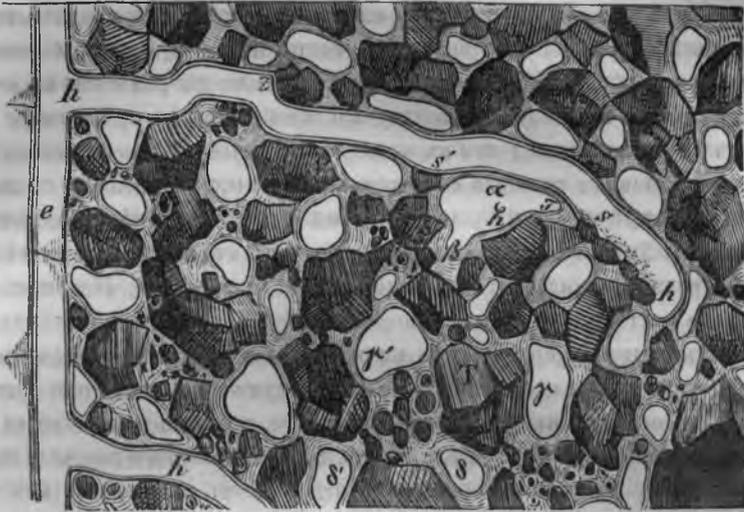
казывается тѣмъ, что растенія сохраняютъ на подобной почвѣ тургесценцію и наполнены сокомъ, хотя должны пополнять постоянную потерю испареній изъ такой сухой почвы.

Очень многія растенія успѣшно развиваются только въ томъ случаѣ, если большую часть времени ихъ произрастанія почва содержитъ менѣе воды, чѣмъ она можетъ удержать дѣйствіемъ своей притягивающей силы (Wassercapacitat). Доказательствомъ этого служатъ между прочимъ растенія, разводимыя въ пористыхъ, дырчатыхъ горшкахъ, для которыхъ частое поливаніе неблагоприятно, такъ что земля постоянно остается насыщена водою (не пресыщаясь ею). Напротивъ того, они произрастаютъ успѣшно, если предъ каждымъ повымъ поливаніемъ, какъ предписываетъ старое правило, земля сильно просыхаетъ. Такое просыханіе тѣмъ полезнѣе, чѣмъ болѣе почва черноземиста и чѣмъ она глинистѣе.

Въ почвѣ, ненасыщенной водою промежутки, содержащіе воздухъ, могутъ насытиться водяными парами, и можно бы принять, что корни обладаютъ способностью конденсировать эти пары, и удовлетворять такимъ образомъ потребности растенія въ водѣ, обусловливаемой испареніемъ. Хотя и возможно, что пары воды, наполняющіе промежутки почвы, иногда осаждаются на поверхности корней въ видѣ мелкихъ капелекъ (подобно росѣ), но количество такой воды слишкомъ не достаточно для потребностей растенія. Съ другой стороны, корни кажутся не приспособлены втягивать въ себя водяные пары, такъ какъ я въ названной работѣ показалъ, что они даже въ насыщенномъ, или почти насыщенномъ, парами пространствѣ испаряютъ воду, подобно надземнымъ частямъ. Впрочемъ совершенно излишне прибѣгать къ подобнымъ средствамъ для объясненія того, какимъ образомъ корни вбираютъ изъ почвы воду, удерживаемую притяженіемъ ея поверхности. Опираясь на фактахъ, въ вѣрности которыхъ легко убѣдиться, и возможности на наблюденіяхъ надъ почвою растеній произрастающихъ въ стеклянныхъ сосудахъ, я этотъ процессъ объясняю себѣ слѣдующимъ образомъ:

Пусть *e* (Ф. 16) будетъ кожица корня растущаго перпендикулярно внизъ. Одна изъ клѣточекъ ея произвела корневой волосокъ *hh*, плотно соединившейся при *с* и *в* съ отдѣльными частичками почвы (см. ниже). Обозначенныя черными штрихами тѣла суть микроскопически малыя частицы почвы, а находящіеся между ними бѣлые промежутки — воздушныя полости. Каждое зернышко почвы окружено тонкимъ слоемъ воды, который удерживается притяженіемъ его поверхности. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ притяженія ссѣднихъ частицъ дѣйствуютъ одновременно (при входящихъ углахъ), накопленіе воды болѣе значительно. Эти водяныя сферы обозначены на рисункѣ кривыми линіями, напиримѣръ при β и γ . Верхняя поверхность корневого волоска также окружена, напиримѣръ при α , тонкимъ слоемъ воды, а ея способная разбухать стѣнка пропитана жидкостью. Положимъ на время, что корневой волосокъ продолженіи минуты недѣятеленъ, и что въ почвѣ не происходитъ никакого измѣненія. Тогда водяныя сферы земляныхъ частицъ будутъ между собою не только въ соприкосновеніи, но и въ равновѣсіи. Если теперь устранить, напиримѣръ, водяной слой при γ , то равновѣсіе нарушится во всей системѣ, стѣ δ и β и другихъ мѣстъ вода будетъ течь къ γ до тѣхъ поръ, пока притяженія не придутъ въ равновѣсіе. Примемъ теперь, что корневой волосокъ *hh* всасываетъ,

дѣйствиємъ упомянутыхъ въ § 50 силъ, воду α или τ , которая проникаетъ чрезъ оболочку во внутренность волоска, или движется далѣе вдоль τ , α , S въ веще-



ф. 16.

ствѣ стѣнки; при такомъ предположеніи въ верхней поверхности послѣдней при α или τ будетъ заключаться воды менѣе, чѣмъ сколько она способна удерживать своимъ притяженіемъ, а потому она втянетъ воду изъ части τ , которая съ своей стороны тотчасъ же отнимаетъ воду β , и это движеніе будетъ передаваться къ γ , δ и т. д., пока не возстановится частичное равновѣсіе всѣхъ водяныхъ сферъ. Послѣднія сдѣлаются при этомъ тоньше, а почва суше. Это высыхание имѣетъ мѣсто не только непосредственно около корневого волоска, но распространяется и на болѣе отдаленныя части, такъ какъ вслѣдствіе всасыванія при α или τ образуется постоянный токъ почвенной воды по направленію отъ δ къ γ , β и α .

Это предположеніе подтверждается наблюденіемъ надъ землею въ большихъ стеклянныхъ сосудахъ съ произрастающими растеніями, которая высыхаетъ не только непосредственно около всасывающихъ корней, но напротивъ, на сколько можно судить по окрашиванію земли, прсыхание распространяется равномерно по всѣмъ частямъ, даже отдаленнымъ отъ корней. Поэтому движеніе воды по поверхностямъ частицъ почвы, объясняемое притяженіемъ послѣднихъ, не ограничивается только микроскопическими разстояніями. Каждый отдѣльный корневой волосокъ дѣлается такимъ образомъ центромъ для направленныхъ къ нему со всѣхъ сторонъ токовъ, а для поверхности небольшого кусочка корня, усѣяннаго тысячами подобныхъ волосковъ, слагается подобное же движеніе, которое со всѣхъ сторонъ влечетъ водяныя частицы почвы преимущественно по направленію вертикальному къ сѣи корня.

Представимъ себѣ, что водяная оболочка частички почвы по направленію толщины раздѣлена на нѣсколько весьма тонкихъ слоевъ $a, b, c \dots n$, такъ что n будетъ самый внѣшній слой, a — непосредственно прикасающійся къ частичкѣ. Тогда водяныя частицы элементарнаго слоя a будутъ притягиваться съ наибольшею силою, а въ болѣе и болѣе отдаленныхъ слояхъ, b, c и т. д., притяженіе

это будетъ постепенно уменьшаться, и если n представляетъ самый наружный слой, то его частичное притяженіе,—если почва только-что насытилась водою,—будетъ лишь на столько велико, чтобы препятствовать стеканію воды. Въ послѣднемъ случаѣ, при всасываніи воды у α или τ , въ движеніе приходитъ преимущественно самый наружный слой водяныхъ сферъ при β , γ , δ , чтобы возстановить нарушенное равновѣсіе всей системы, и будетъ течь по направленію къ α и τ , такъ какъ этотъ самый вѣншній элементарный слой удерживается слабѣе всѣхъ, а потому легче другихъ приведется въ движеніе. Чѣмъ болѣе воды всосалъ волосъ, тѣмъ тоньше дѣлаются водяныя сферы всей системы, тѣмъ больше сила, которую удерживается самый вѣншній элементарный слой (напримѣръ ϵ), тѣмъ значительнѣе должны быть силы, всасывающія воду въ стѣнку волоса, и тѣмъ труднѣе и тише распространяется измѣненіе отъ α до β , γ , и δ . Наконецъ можетъ настать такое состояніе водяныхъ оболочекъ, при которомъ всѣ ихъ элементарные слои такъ сильно удерживаются почвою, что вода болѣе не всасывается въ стѣнку корневаго волоска, причѣмъ верхняя поверхность послѣдняго еще можетъ быть окружена очень тонкимъ слоемъ жидкости, который встрѣчается у всѣхъ пропитанныхъ жидкостію тѣлъ. Если теперь корень находится въ связи съ надземнымъ, покрытымъ листьями стеблемъ, то испареніемъ выдѣляется изъ растенія вода, недостатокъ которой, при данныхъ условіяхъ, не можетъ уже болѣе вознаградиться всасывающею дѣятельностью корней, вслѣдствіе чего ткань растенія дѣлается бѣдна водою, кѣлочки лишаются тургоресценціи, листья блѣкнутъ.

Съ другой стороны можно, при извѣстныхъ обстоятельствахъ, изъ увяданія листьевъ и при извѣстности содержанія воды въ почвѣ во время увяданія, вывести заключеніе о состояніи, обуславливающимъ равновѣсіе между всасывающею силою корней и притягательными силами почвы. Я пробовалъ ¹⁾ въ нѣкоторыхъ случаяхъ опредѣлять процентное содержаніе воды въ почвѣ въ то время, когда укоренившіеся въ ней экземпляры табаку уже болѣе не въ состояніи были вытягивать изъ нее хотя бы minimum воды. Послѣднее имѣетъ мѣсто въ томъ случаѣ, когда листья во влажной атмосферѣ вянутъ даже ночью, слѣдовательно, когда потеря отъ испаренія очень незначительна и вознаграждалась бы minimum'омъ дѣятельности корней. Если же корнями не доставляется и этого minimum, то должно принять, что по отношенію къ водѣ, приблизительно возстановилось равновѣсіе между всасывающею силою поверхности корня, и вбирающею способностью почвы. Подобныя опредѣленія, по самой природѣ ихъ, не могутъ быть очень точными, а потому нижеслѣдующія числа имѣютъ только цѣлью дать болѣе ясное представленіе объ описанныхъ процессахъ. При выше-названныхъ обстоятельствахъ, молодой экземпляръ табака началъ вянуть, когда почва, состоящая изъ смѣси песку и чернаго буковаго чернозема (въ комнатѣ), содержала по вѣсу еще 12,3% воды, сравнивая съ вѣсомъ почвы, высушенной при 100° Ц. Но эта почва, высушенная при 100° Ц., могла притяженіемъ удерживать воды 46% своего вѣса. Слѣдовательно, изъ всего количества воды можетъ быть израсходовано только $46 - 12,3 = 33,7\%$ воды, остающіеся еще 12,3% пропитывающей воды такъ крѣпко удерживались почвою, что корень не могъ болѣе всосать ихъ.

¹⁾ «Landw. Vers. Stat.», Bd. I, стр. 234.

Другой, почти такой же и рядомъ съ предыдущимъ стоящій экземпляръ табака, увялъ въ дождливую ночь (въ комнатѣ), когда глинистая почва, окружающая его корни, содержала еще 8% воды. Но 100 граммовъ этой глины могли всасываніемъ или притяженіемъ удержать 52,1 грамма воды. Такъ что эта насыщенная водою почва отдаетъ растенію только $52,1 - 8 = 44,1$ своей воды.

При подобныхъ же обстоятельствахъ увялъ третій экземпляръ табака, корни котораго находились въ крунозернистомъ кварцевомъ пескѣ, содержащемъ на 100 вѣсовыхъ частей 1,5 грам. воды. Песокъ этотъ, высушенный при 100° Ц., могъ однако удерживать 20,8% воды; слѣдовательно, по найденному насыщенію, на растеніе могло быть истратено всего $20,8 - 1,5 = 19,3\%$ воды.

Чѣмъ значительнѣе притяженіе послѣдняго остатка водяныхъ частицъ почвою, тѣмъ значительнѣе также и содержаніе воды въ почвѣ въ то время, когда корни уже болѣе не въ состояніи вытягивать изъ нее воду. При подобныхъ обстоятельствахъ черноземная почва содержала еще 12,3%, глина—еще 8%, песокъ—еще только 1,5%. Такъ какъ увяданіе начиналось только при показанныхъ количествахъ воды въ почвѣ, то эти примѣры также доказываютъ, что корни табака въ состояніи высасывать изъ почвы, по крайней мѣрѣ, небольшія количества воды, до тѣхъ поръ, пока почва не высыхаетъ на воздухѣ (lufttrocken), такъ какъ показанныя содержанія воды приблизительно соответствуютъ той степени сухости названныхъ родовъ почвы, до которой они доходятъ, оставаясь на воздухѣ. Опыты эти въ то же время показываютъ, что растеніе вытягиваетъ воду даже изъ такой почвы, изъ которой ее уже нельзя добыть выжиманіемъ.

Къ подобному же заключенію приводитъ слѣдующій опытъ ¹⁾: «Я не поливалъ выросшій въ глинистой пахатной землѣ, въ горшкѣ, въ пористомъ глиняномъ горшкѣ, экземпляръ *Phaseolus multiflorus* съ 3-мя листьями, до тѣхъ поръ, пока почва не просохла окончательно на воздухѣ, и листья не начали вянуть. Тогда на дно очень объемистаго стекляннаго сосуда я наливалъ воды до нѣсколькихъ линій вышины, а по серединѣ поставилъ перевернутый стаканъ, на обращенное кверху дно котораго помѣстилъ цвѣточный горшокъ. Раздѣленная пополамъ крышка совершенно закрывала большой сосудъ, но такимъ образомъ, что чрезъ центральное отверстіе крышки выступалъ стебель растенія, и листья находились въ комнатномъ воздухѣ. Цвѣточный горшокъ, заключавшій землю и корни, былъ окруженъ въ большомъ стеклянномъ сосудѣ воздухомъ, почти постоянно насыщеннымъ парами. Вопросъ заключался въ томъ, въ состояніи ли почва сгустить такое количество водяныхъ паровъ, чтобы доставить корнямъ столько же воды, сколько испаряется листьями; оказалось, что увядшіе уже листья не только сдѣлались опять свѣжими, но втеченіи двухъ мѣсяцевъ (іюнь и іюль) тургесцировали, и ни разу не поблекли. Хотя такимъ образомъ почва постоянно казалась сухою, и вода доставлялась ей только чрезъ сгущеніе окружающихъ водяныхъ паровъ, но корни могли несмотря на то высасывать необходимую для растенія воду хотя въ небольшомъ количествѣ. Но количество воды, проникнувшее такимъ образомъ въ растеніе, было недостаточное для развитія новыхъ листьевъ.

Схожій, но менѣе благоприятный, результатъ далъ подобный же опытъ съ экземпляромъ табака о трехъ листьяхъ, стоявшемъ въ перегибѣ изъ бука.

¹⁾ Loc. cit. стр. 236.

Корни сухопутныхъ растеній обладаютъ способностью отнимать у почвы необходимую для нихъ воду, и кромѣ того они находятся въ благоприятныхъ обстоятельствахъ въ томъ отношеніи, что наружныя поверхности ихъ въ то же время приходятъ въ непосредственное прикосновеніе съ воздухомъ, двигающимся въ промежуткахъ почвы. Напротивъ, корни, распространяющіеся въ свободной водѣ, могутъ безъ дальнѣйшихъ препятствій принимать послѣднюю, но они принуждены за то изъ этой же воды добывать нужный для дыханія кислородъ. Очень возможно, что корни, вообще наружная ихъ поверхность, приспособлены къ разнообразнымъ обстоятельствамъ, представляя соотвѣтствующее различіе въ организаціи. Однако по имѣющимся наблюденіямъ едва ли возможно опредѣлить, на сколько наблюдаемое различіе въ развитіи корней, растущихъ въ водѣ и въ землѣ, дѣйствительно зависитъ отъ вышеозначенныхъ обстоятельствъ, такъ какъ постоянно вліяетъ еще и то, будутъ ли питательныя вещества, окружающія корень, находиться въ растворенномъ или поглощенномъ состояніи, а также имѣютъ вліяніе и чисто механическія условія.

Чтобы изучить вліяніе, оказываемое на развитіе корней прикосновеніемъ воды или земли, необходимо наблюдать корни одного и того же растенія при этихъ различныхъ обстоятельствахъ. Но наблюденія, сдѣланныя до сихъ поръ въ этомъ направленіи, не доставили еще достаточно основательнаго объясненія, такъ какъ мы еще не въ состояніи разграничить другъ отъ друга отдѣльныя весьма различныя явленія съ соотвѣтствующими причинами. Многое изъ того, что я здѣсь скажу, можетъ быть было бы лучше и удобнѣе рассмотреть въ другой главѣ.

Бросающіяся въ глаза измѣненія наружнаго вида корней деревьевъ или культурныхъ растеній, когда они изъ земли распространяются въ водныхъ бассейнахъ, дренажныхъ трубахъ, источникахъ, и т. д., вообще извѣстны. Усиленное удлинненіе, при незначительномъ одеревѣніи повидимому преимущественно обуславливаетъ это измѣненіе, относительно чего впрочемъ недостаетъ точныхъ наблюденій. Что освѣщеніе не можетъ считаться причиной роста, доказываютъ гдѣ случаи, когда корни изъ земли непосредственно врастаютъ въ подземныя наполненныя водою пространства (дренажныя трубы); однако остается нерѣшеннымъ, будетъ ли причиною этого отсутствіе прикосновенія съ твердою почвою, или незначительный притокъ воздуха, или недостатокъ или присутствіе извѣстныхъ растворенныхъ веществъ. Когда неразвѣтвленные воздушные корни *Selaginella* проникаютъ въ почву, они тотчасъ же начинаютъ разнообразно дихотомизироваться; корни вырастающія изъ болѣе высокихъ узловъ *Mais*, развиваются подобнымъ образомъ только при вхожденіи въ землю. Еще не рѣшено, дѣйствуетъ ли въ этомъ и по многихъ другихъ случаяхъ темнота въ почвѣ, ея сырость, питательныя вещества, или просто ея механическое противодѣйствіе, или же всѣ эти обстоятельства выѣстъ. По Шатэну (*Chatin*) ¹⁾ воздушные корни *Orchideae*, въ томъ мѣстѣ, гдѣ они прикасаются къ твердому тѣлу, развиваютъ множество волосковъ, что также случается иногда, когда они проникаютъ въ землю. «Если воздушные корни, развившіеся въ землѣ, какъ у *Vanilla*, или еще лучше въ водѣ, выставить на воздухъ, то они очень скоро умираютъ» — «воздушные корни, помѣщенные въ землю или въ воду, всасываютъ послѣднюю весьма медленно и отмираютъ». — Въ 1859 я указалъ ²⁾ на то, что корни сухопутныхъ растеній повидимому приспосабливаются къ той средѣ, въ которой растутъ и изъ которой добываютъ питательныя вещества, и сравнивалъ съ этимъ измѣненія въ формѣ листьевъ земноводныхъ растеній, смотря потому, погружены ли онѣ въ воду, иназываютъ ли на водѣ, или выступаютъ на воздухъ. «Если сильно испаряющимъ растеніямъ, шир. бобамъ, тыквкамъ, дать прорости и развиваться долѣе въ водѣ, пока не образуется нѣсколько большихъ листьевъ, и затѣмъ осторожно посадить въ землю, то оказывается, что корни не въ состояніи всасывать изъ почвы достаточное количество воды, и листья вянутъ; между тѣмъ какъ возлѣ стоящее растеніе того же рода и возраста, но проросшее въ почвѣ, остается вполне свѣжимъ, т. е. всасываетъ корнями при той же степени сырости почвы, столько же воды, сколько испаряетъ листьями.

1) *Bot. Zeitg.* 1858, стр. 133, 134,

2) «*Landw. Versuchsstationen*» Bd. II, стр. 13 ff.

Перенесенное изъ раствора въ твердую почву растеніе очевидно поправляется очень скоро, если почву часто вновь насыщать водою, и чрезъ нѣсколько времени увяданіе совершенно прекращается, послѣ чего растенія представляютъ тѣ же явленія, какъ если бы онѣ проросли въ почвѣ. Корни, развившіеся въ водѣ, повидимому не обладаютъ способностью быстро пригнѣвать гигроскопическую удерживаемую воду почвы, а нуждаются въ проточной водѣ, чтобы быть въ состояніи всосать ее. Впослѣдствіи въ почвѣ рождаются новые корни, приспособленные къ почвѣ, и тогда растенія продолжаютъ успѣшно развиваться въ сухой почвѣ. Съ этими данными вполне согласуется позднѣйшее наблюденіе Кнона (Knon) ¹⁾, что воспитанный сперва въ умѣренно крѣпкомъ водномъ растворѣ, а потомъ пересаженный въ землю Mais, продолжаетъ расти, и что корни, образовавшіеся въ водѣ, удлиннились и развѣтвились внутри земли. Этимъ доказывается только, что растущія оконечности корней сохранили свою жизнеспособность, и производили какъ удлинненія, такъ и новые побочные корни, которые были приспособлены къ почвѣ, но этотъ опытъ не рѣшаетъ того, продолжали ли болѣе старые, выросшіе въ водѣ корни, въ новой для нихъ почвѣ функционировать какъ прежде. Развившіеся въ водѣ корневыя части могли въ этомъ случаѣ производить новыя образованія, не участвуя въ принятіи питательныхъ веществъ изъ почвы. (Корни болѣе старые, развившіеся въ почвѣ, и покрывающіеся пробкою, перестаютъ всасывать питательныя вещества изъ почвы, хотя конецъ ихъ растетъ и образуются побочные корни, которые и поддерживаютъ принятіе пищи.) Поэтому, высказанное Кнономъ положеніе (стр. 99 loc. cit.) «что водный корень, какъ только растеніе переносится въ твердую почву, превращается въ сухонутный» — слишкомъ неопредѣленно, и въ такой общей формѣ не доказывается его опытомъ.

Впрочемъ бесомыслино, что полученный мною результатъ зависитъ менѣе отъ приспособленія выросшихъ въ водѣ корней къ почвѣ, чѣмъ отъ совершенно другаго обстоятельства, ибо при самой тщательной посадкѣ подобныхъ корней въ землю, тысячи корневыхъ волосковъ переламываются, многіе повреждаются, а оставшіеся здоровыми не приходятъ въ достаточно тѣсное прикосновеніе съ частями почвы; ниже будетъ показано, что корневыя волоски, образовавшіеся въ самой почвѣ, тѣсно срастаются съ ея частицами, чего нельзя достигнуть простою посадкою въ землю, а потому вышеописанное нарушеніе отравленій, можетъ быть пока приписано этому обстоятельству. Въ названной работѣ я кромѣ того высказалъ, что «если какія-либо сѣмена заставить прорастать въ землѣ, пескѣ, въ опилкахъ, и перенести ихъ въ воду, въ то время когда главный корень достигъ только около половины своей длины, то корень продолжаетъ расти въ водѣ безъ препятствій; но если сѣянцамъ дать развиваться въ почвѣ, пескѣ или опилкахъ до того, что образуются корневыя развѣтвленія перваго и втораго порядка, и потомъ перенести растенія въ воду, то корни медленно отмираютъ, причемъ однако растеніе всасываетъ воду такъ, что листья не вянутъ, ибо по мѣрѣ отмирания старыхъ корней на шейкѣ съ удивительною скоростью образуются новые корни, замѣняющіе прежніе. И такъ корни, находящіяся долгое время въ прикосновеніи съ гигроскопическими тѣлами, теряютъ способность существовать въ проточной водѣ, но корни, образовавшіеся въ водѣ, могутъ въ ней функционировать нормально».

Все это относится однако только до покрытыхъ волосками корневыхъ частей. Старые корни, не снабженные болѣе волосками, и принимающіе только незначительное участіе при всасываніи воды, переносятъ перемѣну среды безъ вреда; напр. свекловица, поставленная концомъ корня въ воду, пускаетъ въ нее многочисленныя развѣтвленія, причемъ части прежде находившіяся въ землѣ не портятся.

Я полагаю тогда, что въ описанныхъ фактахъ слѣдуетъ видѣть доказательство приспособляющейся способности корней, но теперь думаю, что причину этихъ явленій нужно понимать иначе. Точное микроскопическое изслѣдованіе корней привело меня къ убѣжденію, что абсолютно невозможно вынуть корни изъ почвы, не разрывая ихъ волосковъ, такъ какъ послѣдніе тѣсно съ нею срастаются. Если обчистить выросшій въ землѣ корень самымъ осторожнымъ обмываніемъ въ водѣ, то всегда многочисленныя волоски оказываются разорванными. Всѣ эти несчетныя ранки корня должны ему замѣтно вредить. Такъ какъ молодые, первоначально упомя-

¹⁾ «Landw. Vers. Stat.» терп. 13; стр. 97. Кнопъ говоритъ: «Сколько мнѣ извѣстно, до сихъ поръ не было еще изслѣдовано, можетъ ли водной корень презраться въ сухонутный и т. д.» Но статья моя по этому предмету была ему извѣстна, такъ какъ онъ выбралъ ее предметомъ неумѣстныхъ нападокъ.

чутые корни снабжены волосками только на болѣе старыхъ частяхъ, то поврежденіе менѣе значительно, пижия же быстро растущая часть производитъ въ водѣ новые волоски, такъ что корень можетъ продолжать жить. Если же корень болѣе старый, снабженъ побочными корнями и достигъ окончательной длины, то онъ уже въ почвѣ на всей поверхности бываетъ покрытъ волосками, а потому при омываніи вся поверхность покрывается микроскопически-малыми ранками, вслѣдствіе разрыва волосковъ. Толстые рѣповидные корни не имѣютъ вообще волосковъ, но одѣты гладкой кожицей, такъ что поверхность ихъ при перенесеніи въ воду неповреждается¹⁾. Что малоды части корней, развивавшихся первоначально исключительно въ твердой почвѣ, могутъ врсстать въ воду, и жить въ ней хотя и принимаютъ ненормальную форму, было уже упомянуто.

Если, напротивъ, корни вынуть осторожно изъ черноземной почвы и очистить отъ земли на сколько это возможно несильнымъ встряхиваніемъ, то они удерживаютъ оболочку изъ частичекъ чернозема, сросшихся съ корневыми волосками. Если растеніе въ такомъ состояніи поставить въ воду, то корневые волоски остаются неразорванными, но кусочки чернозема, съ которыми они срослись, въ водѣ начинаютъ гнить и передаютъ гніеніе поверхности корня. Корни, выросшіе въ чистомъ пескѣ и покрытые волосками, въ водѣ продолжаютъ жить долго, безъ всякаго вреда, если при нихъ оставить песокъ, крѣпко удерживаемый корневыми волосками, и не дать корнямъ сломаться, что легко случается.

Уже Поббе далъ этимъ явленіямъ почти такое же объясненіе, хотя онъ и не придавалъ значенія разрыванію корневыхъ волосковъ. Онъ справедливо упоминаетъ о томъ, что корни при пересаживаніи изъ земли въ землю довольно часто погибаютъ, и я не сомнѣваюсь, что и здѣсь одною изъ главныхъ причинъ должно быть неизбежное разрываніе корневыхъ волосковъ, отрываніе и надламываніе придаточныхъ корней. Къ растеніямъ легко переносящимъ пересадку относятся тѣ, которыя въ новой почвѣ быстро образуютъ новые корни и срастаются съ послѣдней новыми корневыми волосками. Поббе²⁾ послѣ тщательнаго изслѣдованія и сравненія корней гречихи, выросшихъ въ водѣ и въ почвѣ, пришелъ къ заключенію, «что нѣтъ достаточныхъ анатомическихъ и морфологическихъ различій для того, чтобы принять существованіе «водныхъ» и «воздушныхъ» корней» (именно у сухопутныхъ растеній), какъ органовъ одаренныхъ различными отправлениями. Хотя послѣ всего этого нельзя еще сказать, дѣйствительно ли различно организованы выросшіе въ водѣ и въ почвѣ корни одного и того же сухопутнаго растенія или нѣтъ, однако всетаки не надо забывать, что выраженіе Кюна: «водные корни» въ принятомъ имъ смыслѣ не имѣетъ еще положительнаго значенія, и что, слѣдовательно, выраженіе, «превращеніе сухопутнаго растенія въ водное» (въ частномъ случаѣ относительно маиса), не должно быть принято въ строгомъ смыслѣ слова.

Если мы съ одной стороны, въ настоящее время ничего не знаемъ о существующемъ вѣроятно приспособленіи корней къ различнымъ окружающимъ ихъ средамъ, то съ другой стороны извѣстно, что въ водѣ корни развиваются различно, смотря по количеству растворенныхъ въ ней питательныхъ веществъ, и что въ твердой почвѣ наружный видъ корней, разнообразно имѣняется смотря по различной рыхлости и составу проникаемыхъ ими слоевъ. Первое я описалъ въ 1859 г. въ моемъ цитированномъ сочиненіи, но съ того времени не занимался этимъ вопросомъ. Я показалъ, что при равномъ относительномъ составѣ питательнаго раствора, корни однородныхъ растеній остаются тѣмъ короче, чѣмъ болѣе насыщенъ растворъ (всего длиннѣе они бываютъ въ дистиллированной водѣ).

¹⁾ Кюльз (Kюльз) (Landw. Vers. Stat. 1863, тетр. 13, стр. 97) говоритъ, не приводя литературы: «Я теперь увѣренъ въ томъ, что способность нѣкоторыхъ растеній развиваться въ водныхъ растворахъ, должна быть приписана особой способности производить систему водныхъ корней, и что поэтому не можетъ удалаться разведеніе въ растворахъ такихъ сухопутныхъ растеній, которыя лишены этой способности. Сухопутный корень не переноситъ недостатка въ доступѣ воздуха, обусловливаемаго избыткомъ воды (что не доказано), а тѣмъ менѣе въ состояніи онъ питать сухопутное растеніе, перенесенное въ воду, потому что не преобразовывается въ водный корень.» Что же должно сказать о корняхъ, проникающихъ изъ почвы въ дренажныя трубы и т. д., и какія изъ сухопутныхъ растеній лишены способности производить водные корни?

²⁾ Ibid., стр. 121.

Ноббе повидимому подтвердилъ мои данныя ¹⁾. Онъ показалъ, что въ одной и той же почвѣ наружный видъ корневой системы измѣняется, смотря по количеству поглощаемыхъ питательныхъ веществъ, находимыхъ корнями въ различныхъ мѣстахъ почвы. Онъ заставлялъ расти маисъ въ цилиндрическихъ сосудахъ, наполненныхъ почвой, бѣдной по содержанію пищи, но однородной. Передъ наполненіемъ цилиндра часть земли была тщательно смѣшана съ различными солями (фосфорнокислою известью, сѣрникою магнезіею, поташомъ, кремнекислымъ натромъ, или фосфорнокислымъ кали, азотнокислою известью, сѣрнистымъ амміакомъ), такъ, что можно было разсчитывать на то, что различныя кислоты и основанія смѣси будутъ удержаны поглощающей силою почвы. Такая почва, съ поглощенными питательными веществами, была насыпана въ сосудъ такъ, чтобы образовала поперечный слой или на днѣ сосуда, или на средней высотѣ, или чтобы представляла собою окружность цилиндра, или осевой цилиндръ, между тѣмъ какъ остальное пространство сосуда наполнялось обыкновенной, неподготовленной землей. Оказалось, что по окончаніи развитія система корней проникла чрезъ все пространство почвы, но что въ слояхъ, снабженныхъ поглощенными питательными веществами, развѣтвленіе корней было видимо многочисленнѣе, чѣмъ въ остальной массѣ почвы. Ноббе приписываетъ это «непосредственному химическому раздраженію», производимому извѣстными, поглощенными питательными веществами и вызывающему появленіе придаточныхъ корней.

Въ опытѣ, произведенномъ д-ромъ Тилемъ, въ стеклянномъ цилиндрѣ въ 2 фута вышины и 8 дюймовъ ширины, выросли мансовыя растенія, корни которыхъ должны были проходить сначала въ хорошей сухой землѣ, потомъ въ крупномъ пескѣ, затѣмъ опять въ землѣ. Выше и ниже слоя песку развѣтвленіе корней было обильно, песокъ же былъ проникнутъ корнями, имѣвшими видъ тонкихъ и не очень многочисленныхъ питей. Тщательныя выкапыванія корней различныхъ культурныхъ растений, произведенныя вышеозначеннымъ ученымъ въ 1864 г., показали, что вообще въ рыхлой почвѣ образованіе корней гораздо изобильнѣе и развѣтвленія многочисленнѣе, чѣмъ въ глинистой, неразрыхленной, однакожъ плодородной подпочвѣ, по которой проходятъ лишь тонкія корневыя нити съ немногочисленными развѣтвленіями.

§ 52. b. Почва, снабженная глинистыми, известковыми и перегнойными частями, имѣетъ свойство изъ водныхъ растворовъ питательныхъ веществъ принимать и удерживать извѣстное количество извѣстныхъ кислотъ и основаній, особенно фосфорной и кремневой кислотъ, кали и амміака, такъ что просачивающаяся чрезъ почву вода не въ состояніи снова растворить или только отчасти растворяетъ эти поглощенные вещества. Смотра по природѣ почвы и поглощенного вещества, это поглощеніе можетъ происходить вслѣдствіе того, что данная кислота или основаніе химически соединяется съ составными частями почвы, или же, растворенныя молекулы удерживаются молекулярными силами на поверхности частичекъ почвы, причемъ не происходитъ разложенія. Въ настоящее время еще невозможно, на основаніи существующихъ изслѣдованій, указать опредѣленно, который изъ этихъ двухъ процессовъ происходитъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. Вѣроятно, что обѣ эти причины дѣйствуютъ обыкновенно вмѣстѣ при удерживаніи растворенныхъ веществъ на поверхности частичекъ почвы; даже въ томъ случаѣ, когда поглощеніе связано съ разложеніемъ, продуктъ послѣдняго будетъ отлагаться прежде всего на поверхности частичекъ почвы.

Мы здѣсь не будемъ разбирать практически важнаго вопроса: можетъ ли въ нѣкоторыхъ случаяхъ, кромѣ этихъ поглощенныхъ веществъ, еще существовать достаточное для полнаго питанія растенія количество дѣйствительно растворенныхъ въ почвенной водѣ веществъ; не будемъ также останавливаться на вопросѣ: существуютъ ли соли, не подлежащія при обыкновенныхъ условіяхъ вліянію поглощающихъ силъ и заключающіяся поэтому въ почвѣ въ видѣ раствора,

¹⁾ Landw. Vers. Stat. 1862, тетр. 11, стр. 217.

образующаго вышеописанныя водяныя оболочки вокругъ частицъ почвы изъ которыхъ эти соли всасываются корнями. Здѣсь мы будемъ имѣть въ виду только тотъ теоретически-важный вопросъ, что во многихъ случаяхъ питательныя вещества, абсолютно необходимыя для растенія, удерживаются въ почвѣ силами, дѣлающими ихъ нерастворимыми въ просачивающейся водѣ. Каковы бы ни были эти силы, во всякомъ случаѣ корень растенія, стоящаго въ такой почвѣ, долженъ обладать способностью преодолевать ихъ, отнимать у почвы необходимыя для себя вещества и принимать послѣднія, несмотря на ихъ нерастворимость въ данномъ количествѣ воды.

Не желая разрѣшать такую трудную задачу молекулярной физики, мы можемъ для болѣе ясной взять самый общій случай, именно, что часть питательныхъ веществъ дѣйствительно растворена въ водяной оболочкѣ частицъ почвы, но что вмѣстѣ съ тѣмъ притягивается послѣдними, вслѣдствіе чего не можетъ быть увлечена водой, вторая же часть питательныхъ веществъ облекаетъ поверхность частицъ почвы въ видѣ безконечно-тонкой, но твердой коры. Мы можемъ на время допустить, что молекулы послѣднихъ веществъ такъ сильно притягиваются почвою, что не могутъ послѣдовать своему стремленію — раствориться въ тонкомъ окружающемъ ихъ слое воды. Наконецъ третья часть питательныхъ веществъ, которыми растеніе можетъ пользоваться, заключается въ почвѣ въ формѣ кристаллизованныхъ зеренъ, осколковъ или большихъ кристаллическихъ агрегатовъ, образующихъ песчаную часть почвы. Молекулы этихъ веществъ сдерживаются вмѣстѣ кристаллизационными силами, такъ что для принятія этихъ веществъ корнемъ, послѣдній долженъ преодолѣть эти силы. Что касается до силъ, которыя корень съ своей стороны могъ бы проявить для того, чтобы преодолѣть силы, удерживающія питательныя вещества въ почвѣ, можно допустить слѣдующія: для принятія молекулъ, растворенныхъ въ водяныхъ оболочкахъ частицъ почвы, достаточно ¹⁾ дѣйствія обыкновенныхъ силъ диффузій, но эти силы, съ которыми мы познакомились въ § 50, должны проявиться съ достаточнымъ напряженіемъ, для того чтобы преодолѣть притяженіе частицами почвы. Вещества, растворенныя въ водяныхъ оболочкахъ, подобно нимъ послѣднимъ, поглощаются прежде всего въ томъ мѣстѣ, гдѣ соприкасаются съ корневыми волосками (фиг. 16); нарушенное вслѣдствіе этого равновѣсіе возстановляется тѣмъ, что отдаленныя водяныя оболочки передвигаются къ этому мѣсту вмѣстѣ съ растворенными въ нихъ молекулами.

При разсмотрѣніи фиг. 16-й можно также допустить тотъ случай, что водяныя оболочки остаются въ совершенномъ покоѣ, если растеніе не поглощаетъ воды (не испаряетъ), но что растворенныя въ нихъ молекулы двигаются къ корневымъ волоскамъ. Если мы представимъ себѣ, что въ водяныхъ оболочкахъ (фиг. 16) растворено повсюду множество частицъ гипса, то послѣднія могутъ при α вступить въ оболочку корпеваго волоска hh и передаться далѣе,

¹⁾ Если наша фиг. 16-я представляетъ черноземную почву, то кусочки N , S , T , z , δ и т. д. должны бы были представлять оныя въ видѣ пористой системы, внутри которой, точно также какъ въ клетчатой оболочкѣ, вода и растворенныя вещества удерживаются силами просачиванія. Ради простоты, этотъ случай исключенъ въ текстѣ, такъ какъ онъ на основаніи данныхъ условій и извѣстныхъ явленій диффузій легко можетъ быть въ общемъ смыслѣ далѣе развитъ, но для частности въ этихъ данныхъ для теоретическаго разбора.

вслѣдствіе чего въ водѣ при α нарушается молекулярное равновѣсіе раствора, вода при α отнимаетъ нѣсколько гипсовыхъ частицъ у воды при β , эта у воды при γ и т. д., вслѣдствіе чего внутри покоящихся водяныхъ сферъ происходитъ диффундирующій токъ частицъ гипса.

Что касается до поглощенія этихъ молекулъ, которыя на поверхности частицъ почвы образуютъ какъ бы тонкую нерастворимую кору, то для принятія этихъ молекулъ корневыми волосками будетъ недостаточно обыкновенныхъ силъ диффузій. Для этого случая прежде всего можно допустить, что корневой волосокъ (фиг. 16-й) выдѣляетъ постоянно углекислоту, которая не только выполняетъ въ видѣ газа воздушныя пространства (бѣлая мѣста фигуры), но и растворяется въ водяныхъ оболочкахъ, и такимъ образомъ можетъ растворить извѣстныя вещества почвы, безъ того нерастворимыя въ водѣ. Если бы напр. кусочекъ почвы *S* былъ снабженъ тонкой корою фосфорнокислой извести (или если бы онъ состоялъ изъ нея), то углекислота, растворенная въ водяномъ слой $\alpha\beta$ дѣлаетъ эту соль растворимой. Молекулы послѣдней распределяются въ водяномъ слой $\alpha\beta$ и могутъ быть поглощены при α . То же самое могло бы случиться съ кусочкомъ почвы *T*. Возможно впрочемъ допустить еще второй случай, который въ дѣйствительности безсомнѣнно существуетъ и состоитъ въ слѣдующемъ: частицы почвы *S* и *Z* срастаются тѣсно съ корневымъ волоскомъ. Когда *e* — клѣточка эпидермиса, проникла чрезъ промежутки почвы, то оболочка ея, во время своего роста, такъ плотно прилегалла къ кусочку при *Z*, что выполнила всѣ углубленія и неровности послѣдняго, и, такъ сказать ¹⁾, пришла въ непосредственное соприкосновеніе съ кусочкомъ почвы. То же самое происходитъ затѣмъ у *S*, когда волосокъ удлинился. Связь кусочка почвы съ оболочкой такъ сильна, что онъ никакимъ образомъ не можетъ быть отдѣленъ безъ разрыва послѣдней. Если оболочка корневого волоска пропитана кислотой, какъ это обыкновенно бываетъ, то и внѣшняя сторона оболочки облегается безконечно-тонкимъ слоемъ этой кислоты, но такъ какъ внѣшній слой оболочки прилегаетъ къ кусочку почвы такъ плотно, какъ только возможно, то кислота внѣшняго слоя оболочки тотчасъ приходитъ въ прикосновеніе съ молекулами кусочка земли; если послѣдній съ своей стороны облеченъ тонкимъ слоемъ поглощенныхъ молекулъ, то они растворяются въ кислотѣ и, подчиняясь дѣйствию всасывающихъ силъ оболочки, вступаютъ въ послѣднюю для возстановленія равновѣсія въ диффузій, а затѣмъ отнимаются у нее клѣточнымъ содержимымъ волоска.

Ничто подобное возможно даже еще въ томъ случаѣ, когда кусочекъ почвы *N*, хотя и не срастается съ оболочкой корневого волоска, но прилегаетъ къ послѣднему такъ близко, что слой жидкости, покрывающій всасывающую оболочку, соприкасается съ поверхностью *N* (Либихъ, см. ниже).

Послѣдніе изъ указанныхъ процессовъ достаточны для того, чтобы растворить не только поглощенныя, но даже кристаллизованныя части почвы, и для того, чтобы сдѣлать ихъ доступными для диффузій въ оболочки корневого волоска. Если бы напр. *Z* (фиг. 16) былъ кусочекъ кристаллизованной углекислой извести или доломита, то кислота, заключенная въ оболочкѣ корневого волоска

¹⁾ Слово соприкосновеніе здѣсь употреблено только въ популярномъ смыслѣ; въ смыслѣ атомистическомъ, припятомъ нами всюду здѣсь въ основаніе, соприкосновенія не существуетъ.

въ видѣ раствора, сама растворитъ послѣдній въ мѣстѣ прикосновенія и преодолѣетъ кристаллизаціонныя силы.

Очевидно, что различные корневые волоски могутъ изъ смѣшанной почвы принимать различныя вещества. Корневой волосокъ *hh* можетъ, напр. у *Z* принимать известъ, или известъ и магнезію (изъ доломита), другой волосокъ *k'* можетъ всасывать изъ ближайшихъ мѣстъ фосфорную кислоту или фосфорнокислую известъ. Но если при *S* лежитъ кусокъ гипса, то отъ него вся система водяныхъ сферъ насыщается растворомъ гипса, а если-бъ, наконецъ, лежалъ при *T'* кусокъ азотнокислой извести, то онъ былъ бы растворенъ и его молекулы могли бы распредѣлиться во всѣхъ водяныхъ слояхъ частичекъ почвы. Гипсъ и азотнокислая известъ были бы тогда поглощены обоими корневыми волосками *hh* и *k'*.

Соображенія, изложенныя въ параграфѣ, основаны 1) на изслѣдованіяхъ о силѣ поглощенія почвы, 2) на объясненіи данномъ Либихомъ относительно состоянія поглощенныхъ питательныхъ веществъ, 3) на опытахъ Негели, Целлера и Штоманна относительно развитія въ почвѣ съ поглощенными питательными веществами, 4) на моихъ изслѣдованіяхъ относительно растворенія корнями извѣстныхъ горныхъ породъ, 5) на фактѣ, доказанномъ Целлеромъ, что если оболочка съ одной стороны соприкасается съ растворяющимъ средствомъ, съ другой — съ твердымъ растворимымъ веществомъ, то послѣднее растворяется и диффундируетъ по направленію къ первой сторонѣ, 6) на срастаніи корневыхъ волосковъ съ почвой.

1) Послѣ всего вышесказаннаго едва ли нужно еще входить подробнѣе въ изложеніе теорій поглощающихъ силъ почвы. Изъ болѣе старыхъ работъ, касающихся этого вопроса, особенно важны слѣдующія: Гюкстабъ и Томсонъ открыли въ 1848 г. поглощеніе почвою, Вау повелъ дѣло далѣе ¹⁾; но болѣе вѣрный взглядъ въ первый разъ былъ проложенъ работами Геннеберга и Штоманна ²⁾, Либихомъ ³⁾, Брюстлейномъ ⁴⁾, Е. Петерсомъ ⁵⁾, Эйхгорномъ ⁶⁾, Джоисономъ ⁷⁾ и др.

2) Ю. ф. Либихъ въ первый разъ сдѣлалъ попытку, изложить поглощеніе почвы въ видѣ связанной теоріи; эта теорія здѣсь должна быть изложена подробнѣе, потому что я опираюсь на нее во многихъ существенныхъ пунктахъ, высказанныхъ въ параграфѣ, но иногда отъ нея и уклоняюсь. Я изложу теорію Либиха, помѣщенную въ его трудѣ «*Naturgesetze des Feldbaues 1865*, стр. 68, на сколько она касается общей теоріи разсматриваемыхъ процессовъ: онъ сравниваетъ способность почвы отнимать важнѣйшія питательныя вещества изъ раствора въ чистой или углекислой водѣ, съ свойствомъ угля, отнимать у многихъ жидкостей красящія вещества, соли и газы. «Эта способность угля основана на притяженіи, и вещества, извлекаемыя изъ жидкости, удерживаются въ углѣ совершенно подобнымъ же образомъ, какъ красящее вещество удерживается въ питяхъ окрашенной ткани.» Вещества, притягиваемыя углемъ, сохраняютъ всѣ свои химическія свойства, они остаются тѣмъ, чѣмъ были; они только теряютъ свою растворимость въ водѣ и достаточно лишь незначительнаго усиленія притяженія со стороны воды, чтобы снова отнять у угля поглощенныя имъ вещества, покрывающія его поверхность. Незначительнымъ прибавленіемъ щелочи къ водѣ можно отнять красящее вещество у угля, служившаго для обезцвѣчиванія; обработывая алкоолемъ, можно отнять хининъ и стрихнинъ, поглощенные изъ жидкости. «Во всѣхъ этихъ свойствахъ почва сходна съ углемъ. Разбавленная, окрашенная въ бурый цвѣтъ, сильно пахучая навозная жижа, просачиваясь черезъ пахатную землю, вытекаетъ безцвѣтной и безъ запаха; при этомъ она терлетъ не только запахъ и цвѣтъ, но и растворенныя въ ней амміакъ, кали и фосфорную кислоту, которыя отнимаются пахатной землей, смотря по ихъ количеству, болѣе или менѣе совершенно и еще въ гораздо болѣе мѣрѣ, чѣмъ углемъ.» Погло-

¹⁾ Journal of the royal agricultural society of London, 1850.

²⁾ Journal für Landwirthschaft, 1859.

³⁾ Ann. der Chemie et Pharm. Bd. 105, стр. 109.

⁴⁾ Въ журналѣ Буссенго: Agronomie, Chemie agricole et Physiologie 1860. II, стр. 132.

⁵⁾ Landwirtschaft. Vers. Stat. II. Bd., 113 ff.

⁶⁾ Land. Mittheilungen aus Poppelsdorf. 1858.

⁷⁾ Journal of science and arts. 1859 г., 27. Connecticut.

тительная способность пахатной земли относительно кали, амміака, фосфорной кислоты, по Либиху, не находится въ замѣтной связи съ ея составомъ. Бѣдная известью и богатая глиной почва обладаетъ поглощеніемъ въ равной степени съ богатой известью и бѣдной глиною; перегнойныя вещества оказываютъ вліяніе на поглощеніе.

По мнѣнію Либиха, въ поглощеніи могутъ участвовать всё составныя части почвы, но только тогда, когда они по строенію сходны съ углемъ. «Пахатная земля, какъ остатокъ горныхъ породъ, измѣненныхъ вывѣтриваніемъ, относится по своей поглотительной способности къ неорганическимъ растворимымъ веществамъ, совершенно какъ остатокъ древесины, измѣненной жаромъ, относится къ раствореннымъ органическимъ веществамъ». Пахатная земля можетъ отнимать кали, амміакъ, фосфорную кислоту изъ раствора углекислаго кали, амміака или фосфорнокислой извести, въ углекислой водѣ, причемъ можетъ не происходить раздѣла между составными частями земли; и въ этомъ отношеніи, говоритъ Либихъ, дѣйствіе пахатной земли совершенно равно дѣйствію угля. Но первое идетъ еще далѣе. Именно, если кали и амміакъ соединены съ минеральной кислотой, которая имѣетъ къ нимъ самое сильное средство, то ихъ соединеніе разлагается пахатной землей и кали поглощается точно также, какъ если бы кислота и не была съ нимъ соединена. Въ этомъ свойствѣ пахатная земля сходна съ костянымъ углемъ, который вслѣдствіе содержанія фосфорнокислыхъ щелочныхъ земель разлагаетъ многія соли, неизмѣняема чистымъ углемъ; въ этой разлагающей способности пахатной земли принимаютъ участіе несомнѣнно постоянно существующія въ ней соединенія извести и магнезій.

Изложивъ одновременный способъ дѣйствія химическаго средства и (молекулярнаго) притяженія почвы, обуславливающихъ предыдущія явленія (стр. 73), Либихъ доказываетъ, какимъ образомъ соль, дѣлающаяся растворимой въ почвѣ вслѣдствіе вывѣтриванія, распространяется въ ней съ помощью растворяющаго дѣтеля, насыщаетъ сначала части почвы, лежащія близъ центра распространенія и потомъ распространяется все далѣе и далѣе въ видѣ круговъ. «Поэтому (§ 73) всякая почва должна содержать кали, кремнеземъ и фосфорную кислоту въ двойной формѣ, — въ химически и физически связанномъ состояніи; въ одной формѣ соль бесконечно распространяется, держась на поверхности пористыхъ частичекъ почвы, въ другой распространяется весьма неравномерно въ видѣ зерешъ фосфорита или апатита и полевошатовыхъ породъ. Корни повсюду, гдѣ они соприкасаются съ землей (стр. 74), находятъ необходимыя для нихъ питательныя вещества въ физически связанномъ состояніи; эти вещества «распределены и подготовлены совершенно такъ же, какъ будто бы они были растворены въ водѣ, но сами по себѣ эти вещества неподвижны и удерживаются столь незначительной силой, что достаточно малѣйшей растворяющей причины, чтобы ихъ растворить и сдѣлать способными перейти въ растеніе» (стр. 75). «Питательная способность почвы, относительно культурныхъ растеній, находится поэтому въ прямомъ отношеніи къ количеству питательныхъ веществъ, которыя она содержитъ въ состояніи физическаго (поглощеннаго) насыщенія». Вещества, неудаиваемыя поглощающею силою почвы, составляютъ по Либиху постоянный источникъ, изъ котораго съ помощью растворяющихъ и химически дѣйствующихъ средствъ постоянно доставляется новый матеріалъ для поглощающей силы почвы, если прежде поглощенные вещества отнимаются растеніемъ.

Поглощеніе кремнекислоты животными и растительными перегнойными остатками относительно ничтожно; кремнекислота удерживается въ почвѣ тѣмъ менѣе, чѣмъ почва богаче такими остатками.

Относительно способа, которымъ корни извлекаютъ изъ почвы поглощенія ея питательныя вещества, Либихъ, указывая на возможныя недоразумѣнія, принимаетъ (стр. 116), что корни растеній извлекаютъ свою пищу непосредственно изъ ближайшаго слоя земли (т. е. соприкасающагося); онъ говоритъ, что корни растенія получаютъ пищу не изъ отдаленныхъ водяныхъ слоевъ, но изъ тонкаго водянаго слоя, удерживаемаго капиллярнымъ прилежаніемъ, тѣсно соприкасающагося какъ съ поверхностью земли, такъ и корней; это между поверхностью корней, водянымъ слоевъ и частями земли происходитъ взаимодѣйствіе, которое не существуетъ между водой и одними частицами земли. Этотъ взглядъ опирается на предположеніи, что питательныя вещества, удерживаемыя на ви́шней поверхности частицъ земли, распределены бесконечно-мелкими частицами, и что они находятся въ прямомъ прикосновеніи съ жидкостью пористыхъ, поглощающихъ кѣлочныхъ стѣнокъ, при посредствѣ весьма тонкаго водянаго слоя, и что въ самыхъ порахъ происходитъ ихъ раствореніе и затѣмъ уже непосредственная передача».

Чтобы согласить съ предыдущимъ нижеслѣдующее выраженіе Либиха, необходимо припомнить, что поваренная соль, различныя соли извести и горькозема, поглощаются почвою съ значительною силою и что въ предыдущемъ подѣ питательными веществами имѣлись въ виду только вещества, наиболѣе поглощаемыя почвою (амміакъ, кали, фосфорная кислота). На стр. 109-ю именно говорится: «вода, двигающаяся въ почвѣ, содержитъ поваренную соль, известь и горькозему; оба послѣднія вещества связаны частью съ углекислотою, частью съ минеральными кислотами, и едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что растеніе принимаетъ эти вещества изъ раствора».

Если въ цитируемомъ текстѣ говорится далѣе, «подобное же должно сказать о кали, амміакѣ и растворимыхъ фосфорнокислыхъ соляхъ; однако вода, циркулирующая при естественномъ состояніи почвы, или не содержитъ трехъ послѣднихъ названныхъ веществъ, или содержитъ не въ такомъ количествѣ, какое необходимо для растенія», то не должно видѣть въ этомъ, какъ часто дѣлаютъ, противорѣчія съ прежнимъ. Достаточно припомнить, что въ почвѣ, поглотившей до насыщѣнія данныя вещества, можетъ кромѣ того дѣйствительно существовать растворъ этихъ веществъ, потому что послѣ насыщѣнія растворъ притягивается къ частицамъ почвы и (фиг. 16) образуетъ жидкія оболочки.

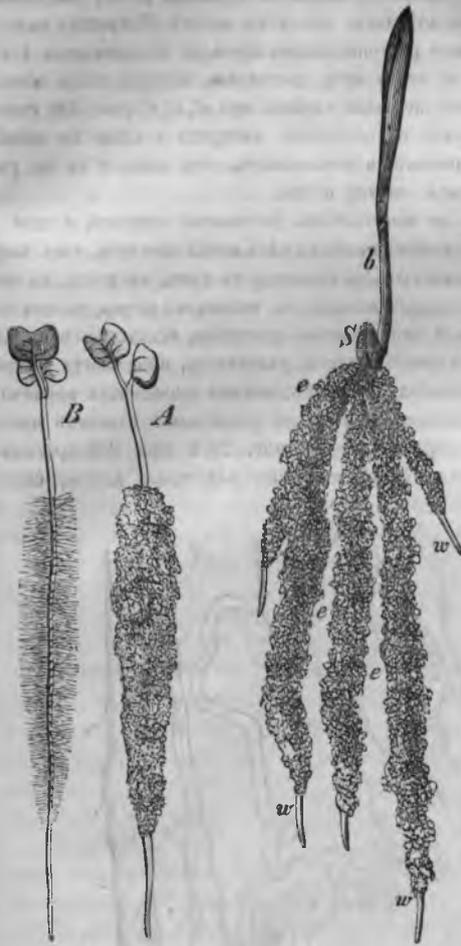
Въ основаніи послѣдней части только-что цитированнаго положенія лежитъ вѣроятно тотъ взглядъ, что почва вообще не въ состояніи отнять у воды, ею удерживаемой, все растворенное вещество, до послѣдней его части; такъ покрайней мѣрѣ я думаю, надо понимать его. и именно на слѣдующемъ основаніи: если растворъ содержитъ кали, или фосфорную кислоту, то молекулы ихъ удерживаются молекулами воды. Если растворъ приходитъ въ прикосновеніе съ поглощающей частицей почвы, то послѣдняя дѣйствительно будетъ поглощать вещества до тѣхъ поръ, пока не возобновится молекулярное равновѣсіе между водою, веществомъ и частью почвы. Поэтому, по крайней мѣрѣ, при извѣстныхъ условіяхъ, часть поглощаемого вещества можетъ остаться растворенною въ водяной оболочкѣ частицъ почвы. Въ пользу этого говорить также фактъ сообщенный Петерсомъ, что часть кали, поглощеннаго почвою, отнимается у ней опять большимъ количествомъ воды; что далѣе по Ваустлейну и Петерсу ¹⁾ кали и амміакъ не выносятся извлекаются землей даже изъ слабыхъ растворовъ, и даже въ томъ случаѣ, когда земля еще далека отъ насыщѣнія. Изъ этихъ фактовъ, повидимому, слѣдуетъ, что несмотря на поглощающую силу почвы, небольшія количества фосфорной кислоты, кали, амміака, могутъ остаться растворенными въ промежуткахъ почвы, причемъ этихъ количествъ можетъ быть далеко недостаточно для полного питания растенія.

Въ заключеніе надо привести еще слѣдующія важныя для насъ слова Либиха (I. с., стр. 100): «Если мы представимъ себѣ пористую землю въ видѣ системы капиллярныхъ трубокъ, то благоприятное свойство для развитія растенія будетъ состоять въ томъ, что узкія, капиллярныя пространства наполняются водою, широкія — воздухомъ (какъ на нашей фиг. 16-й), причемъ воздухъ имѣетъ доступъ ко всѣмъ. Съ этою сырою, проникаемою для атмосферы почвою, находятся въ самомъ тѣсномъ прикосновеніи всасывающія корневая почки; можно представить себѣ, что внѣшняя поверхность послѣднихъ образуетъ одну, пористую частицу земли—другую стѣнку капиллярнаго сосуда, связь между которыми устанавливается безконечно-тонкими водяными слюемъ. Такое распределеніе равно благоприятно какъ для пріятія твердыхъ, такъ и газообразныхъ питательныхъ веществъ почвы. Если въ сухой день осторожно вынуть изъ рыхлой земли ишеничное или ячменное растеніе, то окажется, что на каждой корневой мочкѣ останется прирѣзаннымъ цилиндръ изъ частицъ земли. Изъ этихъ частицъ растеніе получаетъ фосфорную кислоту, кали, кремниевую кислоту и т. д., а также и амміакъ, пріятію которыхъ способствуетъ тонкій водяной слой и частицы которыхъ двигаются только подѣ влияніемъ пріятія, производимаго на нихъ корнемъ.»

Для наглядности этого облеканія корней землей, которому Либихъ совершенно основательно придаетъ особенное значеніе, служаютъ фигуры 17-я до 19-й. Фиг. 17-я представляетъ при росткѣ *Sinapis alba* A, выросшій въ бѣдомъ крехневомъ пескѣ, въ томъ состояніи, въ какомъ онъ получается, если нѣсколько влажный песокъ, по опрокидываніи цвѣточнаго горшка, только слегка отряхнуть. Песокъ облекаетъ молодой удлиняющійся корень, за исключеніемъ молодой возрастающей вершины. Фиг. В представляетъ точно такое же растеніе, послѣ того, какъ песокъ съ него смытъ колосканіемъ въ водѣ. Корень снабженъ тысячами корневыхъ волосковъ, которые

¹⁾ Peters в Landw. Vers Stationen, тетр. 5, стр. 122.

прежде удерживали песчинки и частью съ ними срослись, вслѣдствіе чего отъ многихъ волосковъ пелъза было отдѣлать зеренъ безъ ихъ разрыва.



ф. 17.

ф. 18.



ф. 19.

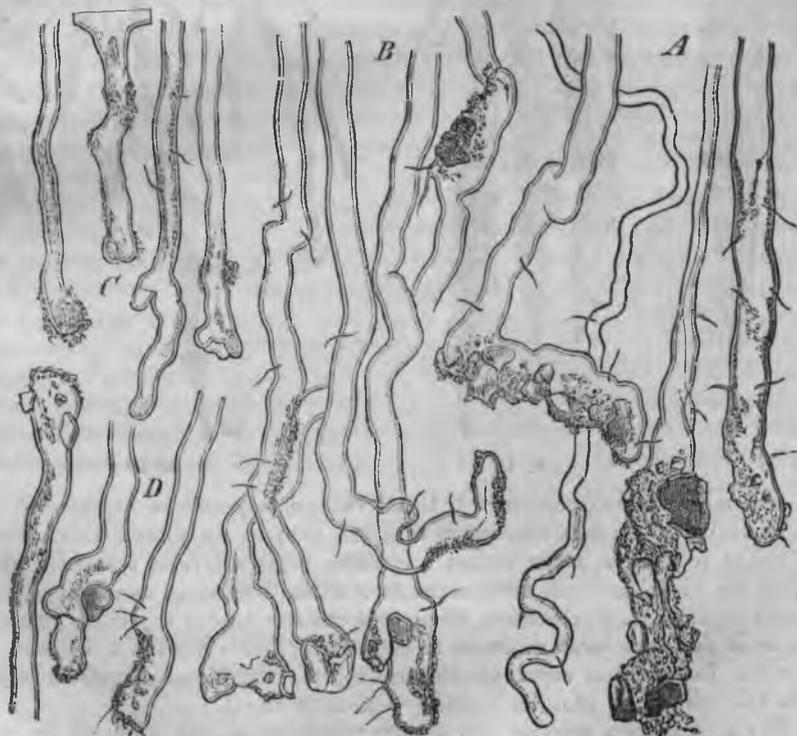
Фиг. 18-я представляет проростокъ *Triticum vulgare*, выросшій въ черноземной садовой почвѣ (въ горшкѣ). Горшокъ былъ опрокинутъ и корень, гнѣнутый изъ разсыпанной земли, сълъ довольно сильно встряхнуть, чтобы удалить всю землю, неудерживаемую корневыми волосками. Пять корней отъ начала до самой почти вершины облечены частичками чернозема *e, e, e*, только возрастающія вершины *г, г*, обнажены, потому что они еще лишены корневыхъ волосковъ, которые въ очень большомъ числѣ находятся на старыхъ корневыхъ частяхъ и срослись съ кусочками почвы. Толщина слоя почвы, облекающаго корень, соответствуетъ довольно точно длинѣ корневыхъ волосковъ (*S* — оболочка зерна, *b* — молодой листь).

Фиг. 19-я представляет растеніе того же вида, выросшее въ той же почвѣ, но четырьмя недѣлями старше предыдущаго (*S*—истощенная оболочка зерна, *b*—основаніе стебля). Растеніе тѣмъ же способомъ, какъ и предыдущее, вынута изъ нѣсколько влажной почвы и отряхнута. Почва отпадаетъ вполнѣ отъ верхнихъ корневыхъ частей *e, e, e*, гдѣ она передъ тѣмъ (фиг. 18-я) и удерживалась; причина этого, какъ показываетъ изслѣдованіе, та, что корневые волоски этой старой части совершенно отмерли, сморщились, частью даже сгнили. Эти старыя верхнія

корневые части, которыя прежде истокали прикасающуюся къ нимъ почву, перестали принимать пищу, ихъ поверхность побурѣла, а всасывающіе органы, корневые волоски, отмерли; это произошло уже даже съ многочисленными корневыми развѣтвленіями *и н* ¹⁾.

Напротивъ того, концы удлинившихся корней выросли, и проникли въ болѣе глубокіе слои почвы. Эти вновь выросшія части корней молодое и снабжены еще живыми корневыми волосками, сросшимися съ частицами почвы, образующими здѣсь, какъ и на соответственныхъ корневыхъ развѣтвленіяхъ, земляныя оболочки *e', e', e'*. Самыя корневые вершины (*и и*) еще обнажены, безъ корневыхъ волосковъ, и потому почва отпадаетъ отъ нихъ вполне. Покрытыя волосками, всасывающія части корня нашего ишеничного растенія такимъ образомъ вырождаются 4-хъ недѣль опустились глубже, и между тѣмъ какъ до этого пищу доставляли верхняя часть почвы при *e, e* (фиг. 18), теперь снабжаетъ пищу часть, лежащая глубже, при *e', e', e'* (фиг. 19), соответствующая молодымъ частямъ корней. Это явленіе, относительно котораго я здѣсь не намѣренъ входить въ подробности, весьма распространено, и показываетъ, что одно и то же растеніе постоянно достигаетъ свою пищу изъ разныхъ частей почвы.

Поглощенные почвою питательныя вещества не могутъ быть доставлены корнямъ, а если и доставляются, то только съ большимъ трудомъ; впрочемъ въ этомъ нѣтъ необходимости, такъ какъ корни сами расходятся въ почвѣ по всѣмъ направленіямъ и находятъ то тамъ, то здѣсь, то что имъ нужно. Но если известная часть корня долго соприкасалась съ частицами почвы, то она изъ послѣднихъ извлекаетъ все, что эти могутъ дать и что потребно растенію, вслѣдствіе чего частицы почвы истощаются; между тѣмъ молодыя корневые части, удлинняясь, срастаются съ частицами почвы въ другихъ еще неистощенныхъ мѣстахъ. Способъ, какимъ срастаются корневые волоски съ соседними частицами почвы, представляетъ у растеній различныхъ классовъ много сходнаго, какъ уже показываютъ немногіе, изображенные въ фиг. 20-й при 800-кратномъ увеличеніи, примѣры, гдѣ, между прочимъ, взята только половина или треть длины, смеж-



ф. 20.

¹⁾ Неботаникъ долженъ обращать вниманіе на то, что не надо смѣшивать эти тонкіе придаточные корни съ корневыми волосками.

пая съ вершиной. А—корневые волоски проростка (какъ на фиг. 18) *Triticum vulgare*, В—проростка *Avena sativa* (оба выросшіе въ глинистой почвѣ), С—*Selaginella* (въ черноземѣ), D—*Trifolium pratense* (глина). Протоплазма, изобилующая въ живыхъ корневыхъ волоскахъ и образующая относительно толстый слой, на фигурахъ не обозначена (*Triticum* имѣетъ очень продолговатое клѣточное ядро). Вершинная часть волоска сростается обыкновенно съ одной или многими частичками почвы; но часто также замѣчается, что корневой волосокъ на болѣе значительномъ протяженіи сростается съ мелкими, даже при 800-кратномъ увеличеніи кажущимися еще очень маленькими крупицами почвы, и часто на одномъ и томъ же волоскѣ существуетъ 2—5 и болѣе такихъ мѣстъ сростанія.

Иногда корневой волосокъ обростаетъ камешекъ подобно тому, какъ древесина часто облекаетъ посторонній тѣла; у *Avena sativa*, волоски въ мѣстахъ сростанія надуваются въ видѣ пузыря. Я предлагаю называть эти мѣста сростанія корневыхъ волосковъ гаусторіями (*Haustorien*), каковое названіе дано уже присасывающимся органамъ паразитовъ.

У всѣхъ мною изслѣдованныхъ корневыхъ волосковъ я находилъ образованія, которыя до сихъ поръ оставались неизвѣстными: это нити, разсыпанные по поверхности клѣточной оболочки и столь тонкія, что ничего нельзя сказать о ихъ строеніи; они почти напоминаютъ рѣснички подвижныхъ споръ и вѣроятно играютъ какую нибудь роль въ принятіи питательныхъ веществъ.

Съ возрастомъ тургесцирующей корневой волосокъ спадается, получаетъ продольныя складки, полость болѣе и болѣе исчезаетъ, оболочка разрывается легче чѣмъ прежде, такъ что всѣ отмирающіе корневые волоски остаются обыкновенно въ почвѣ. Но и свѣжіе волоски также очень легко разрываются, особенно если они срослись съ большими кусочками почвы; если свѣжій корень пополоскать въ водѣ, или очистить подъ водою мягкой кистью, то въ послѣдней очень часто попадаются оторванные волоски. Оболочку корневого волоска я находилъ всегда очень тонкою; у *Phaseolus* и *Vicia Faba* она и въ совершенно свѣжихъ волоскахъ бываетъ окрашена въ бурый цвѣтъ, у другихъ безцвѣтная ¹⁾.

3) Опыты Негели и Цёллера надъ принятіемъ поглощенныхъ питательныхъ веществъ были произведены въ 1861 г. съ карликовыми бобами (*Zwergbohnen*), опыты Штоманна—съ мансомъ. Относительно карликовыхъ бобовъ я, въ 1861 г., доказалъ, что они принимаютъ всѣ свои питательныя вещества изъ растворовъ и при этомъ въ шестьдесятъ разъ увеличиваютъ вѣсъ своего сѣмени, выполняютъ всѣ свои метаморфозы и могутъ припрести способныя къ проростанію сѣмена. Для манса возможность роскошнаго роста въ водныхъ растворахъ нѣсколько разъ была подтверждена и такимъ образомъ въ своихъ растеніяхъ, принадлежащихъ къ самымъ различнымъ семействамъ явнобрачныхъ, мы имѣемъ доказательство, что корни одного и того же вида растенія въ состояніи принимать питательныя вещества изъ омывающаго ихъ раствора или принимать ихъ изъ почвы, преодолевая ея притягательную силу.

Въ опытѣ Негели и Цёллера торфяной порошокъ и садовая земля были смѣшаны съ равнымъ или меньшимъ количествомъ питательныхъ веществъ, противъ того, какое они могли бы удержать въ силу поглощенія. Подъ совершенно насыщеннымъ торфомъ, въ послѣдующемъ должно разумѣть такой торфъ, который содержитъ только $\frac{1}{5}$ количества кали и только $\frac{1}{3}$ того количества амміака, какое онъ могъ бы удержать съ помощью поглощающей своей силы, предварительно опредѣленной. Въ совершенно насыщенномъ такимъ образомъ торфѣ, бобовыя растенія не развились. На 9 литровъ торфа было взято:

13,05	граммовъ кали.
1,845	» натра.
3,700	» фосфорной кислоты.
11,043	» амміака,

и эти вещества были смѣшаны съ торфомъ въ видѣ слѣдующихъ соединеній:

15	граммовъ фосфорнокислаго амміака.
11	» углекислаго амміака.
19	» углекислаго кали.
3	» углекислаго натра.

¹⁾ Для меня осталась, въ сожалѣнію, недоступна работа Каррадори (*Carradori*), которую я только разъ видѣлъ и на таблицахъ которой, сколько я помню, корневые волоски представлены въ нѣсколько иномъ видѣ.

Эти соединенія были растерты съ влажнымъ торфянымъ поропкомъ или садовой землей и тщательно перемѣшаны. Для приготовленія на половину и на четверть насыщеннаго торфа, такъ называемый вполнѣ насыщенный смѣшивался съ 1-мъ и 3-мя объемами естественнаго торфянаго порошка. Въ каждый горшокъ съ $8\frac{1}{2}$ литрами такой почвы было посажено 5 бобовъ, и получились слѣдующіе результаты:

	1-й горшокъ. $\frac{1}{4}$ насыщенный.	2-й горшокъ. $\frac{1}{2}$ насыщенный.	3-й горшокъ. $\frac{1}{4}$ насыщенный.	4-й горшокъ. Естественный торфъ.
Посѣвъ.....	4,055 гр.	4,087 гр.	3,88 гр.	3,965 гр.
Жатва ¹⁾	223,014 »	156,792 »	117,719 »	20,418 »

Опытъ въ обыкновенной садовой почвѣ далъ при 3,962 граммахъ посѣва, 59,3 граммовъ бобовыхъ сѣмянъ; насыщенная садовая земля произвела 89,9 граммовъ бобовыхъ сѣмянъ при 3,908 граммахъ посѣва ²⁾.

Штоманиъ ³⁾ клалъ большое количество торфа въ кадку съ продырленнымъ дномъ и поливалъ навозной жижей. Торфъ, такимъ образомъ насыщенный, промывался большимъ количествомъ воды втеченіи 3-хъ недѣль, пока не было удалено все растворимое въ водѣ. Этимъ торфомъ (совершенно насыщенный торфъ) были наполнены 2 горшка въ 40 см. въ поперечникѣ и такой же высоты. Въ два другіе горшка, въ 30 сантим. въ поперечникѣ, была насыпана смѣсь изъ равныхъ частей насыщеннаго и естественнаго торфа (полунасыщенный); еще два другіе горшка такой же величины были наполнены смѣсью изъ 1-й части насыщеннаго и 3-хъ частей естественнаго ($\frac{1}{4}$ насыщенный) торфа. Наконецъ еще 2 горшка были наполнены естественнымъ торфомъ. 16-го мая въ каждый изъ горшковъ, по возможности на равныхъ расстояніяхъ, было положено 5 маисовыхъ зеренъ; ихъ ежедневно поливали дистиллированной водой для поддержанія въ почвѣ равномерной влажности. Въ естественномъ торфѣ растенія остались маленькими и скоро погибли, въ совершенно насыщенномъ достигли 2 метровъ вышины и принесли 8 початковъ, густо-усаженныхъ зрѣлыми зернами. Въ полунасыщенномъ дали только 2 оплодотворенные початка. Въ $\frac{1}{4}$ насыщенномъ торфѣ растенія достигли вышины въ 1,5 метра и дали только одинъ початокъ съ пятью зернами. Въ первые дни октября срѣзанныя растенія, за исключеніемъ корней въ сухомъ состояніи, вѣсили:

1) Совершенно насыщенный торфъ:

стебли, листья и т. д.	650	граммовъ.
зерна	153	»
початки	33	»
	<u>836</u>	»

2) Полунасыщенный торфъ:

стебли, листья и т. д.	350	»
зерна	155	»
початки	25	»
	<u>368</u>	»

3) На четверть насыщенный торфъ:

стебли, листья и т. д.	250	»
зерна	1,5	»
початки	0,5	»
	<u>252</u>	»

4) Естественный торфъ:

Всего 17,5 »

§ 53. Находя куски известковой породы, на которѣхъ замѣчались слѣды корней, Либихъ заключилъ, что твердая порода растворяется прикасающимися къ ней корнями. Я, въ 1859 г., въ первый разъ доказалъ, что маисовые корни въ короткое время разлѣдаютъ полированную мраморную поверхность

¹⁾ Корень, стебель, листья, стручокъ, сѣмя.

²⁾ Объ опытѣ относительно того, достаточно ли раствора, находящагося въ почвѣ, для питанія растенія, см. въ указан. оригиналѣ, стр 44.

³⁾ Agronomische Zeitung, 1864, стр. 343.

оставляя на поверхности породы отъ себя слѣды. Многократное повтореніе этого опыта лѣтомъ 1864 г. не только подтвердило прежній результатъ, но показало также, что корни различныхъ растеній въ состояніи, въ продолженіи немногихъ дней, растворить въ мѣстахъ прикосновенія съ гладкою поверхностію доломита, магнезита, остеолита, эти горныя породы и оставляютъ на нихъ болѣе или менѣе рѣзко слѣды своего распредѣленія.

Сообщая ¹⁾ объ этомъ въ первый разъ, я указывалъ на то, что раствореніе кристаллической углекислой извести можетъ быть приписано вѣроятнo выдѣленію углекислоты корнями; но это предположеніе дѣлается невѣроятнымъ, какъ скоро мы обратимъ вниманіе на рѣзкія ограниченія раздѣденныхъ изображеній на полированной поверхности; углекислота можетъ свободно распространиться въ промежуткахъ почвы и поэтому надо было бы предположить раздѣданіе и въ мѣстахъ удаленныхъ отъ корней. «Но (говорилъ я тамъ) возможно другое объясненіе ²⁾: растительные соки почти всегда кислы, особенно соки всѣхъ корней; если теперь поверхность корня плотно прилегаетъ къ мрамору, то часть кислой жидкости, пропитывающей клѣточные стѣнки, можетъ пригасаться къ мрамору въ видѣ бесконечно-тонкаго слоя и раздѣдать его. Это объясненіе не требуетъ выдѣленія корней, котораго нельзя доказать для корней развивавшихся въ чистой водѣ, и въ немъ нѣтъ необходимости при объясненіи разсматриваемаго явленія ³⁾.

Опытъ, произведенный Целлеромъ по указаніямъ Либиха подтверждаетъ данное мною объясненіе. Онъ устроилъ простой приборъ, въ которомъ клѣточная оболочка поверхности корня замѣнялась животнымъ пузыремъ ⁴⁾. Съ одной стороны послѣдняго находилась подкисленная вода, пропитывавшая оболочку; съ другой стороны оболочки была фосфорнокислая известь, фосфорнокислая амміачная магнезія и земля съ поглощеннымъ кали. Эти вещества приходятъ въ прикосновеніе съ кислой жидкостью, пропитывающей перепонку, растворяются и переходятъ на другую сторону (внутрь искусственной клѣточки).

Нѣтъ никакого основанія предполагать, чтобы не существовало совершенно подобнаго же процесса на поверхности корня. Для доказательства, что клѣточная оболочка на поверхности корня пропитывается кислотой, достаточно указать на то, что самый клѣточный сокъ кисель и что имъ, слѣдовательно, пропитывается и самая оболочка. Кислое свойство сока доказывается тѣмъ, что если сжимать корни между лакмусовыми бумажками, то постоянно получается кислая реакція, потому что въ этомъ случаѣ и при самомъ осторожномъ обращеніи корневые волоски повреждаются и реакція принадлежитъ соку, вытекающему изъ ранъ, но не цѣлой поверхности корневыхъ волосковъ.

Слѣдующій простой опытъ доказываетъ, что совершенно неповрежденная поверхность растущихъ и покрытыхъ волосками корней пропитывается органическою жидкостью. Если заставить сѣмена прорасти въ чистой водѣ до тѣхъ поръ, пока корень не достигнетъ длины въ нѣсколько дюймовъ и влить въ воду растворъ кислаго марганцовокислаго кали, то на поверхности корней въ нѣсколь-

¹⁾ Botan. Zeitg. 1860, стр. 118—119.

²⁾ По Мейену (Physiol. II, 11) уже Мольденхаверъ приписывалъ корневымъ волоскамъ выдѣленіе кислаго сока, при посредствѣ котораго растворяются принимаемыя корнями питательныя вещества.

³⁾ Тамъ же объясняется образованіе кислоты разложеніемъ корней, что также излишне.

⁴⁾ Die Landw. Vers.-Stat. 1863, тетрадь 13, стр. 45.

ко минутъ возстановляется кплота и на ней образуется тонкій осадокъ частичекъ марганца, чего не бываетъ при неповрежденной кожницѣ стеблевыхъ и листовыхъ частей, потому что ихъ кутикула не содержитъ подобнаго возстановляющаго вещества. Напротивъ, такой осадокъ образуется на всякой пораженной поверхности растенія и доказываетъ, что и здѣсь, какъ во многихъ другихъ случаяхъ, неповрежденная поверхность растущаго корня представляетъ подобныя же явленія, какъ разръвъ растенія ¹⁾.

Мои, еще не опубликованные опыты, были произведены лѣтомъ 1864 г. слѣдующимъ способомъ: кусочки названныхъ минераловъ я съ одной стороны отполировалъ по возможности гладко; у остоелита послѣднее, къ сожалѣнью, невозможно, однако съ помощью натиранія бумагой, поверхность получилась довольно гладкая. Эти кусочки были положены на дно удобныхъ для опыта сосудовъ, отполированной стороной вверхъ, и затѣмъ покрыты на нѣсколько дюймовъ бѣлымъ кварцовымъ пескомъ. Въ этотъ песокъ потомъ было посажено, обыкновеннымъ способомъ, нѣсколько сѣмянъ одного вида; поливаніемъ поддерживалась сырость. Корешки на пути внизъ встрѣтили спустя нѣсколько дней горизонтально положенную подъ песокъ полированную поверхность, приложились къ ней одной стороной и расплзлись въ различныхъ направленіяхъ по пластинкѣ; они продолжали расти, плотно прилегалъ къ полированной поверхности и образуя придаточные корни, развивавшіеся тѣмъ же способомъ. Спустя нѣсколько дней или недѣль, горшки были опрокинуты, пластинки сняты, обмыты водой и высушены и раздѣленные мѣста сравнены съ несдвинутыми еще корневыми развѣтвленіями. Опыты дали слѣдующіе результаты:

А. На бѣломъ мраморѣ.

1) *Phaseolus multiflorus*: полированная пластинка въ 7,5 стм. длины и ширины; высушенныя сѣмена были положены въ песокъ 12 іюня; 24 іюня, слѣдовательно спустя 12 дней, былъ оконченъ опытъ, когда распустились первичные листки. На полированной мраморной поверхности оказалось весьма ясно произведенное развѣданіемъ изображеніе нѣсколькихъ корней, съ выходящими изъ нихъ развѣтвленіями. Эти развѣденныя линіи были рѣзко ограничены, около ¼ милл. ширины, шероховаты, мѣстами какъ бы выведенныя широкимъ рѣзцомъ и не очень глубоки. Ихъ можно сравнить съ лиціями на гладкомъ стеклѣ, вытравленными плавиковою кислотой. Подлѣ нѣкоторыхъ изъ нихъ замѣчалась весьма слабая волнистая, неясная шероховатость, которая безъ сомнѣнія должна быть приписана прикосновенію корневымъ волосковъ, выходящихъ по бокамъ корня.

2) *Zea Mais*: пластинка и продолжительность опыта тѣ же; въ 12 дней распустились 2 первые листка. Очень рѣзкое и довольно глубокое, длиною въ 2 стм., шириною въ 0,5 милл. развѣданіе было произведено главнымъ корнемъ; направо и налѣво отъ него замѣчались изображенія придаточныхъ корней, казавшіеся менѣе рѣзко выгравленными. Кромѣ того замѣчалось нѣсколько другихъ извилистыхъ, чрезвычайно нѣжныхъ линій.

3) *Cucurbita Pepo*: пластинка и продолжительность опыта тѣ же: въ концѣ опыта сѣмядоли выросли въ видѣ листьевъ. Было нѣсколько довольно прямыхъ развѣденныхъ линій въ 4—7 стм. длины, ¼—½ милл. ширины; мѣстами были очень ясны рѣзко вытравленные слѣды многочисленныхъ боковыхъ корней. Подлѣ этихъ вытравленныхъ линій мѣстами на полированной поверхности была шероховатость, происходящая отъ прикосновенія боковыхъ, только слегка прилежавшихъ, корневымъ волосковъ.

4) *Triticum vulgare*: мраморный кружокъ въ 23,5 стм. въ поперечникѣ, былъ положенъ на дно широкаго блюда и покрытъ на высоту ладони пескомъ, въ который 5 іюля было положено нѣсколько дожинъ пшеничныхъ зеренъ. Спустя 11 дней, когда распустился первый зеленый листъ, опытъ былъ оконченъ. Вся полированная поверхность была покрыта красиво извитыми, рѣзко вытравленными, узкими развѣденными чертами. Мѣстами 2—4 шли параллельно, затѣмъ опять расходились. Иногда эти линіи окружались ступеньвающеюся шероховатостію, происшедшею отъ корневымъ волосковъ.

Такъ какъ во всѣхъ этихъ случаяхъ нужно было по крайней мѣрѣ 5—6 дней, чтобы корни посаженнаго сухаго сѣмени досрости до полированной поверхности, то при 11—12-ти дневномъ

¹⁾ Ю. Саксъ: «Keimung der Schminkbohne» въ Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wiss. Wien, 1859, ч. 37, стр. 115.

опытъ раздѣденныя мѣста должны были произойти въ 5—6 дней. Но такъ какъ раздѣданіе можно было прослѣдить почти до возрастающей вершины корня, то оно должно быть замѣтно уже даже послѣ нѣсколькихъ часовъ.

В. На бѣломъ доломитѣ: два куска, величиною въ ладонь, бѣлаго, явственно зернисто-кристаллическаго мраморовиднаго доломита были отполированы съ одной стороны.

5) *Phaseolus multiflorus*: сѣмена посажены 9 іюля, 13-го іюля опытъ былъ оконченъ, когда распустились сѣмядоли. Поверхность представляла 14—15 раздѣденныхъ слѣдовъ въ $\frac{1}{2}$ милл. и болѣе ширины, болшею частью прямыхъ и рѣзко ограниченныхъ, мѣстами съ легкой окраиной изъ вытравленныхъ слѣдовъ корневыхъ волосковъ, однако слабѣе чѣмъ на мраморѣ.

6) *Tropaeolum majus*: сѣмена посажены 13 іюля, 28-го растенія распустили свои первичные листья и были вынуты изъ горшка: на полированной поверхности было видне 8—9 корневыхъ слѣдовъ въ 2—4 стм. длины и $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ милл. ширины, различной глубины и рѣзко ограниченные, какъ бы вытравленные, съ явственными изображениями придаточныхъ корней.

С. Магнетитъ изъ Франкенштейна, чисто бѣлый, плотный, тяжелый, отполированный съ одной поверхности.

7) *Cucurbita Pepo*: 3 іюля посажены, вынуты 13-го, когда распустились позелѣвшія сѣмядоли. Можно было видѣть 11—12 раздѣденныхъ корнями линий, которыя однако были гораздо менѣе рѣзки и явственны, чѣмъ у предыдущихъ. Аморфная масса породы не давала возможности кислому соку прикасающихся къ ней корней останавливаться на одномъ мѣстѣ, отъ чего должна была теряться рѣзкость изображенія.

Д. Остеолитъ (землистый апатитъ, главнымъ образомъ трехосновная фосфорнокислая известь) бѣлый, мѣловидный, плотный, аморфный; гладко вытертый бумагой.

8) *Phaseolus multiflorus*: Сѣмена были посажены 26 іюня, вынуты 13-го іюля. На матовоблестящей поверхности, поставленной косвенно къ свѣту, можно было видѣть 4, достаточно замѣтныя, раздѣденныя линіи: онѣ имѣли видъ дурно очерченныхъ шероховатостей около 1 милл. ширины, нѣсколько стм. длины. Очевидно, что здѣсь, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, незначительная рѣзкость изображенія была слѣдствіемъ недостаточной политуры и также того, что аморфная масса была насквозь смочена водой, вслѣдствіе чего кислый корневой сокъ расплылся и проникалъ въ поры камня.

Е. Гипсъ. Преніе опыты съ гладкою поверхностію, получасомъ раскалываніемъ кристалловъ гипса, не дали раздѣденныхъ мѣстъ и вообще не обнаружили замѣтнаго измѣненія. Точно также остались безъ успѣха опыты, произведенные съ алебастромъ въ 1864 г. Напротивъ того, отличный гипсъ представилъ интересное явленіе, замѣченное мною уже въ 1859 г. Выливая свѣжій, смѣшанный съ водой, обожженный гипсъ на стеклянные пластинки (въ бумажное кольцо), я получилъ нѣсколько кружковъ, которые съ одной стороны (со стороны стекла) были блестящими, какъ бы отполированными. Они были положены на дно цвѣточныхъ горшковъ гладкой поверхностію вверхъ, и въ песокъ, насыпанный на нихъ, были посажены *Mais*, *Tropaeolum majus* и *Phaseolus*. Если вынуть пластинки спустя 6—8 недѣль, то получается обратное тому, что происходитъ съ мраморомъ и доломитомъ. Именно замѣчаютъ, что гладкая гипсовая поверхность, тамъ гдѣ она не прикасается съ корнями, очень шероховата, раздѣдена; напротивъ того, мѣста въ которыхъ корни плотно прилегаютъ къ гипсу, оставались гладкими и блестящими. Это доходитъ до того что иногда корневые побѣги на гипсовой пластинкѣ имѣютъ видъ возвышеній, между которыми находятся углубленныя шероховатая мѣста. Это обстоятельство легко объяснить: вода, пропитывающая почву, растворяетъ гипсъ довольно сильно и разноситъ его по почвѣ. Но мѣста, къ которымъ корни плотно прилегаютъ, защищены отъ свободнаго доступа воды и не подвергаются ея дѣйствію; потому что поверхности корней не въ состояніи растворять сѣрнокислую соль и такимъ образомъ эти мѣста остаются неизмѣненными.

Г. Опыты со стеклянными пластинками, покрытыми отвердѣвшимъ растворимымъ стекломъ и поставленными перпендикулярно къ направленію корней, до сихъ поръ оставались безъ успѣха; точно также я не могъ замѣтить раздѣданій на стеклянныхъ кружкахъ.

Заслуживаютъ здѣсь упоминанія известковые кружки, которые, по указанію профессора Шимпера ¹⁾, часто встрѣчаются во многихъ швейцарскихъ озерахъ и поверхность которыхъ покрыта глубокими и многочисленными дырами, такъ что они иногда принимаютъ видъ губки. Эти дыры происходятъ подъ вліяніемъ водоросли *Euaetis calcivora*, поселяю-

¹⁾ Flora, 1864, стр. 509.

щейся на камняхъ и растворяющей выдѣленіемъ кислоты (углекислоты?) сосѣднія части камня. При неполнотѣ указаній, сдѣланныхъ Шимперомъ, нельзя навѣрное рѣшить, были ли такимъ же образомъ раздѣлены корнями известковые булыжники, имѣвшие желобковидныя углубленія на поверхности и представленные Шимперомъ въ собраніе натуралистовъ въ Гиссенѣ? Точно также мнѣ кажется сомнительнымъ, дѣйствительно ли произведены раздѣлающей дѣятельностью корней весьма схожія съ корневыми побѣгами углубленія на ископаемыхъ черепахахъ и кускахъ костей, какіе я имѣлъ случай видѣть у проф. Шаафгаузена. Напротивъ того не подлежитъ никакому сомнѣнію, что лишай, растущіе на скалахъ, разлагаютъ свою подстилку, выдѣляя углекислоту и можетъ быть разлагаютъ ее съ помощью кислаго сока, сохраняя покрытую ими поверхность породы долгое время влажною.

По Гёпперту ¹⁾ твердая порода горы Цобтенъ размягчена вездѣ, гдѣ ее покрываютъ Асагосрога smaragdula, Imbricaria olivacea и т. д. Гранитъ, слюдяной сланецъ и гипсъ измѣняются въ мягкой каолинъ вслѣдствіе разложенія и отчасти растворенія полевого шпата подъ вліяніемъ лишаяевъ; полевой шпатъ частью совершенно удаляется. Между прицѣпками лишаяевъ остаются затѣмъ только листочки слюды и кварцовыя зерца. Такимъ же образомъ дѣйствуетъ: Imbricaria stygia, encausta, Sphaerophoron fragilis, Biatora polytrona и т. д. на обнаженную породу Schwalbenstein'a на глетчерѣ сѣвовой горы.

§ 54. Какъ для многихъ кустарныхъ лишайниковъ, которые, какъ напр. лишайники Usnea, Ramalina calicaris и др. прикрѣпляются къ сухой корѣ деревьевъ или мертвой древесинѣ съ помощію узкаго прикрѣпляющаго ихъ органа, такъ и для воздушныхъ корней орхидныхъ и нѣкоторыхъ эпифитныхъ аройниковыхъ, возможенъ еще другой способъ принятія составныхъ частей золы, хотя нельзя отрпцать того, что эти растенія, въ мѣстахъ гдѣ они сростаются съ своей подстилкой, могутъ всасывать изъ послѣдней небольшія количества солей. Вся поверхность кустарныхъ лишайниковъ въ сухое время покрывается пылью воздуха. Тонкіе, часто микроскопически-мелкіе, осколки органическихъ и неорганическихъ веществъ пристають къ поверхности растенія и навѣрно столь же близко прикасаются къ ней, какъ земляныя частички къ корневымъ волоскамъ сухопутныхъ растеній. Если пойдетъ случайно дождь, или лишайникъ покроется росой, то ткань лишайника пропитывается водой, клѣточный сокъ проникаетъ чрезъ клѣточную оболочку поверхности и приходитъ въ прикосновеніе съ налетѣвшею пылью. Все, что есть въ веществѣ послѣдней растворимаго въ водѣ, или клѣточномъ сокѣ, все это растворяется въ тонкомъ слоѣ жидкости, покрывающемъ поверхность всасывающей ткани и передается внутреннимъ частямъ растенія.

Совершенно то же самое можетъ происходить съ воздушными корнями орхидныхъ, снабженными покровомъ, и этому нисколько не мѣшаетъ то обстоятельство, что клѣточки этого покрова содержатъ не сокъ, а воздухъ. Принятіе питательныхъ веществъ извнѣ можетъ произойти, если вещество клѣточныхъ стѣнокъ пропитается водой, и сверхъ того можетъ быть кислымъ сокомъ, доставляемымъ внутреннею тканью корня; кромѣ этого воздухъ, заключенный въ клѣточкахъ покрова, всегда содержитъ углекислоту, такъ что и здѣсь пыль собравшаяся на поверхности растворится и будетъ диффундировать далѣе по веществу клѣточныхъ оболочекъ покрова, пока не встрѣтится во внутренней ткани съ сокомъ живыхъ клѣтокъ. Эпифитныя орхидныя и аройниковыя тропическихъ странъ могутъ однако также непосредственно получать растворенныя вещества, когда роса и дождь, обмывая листья дерева, растворяютъ частицы ошавшей пыли и вмѣстѣ съ азотнокислыми и аммоніакальными соединеніями атмосферы, достигаютъ поверхности корней.

¹⁾ Вѣ 37 Jahresber. der schles. Ges. f. vaterl. Cult. Breslau, 1859.

Сказанное здѣсь имѣть значеніе не доказаннаго факта, а скорѣе попытку объяснить способъ принятія составныхъ частей золы названными растеніями. Надо сравнить: Lusa о золѣ эпифитныхъ въ *Comptes rendus*, 1861, стр. 244 и Cloth о золѣ лишайниковъ: *Flora* 1861, № 34.

§ 55. Типическими и характерными примѣтами принятія извнѣ органическихъ веществъ служатъ, питающіеся бѣлкомъ проростки и настоящія чужеядныя растенія. Но мы до сихъ поръ не знаемъ съ точностью процессовъ, совершающихся въ этихъ случаяхъ. Извѣстно только, что запасныя вещества бѣлка принимаются всасывающими поверхностями зародыша, никогда не срастающагося съ бѣлкомъ, и что присоски (*Haustorien*) безъ хлорофилльныхъ чужеядныхъ извлекаютъ всѣ свои органическія вещества изъ ткани питающаго ихъ растенія. Очевидно, что такое питаніе можетъ происходить только вслѣдствіе диффузіи растворенныхъ веществъ, но такъ какъ многія изъ самыхъ веществъ бѣлка или питающаго растенія не растворимы ни въ водѣ, ни въ клѣточномъ соктѣ (клѣтковина, крахмалъ, жиры), то они должны сначала перейти въ растворимое состояніе.

Принятіе органическихъ, даже организованныхъ веществъ, представляетъ тутъ подобныя явленія, какъ принятіе корнями поглощенныхъ и кристаллизованныхъ неорганическихъ веществъ изъ почвы. Болѣе извѣстныя явленія разсматриваемаго рода питанія явственно указываютъ на то, что растворяющая сила и здѣсь исходитъ отъ воспринимающаго органа. Вѣроятно всасывающій органъ зародыша или присасывающіеся органы (*Haustoria*) паразита, выдѣляютъ вещество, которое въ первомъ случаѣ распространяется въ окружающемъ бѣлкѣ, во второмъ — въ ткани питающаго растенія; вслѣдствіе чего вещества, которыя должны быть усвоены растеніемъ, дѣлаются растворимыми и способными диффундировать.

Если прорастающая нить *Peronospor'ы* ¹⁾ пробуравливаетъ пленку (*cuticula*) и клѣточную оболочку питающаго листа, и проникаетъ во внутрь клѣточки эпидермиса, если различныя нити грибовъ пролагаютъ каналы ²⁾ въ веществѣ гнѣющаго дерева или врастаютъ въ зерна крахмала, то эти явленія нельзя объяснить иначе, какъ тѣмъ, что клѣточная оболочка этихъ грибныхъ нитей пропитана жидкостью, которая выступаетъ на поверхности клѣточекъ въ видѣ весьма тонкаго слоя и растворяетъ названныя организованныя образованія въ мѣстахъ прикосновенія. Въ пользу этого предположенія особенно говоритъ то обстоятельство, что раствореніе въ этихъ случаяхъ строго соотвѣтствуетъ мѣсту прикосновенія.

Подобно упомянутымъ грибнымъ нитямъ, по указанію Негели, дѣйствуетъ на окружающія клѣточные оболочки и пыльцевая трубочка, растущая внизъ чрезъ проводящую ткань столбика.

Всасывающій органъ сѣмядоли прорастающаго финика, остающійся въ бѣлкѣ, вначалѣ бываетъ очень малъ и окруженъ ³⁾ твердой тканью роговаго бѣлка, но несмотря на свою нѣжную, мягкую структуру, этотъ органъ распространяется въ бѣлкѣ, и если послѣдній наконецъ поглощается, то всасывающій органъ выполняетъ всю полость сѣмени; этотъ растущій, всасывающій органъ одѣтъ нѣжнымъ эпителиемъ; по всей его окружности твердый бѣлокъ размягчается,

¹⁾ De Bary: Recherches sur le développement de quelques champignons parasites въ *Ann. des sc. nat.* 4 série, t. XX, № 1.

²⁾ Schacht: *Jahrbücher f. wiss. Botanik*, III, 442.

³⁾ J. Sachs: *Keimungsgeschichte der Dattel*. *Bot. Zeitg.* 1861, стр. 241.

всасывается и отступаетъ все далѣе и далѣе по мѣрѣ увеличенія поверхности всасывающаго органа. Я показалъ, что твердая роговая клѣтковина слоевъ утолщенія бѣлка размягчается и всасывается эпителиемъ всасывающаго органа, что только самый наружный слой клѣточекъ бѣлка (первичный слой оболочки) противостоитъ всасыванію и растворенію, и что они всѣ вмѣстѣ сдавливаются и отодвигаются разрастающеюся поверхностью эпителия. Одновременно съ этимъ процессомъ происходитъ поступленіе во всасывающій органъ зернистой протоплазмы и жирнаго масла изъ клѣточекъ бѣлка.

Всѣ эти явленія становятся понятными только при томъ предположеніи, что отъ наружной поверхности всасывающаго органа диффундируетъ въ окружающія клѣточки бѣлка вещество, размягчающее эти клѣточки на незначительномъ пространствѣ и, наконецъ, ихъ растворяющее. Огромное количество сахара, постоянно находимое во всасывающемъ органѣ во время его дѣятельности, очевидно, составляетъ одинъ изъ продуктовъ, происходящихъ при раствореніи клѣточныхъ оболочекъ бѣлка и переходящихъ въ зародышъ.

Всасывающій органъ злаковъ ¹⁾ (scutellum), остающійся въ сѣмени, сохраняетъ свою первоначальную величину, не вросаетъ внутрь сѣменной полости и не вытѣсняетъ бѣлка, но, несмотря на это, послѣдній вполнѣ истощается. Тонкія клѣточные оболочки остаются нетронутыми, растворяются же только заключающіеся въ бѣлкѣ крахмалъ и протоплазма, причемъ растворяющая дѣятельность распространяется въ сѣмени отъ всасывающаго эпителия щитка все далѣе и далѣе до тѣхъ поръ, пока не останется одна только истощенная клѣточная ткань бѣлка.

У зародыша *Ricinus* и обыкновеннаго лука изъ сѣмени выступаютъ всѣ части кромѣ всасывающихъ органовъ; у перваго остаются въ сѣмени только обѣ листовидныя сѣмядоли, у послѣдняго только вершина перваго листоваго органа. Въ обоихъ случаяхъ жиръ, изобилующій въ бѣлкѣ и азотистое вещество, переходятъ во всасывающую поверхность и жиръ является въ видѣ капель даже въ отдаленныхъ частяхъ зародыша.

Нѣтъ сомнѣнія, что всѣ эти вещества переходятъ изъ бѣлковой ткани во всасывающія части зародыша и такъ какъ этотъ переходъ, это всасываніе, идетъ совершенно равномернo съ развитіемъ зародыша, то причину къ движенію запасныхъ веществъ и растворенію твердыхъ веществъ бѣлка, слѣдуетъ безъ сомнѣнія искать въ самомъ зародышѣ.

Нѣтъ причинъ не предполагать существованія совершенно подобнаго процесса у явнoбрачныхъ чужеядныхъ растеній.

Если обратить вниманіе на то, какимъ образомъ исчезаютъ зерна крахмала только изъ тѣхъ клѣточекъ коры питающаго растенія, которыя расположены въ сосѣдствѣ съ всасывающими корнями *Cuscuta*, то это явленіе напоминаетъ раствореніе крахмала въ бѣлкѣ злаковъ подѣ влияніемъ всасывающаго щитка, слѣдовательно и здѣсь самое простое объясненіе слѣдуетъ искать въ растворяющей дѣятельности всасывающаго корня. Нерастворимыя вещества, служащія для питанія зародыша и чужеяднаго растенія, когда растворяются, обуславливаютъ происхожденіе тока, диффундирующаго къ всасывающимъ органамъ, потому что всасывающій органъ передаетъ эти вещества сосѣднимъ тканямъ зародыша, гдѣ

¹⁾ Sachs: Zur Keimungsgeschichte der Gräser: *ibidem*, стр. 145.

они потребляются для образованія органовъ (кѣлочной оболочки и протоплазмы); вслѣдствіе этого постоянно нарушается молекулярное равновѣсіе веществъ, способныхъ къ диффузіи; всасывающій органъ постоянно теряетъ съ одной стороны то, что съ другой принялъ, и такимъ образомъ должно существовать постоянное движеніе растворенныхъ частицъ изъ окружающей питающей ткани къ всасывающей поверхности.

Допустивъ, что всасывающія поверхности зародыша и паразитовъ, при помощи растворяющихъ веществъ, въ состояніи заставить сосѣднія ткани уступать заключенныя въ нихъ вещества, мы должны принять, что этотъ же самый процессъ при извѣстныхъ условіяхъ можетъ происходить и тогда, когда корни растенія распространяются между другими, живыми или мертвыми растеніями. Корни въ такихъ случаяхъ не ждутъ, пока процессъ гніенія разложитъ черноземныя части на гумусово-кислыя соли, углекислоту и т. д., но вѣроятно сами въ состояніи растворять органическія вещества.

Только при такомъ предположеніи можно объяснить, иначе необъяснимый способъ питанія *Neottia nidus avis*, *Monotropa* и другихъ непаразитовъ, не содержащихъ въ себѣ хлорофилла и растущихъ исключительно на опавшей листвѣ и вообще на растительныхъ остаткахъ.

Это предположеніе слѣдуетъ имѣть также въ виду при объясненіи причинъ, которыми обуславливается у столь многихъ растеній исключительный ростъ ихъ на торфѣ, или вересковой землѣ, или же вообще развивающихся услѣдствіемъ на почвѣ, въ которой постоянно разлагаются свѣжіе растительные и животныя остатки (напр. въ хорошей садовой землѣ), тогда какъ старый черноземъ питать ихъ не можетъ.

Точно въ такомъ же отношеніи, какъ зародышъ къ своему бѣлку, находится и почка къ производящему ее органу. Когда распускается почка въ луковицѣ *Allium Сера*, то она всасываетъ растворенныя вещества луковичныхъ чешуй. У тюльпана и гіацинта крахмальныя зерна луковичныхъ чешуй должны сначала раствориться и превратиться въ сахаръ, прежде чѣмъ они могутъ перейти въ растущія части. То же самое происходитъ и съ крахмальными зёрнами картофеля, т. е. они должны раствориться прежде перехода ихъ въ развивающіяся почки; но если почка вынута или умерла, то растворенія и перехода запасныхъ веществъ не замѣчается, напротивъ, если почка живая то этотъ процессъ идетъ сообразно съ ростомъ послѣдней. Изъ этого очевидно слѣдуетъ, что почка во время своего распусканія оказываетъ вліяніе на ткань клубня шишки или луковицы, что она производитъ растворяющее дѣйствіе и что самый ростъ ея составляетъ причину перехода крахмала (въ растворенномъ состояніи, въ видѣ сахара и т. д.).

Вѣроятно подобное же дѣйствіе оказываетъ и всякая почка на производящій ее стебель, содержащій питательныя вещества.

Это вліяніе развивающейся почки на производящую часть растенія простирается не только на органическія вещества, но и на неорганическія основанія и кислоты. Одновременно съ переходомъ сахара, крахмала и бѣлковыхъ веществъ изъ сѣмядолей боба и клубней картофеля, переходитъ въ почку и корешокъ часть неорганическихъ веществъ, для того чтобы во вновь образующихся кѣлочкахъ перейдти на время въ другія формы и другія соединенія.

Такимъ образомъ мы пришли наконецъ къ разсмотрѣнью распредѣленія веществъ въ растеніи и ихъ отношенія къ его развитію. Но касательно этого предмета мы не будемъ входить здѣсь въ подробности, потому что на разсмотрѣніе ассимилированныхъ веществъ, особенно тѣхъ, которыя потребляются во время роста растенія (углеводовъ, жировъ, бѣлковыхъ веществъ) будетъ посвящена особая глава. Касательно же распредѣленія составныхъ частей зола при развитіи растенія, на основаніи произведенныхъ по этому предмету опытовъ, едва ли можно сказать что либо имѣющее общее научное значеніе, такъ какъ эта часть науки еще не подвинулась дальше отдѣльныхъ, хотя иногда очень важныхъ фактовъ; чтобы привести здѣсь то, что извѣстно, пришлось бы цитировать отдѣльные факты, чего нельзя сдѣлать по недостатку мѣста.

Согласно плану этой книги достаточно привести литературу.

Th. de Saussure: Recherches chimiques sur la végét. 1804. Chap. IX; перев. Voigt, стр. 261 ff.

Rochleder: Chemie und Physiol. der Pfl. 1858, стр. 120 ff.

Самая лучшая и самая важная работа принадлежитъ Рудольфу Арендту: Das Wachstum der Haferpflanze. Leipzig, 1859.

Darbe Garreau: Recherches sur la distribution des minerales fixes dans les divers organes des plantes. Ann. des sc. nat. 1860, стр. 145 ff.

Anderson у Либиха: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie 1865 II, стр. 20 ff.

Различныя статьи въ журналѣ «Die landwirthsch. Versuchstationen» Dresden.

VI.

ДВИЖЕНІЕ ВОДЫ.

Седьмой отдѣлъ.

Движеніе воды въ растеніи.

§ 56. Всѣ безъ исключенія растенія для своего существованія нуждаются въ водѣ; она доставляетъ водородъ для образованія ассимилированныхъ веществъ, сама входитъ въ составъ многихъ соединеній, есть общій растворитель и условіе всѣхъ токовъ, диффундирующихъ изъ одного элементарнаго органа въ другой. Кромѣ того, всѣ живыя организованныя образованія: клѣточная оболочка, протоплазма, ядро, зерна хлорофилла, и др., пропитаны водой, отчасти необходимой для ихъ молекулярнаго строенія; полости живыхъ клѣтокъ должны для поддержанія ткани въ состояніи напряженія и способности къ отравленіямъ, содержать столько водянистаго сока, чтобъ стѣнки клѣточекъ удерживались въ достаточномъ напряженіи.

Воду, необходимую всѣмъ растеніямъ для этихъ различныхъ цѣлей, можно назвать вегетативною водою (Vegetationswasser); она нерѣдко составляетъ большую часть вѣса ¹⁾ живаго растенія; принятіе ее извнѣ происходитъ медленно по мѣрѣ того, какъ этого требуютъ процессъ ассимиляціи и увеличеніе объема растущихъ тканей. Силы, проводящія воду изъ окружающей среды въ растенія, распредѣляющія и распространяющія ее въ немъ, обусловливаются способностью органическихъ образованій пропитываться водою п эндосмотическимъ дѣйствіемъ веществъ, растворимыхъ въ клѣточномъ сокѣ.

Для растеній, растущихъ подъ водой, для эндофитовъ и растеній, живущихъ подъ землей, можно допустить безъ значительной ошибки, что они довольствуются собственно этою вегетативною водою. У нѣкоторыхъ сухонутныхъ и воздушныхъ растеній, организація такъ приспособлена, что вегетативная вода удерживается отъ испаренія внутри ткани съ большою силою и надолго, вслѣдствіе чего эти растенія не нуждаются въ быстрой замѣнѣ; таковы напримѣръ стапеліи и

¹⁾ У водныхъ растеній нерѣдко болѣе $\frac{1}{10}$ вѣса живаго растенія.

кактусы, приспособленные къ жизни въ сухихъ пустыняхъ, и эпифитныя орхидныя, которыя въ силу образа жизни не могутъ принимать большихъ количествъ воды, но зато и теряютъ ее черезъ испареніе весьма медленно. Но даже въ тѣхъ случаяхъ, когда нѣтъ значительнаго испаренія и быстрой замѣны воды извнѣ, все-таки въ клѣточкахъ и тканяхъ будетъ движеніе воды, потому что вода, необходимая для химическихъ процессовъ и построенія тканей въ какой либо части, будетъ диффундировать къ этимъ мѣстамъ изъ окружающихъ частей, какъ это ясно доказываютъ картофель, клубни георгины, луковицы и друг. сочныя части, накаплиющія въ себѣ запасныя вещества и развивающія свои почки въ сухой средѣ; здѣсь, помѣрѣ того какъ вода переходитъ въ растущіе органы, ткань болѣе старая становится бѣдна водою и вяла. То же самое происходитъ въ срубленныхъ деревьяхъ, почки которыхъ часто образуютъ довольно сильныя побѣги, получающіе изъ древесины и коры не только ассимилированныя вещества, но и воду.

Всѣ эти движенія вегетативной воды, связанныя съ процессами организаціи, слѣдуютъ извѣстному закону, и опредѣленные количества воды двигаются по разнообразнымъ тканямъ, то внизъ, то вверхъ, то въ сторону, смотря по потребности растущихъ корней и почекъ. Но всѣ эти движенія воды медленны и не очень изобильны; скорость движенія измѣняется скоростью роста, а изобиліе пропорціонально объему образующейся растительной части, всасывающей свою вегетативную воду изъ сосѣдняго органа.

Если обратимся къ растеніямъ, листья которыхъ снабжены значительною поверхностью и нѣжнаго строенія, то они подъ вліяніемъ тепла и свѣта испаряютъ въ короткое время большой объемъ воды, вслѣдствіе чего къ движеніямъ вегетативной воды присоединяется еще другое, гораздо болѣе обильное и быстрое движеніе; потому что потеря, происходящая въ листьяхъ, должна пополняться принятіемъ равнаго же объема воды корнями,—иначе увяли бы ткани и вегетативная вода ихъ начала бы испаряться. Кромѣ того вода, принятая для пополненія потери, должна притекать къ испаряющимъ клѣточкамъ листа чрезъ стволъ и черешокъ съ достаточной скоростью.

Если подобныя растенія при сухомъ воздухѣ и сильномъ освѣщеніи, несмотря на сильное испареніе листьями, все-таки находятся въ роскошномъ состояніи, то это возможно только въ томъ случаѣ когда корни столько же всасываютъ воды и проводятъ чрезъ стебель, сколько теряютъ листья. Самое простое наблюденіе показываетъ, что количество воды, проходящей такимъ образомъ чрезъ растеніе, можетъ въ короткое время превышать въ нѣсколько разъ объемъ и вѣсъ цѣлаго растенія. Этотъ водяной токъ, проходящій чрезъ древесину, не можетъ сравниться съ медленными движеніями, происходящими одновременно въ томъ же самомъ растеніи по разнообразнѣйшимъ направленіямъ. Массы воды, всасываемыя поверхностью корней сильно испаряющаго растенія, сливаются въ болѣе толстыхъ корняхъ, подобно тому, какъ системы ручейковъ сливаются въ болѣе значительныя рѣчки; токи эти, въ главномъ стволѣ соединяются въ общій токъ, распадающійся потомъ снова въ вѣтвяхъ, вѣточкахъ, черешкахъ листьевъ, въ тончайшихъ листовыхъ нервахъ и наконецъ испаряющійся; объемы такихъ водяныхъ массъ въ нѣсколько дней перѣдко достигаютъ отъ 10-ти до 100-кратнаго объема всего растенія.

Эти явленія, не замѣтныя сами по себѣ, легко могутъ быть доказаны и будутъ ближе разсмотрѣны въ нижеслѣдующемъ, какъ «теченіе воды въ растеніяхъ» (Wasserstrom), причемъ особенное вниманіе будетъ обращено на изученіе силъ, заставляющихъ воду входить въ корень и причинъ, обуславливающихъ поднятіе воды иногда на очень значительную высоту; далѣе будетъ разсмотрѣна зависимость испаренія отъ внѣшнихъ условій и, наконецъ, совокупное дѣйствіе этихъ силъ во время вегетаціи, вслѣдствіе чего происходятъ различныя состоянія растенія. Силы, проводящія воду въ растенія и отнимающія ее у послѣднихъ, въ высшей степени независимы другъ отъ друга и ткань переполняется или опоражнивается, смотря потому, которая изъ этихъ силъ беретъ перевѣсъ.

а. Поднятіе воды дѣятельностью корня.

§ 57. Корни всасываютъ окружающую ихъ воду или почвенную влагу посредствомъ пропитыванія клѣточныхъ стѣнокъ и въ силу эндосмотическаго дѣйствія веществъ, растворенныхъ въ клѣточномъ сокѣ, до тѣхъ поръ, пока ткани растенія не наполнятся водою на столько, что дальнѣйшее всасываніе становится невозможнымъ. Если такъ обр. принятая вода получаетъ какой либо стокъ — будетъ ли онъ происходить отъ испаренія, отъ выступанія каплями въ особенныхъ мѣстахъ, или отъ поврежденія проводящихъ слоевъ древесины, то всасывающая дѣятельность корней можетъ проявиться снова.

Самымъ простымъ и яснымъ примѣромъ послужитъ намъ деревянистое растеніе, лишенное листьевъ. Если допустимъ, что оно во всѣхъ частяхъ своихъ наполнено водою, то дальнѣйшее всасываніе становится невозможнымъ; вода находится въ состояніи покоя, а корень, хотя и имѣетъ стремленіе поглощать воду, не можетъ этого дѣлать, потому что для новаго количества воды нѣтъ свободнаго мѣста.

Если стволъ перерѣзать поперегъ, выше поверхности земли, то изъ перерѣзанныхъ сосудовъ вытекаетъ пѣкоторое количество воды въ томъ случаѣ, когда растеніе снабжено очень дѣятельнымъ корнемъ (виноградная лоза, береза, кленъ); давленіе, существовавшее въ тканяхъ и препятствовавшее всасыванію корнями, теперь уменьшилось и корень можетъ всосать столько воды, сколько вытекло.

Этотъ водяной токъ, направляющійся по корню при перерѣзѣ стебля, вызывается слѣдовательно мгновенно; всасывающіе корни могутъ теперь продолжать принимать воду, потому что ее изъ разрѣза вытекаетъ столько же, сколько поглощается корнемъ. Дѣятельность корня, короче сказать сила корня, до поврежденія находилась въ состояніи напряженія, а послѣ поврежденія она превращается въ живую силу. Какъ велико должно быть это напряженіе до поврежденія, т. е. какое сопротивленіе давленію корня должны были противопоставить наполненныя ткани для сохраненія равновѣсія, обнаруживается нагляднымъ образомъ, если мы мѣсто разрѣза, изъ котораго происходитъ истеченіе, подвергнемъ снаружи давленію, которое будемъ усиливать до тѣхъ поръ, пока не прекратится всякое дальнѣйшее истеченіе и, слѣдовательно, пока корень не прекратитъ всасываніе воды и проведеніе ее вверхъ. Это давленіе, уравнивающее силу корня, очень различно, смотря по природѣ и состоянію растенія; оно измѣняется отъ нѣсколькихъ дюймовъ высоты ртутнаго столба до давленія, гораздо большаго одной атмосферы; манометрическая трубка, наполненная ртутью и прикрѣ-

пленная къ поперечному разрѣзу, замѣняетъ собою срѣзанную вершину растенія; какъ скоро положеніе ртутнаго столба въ трубкѣ достигнетъ извѣстной степени давленія, истеченіе изъ разрѣза древесныи прекращается, корень перестаетъ всасывать воду, его живая сила переходитъ снова въ силу напряженія, какъ было вначалѣ, до поврежденія растенія. Положеніе ртутнаго столба показываетъ, какому давленію бывають подвергнуты во время опыта соки внутри растенія.

Для того чтобъ составить себѣ вообще понятіе о внутреннемъ состояніи растенія до пораненія, стоитъ только давленіе ртутнаго столба замѣнить упругостью напряженныхъ клѣточныхъ стѣнокъ.

Дѣятельность корня, которую я назвалъ силою корня, есть результатъ совокупнаго дѣйствія болѣе простыхъ силъ, зависящихъ отъ состоянія организаціи растенія, отъ температуры, отъ окружающей жидкости и отъ періодически мѣняющихся неизвѣстныхъ обстоятельствъ.

Давленіе, существующее внутри растенія, колеблется такимъ образомъ сообразно съ этими вліяніями, точно также какъ колеблется положеніе ртути въ манометрѣ, укрѣпленномъ на корнѣ. Если на вершинѣ растенія существуетъ испаряющая поверхность, то при постоянной дѣятельности корня, напряженіе внутри растенія уменьшается съ увеличеніемъ испаренія, и на оборотъ.

Поэтому, если на одной вѣтви растенія укрѣпить манометръ, тогда какъ другая вѣтка производитъ испареніе, или будучи перерѣзана, допускаетъ истеченіе сока, то положеніе ртути въ манометрѣ выразитъ давленіе, существующее въ растеніи и, въ простѣйшемъ случаѣ пропорціональное излишку скорости всасыванія корнемъ надъ скоростью опораживанія вслѣдствіе испаренія листьями; слѣдовательно, колебанія ртутнаго столба въ этомъ случаѣ составляютъ результатъ то колебанія одной дѣятельности корня или испаренія, то одновременно обоихъ ихъ вмѣстѣ.

Положеніе ртути въ манометрѣ не можетъ, безъ замѣтной ошибки, выражать силу корня въ томъ случаѣ, когда между всасывающимъ корнемъ и разрѣзомъ, на которомъ прикрѣпленъ манометръ, находится значительная часть стебля, потому что въ этомъ случаѣ корень, кромѣ давленія ртути манометра, долженъ уравновѣшивать еще другое давленіе; именно вода, находящаяся въ стеблѣ, собственною тяжестью давитъ внизъ и это давленіе пропорціонально высотѣ водянаго столба, слѣдовательно пропорціонально почти вертикальному разстоянію между всасывающимъ корнемъ и мѣстомъ прикрѣпленія манометра. Чтобы получить истинную силу корня, слѣдуетъ, оставляя въ сторонѣ другія обстоятельства, давленіе, производимое ртутью въ манометрѣ, увеличить давленіемъ этого послѣдняго столба сока. Согласно съ этимъ, высота ртути въ манометрахъ, укрѣпленныхъ на различныхъ высотахъ, будетъ тѣмъ незначительнѣе, чѣмъ выше они прикрѣплены; изъ этого слѣдуетъ, что и ткани на различныхъ высотахъ, претерпѣвають тѣмъ меньшее давленіе со стороны корня, чѣмъ выше они находятся ¹⁾.

¹⁾ Вücke: Pogg. Ann. 63, 1844; Hofmeister: Flora, 1862, стр. 118. По мнѣнію послѣдняго измѣненіе въ положеніи ртути манометра замедляется вслѣдствіе трудности движенія воды по древеснѣ (виноградная лоза). Изъ предъидущаго также ясно, почему ртуть опускается, когда вслѣдствіе перерѣза истекаетъ сокомъ выше лежащая вѣтвь (Hales: Statical essays 38. Experiment).

Если вершина стебля находится на такомъ разстояніи отъ корня, что столбъ сока въ стволѣ растенія уже одинъ въ состояніи уравнивать силу корня, то манометръ, поставленный въ этомъ мѣстѣ, не будетъ претерпѣвать никакого давленія; если же вершина растенія находится еще выше, то сила корня уже не оказываетъ болѣе на эти верхушечныя части растенія никакого вліянія, и эти послѣднія сами должны всасывать необходимую для нихъ воду изъ частей лежащихъ ниже.

Если мы примемъ силу корня достаточною для поднятія столба сока, напр. на 10 футовъ вышины, а растеніе будетъ только въ 6 футовъ, то, оставивъ въ сторонѣ всѣ побочныя обстоятельства, излишекъ силы корня, который былъ бы въ состояніи поднять столбъ сока еще на 4 фута, останется въ видѣ силы напряженія.

Растеніе въ такомъ состояніи можно приблизительно сравнить съ эластической, замкнутой сверху трубкой, въ которую по направленію снизу вверхъ вдавливается вода посредствомъ нагнетательнаго насоса. Когда трубка наполнена водою и упругость и плотность ея стѣнокъ уравниваютъ силу нагнетательнаго насоса, то каждая точка стѣнки трубки претерпѣваетъ давленіе, равное давленію нагнетательнаго насоса, уменьшенное на высоту воднаго столба, соответствующую положенію рассматриваемой точки.

Предположимъ теперь тотъ случай, что сила корня въ состояніи поднять столбъ сока на высоту 10-ти футовъ, а растеніе будетъ 15-ти фут.; тогда во всѣхъ органахъ, расположенныхъ выше 10-ти футовъ, сила корня не обнаружитъ никакого дѣйствія; органы, лежащіе на высотѣ отъ 10-ти до 15-ти футовъ, должны будутъ сами всасывать необходимую для нихъ воду помощію другихъ силъ, напримѣръ пропитыванія и эндосмоса. Сокъ, находящійся на высотѣ 10-ти футовъ, будетъ служить имъ резервуаромъ, изъ котораго они поднимаютъ воду своими собственными силами еще на высоту 5-ти футовъ.

Самымъ простымъ примѣромъ этого явленія можетъ служить вертикально поставленная трубка, въ которую вталкивается снизу вода до высоты 10-ти футовъ; далѣе на уровнѣ 10-ти фут. представимъ себѣ всасывающій насосъ, поднимающій воду на 5 футовъ выше.

Самая большая высота, замѣченная Галесомъ (Hales), до которой силою корня поднимается сокъ, была 36 футовъ.

По Жамэну (Jamin), способность пропитыванія древесныи можетъ уравнивать давленіе 4 — 6 атмосферъ, т. е. вода въ состояніи подняться посредствомъ пропитыванія на высоту 150—180 футовъ. Такимъ образомъ помощію обонхъ этихъ силъ вода въ состояніи подниматься до вершины дерева на высоту около 200-тъ футовъ, что совершенно достаточно для всѣхъ растеній.

Нѣтъ никакого основанія не допустить того, что корни могутъ поднимать воду и выше 36-ти футовъ, и что они, слѣдовательно, могутъ обнаружить гораздо большую дѣятельность.

Сила давленія въ 36 футовъ была наблюдаема на виноградной лозѣ; у деревьевъ же, достигающихъ высоты 150 — 200 футовъ, сила корня, можетъ быть, соответственно больше.

Истеченіе сока изъ срѣзанныхъ, укоренившихся стволовъ (Bluten), рассматривалось часто за особенность незначительнаго числа растеній, причѣмъ думали, что это явленіе замѣчается только

веспою. Но уже наблюденія надъ лѣнами тропическихъ странъ, дающими обильный сокъ, добываніе пальмоваго сока изъ пораненныхъ стволовъ, добываніе сока Агавы и т. д. показываютъ, что это явленіе очень распространено и не находится въ связи съ опредѣленнымъ временемъ года.

Гомейстеръ показалъ, что многолѣтнія травянистыя растенія и травянистыя породы нашихъ странъ могутъ истекать сокомъ во всякое время.

Когда у растеній, богатыхъ листьями, не замѣчается истеченія сока, а напротивъ того, замѣчается недостатокъ воды въ его тканяхъ, проявляющійся въ поглощеніи воды всѣми пораненными мѣстами, то изъ этого не слѣдуетъ, чтобы у этихъ растеній въ данное время не существовало силы корня; это объясняется тѣмъ, что масса воды, доставляемая растенію, меньше потери, происходящей отъ испаренія, вслѣдствіе чего само собой является недостатокъ воды въ тканяхъ.

Если къ корню перерѣзаннаго растенія, покрытаго листьями, приставить манометръ, то въ этомъ случаѣ, если ткань бѣдна водою вслѣдствіе испаренія, вода первоначально можетъ всасываться изъ манометра, но потомъ, при полномъ насыщеніи ткани водою, масса принятой корнемъ воды начинаетъ проталкиваться силою корня вверхъ, и съ этихъ поръ только возможно измѣреніе силы корня; это обстоятельство всегда должно брать въ расчетъ тамъ, гдѣ опытоу хотятъ доказать существованіе силы корня.

Сосудъ, въ который вода притекаетъ и въ тоже время истекаетъ, можетъ быть пустымъ не потому только, что прекратился притокъ, но и потому, что стокъ превышаетъ притокъ.

а) Объемы сока, истекающаго изъ шейки корня естественно подчиняются колебаніямъ въ дѣятельности корня, смотря по температурѣ, влажности почвы, состоянію организаціи корня и т. д. Слѣдующія данныя имѣютъ цѣлю прежде всего дать приблизительное понятіе о количествѣ этой работы корня.

Согласно показанію Александра Гумбольдта ¹⁾, въ Мексикѣ вырѣзываютъ у *Agava americana* верхушечную почку предъ наступленіемъ удлинненія цвѣточной почки. Въ ранѣ, вырѣзываемой на подобіе чаши, собирается впродолженіи 24 часовъ обыкновенно 200 кубич. дюймовъ сока, изъ нихъ $\frac{2}{3}$ днемъ, $\frac{1}{3}$ ночью; до полудня $\frac{2}{3}$, а $\frac{1}{3}$ послѣ полудня. Очень сильная *Agava* даетъ даже до 375-ти кубическихъ дюймовъ и это продолжается 4—5 мѣсяцевъ, такъ что растеніе всего даетъ до 45—50,000 кубическихъ дюймовъ сока, который послѣ броженія употребляется какъ напитокъ подъ названіемъ «Pulque».

По Саргориусу большая агавы даетъ ежедневно по 8-ми бутылокъ сока впродолженіи 4—5-ти мѣсяцевъ; на второмъ мѣсяцѣ истеченіе сока самое сильное, а самый сокъ мутенъ подобно сывороткѣ.

Адамсъ получилъ изъ пня перерѣзанной *Rosa rubiflora* втеченіи 40 минутъ унцію сока въ июлѣ) и 31 унцію впродолженіи недѣли.

По Шейдену виноградная лоза, срѣзанная на 5 футовъ выше поверхности земли, дала, при поперечникѣ въ $\frac{1}{2}$ дюйма, впродолженіи 7 дней (апрѣль и май) болѣе 9 фунтовъ сока.

Изъ таблицы Гомейстера ⁴⁾ здѣсь приведемъ пока слѣдующія данныя: Изъ срѣзанной части стебля *Urtica urens*, котораго объемъ корня былъ = 1350 кубич. милл., вытекло въ 99 часовъ 3025 к. милл. сока; изъ другаго экземпляра, при объемѣ корня въ 1450 к. милл., онъ получилъ въ 39 $\frac{1}{2}$ часовъ 11260 куб. милл. сока; *Solanum nigrum* дала изъ пня въ 1900 куб. милл. впродолженіи 65-ти часовъ, 4275 к. милл. сока; *Phaseolus multiflorus* при объемѣ въ 2300 к. милл. дала въ 49 час. 3630 кубическихъ милл. сока; *Brassica oleracea* при объемѣ въ 1100 к. милл. дала 2210 к. милл. жидкости въ 76 часовъ; *Helianthus annuus* въ 3370 к. милл. дала 5830 к. милл. въ 145 часовъ.

Мои наблюденія, сообщенныя Гомейстеромъ (l. c.), дали гораздо большія количества истекающей жидкости для *Solanum tuberosum*, *Helianthus annuus* и *Silybum marianum*; къ сожалѣнію, я упустилъ изъ вида измѣреніе объема корня.

Всѣ эти данныя показываютъ, что вытекающая изъ растенія вода превышаетъ объемъ истекающей части и что, слѣдовательно, впродолженіи наблюденія, вода поступала чрезъ корни, т. е. су-

¹⁾ Neu-Mexico и т. д. Buch IV. Cap. IX. и Meyen Phisol. II. 85.

²⁾ Mexico, стр. 37 и стр. 283.

³⁾ U De Candolle Physiol. (Origin.). 1, стр. 91.

⁴⁾ Flora 1862 г.

дѣствовать постоянный водяной токъ, проходившій по корню и нижней части стебля до поперечнаго разрѣза.

б) Величина силы корня и ея измѣненія измѣряются со времени Галеса посредствомъ манометра, форма котораго представлена на фиг. 21-й. Пространства *a* и *b* въ первомъ и во второмъ колѣнѣ наполняются водою, для того чтобъ небыло поглощенія кислорода изъ воздуха, что должно производить колебанія въ давленіи; сила корня измѣряется ртутнымъ столбомъ отъ поверхности *b* до поверхности *c*, и смотря по обстоятельствамъ производится поправки.

Для удобства опыта растение можно воспитывать въ цѣвочномъ горшкѣ (но не свѣже-пересаженное); первое колѣно *a* стеклянной трубки прикрѣпляется къ куску стебля *p* посредствомъ каучуковой трубки *q*. Для незначительной силы давленія, особенно при наблюденіи ея колебанія, лучше наставлять вертикальную простую стеклянную трубку, снабженную въ верхней части маленькимъ отверстіемъ, для уменьшенія испаренія.

Я приведу прежде всего нѣкоторыя изъ самыхъ значительныхъ высотъ давленія, замѣченныхъ на различныхъ растенияхъ. Галесъ ¹⁾, поставивъ на пень виноградной лозы нѣсколько стеклянныхъ трубокъ, вертикально другъ надъ другомъ, замѣтилъ поднятіе сока на высоту 21 фута; при опытѣ съ трехколѣннымъ манометромъ, вытекающей сокъ уравнивавшей столбъ ртути въ 32½ дюйма, т. е. столбъ воды въ 36 футовъ 5½ дюймовъ.

По Гофмейстеру ²⁾, сокъ вытекавшій изъ щей, срѣзанныхъ въуровень съ поверхностью земли, уравнивавшей слѣдующія высоты ртутнаго столба:

1) Въ растеніяхъ находящихся въ землѣ.

<i>Atriplex hortensis</i>	65 милл. ртут. ст.
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	14 » » »
<i>Digitalis media</i>	461 » » »
<i>Papaver somniferum</i>	212 » » »
<i>Morus alba</i>	12 » » »

2) Въ растеніяхъ вынутыхъ и поставленныхъ въ воду:

<i>Digitalis media</i>	30 милл. ртут. ст.
<i>Sonchus oleraceus</i>	24 » » »
<i>Chenopodium album</i>	16 » » »
<i>Papaver Somniferum</i>	11 » » »
<i>Petunia nyctaginiflora</i>	7 » » »
<i>Pisum sativum</i> (проростокъ)	31—25 » » »

Изъ позднѣйшихъ работъ Гофмейстера ³⁾ я заимствую еще слѣдующія наибольшія величины ртутнаго столба, уравниваемаыя вытекающимъ сокомъ въ растеніяхъ, которыя были въ цѣвочныхъ горшкахъ:

<i>Phaseolus nanus</i>	46 милл. ртут. ст.
тоже	57 » » »
<i>Phas. multiflorus</i> въ концѣ проростанія	87 » » »
тоже	159 » » »
<i>Urtica urens</i>	354 » » »
тоже	247 » » »
тоже	283 » » »
<i>Vitis vinifera</i> , срѣзанная близь корня	731 » » »

На другой вѣтви манометръ показалъ давленіе ртути въ 804 милл., что приблизительно соответствуетъ почти 33-мъ футамъ воды.



ф. 21.

¹⁾ Statical essays 1731, стр. 109 и 113.

²⁾ Ber. der K. Sächs. Gesellsch. der Wiss. 1857. стр. 156.

³⁾ Flora 1862 г.

с) Мѣсто возникновенія силы, заставляющей подниматься сокъ, слѣдуетъ искать въ растущихъ корняхъ, всасывающихъ воду. Что стебель при этомъ не принимаетъ участія, слѣдуетъ уже изъ того, что сила давленія при остальныхъ одинаковыхъ обстоятельствахъ больше, если стебель срѣзанъ до корневой шейки, что такимъ образомъ присутствіе стебля представляетъ препятствіе для силы всего корня, производящаго давленіе вверхъ. Корень, конецъ котораго оставленъ въ почвѣ, а къ другому концу котораго, приподнятому изъ земли, приставленъ манометръ, прогоняетъ сокъ вверхъ, что наблюдали уже Дютроше ¹⁾ и что подтверждено Гоммейстеромъ ²⁾. Понятнѣе собственно за дѣятельную часть корня принимаетъ молодая верхушечная часть, находящаяся въ состояніи роста и напряженія ³⁾; это, по его мнѣнію, находится въ связи съ тѣмъ фактомъ, что корни сильно функционируютъ только до тѣхъ поръ, пока они сильно растутъ.

Ниже мы ближе разсмотримъ условія, при которыхъ можетъ обнаруживаться сила корня, а пока достаточно обратить вниманіе на то, что явленія, замѣчаемая на поперечномъ разрѣзѣ главнаго корня и корневой шейки, могутъ быть разсматриваемы какъ результаты совокупной дѣятельности молодыхъ растущихъ корневыхъ частей, и что такимъ образомъ съ количествомъ и длиною дѣятельныхъ корневыхъ частей, можетъ возрастать сила дѣйствія (должна ли она увеличиваться, зависитъ отъ совокупности всѣхъ условій).

Положеніе Гоммейстера подтверждаютъ различныя явленія; такъ напр. высачиваніе капель на вершинѣ первыхъ листьевъ у прорастающихъ злаковъ; капельки тутъ появляются, какъ скоро листовая почка покажется надъ почвой. Когда молодые корешки растутъ быстро въ теплой почвѣ и сильно всасываютъ воду, а испаряющая поверхность слишкомъ мала для устраненія излишка воды, то по причинѣ давленія производимаго корнями, часть воды высачивается въ видѣ капель, въ благоприятныхъ для того мѣстахъ.

Подобное явленіе, основывающееся на давленіи корня, представляетъ высачиваніе капель у *Pilobolus crystallinus* ⁴⁾: какъ ножка, такъ и спорангіи высачиваютъ водяныя капли, особенно при нагрѣваніи; а это возможно тогда только, когда давленіе сока въ этихъ клѣточкахъ преодолеваетъ сопротивленіе, оказываемое стѣнками; эти клѣточки всасываютъ свою воду изъ одной развѣтвленной корневой клѣточки трехклетчнаго гриба; слѣдовательно, эта корневая клѣточка должна всасывать воду извнѣ покрайней мѣрѣ съ тою же силою, съ которою послѣдняя высачивается изъ ножки.

Подобное по Фрезеніусу представляетъ *Mucor muscodo*.

Выдѣленія подобнаго рода капель бывають часто на плѣсняхъ, и выдѣленіе капель грибомъ *Merulius* (Hofmeister) основывается вѣроятно на той же причинѣ.

§ 58. Сила (дѣятельность) корня. Мы предполагали до сихъ поръ, что корень, растущій въ почвѣ, срѣзанъ вѣуровень съ поверхностью земли у корневой шейки; почва — сырая и согрѣтая, такъ что корень находится въ самыхъ благоприятныхъ условіяхъ и въ сильномъ ростѣ; поперечный разрѣзъ стебля предохраненъ отъ иснаренія посредствомъ прикрѣпленной трубки, наполненной водой; всѣ клѣточные стѣнки насыщены водой и упруги отъ совершеннаго наполненія ею полостей клѣточекъ; всюду существуетъ равновѣсіе между напоромъ клѣточного содержимаго и эластичною оболочкою. При такомъ состояніи растенія, вода всетаки всасывается корнями, проводится чрезъ переполненныя клѣточки, находящаяся въ состояніи напряженія, и вытекаетъ изъ поперечнаго разрѣза, встрѣчая меньшее давленіе, чѣмъ то, которое она можетъ преодолѣть. Всякая мысль о всасываніи верхними частями, устраняется сама собою ⁵⁾, а пото-

¹⁾ Mem. 1. 393.

²⁾ Sitzungsber. der K. Sächs. Gesellsch. d. W. 1857, стр. 153.

³⁾ Flora, 1862, стр. 174.

⁴⁾ F. Cohn: Verh. der Leopoldina Bd. 15, Abth. 1, 519.

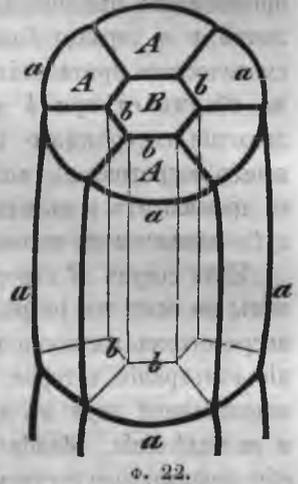
⁵⁾ При такой постановкѣ вопроса, совершенно устраняется всякая мысль объ атмосферномъ давленіи, которое могло бы гнать воду отъ поверхности корня во внутрь и вверхъ, потому что такое же давленіе дѣйствуетъ на поперечный разрѣзъ, такъ что оба давленія уравновѣшиваются: Ср. J. Böhm: Sitzungsber. der Kais. Akad. der Wiss. Wien, 1863, 18 Juni.

му необходимо разъяснить вопросъ, какимъ образомъ проявляется при названныхъ обстоятельствахъ проталкивающая вверхъ сила корня?

Отвѣтомъ на этотъ вопросъ послужить заключеніе, къ которому пришелъ Гофмейстеръ, основываясь на своихъ глубоко проникающихъ работахъ ¹⁾: «Истеченіе сока основывается на томъ, что вслѣдствіе давленія на ткань корня, производимаго напряженіемъ стѣнокъ наренхиматическихъ клѣтокъ и эндосмотическимъ переполненіемъ полостей, часть жидкости, принятой изъ почвы, чрезъ пропитываніе клѣточныхъ оболочекъ и вслѣдствіе эндосмотическаго вліянія содержаемаго прогоняется въ сосуды».

Я не совсѣмъ согласенъ съ доводами Гофмейстера въ пользу этого положенія, но обстоятельное изложеніе различія во взглядахъ повело бы къ разъясненіямъ, которыя заняли бы здѣсь слишкомъ много мѣста. Поэтому я предпочитаю высказать свое мнѣніе, основываясь на ходѣ мыслей, изложенныхъ Гофмейстеромъ ²⁾.

Я принимаю, что всякая оболочка, проницаемая водой путемъ эндосмоса, должна быть способна къ фильтраціи подъ вліяніемъ извѣстнаго давленія, и сопротивленіе фильтраціи различно у различныхъ оболочекъ. Фигура 22-я представляетъ короткій кусокъ корня, производящаго давленіе, которое мы здѣсь рассмотримъ на схематическомъ рисункѣ. Если *AA* будутъ всасывающія клѣточки коры, окруженныя снаружи водою, *B*—проводящій сосудъ, то, предполагая въ нѣтъ то состояніе, которое было принято въ началѣ этого параграфа, слѣдуетъ, что клѣточки *AA* представляютъ сильную степень напряженія содержаемаго и оболочекъ; на каждую единицу поверхности оболочки *ab* дѣйствуетъ равное давленіе. Это давленіе производится вслѣдствіе эндосмотическаго притяженія окружающей воды клѣточнымъ содержимымъ. Вода до тѣхъ поръ проникаетъ въ пространство *A*, пока эндосмотическое притяженіе не уравнивается сопротивленіемъ упругости клѣточной оболочки, которое усиливается по мѣрѣ увеличенія объема содержаемаго. Каждая часть поверхности *ab* подвергается пзвнутри такому же давленію, какое она сама производитъ на содержимое. Это состояніе тургесценціи, какъ здѣсь, такъ и всюду, возможно потому только, что эндосмотически проницаемая оболочка, несмотря на высокое давленіе, не даетъ водѣ просачиваться наружу.



ф. 22.

¹⁾ Flora 1862, стр. 175.

²⁾ Гофмейстеръ первый поставилъ вопросъ вѣрно и представилъ сводъ явленій, рѣшающихъ его, а частью даже самъ указалъ на нѣкоторыя изъ явленій. Въ работахъ прежнихъ изслѣдователей, относящихся до «причинъ восхожденія соковъ», болшею частію перемѣшаны совершенно разнородныя явленія (дѣятельность корней и испареніе): Dutrochet, Mem. I, стр. 398; Bassen in Frarier's Notizen 1846, Bd. 39, стр. 129. Мы въ разсматриваемомъ вопросѣ не касаемся до причинъ, вслѣдствіе которыхъ вода восходитъ до вершины высочайшихъ деревьевъ; во всякомъ случаѣ невѣроятно, чтобы дѣятельностью корней вода могла бы подняться до вершины дерева, вышиною въ 200 футовъ. Въ настоящемъ случаѣ намъ желательно только разъяснить сущность дѣятельности корня, независимо отъ размѣровъ, до которыхъ эта дѣятельность можетъ возрасти.

Если мы представимъ себѣ, что клѣточная стѣнка ab убита замораживаніемъ, то она теряетъ это сопротивленіе фильтраціи и вода, производящая извнутри давленіе, вытекаетъ вонъ чрезъ расширившіяся молекулярныя поры. Однакожъ сопротивленіе фильтраціи и въ живой клѣточной стѣнкѣ имѣетъ свои границы, такъ какъ чрезъ каждую оболочку, какова бы ни была ея плотность, можно при достаточно высокой степени давленія выдавить воду.

Если мы представимъ себѣ теперь въ клѣткахъ A , находящихся въ сильной степени напряженія, дѣятельную эндосмотическую силу, которая, несмотря на давленіе дѣйствующее извнутри, въ состояніи поглощать воду внутрь клѣточки, то давленіе внутри клѣточки увеличится болѣе; наконецъ должень наступить моментъ, когда сопротивленіе оболочки не въ состояніи препятствовать фильтраціи воды вонъ. Если возьмемъ самый простой случай, что части оболочки a и b одинаково организованы, то если чрезъ a проникнетъ путемъ эндосмоса одинъ объемъ воды, тогда часть жидкаго содержимаго клѣточки должна высачиваться какъ чрезъ a , такъ и чрезъ b ; состояніе равновѣсія должно возстановиться тогда только, когда ровно столько же воды фильтруется вонъ, сколько принимается эндосмотической силой.

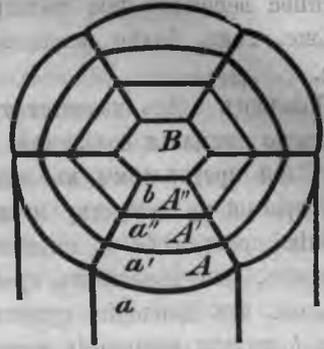
Для разясненія явленій мы можемъ допустить болѣе благопріятное условіе организациі; предположимъ, что сопротивленіе фильтраціи во внѣшней оболочкѣ у a гораздо больше, чѣмъ у b . Если теперь чрезъ a , въ силу эндосмотическаго притяженія содержимаго, поступаетъ объемъ воды c , то равный же объемъ ея при b должень выдѣлиться, потому что мы принимаемъ, что давленіе содержимаго клѣточки увеличивается до такой степени, что превышаетъ сопротивленіе фильтраціи въ b . Что происходитъ въ одной изъ клѣчекъ, то произойдетъ и въ пяти остальныхъ, слѣдовательно чрезъ шесть стѣнокъ будутъ вдавлены въ проводящій сосудъ 6 объемовъ воды.

Если сосудъ B перерѣзанъ и открытъ, то вдавленная въ него вода вытечетъ вонъ; но если на разрѣзъ B будетъ происходить давленіе, то это послѣднее посредствомъ жидкости передастся на стѣнки bbb и усилитъ собою сопротивленіе фильтраціи, которое, сдѣлавшись равнымъ величинѣ эндосмотической силы, всасывающей воду въ a , прекращаетъ какъ дальнѣйшее принятіе воды, такъ и ея выдѣленіе. Манометрическіе опыты показали, что такое давленіе на B , обусловливающее состояніе равновѣсія, часто очень значительно, и что, слѣдовательно, сила давленія въ клѣточкахъ A , обусловливаемая эндосмотическимъ всасываніемъ наружной воды, должна быть еще больше, такъ какъ она уравновѣшиваетъ не только давленіе манометра, но и сопротивленіе фильтраціи bb .

Описанное поступленіе воды въ систему клѣтокъ, вполне наполненныхъ водой, производится, слѣдовательно, эндосмотическимъ притяженіемъ клѣточного содержимаго къ окружающей водѣ; давленіе же производимое содержимымъ всасывающей клѣточки, вытѣсняетъ въ проводящій органъ объемъ воды, равный принятому, причемъ предполагается, что сопротивленіе фильтраціи въ наружныхъ стѣнкахъ значительно больше, чѣмъ внутреннихъ, т. е. прилегающихъ къ проводящему сосуду.

Болѣе благопріятны условія въ томъ случаѣ, если между a и b , по направленію радіуса, находятся нѣсколько тангентально расположенныхъ клѣточныхъ

стѣнокъ, какъ на фиг. 23-й. Если принять эндосмотическія приспособленія такого рода, что силы дѣйствующія по направленію къ b , въ $A'' > A' > A$, тогда вода, принятая извнѣ чрезъ a путемъ эндосмоса, стремится отъ a' къ A' и, въ силу эндосмотическаго притяженія, существующаго въ A'' , проникаетъ наконецъ чрезъ стѣнку a'' .



ф. 23.

Далѣе, примемъ теперь, что сопротивление фильтраціи ¹⁾ въ $a > a' > a'' > b$. Въ каждой изъ кѣлочекъ A, A', A'' устанавливается извѣстное состояніе напряженія, обусловленное взаимнымъ давленіемъ содержимаго и оболочки, отъ чего происходитъ стремленіе выдѣлить сокъ чрезъ стѣнки; это стремленіе усиливаетъ эндосмотическое движеніе, потому что сопротивление фильтраціи въ a больше чѣмъ въ a' , вслѣдствіе чего давленіемъ содержимаго A жидкость вытѣснится легче чрезъ a' , чѣмъ чрезъ a ; эндосмотическая сила дѣятельна по тому же направленію, ибо передаетъ жидкость отъ A къ A' ; то же самое должно сказать относительно кѣлочекъ A' и A'' .

Напряженіе, существующее въ кѣлочкѣ A'' , стремится выдѣлить чрезъ стѣнку часть эндосмотически поступившей жидкости; у b находится только одна стѣнка, оказывающая сопротивление фильтраціи, тогда какъ по направленію чрезъ a'' можетъ жидкость выступить только въ такомъ случаѣ, если изъ кѣлочекъ A' выступитъ такое же количество жидкости по направленію чрезъ a' , а это въ свою очередь возможно въ такомъ только случаѣ, если столько же выдѣлится изъ кѣлочекъ A по направленію чрезъ a , причемъ согласно предположенію сопротивление фильтраціи усиливается по направленію отъ b къ a . Слѣдовательно, различныя, совокуно дѣйствующія обстоятельства, затрудняютъ фильтрацію изъ A'' по направленію кнаружи, но дѣлаютъ ее возможной внутрь по направленію къ B .

Чтобы понять какимъ образомъ дѣйствуютъ эндосмотическія силы, заставляющія проникать воду извнѣ въ A, A', A'' , слѣдуетъ принять, что растворимыя вещества, находящіяся въ этихъ кѣлочкахъ, имѣютъ сильное притяженіе къ водѣ, причемъ жидкость, высачивающаяся по направленію къ B , можетъ мало или совершенно не содержать тѣхъ веществъ, которые входили въ составъ содержимаго A, A', A'' .

При фильтраціи раствора чрезъ мелкопористую оболочку, молекулярныя силы послѣдней относительно воды и раствореннаго въ ней вещества дѣйствуютъ не одинаково. Молекулярныя поры могутъ при фильтраціи легче и скорѣе проводить воду, чѣмъ растворенныя въ ней вещества, какъ это въ самомъ дѣлѣ и видно изъ опытовъ Виллибальда Шмидта ²⁾.

Новыя наблюденія Грэма (Graham) приводятъ къ тому заключенію, что раст-

¹⁾ Это предположеніе впервые было допущено Гофмейстеромъ, loc. cit., стр. 133.

²⁾ Pogg. Ann. Bd. 99, стр. 17. Этотъ фактъ, установленный В. Шмидтомъ, впервые былъ приведенъ Гофмейстеромъ для объясненія незначительной концентраціи сока, вытекающаго изъ стебля. Далѣе W. Schmidt in Pogg. Ann. Bd. 114, стр. 337.

воренное вещество, при фильтраціи, проникаетъ черезъ клѣточную стѣнку тѣмъ меньше, чѣмъ болѣе вещество и самая стѣнка имѣютъ свойство коллоиднаго тѣла.

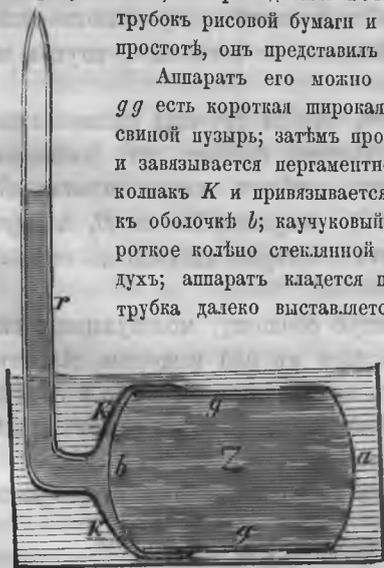
Наконецъ здѣсь является третье условіе, на которое до сихъ поръ не было обращено вниманія: содѣйствіе протоплазмы, примыкающей къ клѣточной стѣнкѣ. Слой протоплазмы въ живомъ состояніи не даетъ диффундировать черезъ себя красящему веществу и можно принять, что онъ препятствуетъ просачиванію черезъ себя и многимъ другимъ эндосмотически дѣйствующимъ веществамъ, или допускаетъ просачиваніе ихъ только съ трудомъ. Когда такимъ образомъ отъ давленія, существующаго въ клѣточкѣ *A'*, вода высачивается черезъ *b*, то для удержанія растворенныхъ въ ней веществъ содѣйствуютъ разнаго рода обстоятельства. Въ самомъ дѣлѣ, анализы сока, вытекающаго подвліяніемъ силы корня, показываютъ незначительное содержаніе растворенныхъ веществъ ¹⁾).

Напряженіе, существующее между активно и пассивно расширяющимся слоемъ, принимается Гофмейстеромъ за условіе существенно содѣйствующее силѣ корня; но я сознаюсь, что мнѣ не удалось изъ напряженія, существующаго между паренхимой съ одной стороны и эпидермисомъ съ сосудистыми пучками съ другой, вывести результаты, принимаемые Гофмейстеромъ.

Само собой понятно, что нѣтъ возможности предполагать, чтобъ можно было на искусственномъ аппаратѣ подражать во всѣхъ частности весьма сложному дѣйствію силъ, принимающихъ участіе въ дѣятельности корня; достаточно анализировать процессы и подводить отдѣльныя явленія подъ извѣстные законы диффузіи. Особенно при опытѣ съ искусственнымъ аппаратомъ нельзя надѣяться найти тѣхъ количественныхъ отношеній (количество вытеканія, величина силы давленія, концентрація вытекающей жидкости), которыя замѣчаются въ самомъ растеніи, о чемъ я уже высказалъ въ § 48.

Имѣя въ виду, что растеніе работаетъ живыми клѣточками микроскопической величины, которыя не могутъ быть воспроизведены искусственно, должно удивляться тѣмъ замѣчательнымъ результатамъ, которые добылъ Гофмейстеръ (l. c.), приготовивъ аппаратъ изъ стеклянныхъ трубокъ рисовой бумаги и раствора камеди, помощью котораго, въ схематической простотѣ, онъ представилъ истеченіе сока изъ шля.

Аппаратъ его можно подвергнуть еще дальнѣйшему упрощенію; на фиг. 24-й *gg* есть короткая широкая стеклянная трубка; при *a* очень плотно завязанный свиной пузырь; затѣмъ пространство *Z* наполняется растворомъ сахара или гумми и завязывается пергаментной бумагой *b*. На конецъ *b* накладывается каучуковый колакъ *K* и привязывается очень плотно; этотъ колакъ можетъ плотно прилегать къ оболочкѣ *b*; каучуковый колакъ имѣетъ трубку, въ которой помѣщается короткое колѣно стеклянной трубки *r*. Стеклянная трубка *r* пуста и содержитъ воздухъ; аппаратъ кладется подъ воду, какъ это представлено на рисункѣ, такъ что трубка далеко выставлена изъ воды. Пространство *Z* соотвѣтствуетъ всасывающей, эндосмотически дѣятельной корневой клѣточкѣ, трубка *r* — проводящему сосуду. Вещество, находящееся въ *Z* всасываетъ воду; оболочки *a* и *b* вначалѣ мало натянуты, приходятъ въ сильную степень напряженія вслѣдствіе увеличивающагося переполненія. Давленіе, существующее въ клѣточкѣ, достигаетъ наконецъ такой силы, что часть жидкости изъ *Z* просачивается черезъ *b* въ трубку *r*. Виродженіи 24—48



ф. 24.

¹⁾ Unger: Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wiss. in Wien, 1857, Bd. 25. стр. 441 ff.

часовъ при поверхности фильтра въ 700 □ милл. накопляется такое количество жидкости, что она въ трубкѣ, шириною въ 5 милл. достигаетъ отъ 10—12 сантим. высоты.

Наступающее гніеніе пузыря препятствуетъ дальнѣйшему продолженію опыта.

О различіи въ концентраціи выдѣлившейся жидкости и жидкости, содержащейся въ полости искусственной кѣлочкѣ, я ничего еще положительнаго сказать не могу.

§ 59. Колебанія дѣятельности корня. Уже изъ тѣхъ соображеній, которыми мы въ предъидущемъ параграфѣ пытались объяснить причины дѣятельности корня, слѣдуетъ, что эта дѣятельность можетъ усиливаться и ослабѣвать отъ различныхъ внѣшнихъ и внутреннихъ причинъ. Съ увеличеніемъ до известной степени температуры, ускоряется принятіе воды корнемъ, и дѣятельность корня соотвѣтственно этому должна обнаруживать на манометрѣ болѣе сильное дѣйствіе. Отъ уменьшенія влаги почвы, вода, необходимая для тургесценціи, будетъ всасываться кѣлочками труднѣе и можетъ дойти, наконецъ, до того, что при недостаткѣ воды въ окружающей средѣ, принятое количество ея достаточно лишь для поддержанія въ оболочкѣ состоянія пропитыванія и наполненія кѣлочныхъ полостей, вслѣдствіе чего взаимное давленіе оболочки и сока столь незначительно, что высачиваніе сока невозможно.

Кромѣ того многочисленныя наблюденія Гофмейстера показали, что существуетъ періодическое колебаніе силы корня, независящее отъ температуры и влажности почвы, но которое, вѣроятно, зависитъ отъ періодическихъ измѣненій въ самыхъ кѣлочкахъ. По Гофмейстеру ¹⁾, «суточное измѣненіе въ давленіи сока становится замѣтнымъ на колебаніяхъ ртутнаго столба, когда положеніе ртути въ манометрѣ достигнетъ высоты показывающей истинную степень напряженія сока въ растеніи. Ртуть поднимается съ утра до первыхъ часовъ по полудни, затѣмъ часто обнаруживаетъ слабое пониженіе, вечеромъ еще разъ поднимается, а ночью снова опускается. Часто послѣнолуденное пониженіе ртути не замѣчается, такъ что она постоянно поднимается до вечера и упадаетъ ночью». Это измѣненіе дѣятельности корня обнаруживается уже и тогда, когда ртуть не достигла еще своего высшаго предѣла, тѣмъ, что при болѣе сильномъ давленіи сока ртуть поднимается быстрѣе.

Количество вытекающей жидкости, обусловливаемое дѣятельностію корня при незначительномъ сопротивленіи, обнаруживаетъ подобное же колебаніе, которое однако, какъ кажется, не точно совпадаетъ съ колебаніями, замѣчаемыми при максимумѣ сопротивленія.

По Гофмейстеру ²⁾, «незначительное количество сока, вытекающее въ продолженіи послѣднихъ часовъ ночи, вдругъ увеличивается послѣ солнечнаго восхода, достигаетъ дневнаго максимумъ въ промежуткѣ времени отъ 7½ утра до 2 часовъ по полудни, тѣ раньше, тѣ позже, и затѣмъ быстро понижается до слѣдующаго утра. Только у нѣкоторыхъ растений, и то не постоянно (не повторяясь ежедневно), замѣчается второе незначительное увеличеніе истеченія сока вечеромъ. Различныя растенія одного вида въ этомъ отношеніи различны, но одно и то же растеніе остается въ этомъ отношеніи довольно постояннымъ въ различные дни опыта».

По Гофмейстеру образованіе новыхъ придаточныхъ корней и почекъ влечетъ за собою пониженіе манометра. Наконецъ поврежденіе и нарушеніе естествен-

¹⁾ Hofmeister, Flora 1862, стр. 114.

²⁾ Hofmeister, loc. cit., стр. 106.

наго состоянія, причиняемья опытомъ, Гофмейстеръ характеризуетъ слѣдующимъ образомъ: «Въ большинствѣ случаевъ количество вытекающей жидкости отъ начала опыта и втеченіи нѣкотораго его времени, увеличивается; часто это увеличиваніе бываетъ очень значительно. Иногда проходитъ долгое время, прежде чѣмъ начнется истеченіе, но затѣмъ оно увеличивается до значительной степени, причемъ увеличиваніе или равномерно возрастаетъ, или представляетъ попеременно ослабленіе и усиленіе. Даже въ тѣхъ случаяхъ, когда сначала количество вытекающей жидкости быстро уменьшается, въ послѣдствіи все-таки замѣчается усиленіе въ истеченіи, и только въ рѣдкихъ случаяхъ замѣчается постоянное уменьшеніе истекающей жидкости, начиная съ начала опыта».

Кромѣ того таблицы Гофмейстера ¹⁾ показываютъ, что при опытѣ, продолжающемся нѣсколько дней, ежедневный maximum истеченія съ каждымъ слѣдующимъ днемъ дѣлается меньше, и все количество жидкости, истекающей втеченіи дня, болѣею частью представляетъ maximum въ первые дни, послѣ чего это количество уменьшается (подобное уменьшеніе обнаруживается при испареніи сръзанными вѣтвями).

Манометръ на перерѣзанномъ близъ земли стеблѣ травянистаго растенія точно также начинаетъ понижаться, послѣ того какъ въ немъ въ продолженіи нѣсколькихъ дней обнаруживались суточные колебанія; это пониженіе происходитъ все быстрѣе и, наконецъ, ртуть во второмъ колѣнѣ останавливается выше, чѣмъ въ третьемъ; это же самое замѣчается и въ растеніяхъ, воспитанныхъ въ водѣ, если корни не повреждены.

Такъ какъ различныя обстоятельства, обусловливающія колебаніе въ давленіи, могутъ дѣйствовать одновременно и въ различномъ смыслѣ, то подобныя наблюденія обыкновенно даютъ только неполное понятіе объ измѣненіи каждой изъ отдѣльныхъ причинъ.

Чтобъ дать наглядное понятіе о колебаніяхъ, не зависящихъ отъ температуры и влажности почвы, я привожу изъ таблицы Гофмейстера слѣдующіе примѣры:

Urtica urens (loc. cit. Tab. I. стр. III).

Числа іюня.	Часм.	Температура почвы R°.	Количества истекающаго сока втеченіи одного часа, выраженное въ кубич. милл.
17.	8 по пд.	19°	0
18.	11 „	19°	316,6
	6 до пд.	19°	335,7
	7 „	19°	625
	8 „	19°	525
	8 1/2 „	19°	600
	12 1/2 по пд.	19°	625
	3 1/2 „	19°	166
	7 1/2 „	19,5°	90
	9 по пд.	19,5°	133
19.	6 „	18°	189
	7 „	18°	200
	7 1/2 до пд.	18°	200
	12 1/2 по пд.	18°	180

¹⁾ Loc. cit. Tab. I, Vers. 7, 9, 14, 19.

Solanum tuberosum (Loc. cit. XI).

Наблюдения, приведенные в следующей таблице, были произведены мною в Тарацкѣ во время почти безпрерывно дождливой погоды; у кустов картофеля все побѣги были срѣзаны плотно въ землѣ и къ каждому сильнѣйшему побѣгу приставлялась посредством каучуковой трубки вертикальная стеклянная трубка; въ нее наливалось нѣсколько воды, поверхность которой обозначалась 0. Время отъ времени изъ трубки, посредством пипетки, вынималась часть жидкости, такъ что ее поверхность приводилась къ точкѣ нули. Таблицу я сообщаю въ томъ видѣ, какъ ее представилъ Гофмейстеръ.

Дни.	Часы.	Температура почвы R°	а		б		
			Количество истекающаго сока въ куб. миллим.		Количество истекающаго сока въ куб. миллим.		
			Собрано всего:	Сколько вытекло въ 1 часъ.	Собрано всего:	Сколько вытекло въ 1 часъ.	
29 юля	7 по пд.	9°	0	0	0	0	
30 »	7 до пд.	9°	9812,5	817,7	7068	589	
	7 ¹ / ₂	9°	549,5	1099	883,5	1767	
	9	11°	3768	2512	4240,8	2827,2	
	11 ¹ / ₂	17°	5102,5	2042,2	4947,6	1979	
	2 по пд.	18°	3375,5	1350	2297	918,8	
				(при 288 миллим. выше 0).			
30 юля	6	14°	4710	1177,5	2473,8	618,4	
	8	13,2°	2198	1099	1060	530	
	6 до пд.	10,2°	15621,5	1487	9718,5	925,5	
	8	10,3°	3140	2093,3	2473	1649	
	10	11°	4317,5	2158,5	3710,7	1855	
	12	11°	3925	1962,5	3176,6	1585	
	5 ¹ / ₂ по пд.	11°	7850	1427	4771	867,5	
				(при 245 миллим. выше 0).		(при 265 миллим. выше 0).	
1 авг.	8 ¹ / ₂	11°	4710	1570	3534	1174,6	
	5 до пд.	9,9°	11225,5	1438	8481,6	997,8	
	8	9,8°	8467	1622,6	4417,5	1472,5	
				(при 265 миллим. выше 0).			
2 авг.	3 по пд.	11,3°	10205	1472	8128	1161	
	6	11°	2983	994	1943,7	648	
	7 ¹ / ₂	10,5°	1727	1151	706,8	471	
	8 ¹ / ₂	9°	549,5	549,5	353	353	
	7 до пд.	9,3°	7536	717,7	6008	572	
	9	10,5°	2747,5	1373,7	2650,5	1325	
3 авг.	2 по пд.	15,4°	7145,5	1423	5301	1060	
	7 до пд.	10,5°	17191,5	1011,2	10602	623,7	
				(при 345 миллим. выше 0).			
4 авг.	10	13,5°	5495	1831,6	5831	1943,6	
	12 ¹ / ₂ по пд.	15,5°	4553	1821	3888	1555,5	
	3	16°	4082	1633	3009	1203	
				(при 367 миллим. выше 0).			
	6	15°	4317,5	1439	5301	1767	
	7 ¹ / ₂	10,5°	1648,5	1099	1590	1060	
4 авг.	6 ¹ / ₂ до пд.	10,5°	12874	1170,4	16610	1510	

в) Прохожденіе воды по древесинѣ.

§ 60. По древесинѣ растенія (древесиннымъ клѣточкамъ и сосудамъ) проводятся слѣдующіе водяные токи ¹⁾: водяной токъ, восходящій въ испаряющемъ растеніи отъ корня, по стеблю и черешкамъ листьевъ; водяной токъ, который, будучи побуждаемъ дѣятельностью корня, выступаетъ изъ поперечнаго разрѣза стебля, и наконецъ токъ, который входитъ въ стебель, погруженный въ воду поперечнымъ разрѣзомъ и направляется къ испаряющимъ листьямъ. При этомъ все равно, будетъ ли древесина плотная, какъ напр. у стеблей, построенныхъ по типу двусѣмянодолныхъ, или будутъ ли по сердцевинной основной ткани ствола проходить разбросанные сосудистые пучки, какъ у односѣмянодолныхъ и высшихъ тайнобрачныхъ.

Доказательства того, что древесина служитъ проводникомъ для водяныхъ токовъ, вполне удовлетворительны, и устраняютъ всякое сомнѣніе:

1) Если въ какомъ нибудь мѣстѣ стебля съ плотной древесиной, перерѣзать сердцевину и кору, то этимъ восходящій токъ сока не задержится и если ниже разрѣза стеблю доставить воду (посредствомъ корней, или погружая въ воду поперечный разрѣзъ стебля), то потеря воды въ листьяхъ, происходящая отъ испаренія, вполне вознаграждается; напротивъ, если перерѣзать древесину, сохранивъ прочія ткани, то водяной токъ будетъ этимъ прерванъ и испаряющіе листья, находящіеся выше разрѣза, засохнуть отъ того, что имъ нечѣмъ вознаградить потерю испаряемой воды ²⁾.

2) У подводныхъ растеній, даже изъ группъ одно- и двусѣмянодолныхъ, въ сосудистыхъ пучкахъ не заключается настоящихъ древесинныхъ элементовъ, и это находится въ связи съ тѣмъ обстоятельствомъ, что эти растенія никогда не испаряютъ воды, и водяной токъ тутъ не нуженъ и даже невозможенъ, а потому органъ, который бы проводилъ ³⁾ такой токъ, здѣсь излишенъ.

3) У деревянистыхъ растеній, организованныхъ для проведенія водянаго тока, можно видѣть, какъ вода, выгоняемая дѣятельностью корня или нагрѣваніемъ, вытекаетъ непосредственно изъ древесинныхъ элементовъ.

Изъ числа причинъ, непосредственно приводящихъ воду въ движеніе внутри древесины, должно исключить эндосмосъ, взятый въ обыкновенномъ смыслѣ этого слова. Вода движется въ древесинѣ не потому, что каждая вышележащая клѣточка беретъ эту жидкость у ближайшей нижней клѣточки вслѣдствіе эндосмотическаго дѣйствія клѣточныхъ соковъ; такой процессъ невозможенъ, потому что въ древесинѣ нѣтъ условій, допускающихъ его; наблюденія не показали увеличенія концентраціи сока съ повышеніемъ по стеблю ⁴⁾; далѣе можно под-

¹⁾ Какъ уже упомянуто, здѣсь не будетъ обращено вниманія на то, что передвиженія воды могутъ имѣть мѣсто и во всѣхъ другихъ тканяхъ, какъ скоро въ нихъ происходитъ нарушеніе эндосмотическаго равновѣсія.

²⁾ Н. v. Mohl: Die vegetabile Zelle, стр. 230.

³⁾ Подобное мы встрѣчаемъ у лишайевъ и мховъ, живущихъ въ воздухѣ, которые могутъ совершенно засохнуть, но когда имъ будетъ доставлена вода, то растенія эти впитываютъ ее всѣми частями своей поверхности; то же можно сказать о многихъ кожаныхъ и деревянистыхъ грибахъ.

⁴⁾ Унгеръ, loc. cit. П. Ф. Моль (veget. Zelle, стр. 235) рѣшительно выразилъ, что движеніе соковъ въ древесинѣ не можетъ быть объяснено эндосмосомъ, также и Мейенъ (Meuен Phus. II, 46 ff.) совершенно отказался отъ теоріи Дютроше.

держивать свѣжесть стебля, погрузивъ его вершиною въ воду, и если при этомъ корневой конецъ стебля (теперь обращенный вверхъ) обладаетъ испаряющей поверхностью, то въ этомъ случаѣ вода движется въ проводящихъ органахъ древесины, по направленію противоположному прежнему. Если бы только эндосмозъ былъ причиною движенія воды отъ клѣточки къ клѣточкѣ, то подобная переменна движенія была бы абсолютно-невозможна.

Древесинные элементы, проводящіе восходящіе водяные токи, по большей части лишены веществъ, дѣйствующихъ эндосмотически; клѣточки же, снабженныя частыми порами съ каналчиковыми полостями (Tüpfel), во всякомъ случаѣ не способны къ эндосмозу, потому что поры такія открыты ¹⁾, такъ что эти элементарные органы образуютъ систему сообщающихся полостей со стѣнками, способными пропитываться жидкостью.

Напротивъ того, можно съ опредѣленностью указать на четыре причины, прогоняющія воду по древесинѣ вверхъ и вообще могущія приводить ее въ движеніе:

1) Дѣятельность корня прогоняетъ воду въ полости древесины, въ сосуды и въ открытыя древесинныя клѣточки, до тѣхъ поръ, пока давленіе производимое столбомъ сока, не придетъ въ равновѣсіе съ давленіемъ корня, и каждое колебаніе въ прогоняющей силѣ корня, должно имѣть слѣдствіемъ восходящее или нисходящее движеніе воды въ полостяхъ древесины.

2) Сообщающіяся полости древесины до того мелкія, что они съ большой силой дѣйствуютъ подобно капиллярнымъ трубкамъ; Жамэнъ и Гофмейстеръ показали, какого громаднаго развитія могутъ достигнуть эти капиллярныя силы, дѣйствуя при извѣстныхъ условіяхъ, представляемыхъ древесиною; особенное значеніе здѣсь имѣетъ то обстоятельство, что въ сообщающихся пустотахъ древесины, вмѣстѣ съ водою, заключаются пузырьки воздуха ²⁾; снабженныя водою полости (сосуды и клѣточки, сообщающіяся посредствомъ сквозныхъ поръ) могутъ быть сравнены со стеклянной четкообразной трубкою, которую употреблялъ Жамэнъ, и въ которой расширенія смѣнялись болѣе узкими промежутками; расширенія заключали воздухъ, узкіе промежутки воду; въ такой трубкѣ капиллярное притяженіе воды къ стекляннымъ стѣнкамъ было такъ велико, что уравнивалось давленіе двухъ атмосферъ.

Этимъ объясняется, почему въ пустыхъ пространствахъ высокаго дерева вода можетъ держаться не падал тотчасъ внизъ, въ случаѣ, если стволъ внизу будетъ перерѣзанъ. Масса воды, заключенная въ пустыхъ пространствахъ древесины, не представляетъ сплошнаго водянаго столба, но напротивъ, раздробляется на безчисленное множество отдѣльныхъ капель; оттого заключенная въ полостяхъ водяная масса не производитъ давленія, пропорціональнаго высотѣ, такъ какъ столбъ сока раздробленъ безчисленными промежутками.

¹⁾ Дипель Bot. Zeitg. 1860, стр. 329 ff. и Шахтъ: «De maculis in plant. vasis cellulisque lignosis. Bonn. 1860. Экспериментальное доказательство того, что такія поры открыты, доставилъ Гофмейстеръ; онъ фильтровалъ черезъ сосновое дерево растворъ камеди съ примѣсю бѣлаго цинка и видѣлъ, что камедь проходитъ мутною (Flora, 1862, стр. 139).

²⁾ Удѣльный вѣсъ сухаго вещества стѣнокъ древесинныхъ клѣточекъ значительно нежеліи вѣсъ воды (1,3 до 1,45 : 1) и несмотря на то, каждый свѣжій кусокъ древесины, проводящій водяной токъ, плаваетъ въ водѣ, что возможно только при значительномъ содержаніи воздуха; воздухъ находится не только въ сосудахъ древесины, но и въ древесинныхъ клѣточкахъ, что доказывается плаваніемъ хвойной древесины, какъ извѣстно, пемѣющей сосудовъ.

Только у такихъ растеній, у которыхъ по стволу проходятъ длинныя сообщающіяся трубки сосудовъ (*Vitis*, многія тропическія вьющіяся растенія ¹⁾) встрѣчаются и сплошныя водяныя столбы, производящіе давленіе внизъ, пропорціональное высотѣ; если у такого растенія снизу отрѣзать кусокъ избытка ствола, то изъ разрѣза вытекаетъ вода; у такихъ растеній, если они не повреждены, всѣ воды, заключающейся въ широкихъ сосудахъ, должны уравновѣшиваться противнымъ давленіемъ корневыхъ клѣточекъ.

Если вода, раздробленная на мелкія капли, находится въ полостяхъ древесины на такой значительной высотѣ, до которой она не можетъ быть доведена давленіемъ корня, то мы можемъ объяснить это явленіе, не прибѣгая къ капиллярной силѣ сообщающихся полостей; именно, всѣ пустоты заключаютъ въ себѣ пары, воды, происходящіе изъ пропитанныхъ жидкостью клѣточныхъ стѣнокъ; пары эти часто, вслѣдствіе пониженія температуры, должны осаждаться въ пустотахъ въ видѣ росы, послѣ чего каждая капля, вслѣдствіе притяженія, остается на томъ же мѣстѣ, гдѣ образовалась. Но надо замѣтить, что врядъ ли изъ этихъ капель можетъ образоваться сплошная водяная масса, выполняющая всѣ древесинныя полости, потому что воздухъ изъ послѣднихъ выходитъ съ большимъ трудомъ; слѣдовательно, описанное Жамэномъ и Монгольфьеромъ капиллярное распредѣленіе воды и воздушныхъ пузырей, устанавливается само собою, и притомъ даже тогда, когда вся вода, содержащаяся въ верхнихъ частяхъ стебля, пропадетъ вслѣдствіе испаренія.

3) Дѣйствіе пропитывающихся клѣточныхъ стѣнокъ отличается отъ капиллярнаго дѣйствія полостей древесины. Чтобы представить простѣйшій примѣръ, предположимъ, что въ живомъ растеніи всѣ сообщающіяся пустоты древесины вполне лишены воды и наполнены, слѣдовательно, воздухомъ, какъ это вѣроятно бываетъ позднимъ лѣтомъ въ древесинѣ листовенныхъ породъ, особенно если почва и воздухъ сухи; несмотря на это, вода будетъ подниматься отъ корня на опредѣленную высоту вслѣдствіе пропитыванія стѣнокъ древесинныхъ клѣточекъ, и будетъ въ извѣстной степени вознаграждать потерю воды происходящую отъ испаренія листьями. Предположимъ, что всѣ стѣнки древесинныхъ клѣточекъ, отъ корня до листьевъ, пропитаны всасываемою ими водою (не нужно, чтобы они были насыщены); самыя верхнія клѣточки находятся въ непосредственной связи съ испаряющей листовой паренхимой, въ которой содержимое клѣточекъ дѣйствуетъ эндосмотически. Когда послѣднія, вслѣдствіе испаренія потеряютъ часть воды, то они отнимаютъ посредствомъ всасыванія и эндосмоса у стѣнокъ сосѣднихъ древесинныхъ клѣточекъ воду, которою тѣ пропитаны; эти, въ свою очередь, потерявъ часть воды, отнимаютъ ее посредствомъ всасыванія (но не эндосмосомъ) у стѣнокъ глубже лежащихъ древесинныхъ клѣточекъ, послѣднія отъ еще глубже лежащихъ, и такимъ образомъ это идетъ до самаго низа, гдѣ древесинныя клѣточки находятся въ связи съ всасывающими корнями или соприкасаются непосредственно съ водою, если въ нее погруженъ перерѣзанный стволъ.

Уже Галесъ (*Hales*) принималъ ту силу, съ которою стѣнки пропитываются жидкостью, за единственную причину восхожденія сока. Жамэнъ первый своими замѣчательными опытами доказалъ, что сила пропитыванія производитъ такое

¹⁾ *Phytocrene*, породы *Cyssus*, см. H. v. Mohl, *vegetab. Zelle*, стр. 232.

огромное дѣйствіе, что ее можно считать достаточною причиною по-крайней-мѣрѣ многихъ явленій, замѣчаемыхъ при движеніи соковъ. Въ новѣйшее время Гофмейстеръ снова указалъ¹⁾ на эту существенную причину движенія воды въ древесинѣ, исходя однако отъ другихъ фактовъ; между тѣмъ какъ со временъ Дютроше причину этихъ явленій искали исключительно въ эндосмозѣ и капиллярности.

4) Дальнѣйшія причины движенія воды въ древесинѣ я приписалъ колебаніямъ температуры и Гофмейстеръ показалъ, что эти колебанія температуры дѣйствуютъ при посредствѣ воздуха, заключеннаго въ полостяхъ древесины.

Какъ уже было упомянуто, въ сосудахъ и древесинныхъ клѣточкахъ, сообщающихся между собою сквозными порами, содержится пристающая къ стѣнкамъ вода, перемежающаяся съ воздушными пузырьками; каждое повышеніе температуры производитъ сильное расширеніе воздушныхъ пузырьковъ и они давятъ на воду; если въ древесинѣ гдѣ либо находится поврежденіе, то вода изъ него вытекаетъ каплями. Если, на оборотъ, воздухъ въ древесинѣ охлаждается, то происходитъ сжатіе его, вода занимаетъ мѣсто воздуха, и если древесинѣ гдѣ либо будетъ доставлена вода, то послѣдняя всасывается полостями древесины.

Если стволъ не поврежденъ, въ такомъ случаѣ древесина со всѣхъ сторонъ закрыта герметически, и вслѣдствіе колебанія температуры, въ ней должны происходить тѣ положительныя, тѣ отрицательныя напряженія; если часть древесины охлаждается, то она отнимаетъ воду у болѣе теплой части, а нагрѣвающаяся древесина выжимаетъ воду въ сосѣднія части.

Если срѣзать стволъ или вѣтвь съ достаточнымъ содержаніемъ воды, то при нагрѣваніи вода вытекаетъ изъ разрѣза; это же самое можетъ произойти при пораненіи укоренившагося ствола; при этомъ обнаруживаются явленія, которыя прежде смѣшивали съ истеченіемъ сока (Bluten) у укоренившагося растенія, зависящимъ отъ дѣятельности корня; я показали, какіе случаи должно отнести къ разсматриваемымъ здѣсь явленіямъ.

Истеченіе сока изъ шней, причиняемое дѣятельностью корня (Bluten или Thrauen), зависитъ не отъ повышенія температуры, но отъ известной степени тепла; въ этомъ случаѣ, втеченіи короткаго времени, вытекаетъ такое большое количество жидкости, котораго невозможно предполагать во внутренности тканей; часто бываетъ, что втеченіи немногихъ дней объемъ вытекшей жидкости въ нѣсколько разъ превышаетъ объемъ корней. Напротивъ, истеченіе сока, независящее отъ корня, происходитъ исключительно вслѣдствіе повышенія температуры и количество вытекающей жидкости составляетъ только небольшой процентъ (2—3%) того количества, которое содержится въ древесинѣ.

Если сложить вмѣстѣ вліянія помянутыхъ четырехъ причинъ, приводящихъ въ движеніе воду, то едва ли можно будетъ сомнѣваться въ томъ, что этихъ причинъ

¹⁾ Въ отношеніи важной работы Гофмейстера, Флага 1862, стр. 100, я замѣчу, что не совсѣмъ удобно обозначать пропитываніе органическихъ веществъ водою — словомъ капиллярность, хотя въ научномъ отношеніи это обозначеніе оправдывается; подъ капиллярностью вообще принято понимать вліяніе видимыхъ, хотя и микроскопическихъ пустотъ, что легко ведетъ къ недоразумѣнію, когда вліяніе абсолютно невидимыхъ молекулярныхъ поръ всасывающаго вещества (клѣточная плева, крахмалъ) будетъ также обозначаться словомъ капиллярность; впрочемъ, я отнюдь не сомнѣваюсь въ томъ, что капиллярность и пропитываніе близко сходны между собой.

достаточно для поднятія воды въ растеніи отъ корня до вершины даже самыхъ высокыхъ экземпляровъ *Wellingtonia gigantea* и высокыхъ пальмъ. Возможность поднятія соковъ до вершины высочайшихъ деревьевъ, можно слѣдовательно вообще считать вполне объясненнымъ ¹⁾.

α) Было бы излишне подробно доказывать, что древесина есть органъ, проводящій воду, потому что никто изъ обладающихъ нѣкоторыми физиологическими познаніями, уже не сомнѣвается въ этомъ; притомъ это положеніе вполне доказано работами Галеса (Hales) и Дютроме (Du Roi).

Точно также можетъ считаться рѣшеннымъ, что, смотря по степени изобилія сока въ древесинѣ, по силѣ давленія корня, по возрасту органа и т. д., сосуды содержатъ большую часть воздуха, иногда воду, а иногда то и другое ²⁾. Хвойныя показываютъ намъ, что сосуды не представляютъ собою необходимыхъ для проведенія воды элементовъ, и что сообщающіяся древесинныя клѣточки могутъ ихъ вполне замѣнить.

По Дютроме ³⁾, у древесныхъ породъ, у которыхъ старая древесина (Duramen) отличается отъ заболони (дубъ, яблоня), только послѣдняя (заболонь) проводитъ воду; у породъ, не представляющихъ такого различія, напримѣръ тополь, береза, грабъ (*Carpinus Betulus*), кленъ и др., вода проводится всей древесиной. У первыхъ вырѣзка коры въ видѣ кольца не останавливаетъ восходящаго тока, но если сдѣлать кольцеобразную вырѣзку заболони до старой древесины, то восходящіе токи прекращаются.

Опыты Дютроме ⁴⁾ показываютъ, что въ крупныхъ сосудахъ истекающей виноградной лозы находится сплошной столбъ сока, подверженный давленію вверхъ вслѣдствіе дѣятельности корня. Дютроме дѣлалъ боковой надрѣзъ на виноградной лозѣ футомъ ниже поперечнаго разрѣза, изъ котораго истекалъ сокъ; при этомъ истеченіе сока изъ поперечнаго разрѣза прекращалось только на томъ мѣстѣ, которое по положенію соответствовало боковому надрѣзу.

Вода по древесинѣ односѣмянодныхъ движется вообще прямо вверхъ, соответствительно направленію волоконъ (по большей части спиральному); Галесъ однако показалъ, что вода тутъ можетъ также проводится въ стороны и поперегъ ствола; вмѣстѣ съ тѣмъ его опыты показываютъ, что перерывъ сплошныхъ сосудовъ не задерживаетъ водянаго тока. Напримѣръ ⁵⁾, въ вѣтви дуба онъ вырѣзывалъ съ противоположныхъ сторонъ по сектору; обѣ вырѣзки доходили до сердцевины и находились на разной высотѣ: вѣтвь эта, продолженіи двухъ сутокъ, испарила 13 унцій воды, которую приняла чрезъ поперечный разрѣзъ; это доказываетъ, что несмотря на перерывъ вода проводилась по древесинѣ. Подобный же опытъ Галесъ сдѣлалъ съ вишневою вѣтвью (четыре надрѣза) и также съ вѣтвями, неотрѣзанными отъ дерева; свѣжесть листьевъ на вѣтвяхъ служила доказательствомъ, что водяной токъ не прекращался ⁶⁾.

β) Главнымъ доказательствомъ противъ того мнѣнія, что эндосмозъ есть причина передвиженія сока отъ клѣтки къ клѣткѣ, служить замѣченное Галесомъ обстоятельство, что древесина почти одинаково хорошо проводитъ воду по обратнымъ направленіямъ, что, какъ уже упомянуто, устраняетъ всякую мысль объ эндосмозѣ.

Галесъ перевязывалъ ⁷⁾ нижній конецъ яблонной вѣтви и, срѣзавъ верхушку, помѣщалъ эту вѣтвь верхнимъ концомъ въ воду. Вѣтвь, обладавшая боковыми вѣтками со многими листьями, вросала въ продолженіи 3-хъ дней и 2-хъ ночей 4 фунта 2½ унціи воды; листья, получавшіе воду, доставленную въ обратномъ направленіи, остались зелеными и свѣжими, между тѣмъ какъ листья, находившіеся на такой же вѣтви, но не погруженной въ воду, завяли.

Всѣмъ извѣстны опыты, произведенные съ черенками ивы, посаженными вершиною внизъ.

γ) Истинныя причины движенія воды по древесинѣ разъяснены достаточно, остается привести факты, на которыхъ все ученіе основано.

¹⁾ Сравни Н. v. Mohl: Die veget. Zelle, стр. 233; Hofmeister въ Flora 1862; даже Brücke въ Pogg. Ann. Bd. 63, стр. 204 ff; Dassen въ Froriep's Notizen 1846, 39 Bd. стр. 129.

²⁾ Rominger, Bot. Zeitg. 1843.

³⁾ Mém. 1, стр. 372—376.

⁴⁾ Mém. I, 370.

⁵⁾ Statical essays, Cap. IV.

⁶⁾ Loc. cit. стр. 129.

⁷⁾ Statical essays I, 131.

1) О дѣятельности корней все нужное сказано въ предыдущихъ параграфахъ.

2) Капиллярность полостей древесины, очевидно никогда не можетъ быть непосредственной причиной вытекания воды изъ поверхности разрѣза; это вытекание обусловливается различными причинами: у стоячаго на корѣвѣ пня вытекание обусловливается дѣятельностію корня; при нагрѣваніи древесины, содержащей воду — вслѣдствіе давленія расширяющагося воздуха, заключеннаго въ древесинѣ; въ срѣзанныхъ кускахъ древесины съ большими сосудами, содержащими воду — вслѣдствіе тяжести водянаго столба (натурально всегда внизъ). Напротивъ, капиллярность является дѣйствующей силой тогда, когда внутри древесины нужно воду поднять вверхъ, распространить и, несмотря на ея вѣсъ, удержатъ на извѣстной высотѣ. Вслѣдствіе чрезвычайной узкости капиллярныхъ полостей древесины, непрерывныя водяныя нити могутъ быть подняты въ нихъ на значительную высоту. Къ этому присоединяется весьма существенное явленіе, именно то, что въ древесинѣ капиллярныя водяныя столбы раздробляются и прерываются воздухомъ; это обстоятельство было впервые замѣчено не Жамэнномъ, но, по Мейену, уже Монгольферомъ.

Опыты Монгольфера показали, что можно дѣйствіемъ незначительной силы поднять воду почти на неопредѣленную высоту, если давленіе столба жидкости уничтожить раздробленіемъ его на мелкія части ¹⁾. Можно полагать, что это должно способствовать восхожденію сока въ вѣтвочкахъ и сосудахъ, не представляющихъ прямолинейнаго соединенія, и которые на кааждомъ мѣстѣ сгиба составляютъ препятствіе перпендикулярному давленію сока.

Жамэнъ существенно расширилъ свѣдѣнія о тѣхъ капиллярныхъ явленіяхъ, которыя могутъ быть примѣнимы къ полостямъ древесины ²⁾. Онъ всасывалъ на одномъ концѣ волосной стеклянной трубки, а другой конецъ попеременно затыкалъ и открывалъ мокрымъ пальцемъ; въ трубку входили капли воды, раздѣленныя воздушными пузырями. Сначала капли пробѣгали трубку съ большою быстротой, но чѣмъ значительнѣе становилось ихъ число, тѣмъ они медленнѣе подвигались, и, наконецъ, всякое движеніе подъ вліяніемъ всасыванія прекратилось; если затѣмъ конецъ трубки подвергнуть болѣе значительному воздушному давленію, то ближайшія капли подвинутся, слѣдующія также подвинутся, но мало, а самыя отдаленныя останутся въ покоѣ. Притяженіе раздробленныхъ капель къ стѣнкамъ волосной трубки столь велико, что Жамэнъ, увеличивая число капель, дошелъ до того, что самыя удаленныя оставались въ покоѣ въ продолженіи 14-ти дней, несмотря на давленіе трехъ атмосферъ, производившееся съ другаго конца трубки.

Отъ тѣхъ же причинъ зависитъ то явленіе, что въ вертикально стоящей волосной трубкѣ можетъ заключаться, не вытекая, водяной столбъ тѣмъ большей высоты, чѣмъ чаще онъ перерывается воздушными пузырями.

Трубка, внутренней каналъ которой попеременно суживается и расширяется (четкообразной формы), въ суженіяхъ содержитъ воду, между тѣмъ какъ широкія полости заняты воздухомъ; въ подобной трубкѣ съ восемью суженіями, водяныя капли уравнивали давленіе двухъ атмосферъ.

Если четкообразная трубка предварительно была вся наполнена водой, и если вода выгнана воздушнымъ давленіемъ, то сопротивленіе внутри трубки возрастало, какъ скоро широкія полости наполнились воздухомъ и раздробляли такимъ образомъ водяной столбъ. Наоборотъ, если изъ трубки, въ которой вода заключалась только въ узкихъ мѣстахъ, устранить воздухъ изъ расширеній водою, то послѣднія начинала протекать безпрепятственно, какъ скоро во всемъ каналѣ устанавливался непрерывный водяной столбъ.

Если, поэтому, мы примемъ, что въ высокомъ деревѣ сообщающіяся полости древесины сплошь наполнены водой, то вся вода, составляющая въ такомъ случаѣ непрерывный водяной столбъ, будетъ давить на нижнія вѣтвочки съ силою, пропорціональною высотѣ ствола, слѣдовательно, не рѣдко съ силою столба во 100 футовъ и болѣе. Но подобнаго состоянія совершеннаго наполненія въ живыхъ древесныхъ растеніяхъ вѣроятно никогда не бываетъ, да если бы такое состояніе и наступило, то вскорѣ измѣнилось бы въ болѣе благоприятное. Принимая, что нижнія вѣтвочки своимъ сопротивленіемъ выдерживаютъ давленіе, мы должны также принять, что вершина дерева испареніемъ удаляетъ мало-по-малу изъ полостей большую часть воды, и такимъ образомъ воздухъ проникаетъ извнѣ во всѣ расширенныя мѣста сообщающихся полостей и

¹⁾ Meyen's Physiol. II, 81.

²⁾ Comptes rendus, 1860, стр. 172, ff.

раздробляеть первоначально сплошной водяной столбъ на множество частей, такъ что образуются отдѣльныя (не круглыя) капли, выполняющія острые углы кѣтокъ и узкія сообщающія ихъ отверстія; въ такомъ состояніи вода не производитъ болѣе никакого давленія на нижнія части ствола и каждая капля удерживается собственнымъ притяженіемъ. Что подобное явленіе, сходное съ опытами Жамэна, въ растеніяхъ дѣйствительно существуетъ, было доказано впервые Гофмейстеромъ; онъ говоритъ 1): «Ни одни только сосуды, но и древесинныя кѣточки винограднои лозы (также клена, березы, тополя, многихъ другихъ лиственныхъ породъ, и также древесинныя кѣточки хвойныхъ) содержатъ зимой (виноградина еще въ срединѣ марта) пузырьки воздуха внутри жидкости, которая въ сосудахъ представляется въ видѣ тонкаго сплошнаго слоя, покрывающаго стѣнки, въ древесинныхъ же кѣточкахъ она обильнѣе, такъ что совершенно выполняеть суженные концы кѣточекъ, а въ расширенной средней части окружаетъ продолговатый воздушный пузырекъ».

3) Пропитываніе стѣнокъ древесинныхъ кѣточекъ. Пропитываніе есть вхожденіе воды въ невидимыя молекулярныя поры какого нибудь тѣла, или иначе — пропитываніе есть капиллярность молекулярныхъ поръ, и чѣмъ уже послѣднія, тѣмъ сила пропитыванія будетъ значительнѣе; вообще эта сила всегда будетъ гораздо больше, нежели капиллярность видимыхъ пустотъ, потому что невидимыя молекулярныя поры всегда мельче нежели видимыя волосныя каналы.

Измѣреніе капиллярной силы очень мелкихъ (но не молекулярныхъ) поръ, можетъ дать понятіе о величинѣ силы пропитыванія, такъ какъ послѣдняя всегда должна быть больше первой. Впрочемъ, во многихъ случаяхъ можно впасть въ сомнѣніе, куда отнести явленіе, — къ капиллярности или пропитыванію, напримѣръ въ слѣдующихъ опытахъ Жамэна 2).

Въ кусокъ мѣла, литографическаго камня, или дерева, вмазывается закрытый съ одного конца ртутный манометръ; пористая масса иногда готовится искусственно изъ окиси цинка, крахмала и др. веществъ. Пористое вещество погружается въ воду, которая, входя въ поры, выгоняетъ содержащійся въ нихъ воздухъ; послѣдій направляется (только отчасти) въ открытый конецъ манометра и проникающею въ поры водою сжимается съ такой силой, что втеченіи нѣсколькихъ дней давленіе достигаетъ одной атмосферы; при употребленіи крахмальной массы, давленіе доходило до шести атмосферъ. Такъ какъ воздухъ капиллярныхъ полостей выходитъ по каналамъ сравнительно большаго діаметра, и такъ какъ эти капиллярныя полости подобны только-что описаннымъ четкообразнымъ волоснымъ трубкамъ, то давленіе, показываемое манометромъ, можетъ представлять только часть той силы, съ которою всасывается вода 3).

По Жамэну вода, входящая въ пористыя тѣла, сжимается и одновременно производитъ давленіе на всасывающее тѣло, отъ чего оно стремится увеличить объемъ. Съ этимъ очевидно находится въ связи явленіе указанное впервые Бабо, что при вхожденіи воды въ пористое тѣло, выдѣляется теплота. Я самъ видѣлъ, какъ при насыщеніи водой крахмала (взятыхъ при одинаковой температурѣ) температура повышалась на 2° Ц. Это повшеніе температуры вмѣстѣ съ тѣмъ показываетъ, въ какой степени проявляются при всасываніи частичныя силы.

Подобно водѣ, въ стѣнки кѣточекъ проникаютъ также многія растворенныя въ ней ве-

1) *Berichte der k. Sächs. ges. der Wiss.* 1857.

2) Жамэнъ предпринималъ эти и другіе опыты, имѣя постоянно въ виду организацію растеній и съ поразительною отчетливостію примѣняя результаты этихъ опытовъ на сколько это возможно къ проводимости воды чрезъ древесину. Я, къ сожалѣнію, не могу здѣсь долѣе остановиться на его изложеніи теоріи волосности.

3) Первый опытъ въ этомъ направленіи принадлежитъ Галесу: *Statical essays*, стр. 104. (9 Édition) и его теорія, построенная на этомъ опытѣ, какъ замѣчаетъ Гофмейстеръ (*Flora* 1862, стр. 100) служить доказательствомъ высокой даровитости этого экспериментатора; тѣмъ не менѣе, его теорія неясна, что достаточно доказывается тѣмъ, что на основаніи ея впродолженіи болѣе 100 лѣтъ не составилось яснаго взгляда и осталось незаконченною; что теорія Галеса не выполнила того, чѣмъ могла выполнить, должно приписать главнымъ образомъ тому обстоятельству, что примѣняя волосность къ древесинѣ, она не различала капиллярнаго дѣйствія микроскопически видимыхъ полостей древесины отъ пропитыванія кѣточныхъ стѣнокъ, что послѣ микроскопическихъ изслѣдованій Грю было возможно и даже необходимо различить.

щества и посредствомъ диффузіи распространяются въ сосѣднихъ, соприкасающихся стѣнкахъ. На этомъ основано окрашиваніе древесины, когда она чрезъ раны или посредствомъ мертвыхъ корней принимаетъ окрашенные жидкости ¹⁾. Посредствомъ подобныхъ опытовъ можно только показать, какія клѣточные стѣнки въ состояніи пропитываться красящими веществами и какъ далеко по древесинѣ распространяется это пропитываніе отъ одной клѣточной оболочки до другой. Если клѣточки не окрашиваются, то изъ этого не слѣдуетъ, что онѣ не участвуютъ въ проведеніи соковъ; достаточно того, что онѣ живы и, слѣдовательно, не подлежатъ убивающему вліянію красящаго вещества, при этомъ онѣ могутъ изъ окрашеннаго раствора излекать одну воду, оставляя въ сторонѣ красящаго вещества. Не обращая должнаго вниманія на эти свойства стѣнокъ, изъ опытовъ съ красящими, часто очень ядовитыми, растворами дѣлали ошибочныя заключенія; эти опыты доказываютъ только способность умершихъ клѣточекъ (древесинныхъ клѣточекъ) окрашивать стѣнки, принимая красящаго вещества; такъ какъ во многихъ опытахъ окрашенный растворъ восходилъ въ стѣнкахъ древесинныхъ элементовъ до значительной высоты, то это служило новымъ доказательствомъ всасывательной силы мертвыхъ клѣточныхъ оболочекъ. Изъ массы опытовъ, сдѣланныхъ въ этомъ направленіи ²⁾, я привожу опытъ Бушри, повторенный Гартингомъ ³⁾. Онъ просверливалъ во время восхожденія сока (когда сокъ находится въ полномъ покоѣ), дерево на одинаковой высотѣ такимъ образомъ, что два просверленные отверстія перекрещивались; отверстія были заткнуты кромѣ одного, къ которому прикрѣплялся сосудъ съ древеснокислымъ желѣзомъ, такъ что растворъ проникалъ въ перекрещивающуюся просверленную отверстія древесини и здѣсь могъ всасываться. Растворъ достигалъ такимъ образомъ до крайнихъ развѣтвленій; при срубаніи вѣтвей оказывалось, что желѣзныи растворъ слѣдовалъ направленію волоконъ, потому что на высотѣ 40 футовъ можно было узать черную фигуру перекрещивающихся отверстій, происходящую отъ желѣзнаго раствора; въ промежуткахъ этой фигуры древесина оказалась здоровою и неокрашеною.

Если уже красящій растворъ подымается въ стѣнкахъ клѣточекъ, то безъ сомнѣнія то же самое можетъ происходить съ водой или растворомъ питательныхъ веществъ, и если верхнія клѣточки теряютъ пропитывающую ихъ воду вслѣдствіе испаренія, то онѣ вознаграждаютъ свою потерю изъ ближайшихъ ниже лежащихъ клѣточекъ, а послѣднія берутъ воду изъ еще ниже лежащихъ и т. д., и если вверху испареніе продолжается, то въ сообщающихся пропитанныхъ клѣточныхъ оболочкахъ будетъ происходить постоянное теченіе.

При настоящемъ состояніи познаній о диффузіи, нельзя сомнѣваться въ возможности движенія воды въ молекулярныхъ порахъ клѣточныхъ оболочекъ. Уже Мейенъ принималъ движеніе воды въ стѣнкахъ клѣточекъ ⁴⁾, хотя при этомъ онъ опирался на не вполне удовлетворительныя основанія. Въ новѣйшее время того же возрѣнія придерживается Гофмейстеръ ⁵⁾.

Онъ показалъ, что въ растеніи съ сильно испаряющими листьями, для вознагражденія всего количества испаренной воды, недостаточно ⁶⁾ той массы воды, которая вталкивается въ полости стебля дѣятельностью корня; напр. въ одномъ случаѣ, у *Urtica urens*, одна дѣятельность корней доставила только $\frac{1}{10}$ всего испаряемаго количества воды. Слѣдовательно, кромѣ дѣятельности корня должна содѣйствовать еще сила, которая очевидно есть испареніе; вслѣдствіе испаренія, тлани теряютъ воду и понуждаются, слѣдовательно, пропитываться на счетъ ниже лежащихъ частей. Этимъ объясняется общее явленіе, что въ сильно испаряющихъ древесныхъ растеніяхъ каждая рана въ древесинѣ жадно всасываетъ доставляемую воду. Испареніемъ издерживается не только вода, содержащаяся прежде въ полостяхъ древесины, но и клѣточные стѣнки теряютъ часть воды; если такой истощенной древесинѣ будетъ доставлена вода, то она ее поглощаетъ вслѣд-

¹⁾ Лишкъ (Link) и Сервенъ (Seguin) показали (Meyen, Phys. II, 25) что живые корни не пропускаютъ такого большаго количества красящихъ веществъ, какъ мертвые.

²⁾ Bonnet: Usage des feuilles, V, уже высказалъ сомнѣніе касательно доказательности подобныхъ опытовъ съ красящими веществами, различая въ ткани способность пропускать воду отъ способности пропускать красящаго вещества; далѣе, Du Hamel: Phys. des arbres II, 283; Hartig: Bot. Zeitg. 1858, стр. 311; 1861, стр. 22; Hoffman: Bot. Zeitg. 1848, стр. 377; Rominer: Bot. Zeitg. 1843; Cotta: Natur beobachtungen u. s. w. Weimar, 1806.

³⁾ Bot. Zeitg. 1853, стр. 313.

⁴⁾ Meyen, Phys. II, 50—53.

⁵⁾ Flora 1858, стр. 3 и 1862, стр. 108.

⁶⁾ Flora 1862, стр. 108.

ствіе капиллярности полостей и пропитыванія стѣнокъ. Такъ какъ потеря испареніемъ въ поврежденномъ растеніи постоянно вознаграждается, то изъ этого слѣдуетъ, что отъ корня и вершинѣ долженъ идти водной токъ, который не приводится въ движеніе ни дѣятельностію корней, ни эндосмосомъ, такъ что не остается другаго пути кромѣ пропитыванія стѣнокъ древесинныхъ кѣлочекъ, въ которыхъ вода постоянно, по мѣрѣ испаренія, движется вверхъ.

Слѣдующій опытъ Жамэна ¹⁾ представляетъ ясную картину движенія воды въ плотномъ веществѣ тѣла, способнаго пропитываться. Два пористыхъ сосуда (изъ глины) наполняются толченымъ гипсомъ и отверстія ихъ соединяются стеклянной трубкой длиной въ 1,2 метра; трубка также наполняется гипсомъ; одинъ изъ сосудовъ, будучи поставленъ въ воду или во влажный песокъ, поглощаетъ воду, которая поднимается чрезъ гипсъ въ трубку и испаряется на наружной поверхности верхняго сосуда. Это продолжается до тѣхъ поръ, пока песокъ высохнетъ. Здѣсь, слѣдовательно, водной токъ проходитъ чрезъ вещество съ чрезвычайно тонкими порами, и манометръ, прирѣзанный сбоку трубки, показалъ, что вода входила въ поры подъ высокимъ давленіемъ (достигавшимъ нѣсколькихъ атмосферъ).

Этотъ опытъ опровергаетъ предположеніе Бѣма ²⁾ (Böhm), производившаго подобный же опытъ съ мертвымъ деревомъ, что «вода поднимается вслѣдствіе давленія воздуха».

Опираясь на опытъ Жамэна, можно объяснить слѣдующій опытъ Гартига ³⁾, представляющій только видоизмѣненіе опыта Магнуса и Жамэна. Поперечно отрѣзанные кружки свѣлаго еловаго дерева вышиной отъ $\frac{1}{2}$ до 4 дюймовъ, въ поперечникѣ отъ $\frac{1}{4}$ до 2-хъ дюймовъ, вмазывались растворомъ сургуча въ алкоолѣ въ стеклянный цилиндръ отъ 4 до 6 дюймовъ длины, открытый съ обоихъ концовъ, такъ чтобъ еловымъ кружечкомъ закрывался одинъ копецъ трубки. Затѣмъ цилиндръ наполнялся водой и открытый конецъ его затыкался пробкой, чрезъ которую была пропущена длинная стеклянная трубка, также наполненная водою, а нижнимъ концомъ погруженная въ ртуть; еловый кружокъ, закрывавшій конецъ цилиндра, лишаясь своей воды вслѣдствіе испаренія, отнималъ ее изъ стекляннаго цилиндра, всасывалъ нижней своей поверхностью; потеря воды въ цилиндрѣ вознаграждалась ртутью, подымавшеюся по трубкѣ до 0,6 метра высоты. Прежде нежели это произошло, изъ дерева въ цилиндръ проникъ внизъ воздухъ, такъ что подъ деревомъ образовался воздушный слой, естественно положившій предѣлъ дальнѣшему всасыванію ⁴⁾.

На этомъ же явленіи основано поглощеніе воды отрѣзанными вѣтвями съ листьями, если ихъ нижней поверхностью разрѣза погрузить въ воду. Возможно, что капиллярность полостей сосудовъ и древесинныхъ кѣлочекъ дѣйствуютъ вмѣстѣ; но такъ какъ воздухъ удалится изъ этихъ полостей съ большимъ трудомъ (что я покажу позже), то онъ будетъ противодействовать наполненію ихъ водою; по этой причинѣ водной токъ отъ принимающей сѣзанной поверхности къ испаряющимъ листьямъ долженъ будетъ двигаться предпочтительно по веществу стѣнокъ кѣлочекъ.

Уже Галесъ во 2-й главѣ его «Vegetable staticks» показалъ, что вода, всасываемая разрѣзомъ вѣтви съ листьями, поднимается съ значительной силой; всасывающій конецъ онъ вставлялъ въ наполненную водою трубку, которую нижнимъ концомъ погружалъ въ ртуть; послѣдняя

¹⁾ Comptes rendus 1860, стр. 313 и 386.

²⁾ О причинахъ восхожденія сока, см. Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wiss. Wien, 1863, Bd. 48. Подобный же взглядъ былъ высказанъ уже Вишофомъ (Mohl: Die veget. Zelle, стр. 234) и былъ опровергнутъ Модемъ.

³⁾ Bot. Zeitg. 1863, стр. 303.

⁴⁾ Изъ этого опыта Гартигъ заключилъ (Bot. Zeitg. 1863, стр. 285), что поры въ кѣлочкахъ не сквозныя, но опытъ этотъ скорѣе доказываетъ противное. Когда онъ употреблялъ поперечные кружечки еловаго дерева (въ которомъ нѣтъ ни сосудовъ, ни смоляныхъ ходовъ, какъ эндосмотическую оболочку, падъ которую находится растворъ сахара или камеди, то жидкость просто проходила внизъ, — она фильтровалась чрезъ слай древесины, если эта древесина была совершенно свѣжа, очевидно, чрезъ поры древесинныхъ кѣлочекъ; но когда онъ сдѣлалъ тотъ же опытъ съ предварительно высушенной древесиной, то происходилъ эндосмосъ и растворъ увеличивался въ объемѣ, вода проходила по древесинѣ вверхъ, вѣроятно потому, что въ высушенной древесинѣ мелкія поры затыкались или достаточно уменьшались въ объемѣ.

подымалась, соотвѣтственно испаренію листьевъ, очевидно вслѣдствіе пропитыванія (Imbibition) водою древесины; высота поднятія была большей частью незначительная и не служитъ мѣрою maximum силы пропитыванія. Поднятый столбъ ртути обуславливаетъ стремленіе внизъ, которое также распространяется на воздухоносныя полости растенія (сосуды), и такъ какъ эти полости почти всегда сообщаются съ устьищами и съ различными, почти всегда имѣющимися, наружными поврежденіями стебля, то посредствомъ этихъ сообщеній воздухъ извнѣ проникаетъ въ сосуды и чрезъ нижній разрѣзъ вѣтки проходитъ въ трубку, чѣмъ по бѣльшей части и оканчивается дальнѣйшій ходъ опыта.

Въ слѣдующемъ отдѣлѣ будетъ показано, что значеніе, приписываемое въ этихъ опытахъ вступающему воздуху, дѣйствительно важно.

4) Движеніе воды въ древесинѣ, зависящее отъ измѣненія температуры, обуславливается сжатіемъ и расширеніемъ воздуха, заключеннаго въ древесинныхъ полостяхъ. Я бралъ разнобразныя древесинцы, то въ свѣжемъ состояніи, т. е. содержащія свойственное породѣ количество воды, то высушивалъ древесину, отчего содержаніе воды уменьшалось, или, наоборотъ, вымачивалъ куски, отчего содержаніе въ нихъ воды значительно возрастало; я показалъ¹⁾, что во всѣхъ этихъ случаяхъ при повышеніи температуры вода быстро выступала изъ дерева, при пониженіи вода снова всасывалась почти съ такой же быстротой; это явленіе происходитъ какъ въ томъ случаѣ, если поверхность разрѣза, чрезъ которую выходитъ вода, находится въ воздухѣ, такъ и тогда, если она находится подъ водой, причемъ внутри древесины происходитъ передвиженіе воды отъ лѣста нагрѣтаго къ болѣе холодному, какъ это слѣдуетъ изъ того обстоятельства, что если одинъ конецъ древесины погрузить глубоко въ горячее масло, то вода будетъ выходить чрезъ разрѣзъ другого конца, находящагося въ воздухѣ, между тѣмъ какъ изъ разрѣза, погруженнаго въ масло, вода не выходитъ.

Чтобы показать вышеупомянутыя явленія наглядно, служить слѣдующій простой опытъ: срубанные зимой или весной свѣжіе куски вѣтвей, длиною отъ 20 до 30 см. и толщиною отъ 2 до 3 см., погружаются въ теплую воду, нагрѣтую отъ 20° до 25° Ц. и только одна гладко выровненная поверхность разрѣза выставляется надъ уровнемъ воды; скоро изъ древесины начинаетъ выступать вода и собирается въ видѣ большихъ капель на поверхности разрѣза; обыкновенно здѣсь такъ же какъ и изъ разрѣза, находящагося подъ водой, выступаетъ значительное число воздушныхъ пузырей.

Если теперь кусокъ древесины въ этомъ состояніи, вмѣстѣ съ водой выступившей на поверхность поперечнаго сѣченія, вынуть изъ горячей воды и погрузить въ воду, температура которой отъ 0° до 4° Ц., при этомъ наблюдаю, чтобы верхнее сѣченіе выходило изъ воды, то замѣчается, какъ выступившая вода вновь входитъ въ древесину, такъ что, наконецъ, поперечное сѣченіе дѣлается совершенно сухимъ, какъ будто бы оно было тщательно вытерто.

Для количественнаго опредѣленія достаточно кусокъ древесины попеременно совершенно погружать на короткое время въ горячую, потомъ въ холодную воду, каждый разъ тщательно вытиралъ и взвѣшивал, какъ показываетъ слѣдующій примѣръ. Отъ непосредственно передъ опытомъ срубленныхъ деревьевъ были взяты у основанія стволовъ поперечные отрѣзки: березовый отрѣзокъ имѣлъ 24 годовыхъ слоя, былъ толщиною въ 2 см. и средній діаметръ имѣлъ въ 27 см., кора была снята; отрѣзокъ бука имѣлъ 26 годовыхъ слоевъ, средній діаметръ 2,2 см., кора была оставлена; въ дубовомъ отрѣзкѣ было 40 годовыхъ слоевъ, изъ которыхъ 6 составляли бѣлую заболонь, прочіе бурую старую древесину; онъ былъ 2,3 см. толщины и 27 см. ширины. Послѣ нижепоказанныхъ взвѣшиваній былъ опредѣленъ вѣсъ сухой древесины и такимъ образомъ составила слѣдующая таблица:

100 граммовъ свѣжей древесины, предполагаемой въ сухомъ состояніи, всосали слѣдующія количества воды:

¹⁾ Bot. Zeitg. 1860, стр. 253.

Время мочения въ водѣ.	Темпера- тура воды R°.	Содержаніе воды въ граммахъ.		
		Береза.	Букъ.	Дубъ.
5 часовъ	0°	75,594	69,651	82,670
1/4 „	24°	74,045	67,580	82,086
1/4 „	26°	74,045	67,580	82,086
1/4 „	0°	79,692	72,899	84,712
16 „	0°	82,917	75,604	86,755
1/2 „	24°	79,959	72,628	85,879
1/2 „	24°	79,677	72,110	85,296
1/2 „	0°	83,902	75,475	87,191
4 „	0°	85,451	77,673	87,630
1/2 „	24°	82,494	74,051	86,171.

Выступающая вода, при данномъ повышеніи температуры, составляетъ нѣсколько процентовъ всей воды; это количество гораздо больше того, которое можно было бы приписать одному расширенію воды отъ теплоты; количество воды, выходящее изъ березоваго отрѣзка, въ шесть разъ болѣе того количества, которое должно было бы получиться отъ расширенія вслѣдствіе нагрѣванія. Количество выходящей воды отъ повышенія температуры, впрочемъ, не пропорціо-нально содержанію воды въ древесинѣ, ибо количество воды, выходящее изъ богатой водой дре-весины, не бываетъ замѣтно больше того, какое выходитъ изъ обыкновеннаго влажнаго дерева.

Всѣ эти явленія вполнѣ согласуются съ доказаннымъ Гофмейстеромъ положеніемъ ¹⁾, что выходеніе воды при повышеніи температуры и всасываніе при пониженіи, главнымъ образомъ зависятъ отъ измѣненія въ объемѣ содержащагося въ древесинѣ воздуха.

И, въ названной моей работѣ, показала, что многія давно извѣстныя явленія, которыхъ во-обще обозначались именемъ истеченія сока (Bluten) и которыя смѣшивались съ истеченіемъ сока, происходящимъ подъ вліяніемъ дѣятельности корня, должны быть приписаны измѣненію температуры ²⁾. Къ этимъ явленіямъ можно отнести, напр., то, что срѣзанная вѣтвь при нагрѣ-ваніи истекаетъ соками, а при охлажденіи истеченіе прекращается. Но въ стволѣ, стоящемъ на корнѣ, истеченіе сока кромѣ корневой дѣятельности можетъ, при извѣстныхъ обстоятельствахъ, частью или всецѣло зависеть отъ расширенія воздуха въ полостяхъ вслѣдствіе нагрѣванія. Объ участіи, принимаемомъ этой причиной въ явленіи, можно судить потому, что истеченіе, какъ скоро оно обусловлено нагрѣваніемъ, должно при колебаніи температуры то прекращаться, то возобновляться, и что количество истекающей жидкости никогда не можетъ превышать нѣсколь-кихъ процентовъ всего вѣса растенія въ свѣжемъ видѣ; но всетаки, если масса дерева велика, то при одномъ нагрѣваніи, безъ содѣйствія корневой дѣятельности, можетъ вытечь значительное количество сока, такъ что это явленіе представляетъ большое сходство съ истеченіемъ вслѣд-ствіе дѣятельности корня. Изъ березы въ 300 фунтовъ вѣса, чрезъ просверленное отверстіе, весной, при повышеніи температуры отъ 0° до 14° R., могло бы вытечь отъ 1-го до 2-хъ фун-товъ сока, безъ участія дѣятельности корня.

Впрочемъ, мнѣ неизвѣстно, какое количество сока можно получить изъ березы и сахарнаго клена и дѣйствительно ли оно столь значительно, что кромѣ упомянутой причины нужно брать въ расчетъ еще дѣятельность корня.

Измѣненіе въ давленіи воздуха въ древесинѣ, обусловливаемое нагрѣваніемъ или охлажде-ніемъ, естественно должно также оказывать вліяніе на положеніе ртути или воды манометра, при-крѣпленнаго къ просверленному отверстію или къ поперечному сѣченію ствола. Каждое повыше-ніе температуры будетъ имѣть послѣдствіемъ выдѣненіе воды (отъ усиленія давленія); при валь-домъ охлажденіи, будетъ всасываніе воды, вслѣдствіе уменьшенія давленія внутри.

Эти измѣненія давленія могутъ быть наблюдаемы на томъ же манометрѣ, который былъ устроенъ для наблюденія корневой дѣятельности ³⁾.

¹⁾ Flora 1862, стр. 105.

²⁾ Доказательства, приводимыя въ новой и прежней литературѣ, см. въ моемъ вышепомяну-ванномъ отдѣлѣ.

³⁾ Сравни напр. Hartig, Bot. Zeitg. 1861, стр. 17.

с) Испареніе.

§ 61. Стремленіе воды превращаться въ парь, замѣчается также на влажной поверхности пропитанныхъ жидкостью клѣточныхъ стѣнокъ. Но поверхность многихъ надземныхъ органовъ не находится въ этомъ состояніи, особенно если она покрыта плѣнкой (cuticula), которая, вслѣдствіе содержанія воскообразныхъ и жирныхъ веществъ, едва ли въ состояніи пропитываться водою, и потому на поверхности не бываетъ влажною, что доказывается, между прочимъ, слоемъ воздуха, облекающимъ поверхность органовъ, одѣтыхъ такой плѣнкой, и тѣмъ, что вода къ нимъ трудно пристаётъ¹⁾.

То же должно сказать и о частяхъ одѣтыхъ пробкою (Periderm) п о ствольныхъ органахъ, покрытыхъ разщелившейся коркой.

Напротивъ, паренхима всѣхъ органовъ снабжена воздухоносными полостями, которыя во всемъ растеніи сообщаются между собой и съ сосудами, и открываются наружу посредствомъ устьицъ. Каждая паренхимная клѣточка, большей или меньшей частью своей поверхности, граничитъ съ такимъ межкѣльнымъ пространствомъ и пропитывающая стѣнку вода испаряется до тѣхъ поръ, пока межкѣльная пустота не будетъ насыщена водяными парами.

Вслѣдствіе упругости пара въ межкѣльныхъ ходахъ, часть паровъ выгоняется чрезъ устьица и чрезъ различныя поврежденія, почти всегда оказывающіяся въ старшихъ частяхъ.

Измѣненія температуры и перемѣна барометрическаго давленія способствуютъ воздуху, заключенному въ межкѣльныхъ ходахъ, приходитъ въ движеніе и такимъ образомъ содѣйствуютъ выдѣленію паровъ воды. Но состояніе упругости клѣточекъ само по себѣ можетъ обусловливать увеличеніе или уменьшеніе испаренія; при болѣе сильномъ давленіи клѣточного сока на оболочку, жидкость, пропитывающая стѣнки, будетъ легче выходить наружу и такимъ образомъ будетъ увеличивать количество жидкости, способной испаряться. Съ увеличеніемъ межкѣльнаго пространства, вообще увеличивается размѣръ участка прилегающихъ паренхимныхъ клѣточекъ, на поверхности котораго происходитъ испареніе. При этомъ, съ увеличеніемъ межкѣльнаго пространства облегчается движеніе и возобновленіе въ немъ воздуха, а слѣдовательно и удаленіе паровъ. Тоно также усиливается испареніе съ увеличеніемъ числа и величины устьицъ.

Оба условія, благоприятствующія испаренію, встречаются въ вѣтвяхъ, листьяхъ и ихъ замѣняющихъ органахъ, такъ что мы, безъ большой неточности, можемъ принять листовые органы за органы испаренія.

Когда паренхиматическія клѣточки листа, содержаща хлорофиллъ, выдѣляютъ пары воды въ сравнительно большія межкѣльныя пространства, то оболочка этихъ клѣточекъ лишается части воды; эта потеря можетъ быть вознаграждена двумя способами: во-первыхъ, оболочка можетъ всасывать воду внутренней своей поверхностью изъ клѣточного сока, и проводить эту воду чрезъ вещество оболочки наружу; во-вторыхъ, оболочка можетъ всасывать воду изъ болѣе пропитанныхъ водою стѣнокъ сосѣднихъ клѣточекъ, съ которыми она соприкасается.

¹⁾ Изъ имѣющихся до сихъ поръ данныхъ объ испареніи верхнихъ листовыхъ частей, коихъ мякоть не снабжена устьицами, оказывается, что на болѣе обращено вниманіе на поверхность листовыхъ нервовъ, которая по отношенію къ водѣ имеетъ болѣе иные свойства, нежели мякоть, что указываетъ на отличие по отношенію къ пропитыванію наружныхъ стѣнокъ.

Древесинные элементы сосудистыхъ пучковъ, проходящихъ чрезъ листь, суть органы проводящіе воду, и изъ нихъ-то прежде всего сосѣднія паренхиматическія клѣточки получаютъ ее для вознагражденія своей потери чрезъ испареніе; тѣ же паренхиматическія клѣточки, которыя лежатъ далѣе отъ сосудистыхъ пучковъ, вознаграждаютъ свою потерю воды изъ клѣточекъ ближайшихъ къ сосудистому пучку.

Очень возможно, что проводимость воды отъ пучка чрезъ ближайшія клѣточки къ наиболѣе отдаленнымъ, производится эндосмосомъ, т. е. при посредствѣ содержаемаго клѣточекъ; но также возможно, и даже болѣе соотвѣтствуетъ скорости процесса, то предположеніе, что движеніе воды происходитъ главнымъ образомъ при посредствѣ вещества оболочекъ клѣточекъ, которыя проводятъ воду отъ одной оболочки до другой.

Число работъ относительно испаренія весьма значительно и наблюденія этого процесса относятся къ первому развитію науки. Несмотря на это, основныя понятія еще мало разъяснены. Особенно ощущается недостатокъ въ изслѣдованіяхъ, которыя бы объяснили сложныя явленія, обуславливаемые испареніемъ.

При наблюденіи цѣлаго растенія, должно брать во вниманіе, кромѣ дѣятельности испаряющихъ клѣточекъ и различныхъ вышнихъ вліяній, еще дѣятельность корня и проводящихъ древесинныхъ частей.

Усилія наблюдателей имѣли главнымъ образомъ цѣлью опредѣлить количество воды, испаряемой листьями, а слѣдовательно и количества принимаемаго изъ почвы. Подобныя наблюденія могутъ имѣть значеніе, если цѣль ихъ — опредѣлить *minimum*, *maximum* или неточную среднюю величину испаренія; но какъ скоро требуется строгая точность, то всѣ эти наблюденія оказываются несостоятельными.

При томъ огромномъ вліяніи, которое оказываютъ на испареніе степень влажности окружающей среды, освѣщеніе и температура, при измѣнчивости этихъ условій въ различныхъ мѣстностяхъ, на которыхъ одно и то же растеніе развивается успѣшно (наши хлѣба, плодовые растенія, хвойныя), при различіи этихъ условій на одномъ и томъ же мѣстѣ, но въ разные года, очевидно, что одинъ и тотъ же видъ растенія, смотря по обстоятельствамъ, принимаетъ изъ почвы и испаряетъ то большое, то незначительное количество воды, развиваясь при томъ одинаково успѣшно.

Помѣщенныя въ слѣдующемъ параграфѣ общія положенія относительно испаренія, основаны на моихъ собственныхъ наблюденіяхъ, а также на работахъ слѣдующихъ авторовъ: Маріоттъ ¹⁾ кажется былъ первый, который старался научно опредѣлить испареніе воды въ растеніяхъ; онъ вставлялъ вѣтви въ приемникъ, на стѣнкахъ котораго спущалась шары воды, и эту воду собиралъ. Эту же методу употреблялъ позже Гетаръ ²⁾ для опредѣленія вліянія свѣта на испареніе. Всѣмъ извѣстно, какое развитіе получила эта часть науки вслѣдствіе работъ Stephan Hales ³⁾ и какое значеніе имѣютъ эти работы даже и въ наше время.

Бонне ⁴⁾ первый старался опредѣлить отношеніе испаренія верхней и нижней сторонъ листа.

Мало годнаго представляетъ работа Сенебье ⁵⁾. Дютроше, хотя и не безъ предразсудковъ, но всетаки глубже своихъ предшественниковъ проникъ въ нѣкоторыя существенныя стороны вопроса ⁶⁾. Мейенъ далъ систематическій и критическій обзоръ, хотя не лишенный ошибокъ ⁷⁾. Все, что говоритъ объ испареніи П. Декандоль, есть не болѣе, какъ голый рефератъ ⁸⁾.

¹⁾ *Essays de physique. 1 ess. de la végét. des pl. Paris. 1679, 12, стр. 98.*

²⁾ *Guettard: Mem. de l'Acad. des sc. de Paris, 1748 и 1749.*

³⁾ *Statical essays, erste Ausgabe 1726.*

⁴⁾ *Bonnet: Usage des feuilles, V. Abh.*

⁵⁾ *Senebier: Physiol. végét. Genève 8 Vol., IV Chap. VI*

⁶⁾ *Mémoires pour servir à l'hist. u. s. w. 1, стр. 389, II.*

⁷⁾ *Meyen: Pflanzenphysiol. 1838, II, Cap. III.*

⁸⁾ *Physiol. végét. Paris, 1832, I livre II.*

Лучшая разработка вопроса, основанная на многочисленных наблюденіяхъ, представлена Лигеромъ ¹⁾.

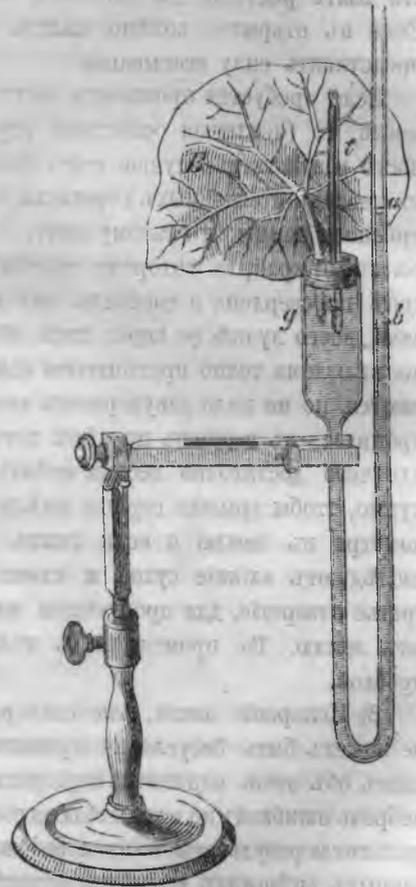
§ 62. Зависимость силы испаренія отъ различныхъ обстоятельствъ:
 а) Обыкновенно принимаютъ, что, при остальныхъ равныхъ условіяхъ, испареніе должно быть пропорціально величинѣ листовой поверхности; при разнородности свойствъ послѣдней и при томъ обстоятельстве, что испареніе имѣетъ мѣсто не на поверхности, но въ межклеточныхъ ходахъ, предположеніе о такой пропорціональности не вполне вѣрно и можетъ быть допущено только за недостаткомъ лучшаго.

Столь же сомнительно и другое положеніе, именно, что испареніе при остальныхъ равныхъ условіяхъ должно быть пропорціально вѣсу или объему сравниваемыхъ листьевъ. Эти положенія сами собою недопускаютъ возможности получить точныя числа изъ сравненія различныхъ листьевъ, и все, что можно сказать относительно силы испаренія, основывается болѣе на сравненіи многочисленныхъ наблюденій и на проницательности наблюдателя.

Очевидно, что въ тѣхъ случаяхъ, когда для сравнительнаго опредѣленія вліянія вѣшнихъ условій возможно съ однимъ и тѣмъ же листомъ или растеніемъ произвести быстро одно за другимъ рядъ различныхъ наблюденій, всѣ вышеприведенныя затрудненія устраняются сами собою.

Въ такихъ случаяхъ можно употреблять аппаратъ, изображенный на ф. 25-й. Черезъ пробку сосуда *g*, кромѣ испаряющаго листа еще пронуженъ тонкій термометръ *t*; послѣдній посредствомъ мягкой замазки плотно вмазывается въ отверстіе, по такъ, что можетъ передвигаться. Трубка сперва наполняется водою (или солянымъ растворомъ) и затыкается пробкой. На открытомъ тонкомъ колѣнѣ трубки, выше и ниже поверхности *g*, дѣлаются отмѣтки (*a* и *b*) и замѣчаютъ время, необходимое для того, чтобы вода понизилась отъ *a* до *b*, причемъ должно брать въ расчетъ расширеніе отъ температуры на основаніи показаній термометра; лучше стараться избѣгать колебанія температуры при этихъ короткихъ наблюденіяхъ.

Если вода, вслѣдствіе всасыванія листа, опустилась до *b*, то термометръ передвигается глубже въ сосудъ *g* до тѣхъ коръ, пока вода въ другомъ колѣнѣ снова остановится на *a*, и снова наблюдается



ф. 25.

¹⁾ Anat. u. Physiol. der Pflanzen, 1855, § 173, u. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Bd. XLIV, tetr. II).

время, втеченіи котораго вода вслѣдствіе всасыванія листа опустится до *b*. Если трубка *ab* узка, а листъ великъ, то для одного наблюденія требуется только нѣсколько минутъ и по этому способу въ короткое время можно произвести цѣлый рядъ наблюденій, напр. попеременно подвергая листъ дѣйствию солнца, или затемняя его, помѣщая аппаратъ во влажное, или сухое пространство.

Если вмѣсто *g* взять маленькій стаканъ *n*, сбоку прикрѣпить маленькую калиброванную манометрическую трубку, раздѣленную на части равной ѣмкости, то такой аппаратъ можно поставить на вѣсы и одновременно наблюдать въ открытомъ колѣнѣ объемъ всасываемой воды, а изъ потери въ вѣсѣ судить о степени испаренія и такимъ образомъ сравнивать количества воды, принимаемыя и выдѣляемыя листомъ, которыя, при коротковременныхъ наблюденіяхъ, большей частью между собою разнствуютъ.

Аппаратъ фиг. 25-й можетъ съ успѣхомъ служить для опытовъ на листьяхъ, когда нужно наглядно показать всасываніе и испареніе; если вмѣсто одного листа взять растеніе съ листьями, то видно, какъ вода у *a* быстро опускается. Если въ открытое колѣно налить ртути, то поднятіемъ ее можно наглядно представить силу всасыванія.

Если требуется произвести опытъ надъ цѣлымъ растеніемъ, растущимъ въ землѣ, то (исключая особенные случаи) для большаго удобства и большей точности результатовъ лучше всего брать маленькіе экземпляры, по возможности въ легкихъ стеклянныхъ горшкахъ, въ которыхъ они выросли, поставить на вѣсы, приспособленные къ такому опыту. Стеклянный горшокъ долженъ имѣть отполированный край, къ которому пригоняется стеклянная крышка; послѣдняя по срединѣ просверлена и состоитъ изъ двухъ половинокъ. Чтобы раздѣлить ее пополамъ, всего лучше ее переломить, ибо тогда при складываніи половинокъ поверхности излома точно пригоняются одна къ другой. Всѣ большія отверстія замазываются, но не надо закупоривать совершенно герметически, ибо воздухъ долженъ проникать въ горшокъ по мѣрѣ того, какъ корни всасываютъ воду изъ земли, для чего достаточно весьма небольшого отверстія. Для нѣкоторыхъ опытовъ нужно, чтобы крышка горшка имѣла отверстіе для погруженія маленькаго термометра въ землю и если опытъ долженъ долго продолжаться, напр. когда изслѣдуютъ вліяніе сухой и влажной почвы, то хорошо въ крышкѣ сдѣлать третье отверстіе, для пропусканія маленькой воронки, черезъ которую поливаютъ землю. Въ промежуткахъ между поливкой, это отверстіе можно закрывать пробкой.

β) Испареніе листа, или всего растенія, при равныхъ внѣшнихъ условіяхъ, не можетъ быть безусловно принято пропорціональнымъ времени. Если дѣло идетъ объ очень короткихъ періодахъ времени (минутахъ и часахъ), то можно пренебречь ошибкой; но если наблюдать испареніе втеченіи $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ или $\frac{3}{4}$ дня и сравнить тогда результаты, то пропорціональности между временемъ и испареніемъ при равныхъ внѣшнихъ условіяхъ не замѣчается, потому что, вѣроятно, въ самомъ растеніи дѣйствуютъ причины, обуславливающія періодическое измѣненіе въ количествѣ испаренія (самостоятельная періодичность).

Наконецъ, если дѣло идетъ о томъ, чтобы на одномъ и томъ же растеніи сдѣлать сравнительныя наблюденія о дѣйстви внѣшнихъ вліяній, на что потребовалось бы нѣсколько дней, то не должно упускать изъ вида, что растеніе при

этомъ развивается, что поверхность листа измѣняется, что молодые листья старѣють, и т. д., причемъ и само испареніе подвергается измѣненіямъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда необходимо продолжительное наблюденіе, можно брать различныя экземпляры одного вида и, разумѣется, по возможности между собою сходныя, и сравнивать получаемые результаты. Но полученные такимъ образомъ числа могутъ имѣть значеніе только при извѣстныхъ условіяхъ.

γ) При равной поверхности, или равномъ вѣсѣ, или объемѣ листьевъ или растений, испареніе различно, смотря по природѣ ихъ; это уже давно признано всѣми наблюдателями, такъ какъ различіе болѣею частью проявляется очень рѣзко. Вообще можно бы сказать, что листья быстро растущихъ растений, нѣжнаго, «травянистаго», свойства, болѣею частью испаряютъ сильнѣе другихъ, такъ что въ немного дней испаряемая вода можетъ превышать въ нѣсколько разъ вѣсъ всего растенія въ свѣжемъ состояніи. Листья кожистые, вѣчно зеленые, покрытые толстою блестящею кутикуля, испаряютъ болѣею частью гораздо медленнѣе; сюда же относятся мясистые, очень толстые листья и стеблевые части.

δ) Уже Боннегъ нашель ¹⁾, а Унгеръ ²⁾ и Гарро подтвердили ³⁾, что различію въ организаціи верхней и нижней сторонъ одного и того же листа соотвѣтствуетъ различная сила испаренія. Унгеръ и Гарро, кромѣ того, не нашли пропорціональности между числомъ устьицъ и силою испаренія обѣихъ сторонъ; но по ихъ мнѣнію нижней сторонѣ, болѣе пзобилующей устьицами, соотвѣтствуетъ и болѣе обильное испареніе. Дѣйствительной пропорціональности, при столь сложныхъ условіяхъ, нельзя и ожидать, и хотя устьицы служатъ выдѣлительными путями для паровъ воды, образующихся внутри тканей, однако кромѣ числа ихъ на скорость выдѣленія паровъ имѣютъ еще вліяніе ширина и форма межклеточныхъ пространствъ, ведущихъ къ устьицамъ. Такъ, по Гарро.

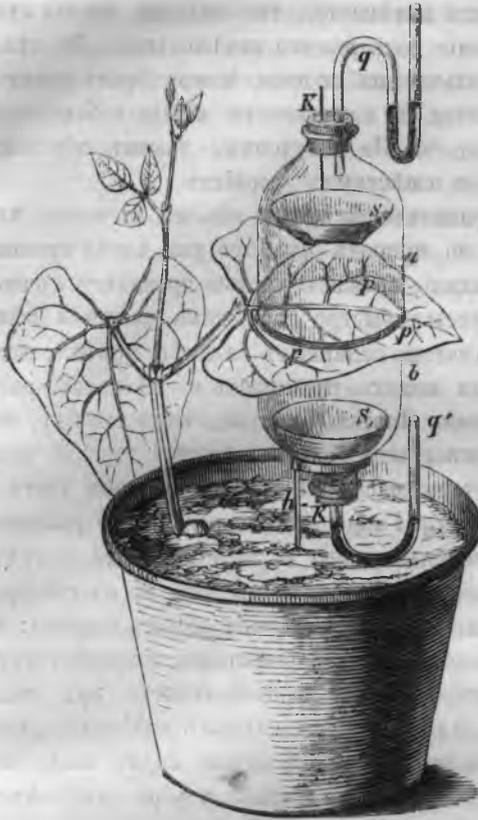
	Относительное число устьицъ:	Относительная сила испаренія:
<i>Atropa Belladonna</i>	сверху . 10	48
	снизу . 55	60
<i>Nicotiana rustica</i>	сверху . 15	57
	снизу . 20	80
<i>Dahlia variabilis</i>	сверху . 22	50
	снизу . 30	100
<i>Canna aethiopica</i>	сверху . 0	5
	снизу . 25	35
<i>Tilia europaea</i>	сверху . 0	20
	снизу . 60	49.

Гарро, какъ для этихъ, такъ и для всѣхъ подобныхъ опредѣленій употреблять приборъ, изображенный на фиг. 26-й. Два маленькіе, снабженные горлышками колокола *a* и *b*, равной окружности при основаніи, прикрѣплены къ верхней и нижней поверхностямъ листа посредствомъ безвредной для листа мягкой замазки. Нижний колоколъ *b* поддерживается подставкой *h*; сквозь пробки *k* и *k* пропущены два маленькіе открытые манометра *qq'* и каждый колоколъ заключаетъ чашечку съ хлористымъ кальціемъ; увеличеніе въ вѣсѣ послѣдняго выражаетъ количество испарившейся воды.

¹⁾ Usage des feuilles V, Satz LXXXVIII.

²⁾ Loc. cit., стр. 334.

³⁾ Garreau, Ann. des sc. nat. 1850.



ф. 26.

сыщенномъ водяными парами, тогда именно, когда оно внутри теплѣ этого насыщеннаго воздуха; пары, образующіеся въ межклеточныхъ пространствахъ, имѣютъ такимъ образомъ напряженіе болѣе сильное, чѣмъ пары окружающіе, и слѣдовательно могутъ проходить черезъ устьицы и за тѣмъ сгуститься. Но предположеніе болѣе высокой температуры внутри растенія возможно тогда только, когда въ здоровыхъ тканяхъ существуетъ сильное образованіе углекислоты вслѣдствіе процесса дыханія. Очевидно, что это предположеніе имѣетъ полное примѣненіе къ теплымъ початкамъ видовъ *Agave*, и хотя возвышеніе температуры внутри ткани вслѣдствіе дыханія и доходитъ только до $\frac{1}{10}$ или $\frac{1}{30}^{\circ}$ Ц., но оно во всякомъ случаѣ должно имѣть вліяніе на испареніе. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что въ живыхъ растеніяхъ развивается теплота, что должно заключить изъ образованія углекислоты и изъ тщательныхъ наблюденій многихъ изслѣдователей.

Я предлагалъ испареніе въ пространствѣ ¹⁾ насыщенномъ парами, принять за мѣру собственной теплоты, развиваемой растеніемъ и эта мысль не можетъ считаться неосновательной. Однако мои опыты, на которыхъ я основывался, были не довольно многочисленны и вполнѣ основательно мнѣ было сдѣлано возраженіе, что надо было бы еще болѣе избѣгать колебанія температуры воздуха, окружающаго растеніе. Такъ какъ теплота, развивающаяся въ растеніи вслѣд-

ε) Безъ сомнѣнія существуетъ зависимость испаренія отъ возраста или состоянія развитія органа, но на основаніи имѣющихся наблюденій объ этомъ нельзя сказать ничего точнаго. Кажется, что очень молодые листья на единицу поверхности испаряютъ менѣе, чѣмъ вполнѣ взрослые и что въ старыхъ листьяхъ испареніе опять уменьшается.

ζ) Всѣ наблюдатели согласны въ томъ, что влажность воздуха оказываетъ очень замѣтное вліяніе на быстроту испаренія растеній, что приближеніемъ воздуха къ степени насыщенія парами испареніе въ растеніи уменьшается, и что сухость воздуха увеличиваетъ его. Испареніе бываетъ замѣтно даже въ воздухѣ, почти насыщенномъ водяными парами и нѣтъ ничего невозможнаго въ предположеніи, что при извѣстныхъ обстоятельствахъ растеніе испаряетъ въ воздухѣ, на-

¹⁾ Саксъ: «О методѣ опредѣленія количества растительной собственной теплоты», въ *Sitzungsber. der kais. Acad. d. Wiss. Wien*, 1857, Bd. XXVI, 326.

ствіе химическаго процесса, тотчасъ же передается клѣточному соку и жидкости, пропитывающей паренхиму, то она легко будетъ употреблена на образованіе паровъ и это обстоятельство сильно затрудняетъ измѣреніе собственной теплоты термометрическими приборами. При этомъ возможно, что въ отдѣльныхъ небольшихъ участкахъ ткани образованіе теплоты вслѣдствіе химическаго процесса очень значительно, но теплота, развиваемая въ небольшомъ числѣ клѣточекъ, должна тотчасъ же распространиться по большимъ массамъ тканей и въ нашихъ термометрическихъ приборахъ получится только крайне незначительное возвышеніе температуры. Даже остріе термоэлектрической стрѣлки Дютроше, требуетъ значительнаго количества теплоты для того, чтобы произвести отклоненіе стрѣлки гальванометра; при этомъ должно обратить вниманіе на то, что необходимое для этого количество теплоты освобождается, можетъ быть, въ микроскопически тонкомъ слоѣ клѣточекъ, который самъ можетъ быть окруженъ другими клѣточками, въ которыхъ теплоты не развивается.

Теоретическое значеніе этихъ возрѣній неоспоримо и ихъ вѣрность или невѣрность можетъ быть рѣшена только весьма тщательными изслѣдованіями; опыты Бѣма, старающагося опровергнуть мой взглядъ ¹⁾, не удовлетворяютъ необходимой для этого точности.

γ) Высота температуры, предполагая ее постоянно, производить въ извѣстныхъ границахъ очень замѣтное вліяніе на силу испаренія; однако и здѣсь недостаетъ еще точныхъ числовыхъ данныхъ, которыя, при соблюденіи упомянутыхъ въ α и β правилъ предосторожности, могутъ имѣть значеніе тогда только, когда вмѣстѣ съ тѣмъ будутъ сдѣланы опредѣленія влажности воздуха подлѣ самаго растенія. Колебанія температуры во всякомъ случаѣ сами по себѣ могутъ вліять на испареніе. Вслѣдствіе быстраго возвышенія температуры воздуха, послѣдній становится относительно суше и соразмѣрно съ этимъ ускоряется испареніе; при быстромъ пониженіи температуры воздуха, послѣдній можетъ приблизиться къ степени насыщенія водяными парами или даже достигъ образованія росы, вслѣдствіе чего испареніе внезапно уменьшается.

δ) Замѣтное дѣйствіе на испареніе производитъ интензивность свѣта, падающаго на листья. Но на основаніи имѣющагося до сихъ поръ матеріала еще сомнительно, увеличиваетъ ли свѣтъ самъ по себѣ испареніе, или въ силу своего согрѣвающего дѣйствія. Что растеніе, или отдѣльный листъ, подвергаемые попеременно дѣйствію прямого солнечнаго свѣта и тѣни или темноты, постоянно показываютъ весьма замѣтное усиленіе испаренія, когда подвергнуты непосредственно дѣйствію солнечныхъ лучей и что это усиленіе дѣлается замѣтнымъ уже послѣ нѣсколькихъ минутъ, можетъ быть легко подтверждено. Но здѣсь естественно предположить, что нагрѣваніе испаряющей ткани составляетъ главную причину усиленія испаренія. Но если будетъ доказано, что разсѣянный дневный свѣтъ, напр. въ комнатѣ, уже въ короткое время дѣйствуетъ благоприятно въ сравненіи съ глубокой темнотой, то (при исчезающемъ почти согрѣваніи, производимомъ разсѣяннымъ свѣтомъ), этимъ будетъ доказано вліяніе свѣта самого по себѣ. Но при этомъ надо имѣть въ виду, что для доказательно-

¹⁾ Bohm: «Ueber die Ursache des Saftsteigens in den Pflanzen», въ Sitzungsber. d. kais. Ak. d. Wiss. Bd. 48, 1863.

сти, температура растенія должна быть равна въ обоихъ случаяхъ (при наблюденіи въ темнотѣ и разсѣянномъ свѣтѣ) и что влажность воздуха не должна измѣняться; послѣднее однако происходитъ, когда растеніе, чтобы затемнить его, ставятъ подъ пріемники, или вообще въ узкое пространство. При моихъ опытахъ, произведенныхъ пять лѣтъ тому назадъ, мнѣ не удалось выполнить эти требованія, а данныя прежнихъ наблюдателей также не рѣшаютъ вопроса ¹⁾).

Такъ какъ вліяніе свѣта вообще столь мало изслѣдовано, то менѣе слѣдуетъ ожидать разясненій относительно вліянія на испареніе различныхъ цвѣтовыхъ лучей. К. Добиньн ²⁾, занимавшійся этимъ вопросомъ, выражается весьма осторожно и наблюденіе его при различно окрашенномъ свѣтѣ, не привело ни къ какому результату.

Сравненіе испаренія растенія днемъ и ночью не даетъ опредѣленныхъ результатовъ, такъ какъ ночью на ослабленіе испаренія вліяютъ пониженіе температуры, хотя и незначительное, увеличеніе влажности воздуха и дѣйствіе независимой періодичности въ растеніи. Что свѣтъ долженъ оказывать вліяніе на испареніе посредственно, слѣдуетъ изъ того, что при продолжительномъ освѣщеніи или затемненіи весь ходъ процесса развитія испытываетъ существенныя измѣненія, которыя не могутъ остаться безъ вліянія на испареніе.

Чтобы показать, помимо всѣхъ сомнѣній, какимъ образомъ подъ вліяніемъ освѣщенія листьевъ и температуры измѣняется испареніе, я привожу слѣдующія сдѣланныя мною наблюденія. Растенія выросли въ землѣ, въ стеклянныхъ горшкахъ; наблюденія производились въ отопляемой комнатѣ, причѣмъ растенія вирожденіи опыта стояли на вѣсахъ. Термометръ висѣлъ подлѣ растенія.

Brassica oleracea: ноябрь 1859 г.

Время.	Освѣщеніе.	Темп. R° въ воздухѣ.	Испареніе ра- стен. въ часъ.
отъ 5 ч. веч. до 8 ч. утр.	темно	14°—6,8°	1,1 грамма
» 8 ч. утр. до 9 ч. утр.	свѣтл. (св. разсѣян.)	14,5°	4,5
» 9 ч. утр. до 10 ч. утр.	свѣтл. (св. разсѣян.)	14,5°	4,5
» 10 ч. утр. до 11 ч. утр.	на солнцѣ	18,5°	13,0
» 11 ч. утр. до 12 ч. дня.	на солнцѣ	16,6°	17,0
» 12 ч. дня до 1½ ч. дня.	свѣтл. (св. разсѣян.)	15,2°	7,6
» 1½ ч. дня до 2½ ч. дня.	свѣтл. (св. разсѣян.)	15,0°	8,0
» 2½ ч. дня до 4 ч. веч.	свѣтл. (св. разсѣян.)	4°—3,5°	1,66
» 4 ч. веч. до 5 ч. веч.	сумерки	11,8°	1,5

Nicotiana Tabacum: ноябрь 1859 г.

¼ ч. утр. до 9¼ ч. утр.	свѣтл. (св. разсѣян.)	12,9°	0,30 грамма.
9¼ ч. утр. до 10¼ ч. утр.	на солнцѣ	15,5°	0,50
10¼ ч. утр. до 11¼ ч. утр.	на солнцѣ	18,5°	0,75
11¼ ч. утр. до 12¼ ч. утр.	на солнцѣ	16,5°	1,50
12¼ ч. утр. до 1¼ ч. дня.	свѣтл. (св. разсѣян.)	15°	0,60
1¼ ч. дня до 1½ ч. дня.	свѣтл. (св. разсѣян.)	15°	0,24
1½ ч. дня до 3 ч. дня.	свѣтл. (св. разсѣян.)	15°	0,20
3 ч. до 4 ч. пополудни.	свѣтл. (св. разсѣян.)	12,5°	0,20
4 ч. веч. до 5 ч. веч.	сумерки	11,3°	0,10

¹⁾ Напр. опыты Guettards (у Дюгамеля Ph. des arb. I, 145 и Мейенъ II, 104), опыты Декандоля (въ Mém. prés. à l'acad. des sc. par divers savants 1806, t. I, 335), еще менѣе опыты Сенебье (Physiol. végét. IV, 61).

²⁾ On the action of light etc. Philos. Transact. of the royal Society of London, 1836, t. I, 149, ff.

г) Уягеръ ¹⁾ въ первый разъ предположилъ существованіе періодически дѣйствующей причины, независимой отъ свѣта, влажности воздуха и температуры, вслѣдствіе которой втеченіи сутокъ замѣчается усиленіе и ослабленіе испаренія растений. «Испареніе, говоритъ онъ, не идетъ равномѣрно, но возвышается и падаетъ въ различные часы дня несмотря на всѣ задерживающія или благопріятствующія побочныя вліянія; эти измѣненія происходятъ такимъ образомъ, что въ продолженіи 24 часовъ постоянно существуетъ maximum и minimum». Первый, по Уягеру, бываетъ между 12—2 часами дня, второй ночью.

Мои опыты, сдѣланные въ этомъ направленіи, не устранили того предположенія, что на періодическое измѣненіе испаренія дѣйствуетъ также незначительное колебаніе температуры, связанное съ измѣненіемъ влажности воздуха. Однако самостоятельный дневной періодъ, несмотря на это, вѣроятно существуетъ, на что по крайней мѣрѣ указываетъ аналогія съ періодическимъ движеніемъ листьевъ и съ открытою Гюфмейстеромъ дѣятельностію корня.

При слѣдующемъ рядѣ наблюденій, произведенномъ въ 1859 г., небольшое, выросшее въ стеклянномъ горшкѣ растение стояло въ темной комнатѣ, ставни которой были закрыты.

Nicotiana Tabacum, 1859 г.

въ темнотѣ.

День.	Часъ.	Темп. Р°	Испареніе въ 1 часъ.	Время дня
29 окт.	3—4 ч. п. п.	15—16°	300 миллигр.	вечеръ
30 »	до 9 ч. д. п.	7°	93 »	ночь
»	до 11 ч. д. п.	8°	125 »	утро
»	до 5 ч. п. п.	8,3°	50 »	полудни
31 »	до 5 ч. д. п.	7,0°	78 »	ночь
31 »	до 10 ч. д. п.	8,5°	300 »	утро.

При слѣдующихъ наблюденіяхъ, въ промежуткахъ между взвѣшиваніями, растение стояло въ слабо освѣщенной комнатѣ, въ большомъ деревянномъ шкапѣ, изъ котораго оно выставилось только для взвѣшиванія, требовавшего около 1 минуты. Термометръ висѣлъ въ темномъ пространствѣ подлѣ растений.

Brassica oleracea, 1869 г.

въ темнотѣ.

День.	Часъ.	Темп. Р°	Испаренія въ 1 часъ.	Время дня.
12—13 ноябр.	5 п. п.—8 д. п.	5,0°	1,77 грам.	ночь
13 ноября	8—10 д. п.	5,6°	3,25 »	} до полудня
»	10—11 д. п.	5,8°	3,00 »	
»	11—12 д. п.	5,9°	4,50 »	} полдень
»	12—2 д. п.	5,9°	4,60 »	
»	2—4 п. п.	5,9°	3,15 »	} вечеръ
»	4—6 п. п.	5,2°	3,00 »	
13—14 ноябр.	6 п. п.—8 д. п.	5,0°	2,71 »	ночь
14 ноября	8 д. п.—3 п. п.	4,4°	2,86 »	} день
»	3—5 п. п.	4,0°	3,0 »	
14—15 ноябр.	5 п. п.—8 д. п.	3,5°	2,08 »	ночь

Къ подобнымъ результатамъ привели нѣсколько другихъ рядовъ опытовъ, но я избогдалъ не могъ вполнѣ устранить колебаній температуры.

¹⁾ Anat. и Phys. d. Pfl., стр. 333.

х) Если представить себѣ, что вода испаряемая единицею поверхности листа въ данное время, распространяется на этой поверхности въ видѣ водяного слоя, то высота его можетъ быть сравнена съ высотой водяного слоя, каковой испаряется свободною поверхностью воды въ то же время и при равныхъ условіяхъ. Такимъ образомъ получается представленіе хотя не точное, однако имѣющее практическое значеніе объ относительной быстротѣ испаренія растенія и свободной воды. По Унгеру (*loc. cit.*, стр. 332) открытая поверхность воды испаряетъ среднимъ числомъ слой, почти втрое болѣе высокій, чѣмъ листовая поверхность, а иногда впятеро и вшестеро. Я ставилъ въ 1856 (сентябрь) косвенно снизу срѣзанную вѣтвь серебристаго тополя на открытое окно въ воду. Она была 135 стм. высоты и имѣла листовую поверхность въ 2700 □ стм.¹⁾, испарившую въ 110 часовъ 480 к. стм. Этотъ объемъ, распространяясь по поверхности въ 2700 □ стм., даетъ слой воды въ 1,8 милл. высоты. Въ то же самое время изъ возлѣ стоявшаго широкаго, наполненнаго водою стекляннаго цилиндра испарился слой болѣе 5 милл. высоты, который, слѣдовательно, былъ въ 2,8 раза выше слоя, испарившагося съ листовой поверхности.

Стебель подсолнечника (*Helianthus annuus*) во 140 стм. вышины, отрѣзанный при шейкѣ корня, всосалъ въ продолженіи 118-ти часовъ объемъ воды въ 1100 к. стм. и испарилъ его. Поверхность листьевъ и покрововъ цвѣточной головки простиралась до 4920 □ стм., такъ что испарившаяся изъ растенія вода образовала бы на листовой поверхности слой въ 2,23 милл. толщины; въ то же время открытая поверхность воды понизилась на 5,3 милл.

Но вода испаряется не съ измѣренной поверхности растенія, а со стѣнокъ межклеточныхъ пространствъ, образующихъ въ листѣ поверхность гораздо болѣшую, чѣмъ вышняя листовая поверхность. Не будетъ слишкомъ преувеличеннымъ, если мы предположимъ, что общая поверхность межклеточныхъ пространствъ по крайней мѣрѣ въ 10 разъ больше поверхности кожицы того же листа. Изъ этого слѣдуетъ, что испареніе изъ паренхиматическихъ клеточекъ относится къ испаренію свободной водяной поверхности, какъ $\frac{1}{2}$ къ 1 (серебристый тополь) и какъ $\frac{1}{23}$ къ 1 (подсолнечникъ). Испареніе на стѣнкахъ межклеточныхъ пространствъ было, слѣдовательно, при этомъ предположеніи отъ 28-ми до 23-хъ разъ медленнѣе испаренія свободной водяной поверхности. Это медленное испареніе изъ клеточныхъ стѣнокъ можетъ зависѣть отъ того, что межклеточныя пространства почти постоянно насыщены водянымъ паромъ, а также вѣроятно и оттого, что живыя клеточныя стѣнки удерживаютъ воду и препятствуютъ испаренію ея, такъ какъ Г. ф. Моль и другіе наблюдатели доказали, что въ мертвыхъ листьяхъ испареніе клеточной воды значительно быстрѣе, чѣмъ въ живыхъ.

Мертвая животная перепонка, вообще не препятствуетъ испаренію пропитывающей ее воды; напротивъ, я нашелъ, что для равныхъ поверхностей испареніе пропитанной перепонки даже больше испаренія свободной водной поверхности, что я приписываю тому обстоятельству,

¹⁾ Свѣжіе листья вѣсили 57,6 грамм.

Стебель свѣжій 67,6 »

Цѣлая вѣтвь 125,2 »

во 110 часовъ всосанная и испарившаяся вода простиралась до 480 грамм., слѣдовательно превышала въ 3,8 вѣсъ свѣжаго цѣлаго растенія.

что пропитанная перепонка представляетъ въ силу молекулярнаго строенія многочисленныя неровности, дѣлающія ее поверхность фактически больше равной по масштабу водяной поверхности. На дно большаго стекляннаго цилиндра я налилъ слой *сс* сѣрной кислоты; на перевороченный стаканъ были поставлены два маленькіе стеклянные сосуда *A* и *B*. Къ стеклянной крышкѣ, герметически закрывавшей цилиндръ, я привѣсилъ 2 другіе стеклянные сосуда, именно бутылки безъ дна, *A'* и *B'*. *A* былъ наполненъ водой, *B* насыщеннымъ растворомъ поваренной соли. Поверхность этихъ жидкостей соприкасалась съ воздухомъ вполне осушеннымъ сѣрною кислотой и выдѣляла въ него непосредственно пары воды. Въ обоихъ висячихъ сосудахъ дно было замѣнено животной перепонкой (*Amnion*), натянутой какъ въ эндосмометрѣ. Внутри бутылки *A'* на перепонкѣ находился слой воды, въ *B'* слой насыщеннаго раствора поваренной соли. Горло этихъ бутылокъ было герметически заткнуто пробкой, испареніе могло происходить только черезъ перепонку. Въ 78 часовъ при 14,5° Р. въ воздухѣ, постоянно сухомъ отъ дѣйствія сѣрной кислоты, испарились слѣдующія количества воды, вычисленные на 10 □ см.:

<i>A</i> свободная водная поверхность.....	2,38	грамм.
<i>B</i> свободная поверхность раствора соли.....	1,37	»
<i>A'</i> вода испаряемая перепонкой.....	4,55	»
<i>B'</i> изъ солянаго раствора черезъ перепонку.....	2,23	»

Въ обоихъ случаяхъ, какъ для воды, такъ и для солянаго раствора, испареніе черезъ пропитанную перепонку было, слѣдовательно, почти вдвое больше испаренія равной (повидимому) поверхности жидкости.

д. Совокупное дѣйствіе силы корня, передачи воды по древесинѣ и испаренія.

§ 63. Три органа, участвующіе въ передвиженіи воды, корень,—древесина и листья, дѣйствуютъ прежде всего каждый самостоятельно, съ помощію собственной силы. Въ корнѣ преобладаетъ эндосмотическое дѣйствіе клеточнаго содержимаго, всасывающаго воду и выдавливающаго ее въ полости древесины. Въ древесинѣ стебля для поднятія воды дѣйствуютъ вмѣстѣ капиллярность, пропитываніе и измѣненія объема воздуха. Листья испаряютъ содержащуюся въ нихъ воду сообразно ихъ внутреннему состоянію и вѣншимъ вліяніямъ, прежде всего безъ отношенія къ силѣ корня и дѣятельности древесины.

Смотря по обстоятельствамъ, результатъ совокупной дѣятельности этихъ органовъ можетъ быть троякій: или потеря отъ испаренія листьями сполна покрывается притокомъ снизу, или корни принимаютъ болѣе, чѣмъ испаряютъ листья, или, наконецъ, потеря отъ испаренія болѣе, чѣмъ можетъ быть доставлено въ растеніе эндосмотическимъ дѣйствіемъ корней. Вслѣдствіе этого ткани растенія приходятъ въ различныя состоянія, которыя обнаруживаются особенными признаками. Древесина при этомъ всегда имѣетъ значеніе посредницы и особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда занимаетъ большой объемъ, она уравниваетъ часто значительныя различія между принятіемъ воды корнями и выдѣленіемъ листьями, и дѣлаетъ эти различія безвредными для общей экономіи растенія.

Если корни принимаютъ болѣе, чѣмъ листья могутъ выдѣлить, какъ это бываетъ вособенности весной, то избытокъ скопляется въ древесинѣ до тѣхъ поръ, пока собственное его сопротивленіе не задержитъ дальнѣйшую дѣятельность корня. Если лѣтомъ, въ жаркіе дни, испареніе очень значительно, а корни находятъ въ сухой почвѣ мало воды, то скопившейся въ древесинѣ воды на нѣкоторое время будетъ достаточно для удовлетворенія листьевъ. Этимъ объясняется, отчего большія деревья и при продолжительной сухости воздуха и почвы такъ рѣдко вянутъ, между тѣмъ какъ листья ихъ испаряютъ весьма сильно. От-

существованіе объемистой древесины служитъ, напротивъ, причиной того, что у травянистыхъ, изобилующихъ паренхимой растений недостатокъ воды въ почвѣ обнаруживается обыкновенно очень скоро въ увяданіи листьевъ.

Поэтому, чтобы яснѣе выразить различныя состоянія, въ которыя растенія попадаютъ вслѣдствіе неравенства всасыванія корнями и испаренія листьями, всего удобнѣе и ближе къ цѣли остановиться на растеніяхъ бѣдныхъ древесиной и обладающихъ большой испаряющею поверхностью и сильно дѣйствующими корнями

§ 64. Мы можемъ считать нормальнымъ состояніемъ растенія такое, когда корень принимаетъ изъ почвы и доставляетъ въ древесину именно столько воды, сколько ее выдѣляется испаряющими листьями. При этомъ прежде всего насъ интересуетъ быстрота передачи воды въ древесинѣ. Она въ одномъ и томъ же растеніи можетъ быть весьма различна въ быстро одинъ за другимъ слѣдующіе промежутки времени. При сильномъ испареніи и соответствующей дѣятельности корня объемъ воды, доставляемой поперечнымъ разрѣзомъ древесины, будетъ больше, а при росѣ и дождѣ, когда листья почти перестаютъ испарять, теченіе въ древесинѣ останавливается и быстрота упадетъ до *minimum'a*, какъ скоро всѣ части древесины будутъ насыщены водою, доставленною корнями.

Обозначимъ скоростью водянаго тока въ древесинѣ объемъ воды, проходящій черезъ поперечный разрѣзъ въ единицу времени и раздѣленный на плоскость поперечнаго разрѣза. Объемъ воды, проходящей чрезъ поперечный разрѣзъ, равенъ количеству воды, испаряемому въ единицу времени тѣми листьями, которые пвлекаютъ воду черезъ соответствующій разрѣзъ, причемъ въ различныхъ мѣстахъ древесины одного и того же растенія скорость можетъ быть различна въ одно и то же время. Вся масса воды, испаряемая изъ вершины дерева, проходитъ черезъ неразвѣтвлившуюся часть ствола съ извѣстной скоростью; потому тогъ раздѣляется по вѣтвямъ ¹⁾, сумма поперечныхъ разрѣзовъ которыхъ болѣею частью больше поперечнаго разрѣза ствола, и скорость, слѣдовательно, уменьшается. Если стволъ, отдавая вбокъ вѣтви, дѣлается тоньше, то можетъ случиться, что скорость воды остается одною и тою же на значительныхъ протяженіяхъ. Легко понять, что здѣсь могутъ проявляться весьма различныя отношенія, которыя могутъ быть весьма важны для экономіи всего растенія, но которыя до сихъ поръ не были изслѣдованы.

Не совсѣмъ легко составить даже приблизительное понятіе о скорости движенія воды по древесинѣ, даже если извѣстенъ объемъ ея, проходящій черезъ данный поперечный разрѣзъ древесины. Послѣ всего прежде изложеннаго понятно, что видимыя полости и невидимыя молекулярныя поры стѣнокъ древесинныхъ клѣтокъ поперечнаго разрѣза принимаютъ въ передачѣ воды весьма различное участіе, такъ что слѣдовало бы дѣлать различіе между скоростью передачи въ тѣхъ и другихъ, для чего до сихъ поръ не имѣется числовыхъ данныхъ. Было бы, конечно, весьма полезной задачей найти точныя числа для скорости воды въ разныхъ мѣстахъ проводящей древесины, на основаніи точныхъ измѣреній объема испаренія, поперечнаго разрѣза древесины, ея полостей и твердаго ея вещества и т. д.

¹⁾ Примѣры см. у Дюгамеля: *Phys. des arbres.*, 1758, I, стр. 95.

Чтобы составить себѣ, по недостатку точныхъ данныхъ, хотя поверхностное представленіе о скорости, съ какою вода можетъ двигаться въ стволѣ, мы можемъ воспользоваться вычислениями Галеса ¹⁾, первыми, сдѣланными въ этомъ направленіи. Его подсолнечникъ испарялъ днемъ, въ продолженіи 12-ти часовъ, 34 куб. дюйма воды, которая восходила по стеблю. Стебель имѣлъ въ поперечномъ разрѣзѣ 1 □ дюймъ. Если бы стебель былъ совершенно пустъ, то въ 12 часовъ въ немъ бы поднялся столбъ воды въ 34 дюйма высоты. Но такъ какъ вода могла двигаться только въ промежуткахъ твердаго вещества и такъ какъ послѣднее, по опредѣленію Галеса, занимало $\frac{1}{3}$ всего объема, то скорость воды должна быть во столько же больше, и Галесъ нашелъ, что она въ 12 часовъ доходитъ до $45\frac{1}{3}$ дюймовъ. Перечисливъ на секунды и миллиметры, мы получимъ, по способу возрѣнія Галеса, въ результатъ, что частица воды среднимъ числомъ въ 1 секунду проходитъ путь около 0,03 милл.

По Негели ²⁾ подвижная спора *Tetraspora lubrica* передвигается при 14° въ 1 сек. на 0,08 милл.

Поэтому скорость частицы воды, восходящей по стеблю подсолнечника Галеса, равна приблизительно $\frac{1}{3}$ скорости такой подвижной споры. Но величина, найденная Галесомъ, слишкомъ незначительна. Поперечный разрѣзъ стебля, принятый равнымъ 1 □ дюйму, долженъ быть уменьшенъ еще на поверхность поперечнаго разрѣза коры и сердцевины, такъ какъ вода, текущая въ испаряющіе листья, движется исключительно по древесинѣ. Кромѣ того изъ поперечнаго разрѣза послѣдней надо вычесть широкіе сосуды и клѣточные полости, проводящіе воздухъ, такъ какъ они не служатъ для передачи воды; точно также должно вычесть и пространство занимаемое твердымъ веществомъ (впрочемъ невѣрно опредѣленное Галесомъ). При этихъ поправкахъ величина поперечнаго разрѣза, дѣйствительно проводящая воду (т. е. преимущественно невидимыя молекулярныя поры вещества клѣточной стѣнки), понижается по крайней мѣрѣ до $\frac{1}{3}$ найденной Галесомъ величины и поэтому скорость водяной частицы въ стеблѣ его подсолнечника будетъ почти столь же велика, какъ скорость подвижной споры.

По Г. Ф. Модю и Маку Шульцу ³⁾ токъ протоплазмы въ клѣточкахъ волоска съ тычинки *Tradescantia* проходитъ при средней температурѣ въ одну секунду путь въ 0,0045 милл., у *Urtica* въ 0,003 милл. Поэтому скорость воды, даже принимаемая Галесомъ, въ проводящемъ стеблѣ была бы въ 6—10 разъ быстрѣ микроскопически видимаго движенія зернышекъ протоплазмы.

У выше упомянутой, мною употребленной вѣтви серебристаго тополя, испарившей въ 110 часовъ 480 куб. снт. воды, поперечный разрѣзъ древесины на нижнемъ концѣ, исключивъ кору и сердцевину, составлялъ почти 72 □ милл. Если предположить, что весь этотъ поперечный разрѣзъ совершенно пустъ, то въ немъ вода поднялась бы въ 1 сек. на 0,016 милл.; такая скорость въ 3—4 раза болѣе скорости вышеупомянутыхъ движеній протоплазмы. Однако полости сосудовъ и древесинныхъ клѣтокъ этой вѣтви составляютъ по крайней мѣрѣ половину ⁴⁾ поперечнаго разрѣза древесины, а поэтому скорость должна быть удвое-

¹⁾ Statical essays, 1731, I, стр. 8—9.

²⁾ Негели: Beiträge z. wiss. Bot., терп. II, 102.

³⁾ Max Schultze: Das Protopl. der Rhizopoden, 1863, стр. 47.

⁴⁾ Я сужу по поперечному разрѣзу вѣтви равной толщины.

на, такъ какъ эти полости не участвуютъ въ передачѣ воды. Но при этомъ мы должны были бы допустить, что вещество проводящихъ клѣточныхъ стѣнокъ (въ которыхъ вода движется въ видѣ пропитывающей воды) не существуетъ, что все пространство клѣточной стѣнки совершенно выполнено восходящей водой. Но клѣточная стѣнка состоитъ изъ твердыхъ молекулъ, между которыми движется рассматриваемая нами вода въ видѣ пропитывающей воды. Если мы предположимъ самый неблагоприятный случай, что молекулярныя поры поперечнаго разрѣза клѣточной оболочки, чрезъ которыя находитъ пропитывающая вода, занимаютъ половину объема клѣточной оболочки, то вышеприведенное число превышающее 0,016 милл. въ два раза, пришлось бы еще разъ удвоить, такъ что вода двигалась бы въ молекулярныхъ порахъ клѣточныхъ стѣнокъ вслѣдствіе силы пропитыванія и постоянного нарушенія равновѣсія въ молекулярныхъ порахъ со скоростью въ $4 \times 0,016$ милл. = 0,064 милл., т. е. въ 12—20 разъ скорѣе, чѣмъ зернышки протоплазмы въ волоскѣ. Если бы поэтому молекулы воды, пропитывающія оболочки древесинной клѣтки, были видимы, то при сильномъ увеличеніи они казались бы намъ быстро двигающимися по молекулярнымъ промежуткамъ клѣточной оболочки, подобно множеству подвижныхъ споръ. Но если бы молекулы воды, двигающіяся внутри оболочки древесинной клѣтки, были видны простымъ глазомъ, то ихъ движеніе было бы едва замѣтно: именно оно было бы едва вдвое скорѣе движенія вершинки минутной стрѣлки карманныхъ часовъ въ 20 милл. длины.

§ 65. Второй случай, что растеніе поглощаетъ воды болѣе, чѣмъ выдѣляется испаряющею поверхностію, можетъ встрѣтиться у каждаго растенія, если вслѣдствіе внѣшнихъ обстоятельствъ испареніе задержится или будетъ доведено до нуля, между тѣмъ какъ корни будутъ продолжать дѣйствовать какъ обыкновенно. Далѣе, случай этотъ встрѣчается у деревянистыхъ растеній весной, когда еще не развилась листва, и, наконецъ, существуетъ цѣлый рядъ растеній, у которыхъ вслѣдствіе особенности организаціи и мѣстообитанія, дѣятельность корня часто вдавливаютъ въ проводящіе органы болѣе воды, чѣмъ сколько можетъ испариться листовою поверхностію, такъ что избытокъ выдѣляется въ опредѣленно организованныхъ мѣстахъ въ видѣ жидкой воды.

Дѣятельность корня, превышающая испареніе, можетъ вызвать различныя состоянія. Прежде всего ткань растенія будетъ наполняться водой до тѣхъ поръ, пока дальнѣйшая дѣятельность корня прекратится вслѣдствіе достаточно увеличившагося сопротивленія. Но если въ листьяхъ или въ стеблѣ существуютъ мѣста, не представляющія большаго сопротивленія напряженію сока изнутри, то здѣсь выдавится часть сжатой воды и корень можетъ снова столько же принять ее изъ почвы. Въ такомъ случаѣ приблизительно наступаетъ то же состояніе, какъ еслибы былъ отрѣзанъ стебель выше шейки корня.

Если объемъ древесины незначителенъ въ сравненіи съ дѣятельностію корней, то произойдетъ въ короткое время переполненіе, результатомъ котораго будетъ выдѣленіе капель, если только оно вообще возможно; это замѣчается у многихъ травянистыхъ однолѣтнихъ растеній. Они начинаютъ выдѣлять капли воды на вершинѣ и краяхъ своихъ листьевъ, если послѣ заката солнца воздухъ охладится и приблизится къ точкѣ росы. Испареніе, сильное днемъ, понижается при этомъ до minimum'a, между тѣмъ какъ теплота почвы способствуетъ

корнямъ продолжать поглощеніе и вдавливаніе воды. На слѣдующее утро эта вода, выдѣлившаяся изнутри, испаряется вмѣстѣ съ отложившеюся снаружи росой; испареніе достигаетъ днемъ своего maximum и можетъ даже испаряться воды гораздо болѣе, чѣмъ сколько въ то же время поглощаютъ корни; древесина вслѣдствіе этого истощается, что можетъ наконецъ дойти до того, что испаряющая паренхима не въ состояніи болѣе покрыть потерю въ водѣ, ея клѣточки дѣлаются вялыми, листья вянуть. У растенія съ очень обильной древесиной, не можетъ произойти столь быстрой перемены внутренняго состоянія.

Если древесина дерева днемъ очень обдѣливается водой вслѣдствіе испаренія, а ночью это испареніе прекратится, то хотя бы корни и были дѣятельны, всетаки не будетъ выдѣленія капель изъ листьевъ, потому что дѣятельностію корней ночью прежде всего должна наполниться водой истощенная древесина и если послѣдняя очень объемиста, то даже 50—100 фунтовъ воды не достаточно, чтобы ее насытить. Напряженія, которое могло бы ночью выдавить водяныя капли въ листьяхъ, тогда не существуетъ. Дѣйствительно, это столь обыкновенное явленіе у травянистыхъ растеній, не замѣчается лѣтомъ у большихъ деревянистыхъ растеній; весной, напротивъ, это явленіе иногда замѣчается и притомъ по причинамъ легко объяснимымъ. Такъ какъ во время зимы не было испаренія, или же оно было очень незначительно, то древесина насыщается водой¹⁾. Если весной дѣятельность корня начинаетъ усиливаться, и избыточная водой древесина нагрѣвается, то въ тканяхъ происходитъ сильное напряженіе воды, она выдѣляется на поврежденныхъ мѣстахъ стебля или изъ молодыхъ тканей, однимъ словомъ вездѣ, гдѣ только встрѣчаетъ наименьшее сопротивленіе²⁾.

Растеніямъ съ обильной древесиной противоположны нѣкоторыя богатая паренхимой растенія, напримѣръ аронниковыя, *Nepenthes*, *Cephalotus*, у которыхъ пока испареніе не слишкомъ сильно, вода постоянно выдѣляется въ жидкомъ видѣ въ особенныхъ органахъ. Часто весьма обильное выдѣленіе воды этихъ растеній, скопляющейся иногда въ собственныхъ резервуарахъ, составляетъ въ сущности то же самое явленіе, кокое почти каждую ночь повторяется на злакахъ, когда капли воды образуются на краяхъ молодыхъ листьевъ; только у первыхъ это явленіе проявляется въ болѣе совершенной формѣ.

На совершенно другихъ причинахъ должно основываться выдѣленіе большихъ медовыхъ капель въ цвѣтахъ (напримѣръ у *Fritillaria*). Оно независимо отъ дѣятельности корня, потому что медовыя капли образуются и тогда, когда отрѣзанный стебель погруженъ въ воду, когда, слѣдовательно, не существуетъ силы, выжимающей воду снизу. Вода, восходящая вслѣдствіе пропитыванія стѣнокъ проводящей ткани, не можетъ производить такого выдѣленія капель. Въроятно въ тканяхъ цвѣтовъ происходитъ нѣчто подобное тому, что и въ корняхъ, когда они гонятъ воду вверхъ въ перерѣзанный стебель.

Представимъ себѣ, что тѣ клѣточки медовника, которыя выдѣляютъ сокъ наружу, дѣйствуютъ въ высокой степени эндосмотически и отнимаютъ съ большою силою воду у глубже лежащихъ тканей, можетъ быть у сосудистыхъ пучковъ. Эти

¹⁾ Я употребляю слово «насыщена» (*gesättigt*) только для краткости. Это состояніе ни въ какомъ случаѣ не тождественно съ состояніемъ куска дерева, насытившагося вслѣдствіе долгаго лежанія въ водѣ.

²⁾ Hartig: *Bot. Zeitg.* 1853, стр. 478.

эндосмотически дѣйствующія клѣточки сильно наполняются, между ихъ сокомъ и ихъ оболочкой происходитъ сильное напряженіе, которое становится, наконецъ, достаточнымъ, чтобы выжать сокъ черезъ наружную стѣнку. Этотъ процессъ отличается отъ проявленія дѣятельности корня въ двухъ отношеніяхъ: 1) эндосмотически дѣйствующія клѣточки принимаютъ воду не снаружи, а изнутри, они выжимаютъ ее не внутрь сосуда, а наружу, что легко можетъ быть объяснено предположеніемъ, что эти клѣточки, организованныя для опредѣленной цѣли, представляютъ на своей наружной стѣнкѣ менѣе значительное сопротивленіе фильтраціи, чѣмъ на внутренней. 2) Выдѣляющійся сокъ составляетъ часто весьма концентрированный сахарный растворъ ¹⁾, между тѣмъ какъ сокъ, выдѣляемый въ сосуды эндосмотически дѣйствующими корневыми клѣточками, отличается крайне-незначительной концентраціей. Этотъ фактъ объясняется тѣмъ же предположеніемъ, какое я привелъ для 1-го пункта, именно меньшимъ сопротивленіемъ наружной стѣнки, вслѣдствіе чего фильтратъ долженъ быть концентрированнѣе.

Какъ уже было упомянуто, выдѣленіе капель въ простѣйшей формѣ встрѣчается у малоклѣтчатыхъ грибовъ, напримѣръ у *Pilobolus cristallinus* (Cohn), *Mucor mucedo* (Fresenius), *Megulius lacrymans* и у плѣсени *Penicillium glaucum*.

Можно легко подтвердить опытомъ ²⁾ справедливость вышеприведеннаго объясненія процесса выдѣленія капель изъ листьевъ небольшихъ растений, бѣдныхъ древесиной. Если въ приборъ, изображенный въ фиг. 7 (второй отдѣлъ) поставить молодія растенія *Zea Mais* (но уже имѣющія 6—8 большихъ листьевъ), *Triticum vulgare* или *Brassica Napus* и нагрѣваніемъ земли увеличить дѣятельность корня, и въ тоже время уменьшить испареніе, покрывая растеніе стекляннымъ колоколомъ, то въ короткое время произойдетъ выдѣленіе чистыхъ водяныхъ капель изъ различныхъ мѣстъ листовыхъ краевъ. При быстромъ выдѣленіи легко видѣть, что эти капли выступаютъ изъ листовой ткани. У *Solanum tuberosum* мнѣ самому удалось на открытомъ воздухѣ послѣ заката солнца видѣть воду, выдѣляющуюся изъ листовыхъ вершинъ; послѣ обтиранія, исеченіе возобновлялось.

Часто смѣшиваютъ вытекающую воду съ росой, съ которой она появляется по нсчамъ часто одновременно. Но въ большей части случаевъ первую легко отличить отъ послѣдней по совершенно опредѣленному положенію и значительной величинѣ капель; она появляется также въ такія ночи, когда не бываетъ росы. Впрочемъ, это явленіе давно извѣстно физиологамъ и литература о немъ собрана у Унгера ³⁾.

Выдѣленіе капель листьями, кромѣ злаковъ, замѣчено у: *Musa*, *Arum*, *Caesalpinia pluviosa* (почка), *Tropaeolum*, *Brassica Papaver*, *Ammonium Cerumbet* (цвѣточныя колоски), *Marantha gibba*, *Ludolfia glaucescens*. Вильямсонъ ⁴⁾ видѣлъ, какъ изъ вершины взрослого листа *Ammonium Cerumbet* вытекло въ ночь $\frac{1}{2}$ пинты воды. Въ листовомъ мѣшечкѣ *Nepenthes*, *Sarracenia*, *Cephalotus* вода скопляется прежде, чѣмъ откроется крышечка его ⁵⁾; у первыхъ, какъ говорятъ, въ выдѣленіи участвуютъ особенныя желѣзки на внутренней сторонѣ мѣшечка.

Показанія, собранныя у Мейена, недостаточны, я же не имѣлъ случая изслѣдовать точнѣе явленія этого рода. Болѣе глубокимъ изученіемъ подобныхъ выдѣленій воды мы обязаны, кромѣ старой работы Шмидта ⁶⁾, двумъ новымъ работамъ Унгера и Дюшартра объ образованіи капель на листовыхъ вершинахъ нѣкоторыхъ аронниковыхъ. По Унгеру ⁷⁾, можно у *Richardia ac-*

1) Нѣкоторыя данныя о составныхъ частяхъ нектара собралъ Каспари въ «De Nectaribus» Bonn, 1848, стр. 32.

2) Мейенъ (Physiol. II, 509) уже далъ полное объясненіе.

3) Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wiss. Wien, 1858, Bd. XXVIII, 111 ff.

4) Ann. and. Mag. of nat. hist. 1848.

5) Meyen, Physiol. II, 513—515.

6) Linnaea, 1831, VI, 65.

7) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, 1858, Bd. XXVIII, стр. 114 ff.

thiopia во всякое время произвести образованіе капель, покрывая стекляннѣмъ колоколомъ взрослые экземпляры. Вода выступаетъ изъ средняго пояса цилиндрической листовой вершины, въ которой сходятся многочисленные сосудистыя пучки листа. У *Brassica cretica*, гдѣ покрывіе колоколомъ недостаточно для того чтобы вызвать образованіе водяныхъ капель на всѣхъ зубчикахъ, краевыя сосудистыя пучки каждаго зубца также соединяются въ одинъ узелъ; и у злаковъ вода выступаетъ въ мѣстахъ соединенія сосудистыхъ пучковъ. По Унгеру, выдѣляющаяся вода проводится удлинненными тонкостѣнными клѣточками сосудистаго пучка, между тѣмъ какъ у аронниковыхъ весьма широкіе спиральныя сосуды (не имѣющіе спирали при основаніи листовой пластинки) не участвуютъ въ передачѣ воды; эти широкіе сосуды могутъ быть подъ воздушнымъ насосомъ инъектированы окрашеннымъ клеемъ и поэтому, по мнѣнію Унгера, въ свѣжемъ состояніи наполнены воздухомъ ¹⁾.

Дюшартръ ²⁾ совершенно иначе описалъ устройство у *Colocasia antiquorum*: по его мнѣнію широкіе каналы, существующіе въ сосудистыхъ пучкахъ, идущихъ вдоль листоваго края, представляють не сосуды, имѣющіе собственныя стѣнки, а полости, происшедшія въ сосудистомъ пучкѣ вслѣдствіе растворенія ряда клѣтокъ. Эти каналы проводятъ воду ³⁾ къ вершинѣ листа, гдѣ она, согласно съ старыми прежними указаніями Шмидта, выступаетъ черезъ два видимыя простыя глазомъ отверстія, которыя по Дюшартру ничто иное, какъ очень большія устьяцы; изъ нихъ вода выступаетъ въ видѣ капель. Когда онъ перерѣзывалъ краевыя сосудистыя пучки съ обѣихъ сторонъ, то истеченіе въ этихъ отверстіяхъ прекращалось, но за то вода выступала изъ самыхъ перерѣзовъ каналовъ. Перерѣзываніе среднихъ листовыхъ нервовъ не прекращаетъ выдѣленія водяныхъ капель, а пораненіе краевыхъ пучковъ нижней части листа, по Дюшартру, не прекращаетъ совершенно истеченія на вершинѣ. Но это еще не оправдываетъ его предположенія, что въ пластинкѣ листа тонкіе нервы собирають воду изъ мякоти (*mesophyll*) и проводятъ ее въ каналы. По его описанію скорѣе надо остановиться на болѣе простомъ предположеніи, что каналы содержатъ воду, доставленную черешкомъ, и что она отсюда распространяется къ тонкимъ нервамъ. Если придерживаться взгляда Дюшартра, то пришли бы къ крайне сложнымъ заключеніямъ касательно движенія воды въ листѣ.

Количество выдѣляющейся воды, само собой тѣмъ больше, чѣмъ дѣятельнѣе съ одной стороны принимающіе корни и чѣмъ слабѣе съ другой испареніе. Если бы можно было совершенно устранить испареніе, то выдѣленіе вѣроятно представило бы подобный же періодическій ходъ, какъ его доказалъ Гофмейстеръ для истеченія растений, перерѣзанныхъ у шейки корня. Но даже подъ стекляннѣмъ колоколомъ испареніе не устраняется вполнѣ: оно днемъ остается больше чѣмъ ночью, и соответственно этому по таблицамъ Унгера продолженіи ночи выдѣляется воды часто болѣе, чѣмъ днемъ; однако его таблица при вычисленіи даетъ и обратное явленіе. Соответственно предыдущему, точно также *Colocasia antiquorum* Дюшартра выдѣляла на открытомъ воздухѣ въ грунтъ водяныя капли только ночью, утромъ въ 7—8 часовъ, при возрастающемъ испареніи на листовой поверхности она переставала это дѣлать; только въ дождливыя дни и при туманѣ, когда испареніе, слѣдовательно, падало до нуля, выдѣленіе капель продолжалось и днемъ.

Абсолютное количество воды, истекающее въ данное время, у различныхъ растений и листьевъ весьма различно. Унгеръ получилъ отъ 6-ти листьевъ *Richardia aethiopia* въ 11 дней 26,5 граммовъ воды; 4 листа другаго экземпляра дали въ 10 дней 36 грамм. — Дюшартръ получилъ отъ одного листа *Colocasia antiquorum* var. *Fontanesii* въ августовскую ночь 12 грамм. воды, въ слѣдующую ночь 13,1 грамм.; въ ночь въ началѣ сентября тотъ же листъ далъ 14,35 грамм. воды. Листъ тиуческой *Col. antiq.*, когда онъ начиналъ распускаться, далъ въ июльскую ночь 9,9 грамм. Другой болѣе развѣтвшійся листъ того же растенія далъ въ ночь 16,2 грамм., въ слѣдующую 13,2 грамм. Третій листъ далъ ночью въ августѣ 22,6 грамм. воды, между тѣмъ какъ четвертый листъ въ ту же ночь далъ 20,6 грамм. Эта вода выступала изъ отверстій при вершинѣ въ видѣ капель, какъ будто бы выгонялась давленіемъ толчками (*sortent brusquement*), скопляясь на вершинѣ въ видѣ болѣе крупныхъ ниспадающихъ капель. Листъ далъ, такимъ образомъ, въ минуту 120 маленькыхъ выступившихъ капель. При равныхъ внѣшнихъ условіяхъ листъ даетъ тѣмъ болѣе воды, чѣмъ больше размѣръ листа, причемъ не существуетъ строгаго чи-

¹⁾ Стр. 126 loc. cit.

²⁾ Duchartre, Ann. des sc. nat. 1859, T. XI, стр. 232.

³⁾ Дюшартръ полагаетъ, что они собирають воду изъ мякоти (*Mesophyll*).

сленнаго отношенія. Выдѣленіе начинается, какъ скоро покажется вершина молодого листа надъ влагаліщемъ; оно усиливается до полнаго развитія послѣдняго, затѣмъ начинаетъ уменьшаться, а съ пожелтѣніемъ листьевъ медленно прекращается. Увеличенное содержаніе воды въ почвѣ усиливаетъ выдѣленіе, сухость можетъ совершенно его задержать.

Вытекаящая вода содержитъ весьма незначительное количество твердыхъ веществъ. Унгеръ и Редтенбахеръ нашли въ 19,975 граммахъ воды, выдѣленной маисовыми листьями, только 0,01 грамм. твердыхъ веществъ; въ 52,64 грамм. воды выдѣленной *Richardia* только 0,0036 грамм.; въ 7,122 грамм. жидкости изъ *Colocasia antiquorum* — 0,004 грамм. вещества, въ 11,856 грамм. изъ *Brassica cretica* — 0,0121 грамм. вещества¹⁾. Остатокъ содержитъ, кромѣ органическихъ составныхъ частей, слѣды обыкновенныхъ кислотъ и оснований растительной золы.

По Вѣлкеру (Volker)²⁾ жидкость еще не раскрывагося мѣшечка *Nepenthes destillatoria*, кисла отъ присутствія нелетучей кислоты и содержитъ 0,92% твердыхъ веществъ; слѣдовательно гораздо болѣе, чѣмъ въ предыдущихъ случаяхъ. Эта концентрація значительно больше концентрація раствора для одного питанія сухопутныхъ растеній. Твердое вещество содержитъ хлоръ, кали, магнезію, известъ, натръ. Жидкость другаго мѣшечка дала 0,91% остатка, который на 100 частей содержалъ 25,86 частей органическихъ веществъ. Третій, еще замкнутый мѣшочекъ дала 0,27% твердыхъ веществъ. Мѣшочки уже открытые дали 0,87%, 0,58%, 0,62%. Только одинъ разъ были открыты въ жидкости слѣды сѣрной кислоты; напротивъ того, лимонная и яблочная кислоты были часто находимы.

§ 66. Если потеря листьями отъ испаренія больше притока воды, доставляемой корнями, то прежде всего обѣднѣетъ водою проводящая древесина и, наконецъ, если испареніе паренхиматическими клѣточками не будетъ болѣе покрываться изъ послѣдней, то они потеряютъ свою напряженность, ткань сдѣлается вялой, листья и нѣжныя междоузлія завянутъ, т. е. они потеряютъ свою упругость и свѣсятся подъ вліяніемъ собственной тяжести. Какъ было уже упомянуто, у растеній богатыхъ древесиной, гдѣ послѣдняя представляетъ большой резервуаръ для воды, дѣло можетъ дойти до такого увяданія только въ крайнихъ случаяхъ. У растеній, изобилующихъ паренхимой, бѣдныхъ древесиной и снабженныхъ нѣжными сильно испаряющими листьями, увяданіе, напротивъ, происходитъ гораздо легче.

Къ состоянію, въ которомъ находится завядшая ткань, я вернусь въ другомъ мѣстѣ. Увяданіе можетъ, какъ видно изъ предыдущаго, происходить отъ двухъ причинъ, или 1) корни дѣйствуютъ какъ обыкновенно, даже находятся въ maximum'ѣ дѣятельности и постоянно доставляютъ въ растеніе воду, но испареніе такъ велико, что наибольшая дѣятельность корней и быстрѣйшая передача къ древесинѣ недостаточны для того, чтобы покрыть потерю воды паренхимой; или 2) испареніе сохраняетъ среднюю свою величину или даже слабо, но корни въ сухой почвѣ не находятъ достаточно воды, чтобы покрыть потерю отъ испаренія.

Пока увяданіе не перешло за извѣстный предѣлъ, ткань можетъ опять сдѣлаться упругой вслѣдствіе притока воды. Въ первомъ случаѣ достаточно для этого уменьшенія скорости испаренія, напр. вслѣдствіе влажнаго воздуха, дождя, росы и т. д. Во второмъ случаѣ достаточно или еще болѣе сильное пониженіе испаренія, или же усиленіе поглощенія воды корнями, вслѣдствіе орошенія почвы.

Причина слишкомъ слабой дѣятельности корня, между прочимъ, можетъ заключаться и въ другихъ обстоятельствахъ, кромѣ недостатка воды. Въ очень влажной почвѣ, если она холодна, дѣятельность корней можетъ ослабѣть до та-

¹⁾ Содержаніе вещества варьируетъ такимъ образомъ почти между 0,5 и 1,0 на тысячу.

²⁾ Ann. and Magaz. of nat. hist. 1848.

кой степени, что они не въ состояніи покрывать потерю отъ испаренія (табакъ, тыква); въ этомъ случаѣ увяданіе можетъ быть уничтожено согрѣваніемъ корней.

Съ вышесказаннымъ слѣдуетъ сравнить § 49 и также слѣдующія работы: Саксъ: «Замерзаніе при температурахъ выше 0°» въ *Bot. Zeitg.* 1860, стр. 124; Дюшартръ: *Journal de la societé impériale et centrale d'horticulture* 1857, стр. 77—87; даѣе Дюшартръ: *Bulletin de la Societé Botanique de France* 1857, стр. 940 ff. 1858, V, стр. 105 и 1860, 24 февр., наконецъ Дюшартръ въ *Ann. des sc. nat. t. XV, tetr. 2*, и Унгеръ въ *Sitzungsberichte der kais. Acad. d. Wiss. Wien* 1852, Bd. IX, стр. 885. Въ поименованныхъ работахъ доказано, что листья развивающихся растений не стгущаютъ водяныхъ паровъ (Унгеръ), что растения даже во время дождя, росы и тумана, впродолженіи краткихъ временъ наблюденія не всасываютъ воды листьями и что увядшіе листья оправляются отъ влажнаго воздуха и атмосферныхъ осадковъ не вслѣдствіе всасыванія, а только уменьшенія испаренія (Дюшартръ). Я не могу здѣсь входить въ подробное изложеніе наблюденій, но долженъ замѣтить, что не сомнѣваясь въ вѣрности наблюденій Дюшартра, однако существуетъ возможность поглощенія воды листовыми поверхностями сухопутныхъ растений по крайней мѣрѣ въ томъ случаѣ, когда кутникуля ихъ хотя бы только мѣстами дѣйствительно смачивается. Такъ какъ поглощеніе въ этомъ случаѣ весьма незначительно, то трудно доказать его путемъ опыта. Такъ какъ по Соссюру, погруженіемъ живыхъ листьевъ въ воду можно извлечь изъ нихъ щелочь, то и на оборотъ — вода можетъ диффундировать извнѣ. Я не спорю, что это происходитъ можетъ быть въ очень незначительныхъ размѣрахъ и для жизни растенія имѣетъ весьма малое значеніе, однако для физиологій прежде всего требуется отрицательное или положительное рѣшеніе вопроса.

§ 67. Независимо отъ ранѣ названныхъ причинъ, имѣющихъ вліяніе на величину испаренія, послѣднее можетъ усиливаться или уменьшаться вслѣдствіе причинъ, которыя прежде всего проявляются только на корняхъ или всасывающемъ поперечномъ разрѣзѣ древесины. Но наблюденія въ этомъ направленіи еще далеко недостаточны, чтобы можно было по нимъ составить ясное понятіе объ истинной связи. Можетъ быть вслѣдствіе усиленнаго или уменьшеннаго поглощенія корнями ткань древесины, а затѣмъ и листьевъ, приходитъ въ такое состояніе напряженія, которое способствуетъ испаренію или задерживаетъ его, несмотря на температуру и влажность воздуха, и несмотря на освѣщеніе.

Я доказалъ ¹⁾, что испареніе усиливается вслѣдствіе одного нагрѣванія корней въ почвѣ, въ то время какъ листья остаются подвергнутыми прежнимъ условіямъ. Сенебье ²⁾ нашелъ, что прибавленіе солей и кислотъ къ водѣ, всасываемой отрѣзанной вѣтвью, измѣняетъ силу испаренія, а я ³⁾ показалъ, что такое измѣненіе также происходитъ въ томъ случаѣ, когда корни паходятъ въ поглощаемой водѣ извѣстныя растворенныя вещества. Понятно, что теплота и растворенныя вещества должны измѣнять всасываніе корнями, такъ какъ отъ этого зависитъ сила диффузіи; но непонятно, почему съ измѣненіемъ дѣятельности корней измѣняется испареніе листьями даже въ томъ случаѣ, когда остальныя извѣстныя уже условія испаренія не измѣняются,—объясненіе этому можно искать только въ измѣненіи внутренняго состоянія самой испаряющей ткани.

§ 68. Всякое измѣненіе въ отношеніи дѣятельности корня къ испаренію, — какъ уже неоднократно упомянуто, — вызываетъ измѣненія въ напряженіи тканей древесины и, слѣдовательно, также въ паренхимѣ. Кажется, что эти состоянія напряженія не остаются безъ вліянія на распусканіе частей почки и что, можетъ быть, эндосмотическое движеніе воды въ тканяхъ не въ состояніи доставить распуска-

¹⁾ Sachs: *Landwirthsch. Versuchsstat.* 1859, I, стр. 238.

²⁾ Senebier: *Phys. veget.* IV, стр. 77.

³⁾ Sachs: *Landwirthsch. Vers.* 1858, I, стр. 203 ff. и *Bot. Zeitg.* 1860, № 14.

ющимъ почкамъ достаточное количество воды. Это предположеніе невольно возникаетъ, если обратить вниманіе на то, что сухопутныя растенія, находящіяся постоянно въ скудной по содержанію воды почвѣ, могутъ придти въ такое состояніе, что хотя ихъ листья не завядаютъ и остаются свѣжими и тургесцирующимъ, но тѣмъ не менѣе распусканіе новыхъ почекъ прекращается. Въ этомъ легко убѣдиться на горшечныхъ растеніяхъ, если ихъ держать очень сухо. Въ такихъ случаяхъ очевидно потеря воды отъ испаренія листьями покрывается еще водою изъ древесины, но послѣдняя остается постоянно скудна водою, такъ какъ все что она получаетъ отъ корня, тотчасъ же переходитъ въ листья и, слѣдовательно, переполненія древесины водою не можетъ произойти. Нѣчто подобное



ф. 27.

происходитъ и при прорастаніи клубней картофеля и свекловицы. Если они сильно завяли, то не дадутъ побѣговъ, или только крайне медленно, но начинаютъ быстро расти, какъ скоро ихъ ткань вслѣдствіе притока воды извѣдѣляется тургесцирующей, напряженной. Но ткань и въ вяломъ, блѣдномъ состояніи содержитъ столько воды, что почки могли бы найти въ сосѣднихъ тканяхъ воды болѣе чѣмъ достаточно, если бы все зависѣло только отъ эндосмотическаго притяженія. Но эндосмотическое притяженіе почкою, хотя и принимаетъ участіе, однако вѣроятно недостаточно для наполненія клѣточекъ на столько, чтобы онѣ могли быстро расти; кажется, что часть воды, потребляемая для увеличенія клѣточекъ, должна быть выдвинута въ почку напряженіемъ окружающей ткани. Наблюденіе, сдѣланное въ первый разъ Бёмомъ¹⁾, по необъясненное имъ въ выше изложенномъ смыслѣ, могло бы служить подтвержденіемъ такого воззрѣнія. Онъ вставлялъ въ стеклянный сосудъ вѣтвь начавшую развиваться почки такимъ образомъ, что вода не только всасывалась плоскостью разрѣза, но и вдавливалась въ нее столбомъ ртути вышиною въ 6—40 дюймовъ. Почки при этихъ условіяхъ распускались ранѣе, чѣмъ если вѣтвь просто вставить въ воду плоскостью разрѣза. Я употребляю приборъ фиг. 27. Вѣтвь весьма плотно вставляется въ пробку *K*, которая герметически вставляется въ стеклянную трубку *B*. Послѣдняя наполнена водою *w* и въ нее герметически вставлена пробка *K'*, съ манометромъ *r*. Въ манометръ наливають ртути до *n*, т. е. пока не достигнетъ въ открытомъ колѣнѣ давленія въ 15—20 цтм. Такъ какъ вѣтвь вбираетъ часть воды, то ртуть повышается въ *B*, напр. до поверхности *n*; такъ что для сохраненія равномерности давленія, нужно чаще добавлять ртути. Опыты начаты въ февралѣ и мартѣ 1864 и 1865 гг. съ виноградной лозой и вѣтвью конскаго каштана, показали, что вѣтви столь же успѣшно распускали свои почки послѣ

¹⁾ Böhm: Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. 1863. Bd. 48.

4—6 недѣль, какъ и на самыхъ деревьяхъ; между тѣмъ какъ вѣтви тѣхъ же растений, поставленныя просто въ воду, распускали свои почки 4—8 днями позже и слабѣе. Вдавливаніе воды въ ткань такимъ образомъ способствовало распусканію почекъ. Подобныя же условія должны проявляться весной въ вѣтвяхъ дерева. Изобилующая водой древесина во время распусканія почекъ нагрѣвается, заключенный въ древесинѣ воздухъ расширяется, вслѣдствіе чего вода въ древесинѣ, а за тѣмъ и въ прочихъ тканяхъ, подвергается соотвѣтственному давленію и вгоняется въ почки. Въ древесныхъ породахъ меньшаго размѣра и съ менѣе сильнымъ развитіемъ древесины, особенно въ подземныхъ корневищахъ и т. п., къ этому еще присоединяется дѣятельность корней. Корни начинаютъ расти первыми, они принимаютъ воду и вдавливаютъ ее въ почки, которыя вслѣдствіе того распускаются быстрѣе. Можетъ быть подобными обстоятельствами обуславливается и то, что нѣкоторыя деревья образуютъ такъ называемые августовскіе побѣги, и что многія растенія, прекративши, при высокой температурѣ, дальнѣйшее развитіе позднимъ лѣтомъ или осенью, начинаютъ давать отпрыски весной при гораздо меньшей теплотѣ.

VIII.

ОБМѢНЪ ГАЗОВЪ.

(Durchlüftung).

Восьмой отдѣлъ.

О движеніи газовъ въ растеніяхъ.

§ 69. Каждая растительная кліточка нуждается для поддержанія своей жизни въ атмосферныхъ газахъ. Она принимаетъ кислородъ и образуетъ на счетъ собственнаго вещества углекислоту, частью выдѣляемую внаружу. Въ зеленыхъ кліточкахъ, подъ вліяніемъ свѣта, происходитъ однако еще противоположный процессъ и притомъ съ большею силою; онѣ скопляютъ углекислоту окружающаго воздуха и разлагаютъ ее, выдѣляя кислородъ. Но выдѣляющійся кислородъ постоянно смѣшанъ съ азотомъ, прежде проникнувшимъ въ ткань извнѣ¹⁾. Такимъ образомъ между внутренними частями растенія и окружающей его средой (воздухомъ, или водою содержащею воздухъ) существуетъ обмѣнъ газовъ, движеніе газовыхъ частицъ извнѣ внутрь и обратно для поддержанія процессовъ дыханія и питанія. Оставимъ пока въ сторонѣ цѣль этихъ явленій, и займемся только разсмотрѣніемъ тѣхъ приспособленій, какими обладаетъ растеніе для движенія газовъ. Въ этомъ направленіи мы имѣемъ только отрывочныя наблюденія и вопросъ до сихъ поръ еще ни разу не былъ разобранъ связно и всесторонне, а потому я не имѣю возможности представить законченной теоріи.

§ 70. Отдѣльная замкнутая, наполненная сокомъ кліточка можетъ поддерживать обмѣнъ газовъ съ окружающею ее средой только по законамъ диффузіи газовъ²⁾. Здѣсь, какъ при диффузіи растворовъ, химическій процессъ въ самой кліточкѣ препятствуетъ постоянному равновѣсію между окружающими и вошедшими газами. Даже отдѣльная кліточка представляетъ въ этомъ отношеніи

¹⁾ Unger: Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. 1853, Bd. X, стр. 414.

²⁾ Превосходное изложеніе диффузіи газовъ, см у К. Людвига, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 1858, I, стр. 60 и А. Фикка, Medicinische Physik, 1858.

слишкомъ сложныя условія, чтобы имѣть возможность опредѣлить скорость и количество различныхъ входящихъ и выходящихъ составныхъ частей воздуха, или привести ихъ къ простѣйшимъ законамъ диффузіи. Но запутанность процесса увеличивается, если многочисленныя, неоднородныя клѣточки соединяются въ болѣе значительныя ткани, гдѣ газы диффундируютъ частью отъ клѣточки къ клѣточкѣ, частью изъ клѣточекъ въ межклеточныя пространства, причѣмъ послѣднія съ своей стороны представляютъ весьма различныя условія. По отношенію къ разсматриваемому вопросу можно различать слѣдующіе случаи:

1) Каждая отдѣльная клѣточка находится въ непосредственномъ прикосновеніи съ окружающей атмосферой или содержащей воздухъ водой, и падающей въ клѣточку объемъ газа долженъ разсматриваться въ отношеніи къ объему растенія какъ бесконечно-большой, такъ что производимыя обмѣномъ газовъ измѣненія состава и давленія окружающаго газа, могутъ быть разсматриваемы какъ бесконечно малыя. Къ этому случаю относятся отдѣльно плавающія въ водѣ клѣточки водорослей и нѣкоторыхъ грибовъ, точно также растущія въ воздухѣ клѣточки *Vaucheria* и гонидіи лишайниковъ. Но сюда принадлежатъ и тѣ растенія, которыя состоятъ изъ клѣточекъ расположенныхъ питевидно въ рядъ, или расположенныхъ въ видѣ простаго слоя: нитчатая водоросль, проэбрии мховъ, гиомицеты, *Nitella*, листья большей части мховъ и т. д.

2) Если, напротивъ того, большое число клѣтокъ расположено по тремъ измѣреніямъ пространства, то только самыя наружныя слои клѣточекъ могли бы удовлетворять своей потребности въ газѣхъ принятіемъ ихъ непосредственно изъ окружающей воды или окружающаго воздуха, и если бы они при этомъ плотно прилегали другъ къ другу, то внутреннія клѣточки получали бы путемъ диффузіи только такіе газы, которые проникли чрезъ наружныя клѣточки. Для нихъ не только бы весьма замедлялась перемѣна воздуха, но къ нимъ проникали бы также химически различныя газы, напр. часть проникающаго извнѣ кислорода образовала бы въ наружномъ слой сначала углекислоту, которая затѣмъ съ оставшимся кислородомъ должна бы или могла бы диффундировать въ глубже лежащія клѣточки. Уже по этой причинѣ, какъ химическій процессъ, такъ и весь ходъ жизненныхъ отправленій долженъ сдѣлаться различнымъ въ разныхъ слояхъ клѣточекъ; студенистыя водоросли и студенистые лишайники могутъ быть сюда причислены только съ ограниченіемъ, потому что въ сущности и здѣсь отдѣльныя клѣточки, лежащія въ студенистой массѣ, независимы другъ отъ друга. Газы должны проникать чрезъ общую студенистую оболочку, но могутъ затѣмъ проникать въ каждую клѣточку непосредственно. Такое соединеніе клѣточекъ, при которомъ диффундирующіе газы должны проходить чрезъ одну клѣточку, чтобы проникнуть въ другую, встрѣчается у высшихъ растений въ тканяхъ, не имѣющихъ межклеточныхъ пространствъ, что однако по отношенію ко всему растительному организму всегда составляетъ довольно ограниченную часть. Чаше всего встрѣчаются между соединенными клѣточками промежутки, такъ что каждая отдѣльная клѣточка покрайней мѣрѣ мѣстами приходитъ въ непосредственное прикосновеніе съ газами. Это достигается образованіемъ межклеточныхъ пространствъ, встрѣчающихся уже въ ткани водорослей, грибовъ, большей части лишайниковъ и постоянно въ паренхимѣ высшихъ классовъ. Широкіе воздушные ходы образуются вслѣдствіе исчезанія цѣльныхъ клѣточныхъ массъ, вслѣдствіе высы-

ханія и разрыва внутренней ткани, наконецъ вслѣдствіе образованія въ древесинѣ сосудовъ и сообщающихся между собою древесинныхъ клѣточекъ. Такимъ образомъ достигается то, что, за немногими исключеніями, даже въ очень объемистомъ растительномъ тѣлѣ повсюду на микроскопически-маломъ пространствѣ пропитаннаго влагою клѣточные оболочки соприкасаются съ упругими газами. Смотри потому, открываются ли внаружу или нѣтъ эти межклетные воздушные ходы, можно различать два случая:

а) Внутренніе воздушные пути въ неповрежденныхъ растеніяхъ не открываются наружу. Непосредственное уравновѣшиваніе разницъ въ давленіи между внутренними и внѣшними газами невозможно, обмѣнъ газовъ между внутренними воздушными пространствами и окружающей средой происходитъ только путемъ диффузіи, при прониканіи газами поверхностныхъ клѣточекъ. Этотъ случай существуетъ, какъ кажется, въ дѣйствительности только у подводныхъ растеній, немѣющихъ устьицъ ¹⁾. У этихъ растеній воздухоносныя межклетныя пространства обыкновенно очень велики,—они образуютъ нѣкоторымъ образомъ внутреннюю атмосферу. Во многихъ случаяхъ отдѣльныя части вздуваются въ видѣ наполненныхъ воздухомъ пузырей, служащихъ плавательными аппаратами. Эта внутренняя атмосфера подлежитъ большимъ колебаніямъ въ давленіи и въ химическомъ составѣ. Если проколоть листь, или стебель, или корень подводныхъ растеній, въ то время, когда они освѣщены солнцемъ (*Vallisneria*, *Ceratophyllum*, *Potamogeton* и т. д.), то черезъ ранку выдѣлится мгновенно сильный токъ пузырьковъ, указывающій на значительное давленіе замкнутаго воздуха. Если водное растеніе находится въ темнотѣ, то пузырьковъ не образуется, или только весьма немного и медленно; давленіе внутренней атмосферы въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, незначительно. Что у подобныхъ растеній, если они совершенно неповреждены, давленіе должно возвыситься до весьма значительной степени, слѣдуетъ также изъ того обстоятельства, что изъ стеблевыхъ отрѣзковъ на солнечномъ свѣтѣ поднимаются втеченіи цѣлыхъ часовъ пузырьки газовъ, которые наконецъ могутъ превзойти объемъ самого растенія. Если въ неповрежденномъ растеніи выдѣленіе газовъ столь же сильно, то замкнутая масса газа должна обнаруживать высокое давленіе, которое только медленно уравновѣшивается вслѣдствіе диффузіи газовъ. Но одновременно съ давленіемъ измѣняется химическое свойство внутренняго газа. На солнечномъ свѣтѣ изъ раны освобождаются кислородъ и азотъ, скопляющіеся у неповрежденнаго растенія въ полостяхъ. Если растеніе находится въ тѣни или въ темнотѣ, то часть кислорода, содержащаяся въ полостяхъ, потребляется на дыханіе, т. е. на образованіе углекислоты, которая однако растворяется относительно въ большемъ количествѣ въ клѣточномъ сокѣ, и поэтому имѣетъ возможность быстрѣе диффундировать черезъ клѣточки

¹⁾ По Вейсу (*Jahrb. f. wiss. Bot.* IV, 189), устьицы встрѣчаются на подводныхъ частяхъ родовъ *Najas* и *Potamogeton* (но безсомнѣнія въ незначительномъ числѣ); мнѣ кажется однако, что слишкомъ далеко зашло слѣдующее его заключеніе: «среда, въ которой находится растеніе или часть его (воздухъ, земля, вода) не имѣетъ вліянія на образованіе устьицъ». Рѣдкость или даже недостатокъ устьицъ у незеленыхъ паразитовъ и растеній, развивающихся на почвѣ изъ гумуса, ихъ значительное количество у зеленыхъ органовъ, особенно на листьяхъ сухопутныхъ растеній, кажется достаточно указываетъ на то, что онѣ (устьицы) имѣютъ опредѣленное отношеніе къ обмѣну газовъ, слѣдовательно и къ образу жизни растенія.

въ окружающую воду. Наполненіе внутреннихъ полостей подводныхъ растеній воздухомъ, можетъ происходить вслѣдствіе того только, что газы содержащіяся въ окружающей водѣ, диффундируютъ прежде всего въ избыточныя сокомъ, клѣточки и оттуда выдѣляются въ полости; выходненіе газозвъ возможно только тѣмъ же путемъ. Различія въ давленіи газозвъ, находящихся внутри и внѣ растенія, могутъ ускорить процессъ диффузіи, такъ какъ поглощаемыя клѣточнымъ сокомъ вѣсовыя количества каждаго газа зависятъ отъ коэффициента поглощенія и отъ давленія, и такъ какъ при возрастающей упругости поглощаемого газа, увеличивается также скорость его прониканія.

Переходъ отъ подводныхъ растеній къ сухопутнымъ, по отношенію къ связаннымъ здѣсь условіямъ, составляютъ растенія, пускающія корни на днѣ воды, но листья и цвѣточные стебли которыхъ лишь послѣдствіемъ поднимаются надъ водой (*Nymphaeaceae*, *Iris Pseud-Acorus*, *Cicuta virosa*, *Oenanthe Phellandrium*, *Phragmites*, *Typha*, *Acorus calamus*, *Equisetum limosum* и т. д.). Всѣ они отличаются обширными воздушными полостями въ своей ткани. Пока они под водой, все сказанное о подводныхъ растеніяхъ очевидно имѣетъ примѣненіе и для нихъ; но какъ скоро листья выступаютъ на поверхность воды, или поднялись надъ ней, то устья ихъ допускаютъ хотя не очень значительное, но всетаки свободное сообщеніе, посредствомъ котораго, по крайней мѣрѣ отчасти, наружный и внутренний воздухъ могутъ уравновѣшиваться въ давленіи. Во всякомъ случаѣ тогда диффузія не составляетъ болѣе единственнаго посредника между внѣшней средой и внутренними частями, если не принять устья достаточно узкими для того, чтобы ихъ можно было сравнить съ порами оболочки, чрезъ которую происходитъ диффузія газозвъ.

б) Второй случай представляютъ сухопутныя растенія, породы плавающія на поверхности воды (*Pistia*, *Stratiotes*) и эпифитныя, кожица которыхъ снабжена весьма многочисленными устьицами ¹⁾. Послѣднія не только находятся въ связи съ межкѣльными пространствами паренхимы, какъ показываетъ микроскопъ, но они соединяются посредствомъ этихъ пространствъ также съ проводящими воздухомъ сосудами и древесинными клѣточками, какъ это подтверждается на опытѣ. Но очень часто и у этихъ растеній существуютъ внутри весьма объемистыя воздушныя пространства, которыя, подобно такимъ же пространствамъ подводныхъ растеній, могутъ содержать родъ внутренней атмосферы ²⁾. Сюда относятся полые листья и цвѣтрасположенія *Allium Cera*, полые стебли злаковъ, сложноцвѣтныхъ, зонтичныхъ, тыквенныхъ, губоцвѣтныхъ, *Scrofulagineae*, живу-

¹⁾ Изъ числа 157-ми изслѣдованныхъ видовъ растеній, Вейсъ нашелъ на эпидермисѣ листьевъ у 54 видовъ 1—100 устьицъ на 1 □ мм.

» 38	»	100—200	»	»	»
» 39	»	200—300	»	»	»
» 12	»	300—400	»	»	»
» 9	»	400—500	»	»	»
» 1	»	500—600	»	»	»
» 3	»	600—700	»	»	»

(A. Weiss, Jahrb. f. wiss. Bot. IV, 165).

²⁾ Величину полостей въ ткани листьевъ, Унгеръ опредѣлялъ посредствомъ инъекціи ихъ водой. Инъектированныя полости у 39-ти видовъ составили отъ 3,5 до 71% всего объема листа (Sitzungsber. der kais. Acad. d. Wiss. Wien, 1854. Bd. XII, стр. 367).

щіе на сушѣ хвощи, содержащіе воздухъ стручки бобовыхъ, стручочки крестоцвѣтныхъ, коробочки мака и многочисленныя другія формы плодовъ. У подобныхъ растеній поэтому слѣдуетъ различать:

а) Очень узкія межклеточныя пространства паренхимы, обуславливающія, при своемъ крайне незначительномъ диаметрѣ, на содержащейся въ нихъ воздухъ, вліяніе капиллярныхъ силъ.

б) Значительно болѣе широкія воздушныя пространства болѣе значительныхъ древесинныхъ сосудовъ и проводящихъ воздухъ древесинныхъ клеточекъ.

γ) Большія вышеупомянутыя полости, для которыхъ капиллярныя силы болѣе не имѣютъ значенія.

Устьица, представляющія для всѣхъ этихъ полостей пути сообщенія съ внѣшней средой, хотя очень многочисленны, но такъ узки, что они даже при болѣе значительныхъ разницѣхъ въ давленіи внутренняго и внѣшняго воздуха допускаютъ только весьма медленное уравновѣшиваніе. Кромѣ устьицъ существуютъ часто, особенно на старыхъ стеблевыхъ частяхъ, еще случайныя отверстія, служащія путями сообщенія для воздуха, напр. тонкія трещинки весьма обыкновенны въ корнѣ, точно также отверстія сосудовъ на тѣхъ мѣстахъ, гдѣ отпали листья. Обстоятельство, затрудняющее перемѣну воздуха въ полостяхъ посредствомъ уравновѣшиванія давленія, есть недостатокъ въ корняхъ устьицъ и другихъ путей для прохода воздуха. Поверхность корней замкнута подобно поверхности подводныхъ растеній, выдѣленіе газовъ здѣсь можетъ обуславливаться только одной диффузіей. Растеніе снабженное на своихъ надземныхъ частяхъ устьицами, но корень котораго не поврежденъ, можетъ быть сравнено съ системой капиллярныхъ и некапиллярныхъ трубокъ наполненныхъ воздухомъ, снизу замкнутыхъ. Легко понять, что въ такой трубкѣ труднѣе произойти уравновѣшиванію въ давленіи, чѣмъ если бы оба конца были снабжены отверстіями.

Предполагая, что законы диффузіи газовъ примѣнимы въ самомъ общемъ смыслѣ и къ живой клеточкѣ, мы можемъ, такъ какъ точныхъ наблюденій еще не сдѣлано ¹⁾, попытаться составить себѣ по крайней мѣрѣ въ самыхъ общихъ чертахъ представленіе о важнѣйшихъ процессахъ диффузіи въ растительной клеточкѣ. Возьмемъ простѣйшій случай, что клеточка окружена водой. Мы можемъ себѣ представить, что клеточный сокъ и жидкость, пропитывающая протоплазму и клеточную оболочку, образуютъ съ окружающею водой одно цѣлое. Только отложеніе частицъ воды въ названныхъ частяхъ различное. Если окружающая вода содержитъ извѣстное количество кислорода въ поглощенномъ состояніи, а клеточная жидкость его не содержитъ, то прежде всего было нарушено равновѣсіе между окружающею водой и водою, пропитывающею клеточную оболочку.

Послѣдняя привлекла ²⁾ бы къ себѣ часть кислорода изъ воды, и число молекулъ газа, во-

¹⁾ Опыты Гарро (Ann. des sc. nat. 1850), по которымъ эпидермисъ луковичныхъ не имѣющихъ устьицъ чешуекъ позволяетъ диффундировать углекислотѣ къ известковой водѣ, подтверждаетъ только то, что замкнутыя клеточныя оболочки дѣйствительно допускаютъ диффузію газовъ; по эти опыты не достаточны для дальнѣйшихъ выводовъ.

²⁾ Притяженіе допускается ради краткости: молекулярное притяженіе потому должно быть допущено при диффузіи газовъ въ жидкостяхъ (и пористыхъ тѣлахъ), что каждая жидкость, относительно различныхъ газовъ, обладаетъ различными коэффициентами поглощенія, каковыя могутъ даже превзойти единицу (т. е. жидкость можетъ поглощать газа болѣе собственнаго своего объема); далѣе потому, что сдѣленіе содержащихъ газы жидкостей менѣе значительно, чѣмъ если въ нихъ газы не содержатся, наконецъ по причинѣ медленнаго распространенія диффундирующаго газа въ жидкости. Но что кромѣ молекулярнаго притяженія между газомъ и жидкостью принимаетъ участіе также расширеніе самаго газа, слѣдуетъ изъ того обстоятельства, что диффундирующій въ жидкости газъ слѣдуетъ закону Маріота (Людвигъ, на указ. мѣстѣ, стр. 61—63).

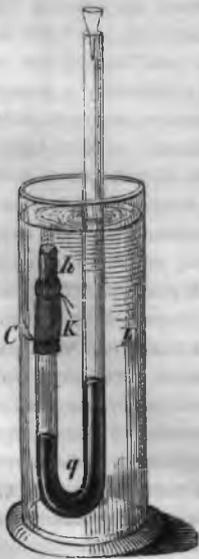
шедшихъ въ поры оболочки, зависѣло бы не только отъ рода и объема пропитывающей оболочку жидкости, но и отъ молекулярнаго строенія послѣдней. Но на внутренней своей сторонѣ клѣточная оболочка соприкасается съ первичнымъ мѣшочкомъ, который будучи также пропитанъ водой и имѣя особенное молекулярное строеніе, отнимаетъ у воды клѣточной оболочки часть поглощенныхъ ею молекулъ кислорода. Происшедшую такимъ образомъ потерю, послѣдняя вознаграждаетъ принятіемъ извнѣ. Клѣточный сокъ, выполняющій полость въ протоплазмѣ, съ своей стороны отнимаетъ извѣстное число молекулъ кислорода отъ послѣдней, которая отнимаетъ ихъ у оболочки, вознаграждающей происходящую отъ этого потерю снова изъ обмывающей воды. Наконецъ, такимъ образомъ, наступило бы молекулярное равновѣсіе и тогда движеніе газовыхъ молекулъ, растворенныхъ въ водѣ, прекратилось бы. Должно предположить, что, при установленіи такого равновѣсія, расположеніе и упругость газовыхъ молекулъ въ окружающей водѣ, въ оболочкѣ, въ протоплазмѣ и въ клѣточномъ сокѣ различно: число молекулъ кислорода и ихъ расположеніе въ каждой изъ этихъ частей будетъ соответствовать ихъ молекулярному строенію и химическому составу. Но мы знаемъ, что диффундировавшій въ клѣточки кислородъ проявляетъ свое химическое сродство къ содержащимся въ ней веществамъ, вслѣдствіе чего образуется напр. углекислота. Такое потребленіе кислорода, очевидно, нарушаетъ предшествовавшее молекулярное равновѣсіе. Соответственныя части клѣточки вознаграждаютъ извнѣ эту потерю въ кислородѣ, а такъ какъ потребленіе продолжается, то продолжится и вознагражденіе извнѣ, вслѣдствіе чего происходитъ токъ молекулъ кислорода изъ окружающей воды во внутрь клѣточки, и этотъ токъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ быстрѣе потребленіе газа. Образующаяся въ клѣточкѣ углекислота растворяется прежде всего, по законамъ диффузіи, въ клѣточныхъ жидкостяхъ (клѣточномъ сокѣ, жидкости пропитывающей протоплазму и оболочку), и такъ какъ послѣдніе образуютъ съ окружающей водой одно цѣлое, то диффундируетъ тотчасъ наружу. Скорость этого движенія зависитъ отъ прѣятствій, представляемыхъ молекулярнымъ строеніемъ организованныхъ клѣточныхъ частей и клѣточныхъ жидкостей. Но распредѣленіе углекислоты и ея движеніе изъ клѣточки вообще иное, чѣмъ распредѣленіе диффундирующаго во внутрь кислорода. Если клѣточка содержитъ хлорофиллъ и подвергнута дѣйствію солнечныхъ лучей, между тѣмъ какъ окружающая вода содержитъ углекислоту, то токъ молекулъ углекислоты будетъ двигаться извнѣ въ клѣточку, причѣмъ въ то же время почти столь же быстрый токъ молекулъ кислорода будетъ двигаться по направленію кнаружи. Самый общій случай при этомъ будетъ тотъ, что вначалѣ диффундирующія во внутрь частицы углекислоты отлагаются въ оболочкѣ, протоплазмѣ и клѣточномъ сокѣ съ различною плотностію. Причина нарушенія равновѣсія лежитъ здѣсь въ зеленой протоплазмѣ (хлорофиллѣ). Здѣсь проникнувшая углекислота разлагается, слѣдовательно устраняется изъ диффундирующаго тока, и равновѣсіе постоянно нарушается, такъ что изъ ближайшихъ частей, окружающихъ хлорофиллъ, постоянно проникаютъ въ послѣдній новыя частицы углекислоты. Частицы кислорода, выдѣленныя хлорофилломъ изъ химическаго соединенія (съ углеродомъ), диффундируютъ въ клѣточный сокъ, въ клѣточную оболочку и распространяются отсюда въ окружающую воду, и такъ какъ объемъ освобожденнаго кислорода почти равенъ объему разложенной углекислоты, такъ какъ далѣе пути для движенія обоихъ одни и тѣ же, то по установленіи между ними равновѣсія—противоположныя движенія обоихъ газовъ должны имѣть почти равную скорость. Самый важный въ физиологическомъ отношеніи результатъ этого процесса есть скопленіе въ клѣточкѣ углеродистыхъ продуктовъ ассимиляціи. Если окружающая вода содержитъ хотя малое количество молекулъ углекислоты, то все же очень большое число ихъ должно вступить въ клѣточку, которая дѣлается центромъ молекулярнаго движенія, такъ что къ ней со всѣхъ сторонъ движутся молекулы углекислоты, заключенныя въ окружающей водѣ. Каждый вошедшій внутрь молекулъ углекислоты разлагается, вслѣдствіе чего равновѣсіе постоянно нарушается. Если мы представимъ себѣ разсматриваемую отдѣльную клѣточку окруженною воздухомъ, то каждый изъ атмосферныхъ газовъ будетъ диффундировать въ клѣточную оболочку, смотря по его коэффициенту поглощенія и его давленію, и распространяться въ прочіи клѣточные частицы. Численныя отношенія диффундирующихъ газовъ тутъ видоизмѣнятся, но результаты, какъ показывать ошты, будутъ въ сущности тотъ же, потому что и здѣсь зеленныя клѣточки на свѣтѣ являютъ центромъ скопленія для весьма разсыпанныхъ въ воздухѣ молекулъ углекислоты.

Углекислота, благодаря очень значительному коэффициенту поглощенія ея водою и, конечно, такъ

же водянистымъ кліточнымъ сокамъ, отлагается въ нихъ плотнѣе, чѣмъ въ окружающемъ воздухѣ, и такъ какъ она кромѣ того постоянно разлагается въ зеленыхъ кліточкахъ, то извнѣ постоянно проникаетъ новое количество частицъ углекислоты. Впрочемъ движеніе самаго воздуха, какъ въ предыдущемъ случаѣ движеніе массъ воды, содѣйствуетъ этому процессу скопленія, принося къ поверхности клітки постоянно новыя массы воздуха и воды, еще обладающія полнымъ своимъ содержаніемъ углекислоты. При абсолютномъ покоѣ окружающей среды, нарушеніе равновѣсія газовъ въ кліточкѣ должно медленно распространяться вокругъ клітки въ видѣ концентрическихъ сферъ, и такимъ образомъ отдаленныя частицы углекислоты достигнуть центра ея нарушенія только мало-по-малу путемъ диффузіи. Въ разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ случаяхъ химическій процессъ въ кліточкѣ составлялъ причину постоянного нарушенія равновѣсія силъ диффузіи, и конечно эту причину слѣдуетъ преимущественно имѣть въ виду. Но кромѣ того диффузія газовыхъ частицъ подлежитъ постояннымъ колебаніямъ, отъ переменъ температуры, измѣненія высоты барометра и т. д., на сколько отъ этого зависитъ плотность поглощенного газа. Если кліточка не находится въ соприкосновеніи съ свободнымъ воздухомъ, или съ омывающей водой, но ограничиваетъ внутреннее пространство въ растеніи (межклеточнаго пространства и разнаго рода воздушныя полости), то явленіе усложняется.

Вслѣдствіе диффузіи измѣняется химическій составъ содержащагося во внутреннемъ пространствѣ воздуха, давленіе отдѣльныхъ газовъ подлежитъ измѣненіямъ, только медленно уравновѣшиваемымъ черезъ поверхностныя пути сообщенія, и эти измѣненія дѣйствуютъ на процессы диффузіи каждой отдѣльной клітки, ограничивающей внутреннее пространство.

§ 71. Въ предыдущемъ параграфѣ было обращено вниманіе на самыя важныя явленія, которыя слѣдовало бы имѣть въ виду въ теоріи движенія газовъ въ растеніи. Но недостатку положительныхъ данныхъ о процессахъ диффузіи между кліточкою и окружающею средою, я обращаюсь прямо къ явленіямъ, которыя обусловливаются открытымъ сообщеніемъ внутреннихъ пространствъ тканей между собою и съ окружающимъ воздухомъ; тутъ движеніе газовъ происходитъ не вслѣдствіе молекулярныхъ силъ и не въ молекулярныхъ порахъ; напротивъ, тутъ газы движутся въ массахъ черезъ видимыя, часто большіе, каналы. Все что можно было вообще сказать объ этомъ предметѣ, относительно котораго существуютъ весьма немногія наблюденія, уже сказано въ § 70-мъ. Нижеслѣдующее будетъ служить опытнымъ доказательствомъ выше сказаннаго.



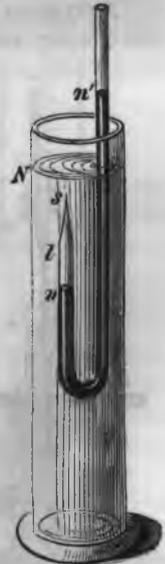
ф. 28.

Доступность сосудовъ древесныя для воздуха и частью ихъ капиллярныя отношенія къ водѣ, могутъ быть легко представлены наглядно съ помощью прибора, фиг. 28-я. Къ болѣе короткому колѣну не слишкомъ тонкой двухколѣнной стеклянной трубки прикрѣпляютъ, посредствомъ каучуковой трубки *K*, обрѣзанной съ обоихъ концовъ, свѣжій кусокъ вѣтви вмѣстѣ съ корой; послѣдняя по возможности должна быть неповрежденной. Приборъ ставятъ въ наполненный чистой водой стеклянный цилиндръ *C* такимъ образомъ, чтобы поверхность воды на нѣсколько миллиметровъ стояла выше верхняго разрѣза вѣтви. Затѣмъ, какъ можно быстрѣе, наливаютъ въ болѣе длинное колѣно столько ртути, чтобы послѣдняя стояла въ немъ на 20 ст. выше, чѣмъ въ короткомъ. Воздухъ, снизу вдавливаемый ртутью изъ короткаго колѣна въ древесину, выдѣляется изъ гладкой поверхности разрѣза въ видѣ многочисленныхъ рядовъ пузырьковъ. Соответственно этому понижается уровень ртути въ длинномъ колѣнѣ. Чѣмъ

больше давленіе ртути, тѣмъ многочисленнѣе мелкіе выдѣляющіеся пузырьки. При уменьшеніи давленія самыя узкія отверстія вскорѣ перестаютъ выдѣлять пузырьки, на послѣдокъ только еще болѣе крупныя пузырьки выходятъ изъ самыхъ широкихъ отверстій сосудовъ. Наконецъ и эти прекращаютъ выдѣлять газы, причѣмъ ртуть въ длинномъ колѣнѣ часто стоитъ еще на одинъ или нѣсколько сантиметровъ выше, чѣмъ въ короткомъ; только въ рѣдкихъ случаяхъ наступаетъ уравновѣшиваніе давленія. Такъ, напр., были изслѣдованы около середины апрѣля, непосредственно послѣ срѣзыванія, покрытые корою куски вѣтви длиной въ 60—80 миллим. и 6—8 миллим. толщины, и найдено, что ртуть въ длинномъ колѣнѣ имѣла еще слѣдующія высоты давленія послѣ прекращенія выдѣленія пузырьковъ даже изъ самыхъ широкихъ сосудовъ ¹⁾:

у <i>Prunus cerasus</i>	6	ст.	рт.-давленія.
» <i>Aesculus Hippocastanum</i>	6	»	»
» <i>Sambucus nigra</i>	5	»	»
» <i>Vitis vinifera</i>	1,5	»	»
» <i>Spartium Scoparium</i>	5	»	»
» <i>Crataegus oxyacantha</i>	7,2	»	»
» <i>Morus alba</i>	2,5	»	»

Если ртуть опускалась въ длинномъ колѣнѣ до указаннаго положенія, то она оставалась въ этомъ положеніи неизмѣнно даже часовъ 12 и долѣе. Но если трубку установить такъ, чтобы разрѣзъ древесины вышелъ изъ воды, и если разрѣзъ обсушить или дать самому обсохнуть испареніемъ, то ртуть въ длинномъ колѣнѣ вторично понижается и приходитъ, наконецъ, въ обоихъ колѣнахъ въ полное равновѣсіе. Поэтому препятствіе къ уравновѣшиванію давленія заключается только въ томъ, что въ первомъ случаѣ отверстія сосудовъ были покрыты водой. Это можно доказать и тѣмъ, что если сухой разрѣзъ древесины смочить тонкимъ слоемъ воды, то этимъ противодѣйствуется уравновѣшиванію давленія. Достаточно, слѣдовательно, закрыть отверстія сосудовъ тонкимъ слоемъ воды, чтобы, при опредѣленномъ давленіи, задержать истеченіе изъ нихъ воздуха. Вода удерживается отверстіями сосудовъ очевидно капиллярностью и величина этой капиллярной силы будетъ измѣряться высотой ртути. Однако послѣдняя указываетъ только на силу капиллярности самыхъ широкихъ сосудовъ. Болѣе узкіе и самыя узкіе изъ нихъ перестанутъ пропускать воздухъ уже при высотахъ ртути въ 10, 15, 20 стм., если покрыты тонкимъ слоемъ воды, поэтому ихъ капиллярность должна измѣряться указанными высотами. Надлежащее пониманіе этого явленія имѣетъ, какъ я покажу, большую важность при обсужденіи изслѣдованій относительно прохожденія воздуха чрезъ отверстія устьицъ, а поэтому не лишне привести доказательство въ пользу даннаго объясненія, для чего служить приборъ, фиг. 29-я. Въ некапиллярной трубкѣ вытягиваютъ надъ лампой одно мѣсто въ видѣ тонкой капиллярной трубочки и переламываютъ въ самомъ тон-

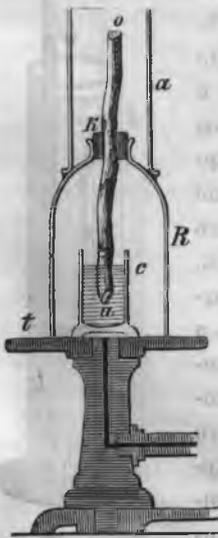


ф. 29.

¹⁾ Изъ высохшей содержащей воздухъ сердцевины, какъ и изъ межкѣлѣтныхъ пространствъ коры, воздухъ никогда не выдѣлялся, хотя бы давленіе доходило до 20—30 стм. ртутнаго столба.

комъ мѣстѣ. Трубку изгибаютъ далѣе такимъ образомъ, что капиллярная вершина s остается на болѣе короткомъ колѣнѣ и погружаютъ ее въ цилиндръ, наполненный водою, до тѣхъ поръ, пока поверхность N воды не будетъ находится 2—3 милл. выше капиллярнаго отверстія s , въ которое проникаетъ вода. Узкое отверстіе затыкается водою, удерживаемой вслѣдствіе капиллярности. Если теперь налить въ длинное колѣно ртути до тѣхъ поръ, пока не достигнетъ въ немъ высоты давленія въ 20—25 ст., то воздухъ сжатый при l выше n , выброситъ воду изъ капиллярнаго отверстія и начнетъ выступать въ видѣ тока мелкихъ пузырьковъ, между тѣмъ какъ ртуть въ длинномъ колѣнѣ будетъ упадать. Но если высота давленія уменьшится на нѣсколько сантиметровъ, то дальнѣйшее пониженіе прекратится и поверхность n' сдѣлается постоянною. Давленіе nn' будетъ уравновѣшено капиллярнымъ притяженіемъ воды въ отверстіи s . Помянуто, что высота nn' зависитъ отъ величины отверстія; медленнымъ доливаніемъ ртути можно при узкомъ капиллярномъ отверстіи s увеличить высоту давленія часто весьма сильно, я доводилъ ее нѣсколько разъ до 16 стм. ртути. Если трубку поднять на столько, чтобы вершина s вышла надъ уровнемъ воды, то положеніе ртути вначалѣ останется неизмѣненнымъ; но если пропускной бумагой удалить воду при отверстіи s , что дѣлается посредствомъ неоднократнаго прикосновенія, то ртуть вторично начнетъ падать въ длинномъ колѣнѣ и давленіе наконецъ вполнѣ уравновѣсится: n и n' будутъ находиться на одномъ уровнѣ. Водяная пробка, удерживаемая въ капиллярной трубкѣ, можетъ такимъ образомъ уравновѣшивать столбъ ртути въ 16 стм. высоты. Капиллярная вершина стеклянной трубки соответствуетъ отверстіямъ въ верхнемъ разрывѣ древесины, въ фиг. 28-й. Это капиллярное дѣйствіе узкихъ погруженныхъ подъ водою отверстій должно имѣть въ виду, если помощію давленія хотятъ достигнуть подъ водою выдѣленія изъ нихъ воздуха.

Доступность сосудовъ, также тонкихъ трещинъ въ корѣ для воздуха и сообщаемость ихъ между собою можно доказать, по способу Галеса ¹⁾, съ помощію прибора, фиг. 30-я.



ф. 30.

горла колокола R , посредствомъ пробки K и хорошаго замазыванія, плотно вставляется вѣтвь oi ; нижній конецъ ея погружаютъ въ воду небольшого сосуда c . Колоколъ ставится на тарелку t воздушнаго насоса. Если разрывъ o свободенъ, то при выкачиваніи изъ приемника R , воздухъ будетъ входить въ сосуды при o и выходить при u въ видѣ пузырьковъ. Если, какъ дѣлалъ Галесъ, разрывъ o герметически завязанъ, то при u тѣмъ не менѣе будутъ выходить пузырьки воздуха. У березовой вѣтви, взятой Галесомъ, выдѣленіе воздуха при u продолжалось день, такъ что выдѣлившаяся масса воздуха не можетъ быть приписана самой вѣтви, очевидно, она вошла черезъ трещины коры между K и o . Галесъ на это справедливо замѣчаетъ, что воздухъ, вошедшій черезъ кору, вышелъ черезъ отверстія въ разрывѣ древесины: это доказываетъ, что тонкія трещины коры сообщаются не только съ ея межкѣтными пространствами, но и съ древесиной, и что послѣдняя для воздуха доступнѣе первой. Когда Галесъ привѣривалъ къ приемнику сверху и снизу открытый сосудъ o и наполнилъ его водою, то при выкачиваніи приемника воздухъ болѣе не выходилъ при u , такъ какъ капиллярныя отверстія коры между o и K были закупорены водою. Это закупориваніе оставалось и тогда еще, когда вода была удалена опять изъ a . Но отъ послѣ-

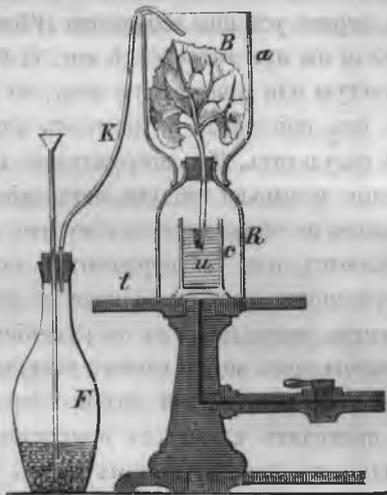
¹⁾ Statical essays, I, стр. 156.

довавшего за тѣмъ обсыханія вѣтви, капиллярныя отверстія снова сдѣлались доступными для воздуха, и снова можно было заставить любое количество воздуха войти въ кору (при завязанномъ разрѣзѣ *o*) и выйти при *u*.

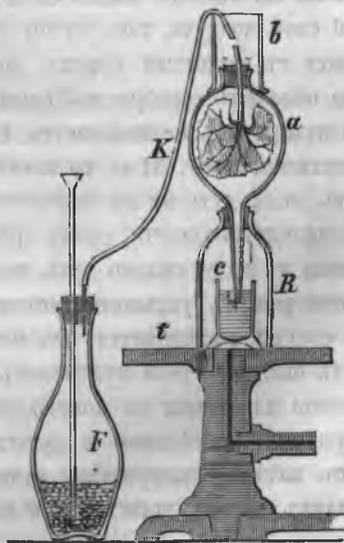
§ 72. Доступность устьицъ для воздуха и ихъ сообщеніе съ древесинными сосудами я доказалъ слѣдующимъ опытомъ. Въ фиг. 31-й части составлены точно также, какъ въ фиг. 30-й. Въ колбѣ, служащей для образованія газа, выдѣляется изъ мрамора углекислота, которая черезъ каучуковую трубку *K* проводится въ наставной сосудъ *a* и послѣдній наконечъ наполняется ею. Свѣжій неповрежденный листъ *B* долженъ проходить своимъ черешкомъ герметически плотно черезъ пробку пріемника, чего можно достигнуть тщательнымъ замазываніемъ. Уже послѣ перваго качанія поршня воздушнаго насоса, токъ пузырьковъ выдѣляется изъ разрѣза черешка при *u* въ известковую воду, которая мутится. Углекислота, входящая при *B* черезъ устьицы, проходитъ по межклеточнымъ пространствамъ листовой паренхимы и переходитъ въ сосуды, потому что только изъ нихъ, а не изъ межклеточныхъ пространствъ выходитъ углекислота при *u*. Если черешокъ полый, то углекислота выдѣляется въ видѣ большихъ пузырьковъ исключительно черезъ главный каналъ. Если вмѣсто листа взять облиственный внизу низкогос перерѣзанный стебель однолѣтняго растенія, снабженнаго неповрежденною кожицею, напр. *Brassica Napus*, *Polygonum Fagopyrum*, *Solanum tuberosum*, вѣтви *Syringa* или *Prunus Cerasus*, то и здѣсь углекислота сосуда *a* будетъ переходить чрезъ разрѣзъ стебля въ известковую воду, какъ скоро воздухъ въ пріемникѣ разрядится: этимъ доказывается, что полости, именно сосуды даже нижнихъ стеблевыхъ частей сообщаются съ устьицами.

Но если помѣстить въ верхній аппаратъ, на мѣсто листа *B*, растеніе, снабженное по возможности неповрежденными корнями (*Brassica*, *Hordeum*, *Fagopyrum*), то даже при очень сильномъ уменьшеніи давленія въ пріемникѣ, воздухъ не будетъ выдѣляться изъ поверхности борня, но это выдѣленіе происходитъ на каждомъ разрѣзѣ даже болѣе тонкихъ корней.

Съ помощью прибора, фиг. 32-я, легко удается получить и обратный токъ газа черезъ устьицы; однако этотъ нѣсколько сложный аппаратъ долженъ быть весьма тщательно составленъ. Свѣжій, вполне неповрежденный листъ вкладывается своей пластинкой въ



ф. 31.



ф. 32.

шаровидную полость стекляннаго сосуда *a* и очень тщательно вставляется въ пробку. Трубка сосуда *a* погружается внутри пріемника *R* въ известковую воду сосуда *c*. Надставной сосудъ *b*, назначенный для наполненія углекислотою, можетъ быть устраненъ, если надѣть каучуковую трубку *K* колбы, служащей для выдѣленія газа, на разрѣзъ черешка. При выкачиваніи воздуха изъ пріемника *R*, углекислота входитъ въ известковую воду черезъ трубку сосуда *a*, причемъ она можетъ входить только черезъ сосуди разрѣза черешка и выходитъ черезъ устья пластинки (*Phaseolus*, *Helianthus annuus*).

Если бы при устройствѣ фиг. 31-й перевернуть листь и погрузить пластинку въ чистую или известковую воду, то даже при очень сильномъ выкачиваніи воздуха изъ пріемника, у листьевъ многихъ растеній получился бы существенно иной результатъ. Изъ погруженной листовой поверхности выступаютъ многочисленные пузырьки воздуха, остающіеся однако на пластинкѣ, такъ что тока пузырьковъ не образуется, потому что, какъ видно изъ нижеслѣдующаго, устья замыкаются, или закупориваются капиллярно водою. Это закупориваніе устьицъ погруженныхъ листьевъ однако не всеобщее, — по крайней мѣрѣ оно наступаетъ не всегда немедленно за погруженіемъ листа, именно, если пластинка остается покрытою подъ водою слоемъ воздуха. Этотъ фактъ и указанное въ *a* закупориваніе узкихъ отверстій водою, удерживаемой въ силу капиллярности, какъ скоро они приходятъ съ ней въ прикосновеніе, достаточно объясняетъ и соглашаетъ, повидимому, противорѣчащія другъ другу наблюденія Унгера и Моля о проницаемости устьицъ подъ водою, см. § 73-й.

Уже Раффено Делиль ¹⁾ доказалъ, что вдваніемъ въ разрѣзъ черешка *Nelumbium* выгоняется воздухъ изъ устьицъ пластинки. Лейтгебъ и Унгеръ ²⁾ показали за тѣмъ, что дуть въ обрѣзанный конецъ листьевъ *Allium*, *Iris*, или стебля *Hippuris*, *Equisetum*, можно видѣть воздухъ выдѣляющимся на листовой поверхности подъ водою. Эти опыты однакожь удаются тогда только, когда кожица погруженной пластинки не смочена водою; у листьевъ *Allium* Сера это легко доказать. На любомъ мѣстѣ свѣжаго листа снимаютъ мокрымъ пальцемъ припавшій слой воздуха, такъ чтобы это мѣсто смачивалось подъ водою, затѣмъ сильно дуютъ въ открытый конецъ, воздухъ выдѣляется только тамъ, гдѣ эпидермисъ еще облеченъ серебристо-бѣлымъ слоемъ воздуха, въ смоченныхъ мѣстахъ кожицы пузырьковъ не появляется. Если поэтому не хотятъ употребить способа, представляемаго фиг. 31-ю, то взамѣнъ его можно произвести опытъ Делиля. На оборотъ, если дуть не въ черешокъ, но взять въ полость рта пластинку достаточно маленькаго листа, сжать крѣпко губы около черешка, и, вставивъ разрѣзъ черешка въ воду, сильно дуть, то воздухъ подъ давленіемъ щеки входитъ изъ полости рта въ устья пластинки, и переходя черезъ межклеточныя пространства въ сосуды, вытѣсняется изъ послѣднихъ на погруженномъ разрѣзѣ черешка въ видѣ быстрога тока пузырьковъ. Но слѣдуетъ тщательно убѣдиться въ томъ, что кожица пластинки не повреждена, чего просто можно достигнуть тѣмъ, что погружаютъ послѣднюю и дуютъ въ черешокъ; въ поврежденныхъ мѣстахъ тотчасъ затѣмъ выступаютъ пузырьки воздуха. Этимъ способомъ я могъ вдвуть воздухъ черезъ пластинку и выдуть его изъ черешка, напр. у *Agum macula-*

¹⁾ Ann. des sc. nat. 1841, t. 14, стр. 328.

²⁾ Sitzungsber. d. kais. Acad. d. Wiss. Wien. 1857, XXV.

tum, *Primula sinensis*, виды *Rumex*, *Lupinus polyphyllus*, *Tanacetum vulgare*. Такъ какъ сила, съ которою я вдвухвалъ въ двухколѣнную трубку, въ состояніи была уравновѣснить столбъ ртути высотой отъ 8-ми до 10-ти см., то, слѣдовательно, такое давленіе воздуха достаточно, чтобы вогнать воздухъ черезъ устьяцы листовой поверхности во внутренніе воздушные пути столь быстро, чтобы получить на разрѣзѣ токъ пузырьковъ, гдѣ еще должно было преодолѣть капиллярное закупориваніе отверстій сосудовъ, погруженныхъ въ воду. Эти опыты можно удобнѣе произвести съ апаратомъ фиг. 33-я. Сверху и снизу открытая стеклянная трубка отъ 10-ти до 12-ти см. длины и отъ 4-хъ до 5-ти см. въ поперечникѣ, съ обоихъ концовъ весьма тщательно закупоривается пробками (*K K'*); черезъ верхнюю пробку *K* пропускаютъ черешокъ *S* и герметически вставляютъ посредствомъ матрицы; черезъ нижнюю пробку *K'* идетъ короткое колѣно трубки *R*. Этотъ приборъ, полости котораго наполнены воздухомъ, ставятъ подъ воду такимъ образомъ, чтобы поверхность воды *N* стояла на нѣсколько миллиметровъ выше разрѣза черешка. Затѣмъ быстро наливаютъ черезъ воронку такое количество ртути, чтобы въ длинномъ колѣнѣ высота давленія *q q'* доходила до 20-ти см. Чтобы избѣгнуть частаго доливанія, трубка *R* должна быть довольно широка. Воздухъ, сжатый въ полости широкой трубки, входитъ теперь въ устьяцы пластинки *B* и выходитъ при *S* въ видѣ тока пузырьковъ. Вмѣсто листа можно употребить также облиственную вѣтвь (напр. олеандра). Если ширина обѣихъ трубокъ выбрана такъ, что высота давленія *q—q'* не слишкомъ быстро измѣняется, то токъ пузырьковъ при *S* продолжается иногда 24 часа.



ф. 33.

§ 73. Пора устьяцы вслѣдствіе различныхъ вліяній, особенно окружающей влажности и освѣщенія, то расширяется, то суживается, что должно вліять на уравновѣшиваніе давленія внутреннего воздуха и атмосферы. Свѣдѣнія объ этихъ замѣчательныхъ измѣненіяхъ устьяцъ доставлены одною изъ классическихкихъ работъ Г. Моля ¹⁾. Онъ показалъ, что взаимное дѣйствіе устьяцъ и ихъ окружающихъ клѣточекъ кожицы при всасываніи и выдѣленіи воды обуславливаетъ различія во взаимномъ отношеніи тѣхъ и другихъ у разныхъ растеній: у нѣкоторыхъ (орхидныхъ) отъ соприкосновенія неповрежденнаго листа съ водою щель расширяется, у большинства же растеній замыкается (злаки, *Amaryllis formosissima*). Но дѣйствіе принятія воды слабѣе вліянія свѣта, которое стремится расширить пору тѣмъ болѣе, чѣмъ интензивнѣе свѣтъ. Поэтому надо заключить, что, у большинства видовъ, устьяцы, находящіяся въ воздухѣ и освѣщенныя, своимъ расширеніемъ облегчаютъ обмѣнъ газовъ между внутренними промежутками и атмосферой, по въ темнотѣ и при смачиваніи водою (роса, дождь) затрудняютъ его. Можетъ быть, что даже орхидныя, устьяцы которыхъ въ соприкосновеніи съ водою раскрываются, при значительной потерѣ воды замыкаются, и что они, слѣдо-

¹⁾ Н. v. Mohl, Bot. Zeitg. 1856, стр. 697, гдѣ также сдѣланъ тщательный обзоръ литературы. Работа, снабженная отличными изображеніями различныхъ устьяцъ.

вательно, въ сущности не составляютъ исключенія, ихъ листья только весьма трудно смачиваются водой; открываніе вслѣдствіе смачиванія, при естественныхъ условіяхъ, поэтому должно встрѣчаться только въ видѣ исключенія. Какъ самое общее положеніе, можно привести, что пока листья окружены воздухомъ и подлежатъ дѣйствію обыкновеннаго освѣщенія, поры устьицъ представляютъ среднюю ширину раскрыванія, которое вслѣдствіе различныхъ вліяній можетъ увеличиваться или уменьшаться.

Г. Моль употреблялъ для своихъ наблюденій преимущественно односѣмянодные растенія, отличающіяся по большей части значительными устьицами (объ анатомическомъ строеніи ихъ срав. его указанную работу). Для болѣе нагляднаго проявленія дѣйствія смачиванія, листья подъ воздушнымъ насосомъ инфируютъ водой. Прежде всего онъ изслѣдовалъ вліяніе принятія воды и выдѣленія ея устьицами изолированными, помощью поперечныхъ и продольныхъ разрѣзовъ, произведенныхъ такъ, чтобы устьицы оставались соединенными только съ кусочками перерѣзанныхъ клѣточекъ кожицы, которая очевидно не могла болѣе производить давленія на устьицы. Неповрежденныя замыкающія клѣточки могли поэтому свободно измѣняться въ формѣ. При этомъ способѣ получался постоянный результатъ: клѣточки устьицъ весьма значительно расширяютъ въ водѣ щель лежащую между ними и замыкаютъ ее въ сахарной водѣ (вслѣдствіе потери воды). Попеременнымъ употребленіемъ простой воды и сахарной, сколько угодно часто можно вызывать открываніе и замыканіе. Клѣточки устьицъ расширяютъ, слѣдовательно, при турescенціи пору и суживаютъ ее вслѣдствіе калабесценціи. У *Amaryllis formosissima* щель открывается, вслѣдствіе принятія воды замыкающими клѣточками, до $\frac{1}{8}$ линіи. У *Paneratium illygium*, *Lilium Martagon* и *bulbiferum* тотъ же результатъ можетъ быть достигнуть съ кусочкомъ эпидермиса, просто оторванными. Но изъ отношенія изолированныхъ замыкающихъ клѣточекъ нельзя еще заключить безусловно о состояніи щели въ неповрежденныхъ листьяхъ, гдѣ окружающія клѣточки эпидермиса вліяютъ своими измѣненіями формы на устьице, такъ что послѣднее, подъ давленіемъ сосѣднихъ съ ней клѣточекъ, можетъ замкнуться тогда, когда безъ нихъ она осталась бы открытой.

Существуютъ однако растенія, у которыхъ замыкающія клѣточки и кожаца дѣйствуютъ совокушно такимъ образомъ, что и въ неповрежденномъ листѣ, вслѣдствіе принятія воды, наступаетъ сильное расширеніе устьица: такъ у орхидныхъ, гдѣ, по Молю, замыкающія клѣточки уже въ силу своего положенія довольно независимы отъ давленія клѣточекъ кожицы. Подобное же явленіе представляютъ *Lilium Martagon*, *bulbiferum*, *candidum*. У орхидныхъ щель раскрывается въ водѣ на $\frac{1}{260}$ линіи и замыкается въ сахарной водѣ на $\frac{1}{800}$ до $\frac{1}{1000}$ линіи, у лилій отношеніе колеблется между $\frac{1}{800}$ и $\frac{1}{400}$ линіи. Но у большинства растеній отношеніе между замыкающими клѣточками и кожейцею такого рода, что устьицы у неповрежденныхъ, смоченныхъ водою, листьевъ смыкаются; особенно быстро происходитъ это у злаковъ. Моль, основываясь особенно на наблюденіяхъ надъ *Amaryllis formosissima*, объясняетъ это тѣмъ, что у этихъ растеній замыкающія клѣточки такъ защелены между клѣточками кожицы, что ихъ собственное измѣненіе въ формѣ, которое обуславливало бы расширеніе щели, вполнѣ перевѣшивается давленіемъ клѣточекъ кожицы. У *Amaryllis formosissima*, на свѣжихъ листьяхъ, устьицы до полудня раскрыты. Если по ложить отрѣзокъ листа подъ воду, то устьицы совершенно смыкаются въ $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ часа. При этомъ окружность обѣихъ замыкающихъ клѣточекъ, вмѣстѣ взятыхъ, круглая при раскрытомъ состояніи щели, дѣлается продолговато-эллиптической, если щель сомкнулась, что можно объяснить только давленіемъ сосѣднихъ клѣточекъ кожицы. Соответственно этому удается также раскрыть устьице помощію сахарной воды, вслѣдствіе того, что клѣточки кожицы отступаютъ отъ устьица, между тѣмъ какъ замыкающія клѣточки сами по себѣ должны были бы замкнуться. Потеря воды, происходящая при увяданіи листа, производитъ замыканіе устьица, какъ уже замѣтилъ Амичи. Если листъ положить въ этомъ состояніи въ воду, то замыкающія клѣточки первая принимаютъ воду и отступаютъ другъ отъ друга и щель открывается въ 5 минутъ до крайняго предѣла, но потомъ начинаютъ вбирать также клѣточки кожицы, и сдавливаютъ опять замыкающія клѣточки. Моль вывелъ изъ этого, что у растенія находящагося въ естественномъ состояніи, устьицы открываются до средней ширины, если уравновѣшены между собою расширенія клѣточекъ устьицъ и клѣточекъ эпидермиса. При этомъ со-

стояніи листьевъ суживаніе щели должно вызываться какъ дѣйствіемъ влажности, такъ и сухости, такъ какъ первая противоѣдствуетъ расширенію кѣлочекъ устьицъ, а слѣдовательно обѣ причины производить одинаковое нарушеніе равновѣсія, предоставляя кѣлочкамъ кожицы относительный перевѣсъ. Наоборотъ, замыкающимъ кѣлочкамъ, по Молю, сообщается перевѣсъ вліаніемъ свѣта. Когда утромъ устьицы листа *Amargyllis formosissima* раскрылись, то кѣлочки кожицы обнаруживаютъ преобладающую способность всасывать воду и сдавливать, слѣдовательно, замыкающія кѣлочки, но послѣ шестичасоваго вліанія юльскаго солнца, устьицы и подъ водою оставались раскрытыми независимо отъ того, въ какой средѣ листовая пластинка предварительно подвергалась солнечному освѣщенію — подъ водою, во влажномъ или въ сухомъ воздухѣ. Раскрытое состояніе устьицъ подъ водою продолжается тѣмъ долѣе, чѣмъ продолжительнѣе было предварительное вліаніе освѣщенія.

Моль нашелъ, что въ 9 часовъ утра на только что отрѣзанномъ листѣ *Zea Mais* всѣ устьицы были закрыты; будучи съ 10-ти часовъ выставлены на солнце — въ 3 часа онѣ были раскрыты на $\frac{1}{400}$ линіи, но тотчасъ же быстро закрывались, лишь только отрѣзокъ листа погружался въ воду. По прошествіи двухъ часовъ дальнѣйшаго освѣщенія, устьицы хотя и не расширились болѣе прежняго, но будучи погружены въ воду, оставались въ ней открытыми въ продолженіи $\frac{1}{2}$ часа, и даже чрезъ $\frac{3}{4}$ часа многія были еще открыты.

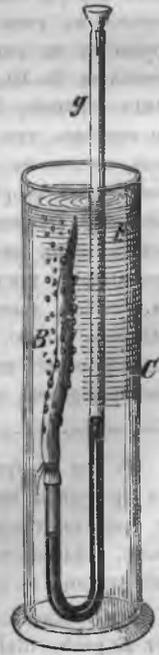
У *Lilium Martagon* и *bulbiferum*, у которыхъ устьицы подъ водою открываются незначительно, вліаніемъ солнца раскрытіе увеличивается; лежація въ водѣ устьицы утромъ были открыты на $\frac{1}{833}$ линіи, а съ 4-хъ часовъ пополудни, вслѣдствіе вліанія солнца, это раскрытіе увеличилось и достигало отъ $\frac{1}{377}$ до $\frac{1}{280}$ линіи.

Г. Моль объясняетъ это явленіе такъ: онъ принимаетъ, что въ полуденныхъ кѣлочкахъ, содержащихъ хлорофиллъ, вслѣдствіе вліанія солнца накапливается болѣе значительное количество веществъ, дѣйствующихъ эндосмотически, такъ что онѣ вслѣдствіе этого дѣйствуютъ энергичнѣе, чѣмъ безхлорофильныя кѣлочки кожицы; при эндосмотическомъ принятіи воды, полуденныя кѣлочки должны измѣнять свою форму, потому что стѣнка ихъ въ различныхъ мѣстахъ представляетъ различную толщину и неодинаковое противоѣдствіе.

Этой теоріи Моля можно противопоставить другую, въ которой эндосмозъ совершенно исключается изъ числа дѣателей, но берется въ расчетъ, во-первыхъ, способность кѣлочныхъ оболочекъ пропитываться водою и, во-вторыхъ, происходящее отъ этого измѣненіе въ объемѣ. Обѣ эти теоріи однако не имѣютъ рѣшительныхъ доказательствъ.

Для согласованія наблюденій Унгера съ наблюденіями Моля, необходимо имѣть въ виду всевозможные случаи, встрѣчающіеся при погруженіи въ воду листьевъ сухопутныхъ растений. При погруженіи листа въ воду, поверхность его съ устьицами или смачивается, или нѣтъ; въ послѣднемъ случаѣ она бываетъ покрыта слоемъ воздуха и устьицы при опредѣленномъ давленіи будутъ выпускать воздухъ; при болѣе продолжительномъ погруженіи воздушный слой листовой поверхности можетъ быть поглощенъ водою, поверхность листа, слѣдовательно, смочится и устьицы тогда представятъ тоже явленіе, какъ устьицы листьевъ смачивающихся съ самаго начала. Поэтому могутъ быть два случая: или устьицы, вслѣдствіе принятія воды, по Молю, будутъ сдавлены и закроются, и въ такомъ случаѣ чрезъ нихъ невозможно будетъ выгнать воздухъ, или же устьицы смачиваемыхъ листовыхъ поверхностей не смыкаются, какъ это, по Молю, у орхидей, но тѣмъ не менѣе, употребляя ту же силу давленія, всетаки воздухъ не можетъ быть выгнанъ, по причинамъ, изложеннымъ въ § 71 α : именно, несомкнутыя устьицы будутъ, подобно капиллярной трубкѣ, изображенной на фиг. 29-й, заперты водою, пристающей къ полуденнымъ кѣлочкамъ.

Унгеръ ¹⁾ употреблялъ приборъ изображенный на фиг. 34-й; пустой листъ (шпр. листъ *Allium Cera*), пустой черешокъ, или пустой стебель, плотно прикрѣпляются къ отверстию короткаго колѣна достаточно широкой трубки *g* и весь снарядъ погружается въ воду; въ длинное колѣно трубки быстро наливается столько ртути, чтобы высота давящаго столба доходила отъ 15-ти до 20-ти см. Воздухъ, заключенный въ короткомъ колѣнѣ, вталкивается отсюда сперва въ пустоту листа, потомъ въ межкѣлѣтные ходы



ф. 34.

¹⁾ Unger: Sitzungsber. d. kais. Akad. der Wiss. 1857, XXV, стр. 459, ff.

и, наконецъ, выходитъ вонъ чрезъ отверстія устьицъ, если онѣ только не замкнуты, или не закрыты (затянуты) капиллярной водою.

Если на мѣстѣ *B* находился листъ *Allium fistulosum*, *Nymphaea alba*, стебель съ листьями *Hippuris vulgaris*, *Equisetum Limosum*, *Lysimachia thyrsoiflora*, *Menianthes trifoliata*, *Gratiola officinalis* и т. д., то воздушные пузырьки выходили на тѣхъ мѣстахъ поверхностней, гдѣ расположены устьицы.

Кто самъ не производилъ подобнаго опыта, можетъ подумать, что выступаютъ тысячи мелкихъ пузырьковъ, соответствующихъ большому числу устьицъ; но этого на самомъ дѣлѣ не бываетъ: напротивъ, отъ блестящей поверхности листа отдѣляются довольно большіе пузыри и поднимаются вверхъ; очевидно, что каждый пузырь не соответствуетъ отдѣльному отверстию устьица, напротивъ, выходящій изъ устьицъ воздухъ, проходитъ сперва въ воздушный слой, окружающій листовую поверхность, и отсюда уже мѣстами отдѣляется въ видѣ большихъ пузырей.

Если (какъ это дѣлаетъ Унгеръ) снарядъ фиг. 34-й оставить на 4 дня, то ртутнаго столба, вышиной отъ 15-ти до 20-ти стм. уже недостаточно, чтобы выгнать воздухъ чрезъ устьицы у того самаго растенія, у котораго прежде это дѣлалось столбомъ въ 5—6 стм. ¹⁾ Унгеръ приписываетъ (стр. 464) это явленіе исключительно тому обстоятельству, что отверстія устьицъ зашираются водою, которую поглощаютъ кѣточки кожицы; кромѣ этого очень возможно, что вода закрываетъ устьицы капиллярно.

Когда Унгеръ на мѣстѣ *B*, фиг. 34-я прикрѣплялъ, листья *Orchis maculata* и *Gynnadenia conopsea*, оказалось, что ни сначала, ни чрезъ 8—36 часовъ, воздухъ не проникалъ чрезъ отверстія устьицъ; то же было съ *Lilium Martagon* и *candidum*; однимъ словомъ, со всѣми растеніями, которыхъ устьицы, по Молю, въ водѣ раскрываются. По заключенію Унгера, здѣсь долженъ былъ бы проходить воздухъ и въ этомъ опытѣ онъ видитъ противорѣчіе положенію Моля; но это обстоятельство можетъ быть удовлетворительно объяснено капиллярнымъ закрытіемъ устьицъ; капиллярность въ стеклянной трубкѣ уравниваетъ ртутный столбъ въ 16 стм., слѣдовательно, въ столь мелкихъ отверстіяхъ, каковы устьицы, это противоѣдствіе капиллярной воды будетъ еще значительнѣе ²⁾.

Слѣдующій очень простой опытъ, который можетъ быть произведенъ безъ всякихъ аппаратовъ, доказываетъ, что находящіяся подъ водою устьицы и не выпускающія изъ себя воздуха, при этомъ могутъ быть раскрыты, но что вода, запирающая капиллярно отверстія устьицъ, не даетъ воздуху выходить изъ послѣднихъ. Именно, поперечный разрѣзъ листового черешка берется въ ротъ и плотно обхватывается губами, между тѣмъ какъ листовая пластинка погружается въ воду; при сильномъ дуваніи, равнявшемся въ моихъ опытахъ давленію ртутнаго столба въ 8—10 стм., мнѣ не удалось выгнать воздухъ изъ устьицъ у *Agum maculatum*, *Primula sinensis*, *Tanacetum vulgare*, *Rumex sariantum* и др.; въ этомъ случаѣ можно было бы подумать, что устьицы плотно закрылись вслѣдствіе замыканія обѣихъ полудунныхъ кѣточекъ, но это не такъ; если, оставивъ листъ въ томъ же положеніи, сильно ³⁾ всасывать чрезъ поперечный разрѣзъ черешка, тогда листовая пластинка быстро инъектируется, вода входитъ, какъ это тотчасъ узнается по окрашиванію, въ межкѣльные промежутки, что очевидно происходитъ чрезъ отверстія устьицъ; слѣдовательно, послѣднія подъ водою на самомъ дѣлѣ не закрываются и могли бы пропускать воздухъ такъ же хорошо, какъ и воду; непрониканіе воздуха, поэтому, должно быть объяснено не закрытіемъ отверстій устьицъ, но закупориваніемъ капиллярною водою; отверстія устьицъ обнаруживаютъ здѣсь тоже дѣйствіе, какъ погруженное въ воду волосное отверстіе *S* стеклянной трубки, изображенной на фиг. 29-й, которое, будучи заткнуто водою, выдерживало давленіе ртутнаго столба въ 16 стм.; но если чрезъ длинный ко-

¹⁾ При погруженіи покрытаго слоемъ воздуха листа *Amaryllis aulica* и *Iris pallida* устьицы пропускали воздухъ при малѣйшемъ давленіи, и это продолжалось даже послѣ 36-ти часоваго пребыванія подъ водою; но какъ скоро окружающій воздушный слой мѣстами устранился и листъ, слѣдовательно, начиналъ смачиваться, то на этомъ мѣстѣ уже не появлялось болѣе пузырей; устьицы въ этомъ случаѣ замыкались и запирались капиллярной водою.

²⁾ Относящіяся сюда свѣдѣнія изъ теоріи волосности, см. у Вюльнера. Wüllner: Lehrbuch der Experimentalphysik 1863, I, 215—226 и у Jamin: Comptes rendus 1860, LI, 172, 311.

³⁾ Сила всасыванія у меня равнялась давленію ртутнаго столба въ 25—31 стм.

нецъ производилось всасываніе, то вода чрезъ волосное отверстіе входила въ трубку. Это объясненіе можно вполнѣ приложить къ листу.

Нѣкоторые опыты Дютроше ¹⁾ даютъ дальнѣйшее разъясненіе вопроса о вліяніи устьицъ. Онъ погружалъ листъ *Nymphaea lutea* въ воду такимъ образомъ, что черешокъ выходилъ изъ воды; сосудъ съ листомъ помѣщался подъ колоколь воздушнаго насоса; при выкачиваніи, воздухъ изъ устьицъ не выходилъ (онъ проходилъ чрезъ черешокъ); когда онъ $\frac{1}{4}$ часа спустя, подвергъ листъ атмосферному давленію, то листовая пластинка удержала свой цвѣтъ, т. е. она не инъектировалась водою, очевидно вслѣдствіе того, что воздухъ снова входилъ во всѣ межклетные промежутки по воздушнымъ путямъ черешка.

Когда онъ погружалъ въ воду листъ вмѣстѣ съ черешкомъ, такъ чтобы и разрѣзъ покрывался водою, то при разрѣженіи воздуха изъ устьицъ не выходило пузырьковъ, но за то они въ большомъ числѣ появлялись на поперечномъ сѣченіи черешка; когда по прошествіи нѣсколькихъ минутъ подъ колоколь впускался воздухъ, то вода входила въ межклетные промежутки чрезъ погруженное поперечное сѣченіе черешка, что можно было замѣтить по измѣненію окрашиванія. Этотъ результатъ показываетъ, что отверстія устьицъ листа подъ водою такъ суживаются, что представляютъ сильное сопротивленіе вхожденію воды, ибо въ противномъ случаѣ въ послѣднемъ опытѣ она должна была бы проникнуть также чрезъ устьицы, хотя и медленно, нежели чрезъ черешокъ.

То же явленіе представляеть, по Дютроше, листъ *Samellia japonica*; напротивъ, у *Plex Aquifolium* и *Prunus Laurocerasus* онъ нашелъ, что когда послѣ выкачиванія, подъ колоколь снова былъ впускенъ воздухъ, то вода повсюду проникала чрезъ устьицы погруженной листовой пластинки, а не распространялась въ межклетные промежутки чрезъ черешокъ; слѣдовательно въ этомъ случаѣ устьицы подъ водою были не вполнѣ закрыты.

Наконецъ опытъ Унгера доказываетъ, что въ инъектированномъ листѣ *Allium fistulosum* отверстія устьица пропускаютъ воду; закрытый копецъ такого листа, въ нѣсколько дюймовъ длиною, онъ привязывалъ къ нижнему отверстію висящей стеклянной трубки, которую онъ наполнял водою на 8 футовъ высоты; вода чрезъ межклетные промежутки медленно проникала къ устьицамъ, такъ что по прошествіи 24-хъ часовъ прошло только 7 куб. стм. воды. Но когда онъ тотъ же опытъ повторилъ надъ листомъ инъектированнымъ заранее подъ колоколомъ воздушнаго насоса, то въ 24 часа получилъ 30 куб. стм. воды, т. е. въ четыре раза болѣе (Унгеръ принимаетъ, что въ первомъ случаѣ сопротивленіе происходило только отъ притяженія воздуха къ стѣнамъ межклетныхъ промежутковъ; но должно принять, что здѣсь происходило то же, что въ четкообразной волосной трубкѣ Жамена, гдѣ даже сильное давленіе не могло прогнать воздуха насквозь, если узкія мѣста были наполнены водою, а расширенія воздухомъ; но какъ скоро вся трубка была наполнена водою, то устанавливался свободный водяной токъ; межклетные ходы могутъ быть сравниваемы съ такой трубкой, и въ первомъ опытѣ Унгера, вѣроятно, межклетные промежутки только частью были наполнены водою, а частью содержали воздушные пузыри.

§ 74. Межклетные промежутки паренхимы взаимно сообщаются во всемъ растеніи и также сообщаются съ попадающимися пустотами большихъ размѣровъ, и находятся въ связи съ устьицами; у настоящихъ сухопутныхъ растеній, хотя и не всегда, но въ болѣе части случаевъ, всѣ эти межклетныя пространства представляютъ чрезвычайно узкіе каналы и вслѣдствіе незначительнаго діаметра могутъ проводить только очень незначительное количество воздуха; понятно, что разница въ давленіи внутренняго воздуха и атмосфернаго можетъ уравниваться медленно.

Къ этому нужно еще присоединить чрезвычайно неправильную форму этихъ волосныхъ ходовъ, которые то суживаются, то расширяются, такъ что проходящій воздухъ подвергается сильному тренію.

Вслѣдствіе этихъ причинъ разница между окружающимъ атмосфернымъ воздухомъ и воздухомъ заключающимся внутри ходовъ, можетъ уравниваться толь-

¹⁾ Dutrochet: Mém. I, 334.

ко по прошествіи значительнаго промежутка времени; еще нужно замѣтить, что внутренній воздухъ, вслѣдствіе химическихъ процессовъ въ тканяхъ и вслѣдствіе диффузіи, бываетъ подверженъ постояннымъ измѣненіямъ какъ въ упругости, такъ и въ химическомъ составѣ, а потому, несмотря на открытое сообщеніе, внутренній воздухъ долженъ разниться отъ наружнаго въ отношеніи упругости и состава, на что указываютъ всѣ наблюдатели.

Кромѣ химическихъ процессовъ въ клѣточкахъ, вслѣдствіе которыхъ количество кислорода и углекислоты во внутреннемъ воздухѣ подвергаются значительнымъ измѣненіямъ и вслѣдствіе которыхъ происходитъ въ капиллярныхъ межклеточныхъ промежуткахъ различно направленные токи газвъ, есть еще другія причины, обуславливающія передвиженіе воздуха въ полостяхъ растенія, а именно:

- 1) Измѣненія въ давленіи наружнаго воздуха.
- 2) Движенія отъ вѣтра стеблей, вѣтвей, листьевъ: при быстромъ сгибаніи этихъ органовъ ткани мѣстами сжимаются, мѣстами расшпиряются, и заключающійся въ нихъ воздухъ частью только передвигается, а частью вытѣсняется и замѣняется наружнымъ.
- 3) Измѣненія температуры, охлажденіе тканей и заключающагося между клѣточками воздуха обуславливаетъ уменьшеніе объема послѣдняго, вслѣдствіе чего свѣжій наружный воздухъ входитъ во внутреннія пустоты; при нагрѣваніи растенія, наоборотъ, внутренній воздухъ вслѣдствіе расширенія выгоняется наружу чрезъ межклеточные промежутки.
- 4) Такъ какъ при испареніи листьевъ и при принятіи воды корнями эти два процесса не всегда уравниваются, то при опораживаніи и наполненіи клѣточекъ межклеточные промежутки расширяются и суживаются и такимъ образомъ составляютъ причину передвиженія газвъ. Когда въ растеніяхъ, богатыхъ древесиною, воды испаряется болѣе нежели можетъ быть доставлено корнями, то въ полости, прежде наполненныя водою, будетъ входить воздухъ, потому что произойдетъ разрѣженіе внутренняго воздуха и давленіе наружнаго воздуха получитъ перевѣсъ; наоборотъ, въ древесинѣ небогатой водою, послѣдняя будетъ съ большою силою вгоняться давленіемъ корня и пропитываніемъ клѣточныхъ стѣнокъ, такъ что воздухъ будетъ сдавливаться какъ въ манометрѣ, прикрѣпленномъ къ всасывающему тѣлу, и такъ какъ полости древесины находятся въ сообщеніи съ межклеточными промежутками и съ устьицами, то посредствомъ этихъ путей воздухъ будетъ стараться выйти изъ растенія.

Эти различныя измѣненія въ давленіи внутренняго воздуха могутъ быть уравниваемы очень медленно, потому что поперечныя сѣченія межклеточныхъ ходовъ, а также и отверстія устьиць, чрезвычайно малы.

Вѣтвь съ листьями, или черешокъ большаго листа плотно укрѣпится къ верхнему отверстию стеклянной трубки, шириною въ 3—5 милл., такъ чтобы воздухъ не могъ проникать; трубка наполненная воздухомъ, ставится вертикально въ воду, или въ ртуть; въ короткое время замѣчается въ трубкѣ повышеніе жидкости; поперечное сѣченіе вѣтви всасываетъ изъ воздуха трубки кислородъ и производитъ такимъ образомъ уменьшеніе давленія въ трубкѣ; это уменьшеніе давленія въ свою очередь должно также произойти въ межклеточныхъ промежуткахъ и полостяхъ вѣтви или листа, потому что полости эти посредствомъ поперечнаго сѣченія находятся въ непосредственномъ сообщеніи съ воздухомъ трубки; съ другой стороны, эти внутреннія полости находятся въ соединеніи съ устьицами, очевидно открытыми. Этотъ опытъ въ то же время показываетъ, съ какимъ

трудомъ и какъ медленно происходитъ уравновѣшиваніе давленія внутренняго воздуха и окружающей атмосферы. Очевидно, что вода въ трубкѣ можетъ подниматься только вслѣдствіе того, что всасываніе газа изъ трубки происходитъ быстрѣе, нежели происходящая разница въ давленіи можетъ уравновѣшиваться чрезъ отверстія устьицъ и чрезъ межклеточные ходы.

Галесъ ¹⁾ первый сдѣлалъ этотъ опытъ; онъ плотно укрѣпилъ на одномъ концѣ трубки яблонную вѣтвь съ листьями, и видѣлъ, какъ вода въ трубкѣ въ продолженіи трехъ часовъ поднялась на нѣсколько дюймовъ.

Я произвелъ подобный же опытъ съ небольшою вѣтвью *Aesculus Hippocastanum*, покрытою многими молодыми листочками; ртуть употребленная мною въ этомъ случаѣ поднялась въ продолженіи 9-ти часовъ на 2 см. Подобнымъ же образомъ прикрѣпленный къ трубкѣ листъ капусты поднялъ ртуть въ 24 часа на 3 см., причемъ листъ сильно завялъ (устьицы при этомъ могутъ быть закрылись).

Такъ какъ смѣсь газозъ внутреннихъ полостей, подвергающаяся измѣненіямъ вслѣдствіе химическихъ процессовъ въ тканяхъ, не можетъ быстро обмѣниваться съ окружающей атмосферой, то совершенно ясно, что химическій анализъ воздуха заключеннаго въ растеніи, покажетъ значительную разницу его состава въ сравненіи съ составомъ окружающей атмосферы. Съ этимъ согласны показанія Гарднера ²⁾, Соссюра, Дютроше ³⁾, Вишоа ⁴⁾, Франца Шульце, Кальвера и Ферранда (*Ferrand*)⁵⁾; при этомъ различные наблюдатели находили весьма различный составъ заключеннаго воздуха, что на основаніи вышесказаннаго едва ли должно быть иначе.

Кальверъ и Феррандъ изслѣдовали воздухъ въ стручкахъ *Colutea arborescens*; сорванные стручки тотчасъ же выжимались подъ ртутью; подобнымъ же способомъ добывался воздухъ изъ полыхъ стеблей. Въ стручкахъ *Colutea* они находили воздухъ всегда съ большимъ содержаніемъ углекислоты, нежели въ атмосферѣ, особенно ночью углекислоты заключалось вдвое болѣе нежели днемъ; во внутреннемъ воздухѣ тѣмъ болѣе содержалось кислорода, чѣмъ больше и интенсивнѣе дѣйствовалъ свѣтъ, и эта разница была тѣмъ значительнѣе, чѣмъ стручки были зеленѣе, и чѣмъ болѣе, слѣдовательно, они могли разложить углекислоты. Оба наблюдателя весьма основательно указываютъ на то, что незначительная способность стѣнокъ плодика пропускать газы, составляетъ причину увеличенія количества кислорода внутри плодика, по мѣрѣ того, какъ углекислота разлагается. Стручокъ можно сравнить съ закрытымъ сосудомъ, въ которомъ происходитъ химическій процессъ.

Изъ трехъ таблицъ названныхъ наблюдателей я беру для примѣра ту, въ которой выставлены числа для стручковъ средняго возраста.

Воздухъ въ стручкахъ средняго возраста *Colutea arborescens*, по Кальверу и Ферранду.

Часы наблюдений.	Освѣщеніе и небо.	Воздухъ стручка содержитъ по объему въ процентахъ.		
		Кислородъ.	Углекислота.	O + CO ²
11	Ночь.	20,496	2,746	23,242
7	Утро, облачно.	20,673	2,618	23,291
12	Полдень, облачно.	20,908	2,429	23,337
4	Послѣ полудня, облачно.	20,901	2,432	23,383
7	Утро, солнечно.	21,086	1,903	23,989
12	Полдень, солнечно.	21,293	1,419	22,712
4	Послѣ полудня, солнечно.	21,176	1,438	22,614.

¹⁾ *Statical essays*, London 1731, I, стр. 155.

²⁾ *Froriep's Notizen* 1846, ч. 38, № 21.

³⁾ *Mem.* I. 1340.

⁴⁾ См. *Rochleder: Chem. und Physiol. der Pfl.* 1858, стр. 113.

⁵⁾ Несогласное съ этимъ показаніе Кнопа, что «воздухъ внутри сухопутныхъ растеній имѣеть на всякой высотѣ почти тотъ же составъ, какъ и наружный воздухъ» (*Landw. Vers. Stationen.* I, стр. 154) не заслуживаетъ опроверженія.

⁶⁾ *Comptes rendus* 1843. t. 17, стр. 955.

Они также опредѣляли воздухъ въ полыхъ стебляхъ и нашли, что составъ его значительно отличается отъ состава атмосфернаго воздуха. Здѣсь также количество углекислоты ночью было значительное нежели днемъ, но разница не столь примѣтна, какъ въ стручкахъ.

Воздухъ заключающійся въ полыхъ стебляхъ содержитъ:

Названіе растенія.	Углекислота.		Кислородъ.	
	Почь.	День.	Ночь.	День.
<i>Heracleum spondylium</i>	—	1,408	—	19,653
<i>Angelica Ar. hangelica</i>	2,581	1,766	20,364	19,784
<i>Ricinus communis</i>	3,078	2,721	18,656	16,876
<i>Dahlia variabilis</i>	3,133	2,881	18,823	18,119
<i>Arundo Donax</i>	4,619	4,407	18,691	18,193
<i>Lycesteria formosa</i>	2,879	2,267	19,137	18,703
<i>Sonchus vulgaris</i>	—	2,326	19,774	17,971.

По Ф. Шульце ¹⁾ разница между виѣшнимъ и внутреннимъ воздухомъ еще значительное; въ воздушныхъ полостяхъ злаковъ, стебляхъ *Rumex* и *Angelica officinalis* онъ нашелъ почти чистый азотъ, съ весьма незначительной примѣсью углекислоты, не болѣе 0,5%. Если стебли были совершенно неповреждены, то онъ не могъ открыть и слѣдовъ кислорода.

¹⁾ F. Schulze: Lehrb. der Chemie f. Landwirthe 1853, I, стр. 58.

IX.

ВЛІЯНІЯ АТМОСФЕРНАГО КИСЛОРОДА.

Девятый отдѣлъ.

Дыханіе растений, образованіе теплоты и фосфоресценція.

а) Дыханіе ¹⁾.

§ 75. Необходимость кислорода атмосферы для жизненныхъ от-
правленій кѣлочекъ. Химическіе процессы и молекулярныя движенія, въ
которыхъ выражается жизнь растительныхъ кѣлочекъ, происходятъ только до
тѣхъ поръ, пока свободный кислородъ атмосферы можетъ проникать въ кѣлоч-
ки. Если доставка этого газа кѣлочкамъ будетъ совершенно прервана, или бу-
детъ производиться въ недостаточномъ количествѣ, то внутреннія движенія, обу-
словливающія ростъ, приостанавливаются, токъ протоплазмы прекращается, пе-
риодическія движенія листьевъ и цвѣточныхъ частей останавливаются; органы,
раздражаемые толчками, теряютъ свою раздражительность.

Если, при остальныхъ благопріятныхъ условіяхъ развитія, доставка кисло-
рода прекращается только на болѣе или менѣе короткое время, то кѣлочки со-
храняютъ способность къ жизни, такъ что внутреннія и внѣшнія движенія мо-
гутъ возобновиться, какъ скоро доступъ кислорода будетъ восстановленъ.

Но если, напротивъ, нарушеніе жизненныхъ условій вслѣдствіе недостатка ки-
слорода продолжается долгое время, то въ кѣлочкахъ начинаются разрушающіе
процессы, уничтожающіе жизненность и поздній доступъ кислорода уже не вызы-
ваетъ тѣхъ движеній, которыя свойственны живой кѣлочкѣ.

Ниже будутъ приведены только тѣ факты, которые служатъ подтвержденіемъ
вышесказаннаго. Въ концѣ этого отдѣла мы постараемся дать фізіологическое
объясненіе вопроса, какимъ образомъ постоянное принятіе кислорода можетъ

¹⁾ Предварительно должно замѣтить, что «дыханіемъ» я исключительно называю тѣ химиче-
скіе процессы въ живой кѣлочкѣ, которые обусловливаются принимаемымъ извнѣ атмосфер-
нымъ кислородомъ, и обыкновенно находятся въ связи съ выдѣленіемъ углекислоты. Основаніе
подобнаго воззрѣнія, см. § 78.

обусловливать работы, происходящія какъ внутри клѣточекъ, такъ и проявляющіяся внѣшнимъ образомъ.

а) О періодично-подвижныхъ и такъ называемыхъ раздражительныхъ органахъ Дютроше ¹⁾ первый показалъ, что воздухъ, содержащій кислородъ, диффундирующий въ тканяхъ этихъ органовъ, составляетъ условіе ихъ подвижности. На чувствительные листья мимозы, стоящей подъ колоколомъ воздушнаго насоса, разрѣженіе воздуха дѣйствуетъ вначалѣ какъ механическое раздраженіе; по окончаніи разрѣженія листья впадаютъ въ продолжительное оцѣпенѣніе, сходное съ дневнымъ положеніемъ, а еще болѣе съ положеніемъ оцѣпенѣнія отъ темноты (*Dunkelstarre*) (см. § 18); періодическія качанія не происходятъ и листья обазываются нечувствительными къ толчкамъ; этотъ фактъ въ послѣднее время подтвержденъ Кабшемъ ²⁾. Чувствительность и періодическое движеніе снова возвращаются, если растение затѣмъ будетъ выставлено на воздухъ.

Дютроше нашель далѣе, что листочки *Robinia Pseudo-Acacia*, продолжающіе свои періодическія движенія въ водѣ, содержащей воздухъ, въ безвоздушной водѣ теряютъ подвижность (они принимаютъ по видимому дневное положеніе, соотвѣтствующее оцѣпенѣнію отъ темноты) ³⁾; періодично подвижные цвѣты *Leopodon Taraxacum* и *Sonchus oleraceus* у Дютроше ⁴⁾, въ пустотѣ, были неподвижны.

По Кабшу раздражительные отъ толчковъ тычинки *Mahonia* и *Berberis*, при уменьшеніи плотности окружающаго ихъ воздуха на 20—24 миллим. ртутнаго давленія, впадали въ оцѣпенѣніе; во время самага раздраженія они производили движенія какъ бы вслѣдствіе толчковъ, но потомъ снова принимали положеніе, соотвѣтствовавшее покою.

Тоже самое произошло съ тычинками *Helianthemum vulgare*, когда воздухъ былъ разрѣженъ до 5—10 линій ртутнаго давленія.

Въ этихъ случаяхъ органамъ также возвращалась ихъ подвижность, если они затѣмъ подвергались вліянію болѣе плотнаго воздуха. Неподвижность подобныхъ органовъ въ газахъ не содержащихъ кислорода, еще разительнѣе доказываетъ необходимость кислорода для ихъ жизненныхъ отправленій.

Я пропускаю опыты съ углекислотой и аммоніакальнымъ газомъ, такъ какъ вредное вліяніе ихъ частью доказано, частью должно быть допущено. Кабшъ ⁵⁾ нашель, что тычинки барбариса въ азотѣ быстро теряютъ свою раздражительность, но онѣ приобрѣтаютъ ее снова, если чрезъ 10—15 минутъ будутъ подвергнуты вліянію воздуха; при болѣе продолжительномъ пребываніи въ азотѣ, раздражительность теряется навсегда ⁶⁾.

Если атмосферный воздухъ смѣшать съ равнымъ по объему количествомъ водорода, то раздражительность тычинокъ барбариса не уменьшалась; чистый

¹⁾ Dutrochet: Mém. I, 562.

²⁾ Kabsch, Bot. Zeitg. 1862, стр. 342 ff. говоритъ, что листья *Mimosa pudica*, оцѣпенѣвшія вслѣдствіе отнятія воздуха, еще способны раздражаться индуцированными ударами.

³⁾ Сравни J. Sachs: «Die vorübergehenden Starrezustände periodisch beweglicher und reizbarer Pflanzenorgane». Flora, 1863.

⁴⁾ Loc. cit., стр. 471.

⁵⁾ Loc. cit., стр. 347.

⁶⁾ Въ опытахъ Кабша примѣсъ газа положительно вреднаго, кажется, не была устранена; тоже можно сказать объ окиси углерода.

водородъ чрезъ 10—15 минутъ уничтожалъ раздражительность, которая послѣ соприкосновенія съ атмосфернымъ воздухомъ снова проявлялась. Но если вѣтви оставались въ водородѣ болѣе продолжительное время, то раздражительныя тычинки погибали, хотя листья и почки оставались неповрежденными.

Въ закиси азота (Stickoxydal) тычинки, по Кабшу, сохраняли свою раздражительность, что еще подлежитъ дальнѣйшему изслѣдованію ¹⁾.

Гораздо важнѣе показаніе Кабша, что въ чистомъ кислородѣ раздражительность тычинокъ барбариса чрезъ полчаса исчезала и снова возвращалась при доступѣ атмосфернаго воздуха; пребываніе въ кислородѣ впродолженіи нѣсколькихъ часовъ убивало тычинки. Между тѣмъ какъ опыты съ азотомъ и водородомъ показали, что недостатокъ кислорода уничтожаетъ раздражительность на время или навсегда, послѣдній фактъ, если только онъ будетъ подтвержденъ, показываетъ, что чрезмѣрное вліяніе кислорода, не разжиженного въ этомъ случаѣ азотомъ, дѣйствуетъ также вредно. Безъ сомнѣнія, должно принять, что вліяніе кислорода для поддержанія нормальнаго жизненнаго состоянія, должно удерживаться въ опредѣленныхъ границахъ и степень его вліянія будетъ, между прочимъ, зависѣть отъ его плотности; при слишкомъ значительномъ разжиженіи, органъ нужное ему количество кислорода будетъ принимать медленно; при большей плотности окисляющее вліяніе будетъ слишкомъ сильно. Можно предполагать, что на успѣхъ подобныхъ опытовъ имѣетъ также большое вліяніе температура, но на это еще нѣтъ указаній ²⁾.

3) О необходимости кислородной атмосферы для поддержанія токовъ протоплазмы, въ настоящее время мы имѣемъ только указанія Кюне ³⁾, касающіяся голыи протоплазмы миксомицетовъ и протоплазмы въ волоскахъ *Tradescantia*. Онъ клалъ высушенный пласмодій *Didymium Serpula* въ стеклянную колбочку, наполнял ее прокипяченной, лишенной воздуха, водой и, обративъ, ставилъ въ ртуть, — пласмодій поднимался до дна колбы, гдѣ онъ могъ быть наблюдаемъ въ микроскопъ. Несмотря на пропитываніе водой, форма пласмодія не измѣнилась; но когда онъ выпустилъ въ колбочку нѣсколько воздушныхъ пузырей, то по прошествіи пяти часовъ пласмодій началъ развѣтвляться и распространяться.

Если воду взять некипяченную, слѣдовательно, содержащую воздухъ, то движеніе происходитъ само собой, несмотря на то, что отверстіе закрыто ртутью.

Когда онъ протоплазму миксомицета клалъ подъ микроскопъ, въ приемникъ, насыщенный водяными парами, и пропускалъ чрезъ него впродолженіи нѣсколькихъ часовъ непрерывный токъ водорода, такъ что весь воздухъ изъ приемника былъ выгнанъ, то движеніе протоплазмы также прекратилось; при введеніи въ приемникъ углекислоты, движеніе прекращалось еще скорѣе, и вѣроятно не только потому, что воздухъ былъ выгнанъ, но и потому, что углекислота сама по себѣ химически дѣйствуетъ вредно.

¹⁾ Поэтому очень возможно, что при дыханіи растений, окисъ азота до извѣстной степени можетъ замѣнить кислородъ.

²⁾ Мы не будемъ приводить здѣсь въ высшей степени неясную теорію, которую Кабшъ старался вывести, опираясь на свои вышеописанные опыты, между прочимъ и относительно причинъ подвижности различныхъ частей растений; должно сравнить § 78 и нашъ отдѣлъ «Напряженіе тканей».

³⁾ Kühne: Untersuch. über das Protoplasma. Leipzig, 1864, стр. 88—108.

У *Didymium*, остающагося въ водородѣ неподвижнымъ, въ воздухѣ чрезъ нѣсколько часовъ подвижность возобновляется.

Если въ протоплазмѣ передъ опытомъ уже было движеніе, то указаннымъ способомъ движеніе можетъ быть остановлено; а при доступѣ воздуха оно снова возобновляется и притомъ по прошествіи едва одной минуты.

Въ волоскахъ съ тычинокъ традесканціи движеніе останавливалось, когда ихъ снаружи покрывали слоемъ масла, задерживавшемъ доступъ воздуха, но движеніе возобновлялось, если масло было удалено достаточно скоро и клѣточная оболочка смачивалась водой, содержащей воздухъ.

Пропуская въ продолженіи нѣсколькихъ часовъ водородъ въ приѣмникъ, замкнутый водой, въ которомъ находились волоски традесканціи, Кюне нашелъ, что протоплазма оставалась въ покоѣ, но при доступѣ воздуха чрезъ 2—5 минутъ движеніе снова началось.

γ) Химическіе процессы и молекулярныя движенія, обуславливающіе ростъ клѣточекъ, тканей и органовъ, могутъ происходить тогда только, когда атмосферный кислородъ окружаетъ эти органы и посредствомъ диффузіи проникаетъ въ ихъ внутренность; это было показано впервые Соссюромъ, произведшимъ изслѣдованія съ свойственною ему осторожностью и смѣтливостью ¹⁾.

Онъ показалъ, что вообще растенія безъ зеленыхъ органовъ и зеленія растенія, не подвергающіяся вліянію свѣта, погибаютъ, если въ ихъ окружности нѣтъ кислорода; что, напротивъ, зеленія растенія, если они въ продолженіи дня освѣщаются съ достаточной интензивностью, могутъ довольно продолжительное время сохраняться невредимыми въ атмосферѣ азота, водорода, окиси углерода и даже въ пустотѣ колокола воздушнаго насоса; растенія, снабженныя зелеными частями, говоритъ онъ ²⁾, могутъ повидимому развиваться въ безкислородномъ пространствѣ только потому, что сами распространяютъ въ немъ этотъ газъ; но они прекращаютъ развитіе, какъ скоро газъ этотъ будемъ устранять, по мѣрѣ того, какъ растеніе его производитъ. Нельзя опредѣлить того количества кислорода, которое необходимо для того, чтобы только поддержать жизнь растенія.

Сѣмена, положенныя въ безвоздушную воду и покрытыя колпакомъ, наполненнымъ азотомъ, не прорастаютъ, а если уже начали прорастать, то загниваютъ и погибаютъ; однако растенія съ зелеными органами, развившіяся отъ сѣмянъ того же самого вида, могутъ расти въ такомъ приборѣ нѣкоторое время ³⁾ (горохъ, *Lepidium sativum*, *Polygonum amphibium*).

Листовыя почки деревянистыхъ вѣтвей *Populus nigra* и *Salix alba*, готовыя распуститься, не могли этого выполнить, какъ скоро они находились въ атмосферѣ азота, несмотря на то, что имъ доставлялась вода; при этомъ все равно, находятся ли они подъ вліяніемъ солнца или нѣтъ; чрезъ 14 дней они загнили, между тѣмъ какъ почки въ обыкновенномъ атмосферномъ воздухѣ роскошно распустились.

¹⁾ Saussure: Recherches chim. d. l. végét. 1804, chap. VI.

²⁾ Нѣмецкій переводъ Фойгта (стр. 197), какъ въ этомъ, такъ и въ другихъ мѣстахъ, совершенно извращаетъ смыслъ оригинала.

³⁾ Когда здѣсь идетъ рѣчь о ростѣ, то нужно всегда предполагать, что онъ происходитъ на счетъ усвоенныхъ запасныхъ веществъ.

Плѣсень, образовавшаяся на растеніи, перестала расти, какъ только была перенесена въ чистый азотъ. Почпки розы, лиліи и гвоздики, приготовившіяся къ распѣтанію, въ чистомъ азотѣ загнивали.

Образованіе кислорода отъ зеленыхъ органовъ находящихся подѣ влияніемъ свѣта въ чистомъ азотѣ, водородѣ и др. газахъ, происходитъ, какъ принимаетъ Соссюръ, вслѣдствіе разложенія углекислоты, находившейся въ тканн растенія уже передъ перенесеніемъ его въ приборъ, или образовавшейся послѣ, причѣмъ, по всей вѣроятности, разлагается и вода. Кислородъ, освободившійся изъ растенія и распространяющійся въ приборѣ, замѣняетъ хотя и скудно обыкновенную атмосферу; онъ отчасти снова всасывается незелеными и зелеными органами для образованія углекислоты и т. д. и чрезъ разложеніе снова освобождается.

Когда растеніе такимъ образомъ заготовило въ приемникѣ опредѣленное, нужное для дыханія, количество кислорода, то, по Соссюру, въ послѣднемъ уже не происходитъ приращенія и тогда растеніе ночью образуетъ углекислоты ровно столько, сколько днемъ снова разлагаетъ.

Этимъ способомъ въ наполненномъ азотомъ приборѣ поддерживались: *Lythrum Salicaria*, *Inula dysenterica*, *Epilobium hirsutum*, *montanum* и *Polygonum Persicaria*, не только очень долго, но они, освѣщаемыя ежедневно солнцемъ, даже росли въ продолженіи мѣсяцевъ.

Такимъ же образомъ втеченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ развивался молодой горохъ, причѣмъ разумѣется онъ былъ очень слабъ, потому что продуктивная ассимиляція была невозможна.

Opuntia и *Sedum Telephium*, развивавшіяся въ приборѣ съ воздухомъ очень долго, въ азотѣ, на солнечномъ свѣтѣ, жили три недѣли; въ тѣни же чрезъ пять, или шесть дней уже погибли.

Если къ *Polygonum* и *Lythrum*, помѣщеннымъ въ приборъ съ азотомъ, прибавлялись извѣсть или ѣдкое кали, то растенія быстро умирали, потому что были лишены возможности готовить себѣ кислородъ разложеніемъ углекислоты, поглощаемой названными веществами. (Контролирующій опытъ, при которомъ выдѣляющійся кислородъ поглощался бы желѣзными опилками и сѣрнымъ цвѣтомъ, не представляется мнѣ совершенно безупречнымъ.)

Подобно тому, какъ къ азоту, растенія относятся къ окиси углерода или къ водороду.

Въ пустотѣ колокола воздушнаго насоса прорастающія сѣмена, листовыя и цвѣточныя почки, не могли далѣе развиваться. Напротивъ того, части, содержащія хлорофиллъ, при ежедневномъ выкачиваніи воздуха, въ продолженіи нѣсколькихъ недѣль могли не только жить подѣ колоколомъ, но даже росли (*Polygonum Persicaria* и др.), потому что они подѣ влияніемъ свѣта (который здѣсь не долженъ быть очень интензивенъ) образовывали новыя количества кислорода.

§ 76. Выдѣленіе углекислоты при дыханіи. Ткани и органы, состоящія изъ живыхъ клѣточекъ, принимающихъ изъ окружающаго воздуха кислородъ, выдѣляютъ взамѣнъ его постоянно болѣе или менѣе значительное количество углекислоты, которое не находится всегда въ опредѣленномъ количественномъ отношеніи къ принимаемому кислороду.

Самое существенное въ этомъ процессѣ заключается въ томъ, что углеродъ выдѣляющейся углекислоты происходитъ отъ разложенія усвоенныхъ ра-

стительныхъ веществъ, такъ что при этомъ имѣеть мѣсто соотвѣтственное уменьшеніе вещества растенія; источникомъ для кислорода выдѣляющейсѣ углекислоты служить, хотя и не всегда, вдыхаемый растеніемъ кислородъ.

Вообще выдѣленіе углекислоты тѣмъ значительнѣе, чѣмъ энергичнѣе жизненные отправления наблюдаемаго органа, какъ напр. у прорастающихъ растеній, развивающихся почекъ, половыхъ органовъ, вообще у быстро растущихъ частей, а потому и образованіе углекислоты возрастаетъ соотвѣтственно возвышенію температуры ¹⁾. Опытъ усложняется, если зеленое растеніе на свѣтѣ одновременно поглощаетъ углекислоту и выдѣляетъ кислородъ; и это тѣмъ болѣе, что при процессѣ питанія, происходящемъ при благопріятныхъ обстоятельствахъ, потребляется гораздо большее количество газовъ, нежели при дыханіи.

Напротивъ, образованіе углекислоты живыми тканями всѣхъ безхлорофилльныхъ органовъ и растеній, происходитъ вполне ясно, такъ напр. у прорастающихъ растеній, распускающихся почекъ, у цвѣтовъ, корней, грибовъ и безхлорофилльныхъ чужеядныхъ и нечужеядныхъ. Но и въ тканяхъ, содержащихъ хлорофиллъ, результаты просты до тѣхъ поръ, пока ткани не подвержены вліянію свѣта. Трудность настаетъ въ томъ случаѣ, когда требуется рѣшить вопросъ, выдѣляется ли на свѣтѣ кислородъ при одновременномъ разложеніи углекислоты и образуется ли при этомъ углекислота при одновременномъ принятіи кислорода?

Изъ разсматриваемыхъ здѣсь процессовъ должно совершенно исключить тотъ фактъ, что выдѣлившаяся углекислота не образовалась внутри растенія, а просто вошла въ растеніе извнѣ; этотъ вопросъ сюда не относится, такъ какъ онъ не имѣеть ничего общаго съ дыханіемъ. Но на него должно указать, потому что нѣкоторые изслѣдователи въ новѣйшее время совершенно отвергали образованіе въ растеніи углекислоты при посредствѣ дыханія, принимая, что выдѣлившаяся углекислота предварительно была восана растеніемъ извнѣ. Это иногда и можетъ происходить, но въ разсматриваемыхъ здѣсь случаяхъ объ этомъ явленіи не можетъ быть и рѣчи.

Здѣсь мы ближе познакомимся съ внѣшней стороною явленій, не останавливаясь долго на внутреннихъ химическихъ процессахъ.

Далѣе нужно замѣтить, что приведенныя ниже численныя данныя могутъ дать только приблизительное представленіе о количественныхъ отношеніяхъ размѣна газовъ, обуславливаемаго дыханіемъ. Для полученія вполне вѣрнаго представленія объ этомъ процессѣ, должно при изслѣдованіяхъ различать процессъ чисто-химическій отъ явленій, проявляющихся при опытѣ вслѣдствіе диффузіи газовъ или измѣненія давленія. Большая часть имѣющихся показаній представляютъ собою выраженіе совокупнаго дѣйствія химическихъ процессовъ, диффузіи и давленія газовъ, входящихъ здѣсь въ разсмотрѣніе.

Такая запутанность результата должна особенно быть замѣтною въ тѣхъ случаяхъ, когда части растенія запряются въ узкій пріемникъ и о процессѣ дыха-

¹⁾ Уже Соссюръ говорить (Rech. chim. перев. v. Voigt, стр. 59), что выдыханіе кислорода у кактуса въ данное время при 20—25° Р. значительнѣе, нежели при 10—15° Р. Коренвиндербъ (Comptes rendus, 1863, LVII, 266) говоритъ, что выдѣленіе углекислоты съ пониженіемъ температуры уменьшается, при 0° оно равно почти нулю. По Гарро (Ann. des sc. nat., 1851, t. XV, 27, ff.) выдѣленіе прекращается уже при 5—8° Ц.

нія судятъ по измѣненію объема воздуха, заключеннаго въ этомъ приѣмникѣ; причѣмъ каждый разъ существенно измѣняются, какъ химическій составъ воздуха, окружающаго растеніе, такъ и его плотность, а это должно имѣть огромное вліяніе на ходъ химическаго процесса дыханія.

Точный анализъ наблюдаемыхъ явленій требуетъ также знанія количества газовъ, заключенныхъ (частію вслѣдствіе поглощенія) въ самомъ растеніи до и послѣ опыта, о чемъ мы имѣемъ очень мало данныхъ.

На этомъ основаніи я придаю мало значенія указаніямъ о поглощеніи и выдѣленіи азота, которыя по всей вѣроятности ни сколько не зависятъ отъ химическаго процесса дыханія, но могутъ быть объяснены диффузіей и разницей въ давленіи воздуха, заключеннаго въ растеніи и наполняющаго приѣмникъ.

Выраженнымъ требованіямъ соотвѣтствуютъ нѣкоторые классическіе опыты Соссюра, особенно тѣ, которые были произведены надъ *Opuntia*.

а) Прорастающія растенія. Принятіе кислорода и образованіе углекислоты ни при одномъ изъ процессовъ развитія не было столь часто изучаемо, какъ при прорастаніи, и несмотря на это трудно составить съ достаточною точностью понятіе о количественныхъ отношеніяхъ принятаго и выдѣленнаго газа и объ участвующихъ при этомъ обстоятельствахъ.

1) Количество образующейся во время прорастанія углекислоты, измѣняется смотря по природѣ сѣмени (Соссюръ, Удеманъ (*Oudemans*) и Рауенгоффъ); оно различно во время различныхъ стадій прорастанія (Удеманъ и Рауенгоффъ, Флери) и незначительное вначалѣ прорастанія количество это втеченіи первыхъ дней возрастаетъ (Флери). По Удеману и Рауенгоффу, самое значительное образованіе углекислоты бываетъ у такихъ прорастающихъ растеній, у которыхъ сѣмядолы выходятъ изъ земли.

По опыту Соссюра, у сѣмянъ одной и той же породы количество образовавшейся углекислоты должно быть пропорціонально ¹⁾ вѣсу сѣмени; четыре большіе боба, вѣсъ которыхъ равнялся вѣсу 23-хъ маленькихъ, требовали кислорода столько же, сколько и послѣдніе, причѣмъ, по Соссюру, образующаяся углекислота по объему равняется принятому кислороду. Такъ какъ быстрота развитія проростка измѣняется съ температурой, то вѣроятно, что количество углекислоты, произведенное проростками, при различныхъ температурахъ измѣняется; по мы касательно этого не имѣемъ наблюденій.

Наконецъ, по Соссюру, количество образующейся углекислоты, при остальныхъ равныхъ условіяхъ, значительно больше, когда прорастаніе происходитъ въ чистомъ кислородѣ, изъ чего слѣдуетъ, что съ возрастаніемъ плотности послѣдняго, будетъ также увеличиваться его окисляющее дѣйствіе въ сѣмени.

2) Количество принимаемаго кислорода различно для различныхъ родовъ сѣмянъ и періодовъ прорастанія; вначалѣ прорастанія оно значительноѣе (Удеманъ, Рауенгоффъ).

3) Не существуетъ простаго отношенія между количествами выдѣленной углекислоты (въ закрытыхъ сосудахъ) и принятаго кислорода; вначалѣ принимаетъ

¹⁾ Это показаніе Соссюра требуетъ подтвержденія; оно невѣроятно, потому что тутъ мертвыя сѣменные оболочки также входятъ въ составъ вѣса сѣмени, между тѣмъ какъ при образованіи углекислоты они безъ сомнѣнія должны относиться иначе, нежели живое прорастающее вещество.

ся болѣе кислорода нежели выдыхается углекислоты, позже происходит обратное (Удеманъ и Рауенгофъ).

Соссюръ, послѣ первыхъ изслѣдованій, пришелъ къ результату, что прорастающее сѣмя всегда выдѣляетъ объемъ углекислоты, равный объему поглощаемого кислорода; если бы это указаніе было вѣрно, то должно было бы заключить, что принимаемый кислородъ исключительно служитъ для сжиганія части углерода, входящаго въ составъ вещества растенія.

Впослѣдствіи Соссюръ уже самъ измѣнилъ свои прежніе выводы и показалъ, что маслянистыя сѣмена принимаютъ большее количество кислорода, нежели сколько находится въ выдыхаемой углекислотѣ, такъ что эти сѣмена употребляютъ часть принимаемаго кислорода еще для другой цѣли, кромѣ сжиганія углерода.

Изъ повѣйшихъ работъ Флерцъ, касающихся этого предмета, слѣдуетъ, что маслянистыя сѣмена при прорастаніи принимаютъ кислородъ въ составъ своего органическаго вещества.

4) Буссенго, изъ сравненія элементарнаго анализа прорастающихъ и непрорастающихъ сѣмянъ, вывелъ, что при прорастаніи образуется окись углерода; въ послѣднее время онъ измѣнилъ свое показаніе на основаніе новыхъ анализовъ, а Удеманъ и Рауенгофъ показали, что какъ маслянистыя, такъ и крахмалистыя сѣмена въ видѣ газообразныхъ веществъ образуютъ только углекислоту (что касается до образованія амміака при прорастаніи гороха, то это пока должно оставаться безъ значенія); они отрицаютъ также выдѣленіе углеродистыхъ водородовъ, указанія же Флёрн о томъ, что эти газы дѣйствительно выдѣляются, весьма сомнительны, потому что сѣмена, доставившія анализируемый газъ, частью загнили.

Приведенныя показанія заимствованы изъ слѣдующихъ работъ: Соссюра (*Recherches chim. s. l. végét. § 2*); онъ заставлялъ сѣмена прорастать подъ колоколомъ, наполненнымъ атмосфернымъ воздухомъ, отверстіе котораго было погружено въ ртуть; въ колоколъ онъ вводилъ воды ровно столько, сколько требовалось для прорастанія, съ цѣлью по возможности уменьшить поглощеніе углекислоты водой; онъ дѣлалъ наблюденія надъ горохомъ, бобами, *Phaseolus*, ячменемъ, рожью, латукомъ, портулакомъ и *Lepidium sativum*.

Преимущество заслуживаетъ позднѣйшая работа Соссюра; рефератъ этой работы помѣщенъ въ *Frohier's Notizen*, 1842, Vd. XXIV, № 16, и я заимствую изъ него слѣдующее: одинъ граммъ сѣмянъ онъ оставлялъ разбухать впродолженіи 24-хъ часовъ въ водѣ безъ доступа воздуха и потомъ приклеивалъ эти сѣмена внутрь реторты къ влажной стѣнкѣ; реторта заключала 250° СС. воздуха и шейка ее погружалась въ ртуть; при этомъ получились слѣдующіе результаты:

Копопля втеченіи 43-хъ часовъ (при 22° Ц.):

развила корни въ 16 мм. длины
приняла кислорода..... 19,7 СС.
выдѣлила углекислоты..... 13,26 СС.

Рапсъ втеченіи 42-хъ часовъ (при 21,5° Ц.):

развила корни въ 10 мм. длины.
приняла кислорода..... 31,4 СС. и азота 0,73 СС.
выдѣлила углекислоты..... 24,39 СС.

Madia въ 72 часа (при 13° Ц.):

развила корни въ 10 мм. длины.
приняла кислорода..... 15,83 СС.
выдѣлила углекислоты..... 11,94 СС.

Самое значительное уменьшеніе объема, произведенное пшеницей, рожью, горохомъ, бобами, lupинами, не составляло половины уменьшенія произведеннаго маслянистыми сѣменами.

Работа Удемана и Раувеншофа точно также известна мнѣ только изъ реферата, который приводится А. Гри (A. Gris) въ своихъ *Recherches anatomique et physiol.* (Ann. des sc. nat., 1864), оригиналъ же находится по его цитату въ *Linnaea* XIV, 2 Lief., 1859, стр. 213—232.

Garreau (Ann. des sc. nat. 1851, t. XVI, стр. 271 ff.) сѣялъ сѣмена въ мелкій песокъ, поливалъ ихъ дождевой водой, послѣ прорастанія удаляя сѣменную шелуху и переносилъ стеклянные стаканчики съ заключенными въ нихъ растеніями въ приемникъ, въ которомъ выдыхаемая углекислота поглощалась ѣдкимъ кали; температура 16° Ц.

Растенія.	Вѣсъ растенія		Въ 24 часа образовавшаяся CO ² .	Растенія были перенесены въ приемникъ.
	свѣжаго.	сухаго.		
<i>Lactuca sativa</i>	5,4 грам.	0,40 грам.	33 CC.	чрезъ 3 дн.
<i>Valerianella olitoria</i>	4,0 »	0,20 »	25 CC.	» 4 »
<i>Papaver somniferum</i>	5,8 »	0,45 »	55 CC.	» 3 »
<i>Sinapis nigra</i>	8,5 »	0,55 »	32 CC.	» — »
<i>Lepidium sativum</i>	2,5 »	0,25 »	12 CC.	» — »

Новыя работы Буссенго (*Comptes rendus* 1864, t. 58, стр. 883) уже отчасти подробно приведены въ нашемъ первомъ отдѣлѣ, но ниже я долженъ буду еще разъ упомянуть о нихъ, а также и о его прежнихъ указаніяхъ въ *Economie rurale*, 1851, I.

Флери (Ann. de Chim. et de Physiol., 1865, Janvier, t. V, стр. 38) употреблялъ весьма сложный аппаратъ, упрощенная форма котораго, основанная на томъ же принципѣ, изображена на фиг. 35-й. Флери сдѣлалъ только рядъ количественныхъ опредѣленій углекислоты, выделяющейся въ различныхъ времена изъ проростка *Ricinus*. Слишкомъ сложное устройство его аппарата и отчасти гниеніе сѣмянъ дѣлаютъ количественныя данныя его весьма сомнительными.

Я до сихъ поръ болѣе занимался изысканіемъ метода и устройствомъ аппарата, который допускалъ бы удобное качественное указаніе образованія углекислоты растеніями, находящимися по возможности въ нормальныхъ условіяхъ, и который давалъ бы возможность опредѣлить потерю въ вѣсѣ растеній, для котораго опредѣляется количество выдыхаемой углекислоты. Я привожу здѣсь описаніе подобнаго аппарата, который очень удобенъ для того, чтобы показать образованіе углекислоты въ прорастающихъ растеніяхъ, и который, какъ я надѣюсь, можно будетъ съ выгодой употребить для количественныхъ опредѣленій. Этотъ аппаратъ имѣетъ большое сходство съ аппаратомъ устроеннымъ Флери, и употребился мною уже прежде, чѣмъ послѣдній былъ опубликованъ.



ф. 35.

На матово-отшлифованной стеклянной пластинкѣ *k* ставится чашка *h*, наполненная дистиллированной водой и обвязанная тюлемъ, или продырванной пергаментной бумагой. На тюлевую поверхность кладется сѣмена такъ, чтобы они снизу могли только увлажяться; подкладка представляетъ въ послѣдствіи прорастающимъ корнямъ достаточную поддержку, они легко проникаютъ чрезъ отверстія тюля или пергаменты въ воду, которую не нужно перемѣнять втеченіи недѣли. Шлифованные края тубулированного колпачка *o* плотно примазываются къ пластинкѣ *k*; замазываніе производится снаружы кистью; мазь должна быть легкоплавка и можетъ быть составлена изъ сала, воска и деревяннаго масла; поглощающій сосудъ *a* наполняется кусками пем-

зы, пропитанными раствором йода кали; маленькія баночки *b*, *d*, *e* содержат совершенно свѣтлый баритовый растворъ, большія бутылки *f* и *g* своимъ соединеніемъ образуютъ удобный аспираторъ, употребленіе котораго ясно изъ рисунка; этотъ аспираторъ извѣстенъ подъ именемъ ландольтова (Landolt'scher aspirator). Во время дѣйствія аспиратора, воздухъ при *z* входитъ въ поглощающій сосудъ *a*, гдѣ всю свою углекислоту отдаетъ йоду кали, что ясно доказывается тѣмъ, что баритовая вода въ *b* остается свѣтлою впродолженіи нѣсколькихъ дней и даже недѣль; такой свободный отъ углекислоты воздухъ достигаетъ наконецъ до *C*, гдѣ онъ принимаетъ углекислоту, выдѣляющуюся изъ прорастающаго сѣмени, и проходитъ въ *b*, гдѣ въ большомъ количествѣ осаждается углекислый баритъ; часть углекислоты, не успѣвшая поглотиться баритомъ въ *d*, вся соединяется съ нимъ въ *C*; если въ *e* жидкость мутится довольно сильно, то при количественномъ опредѣленіи нужно прибавить еще одну банку съ баритовой водой. Какъ скоро вода изъ аспиратора вытекла, то полная бутылка *g* ставится на столъ, а пустая *f* подъ нимъ и каучуковая трубка отъ *e*, прикрѣплявшаяся прежде къ отверстию *x*, соединится теперь съ отверстіемъ *g*. Прорастающія пшеница, горохъ, рапсъ, росли въ приборѣ *C* весьма сильно и по окончаніи опыта могли быть легко собраны безъ потери вещества, а выдѣлившаяся изъ нихъ углекислота опредѣлялась изъ баритоваго осадка въ *d* и *e*. Для замедленія тока воздуха, въ отверстіе *z* поглощающаго сосуда я вставлялъ трубку съ водосной стеклянной трубкой.

Если на мѣсто *d* поставить одну или нѣсколько осушающихъ трубокъ, а на мѣсто *e* Либиха каппаратъ и соединить послѣдній съ капающимъ аспираторомъ, то въ такомъ случаѣ отдѣльные пузыри воздуха будутъ проходить чрезъ каждыя 1 или 2 минуты и количество углекислоты можетъ быть опредѣлено, какъ въ элементарномъ анализѣ, изъ приращенія въ вѣсѣ каппарата.

Если нужно качественно показать выдѣленіе углекислоты изъ свѣжаго картофеля, корней, изъ затѣсныхъ листьевъ, а также изъ цвѣтовъ, то органы эти помѣщаются въ широкогорлую банку, которая ставится на мѣсто ашарата *khC*.

б) О выдѣленіи углекислоты распускающимися почками различныхъ древесныхъ растений, сдѣлалъ рядъ наблюденій Гарро ¹⁾. 27—31-е марта (Лилле) онъ срѣзалъ съ вѣтвей почки вмѣстѣ съ небольшимъ отрѣзкомъ дерева и помѣстил ихъ подъ стеклянный колоколь, содержащій 500—700 СС. воздуха; здѣсь они могли поверхностью разрѣза принимать воду; края колокола погружались въ воду (къ сожалѣнію) и въ немъ было поставлено йодное кали для поглощенія углекислоты; температура достигала 15° Ц., а въ послѣднемъ опытѣ 14° Ц.

Почки растений:	Вѣсъ почекъ		Выдѣлившаяся CO ²		Замѣчанія о распусканіи.
	свѣжихъ, въ граммахъ.	высушен. при 110°, въ граммахъ.	въ 24 часа.	днемъ.	
<i>Syringa vulg.</i> , 12 почекъ	9,0	2,00	70 СС.	18 СС.	Листья распустил. во время опыта.
<i>Aesculus macrostachya</i> , 5 почекъ...	7,0	0,85	45 „	12 „	Листья распустил. послѣ опыта.
<i>Sambucus nigra</i> , 6 отпрысковъ	10,0	1,75	60 „	10 „	
<i>Ribes nigrum</i> , 10 отпрысковъ	7,0	1,25	60 „	12 „	Листья выросли по время опыта.
<i>Evonymus latifolius</i> , 10 почекъ...	5,6	1,15	44 „	14 „	Не распустились.
<i>Pavia rubra</i> , 11 почекъ	9,0	1,45	56 „	13 „	Ditto.

¹⁾ Garreau: Ann. des sc. natur., 1851, t. XVI, стр. 271 ff.

Почки растений:	Вѣсъ почекъ		Выдѣленная CO ²		Замѣчанія о распусканіи.
	свѣжихъ въ граммахъ.	высушен. при 110°, въ граммахъ.	въ 24 часа.	днемъ.	
<i>Staphylea pinnata</i> , 14 почекъ	6,5	0,90	52 куб. сант.	15 к. сант.	Почки начали распускаться.
<i>Lonicera alpigena</i> , 15 почекъ	5,3	1,00	49 " "	15 " "	
<i>Corylus Avellana</i> , 23 почки	5,6	1,50	58 " "	18 " "	До половины рас- пустились.
<i>Tilia europaea</i> , 3 почки	4,0	0,70	46 " "	24 " "	
<i>Aesculus Hippo- castan.</i> , 20 почекъ	13,5	2,50	90 " "	45 " "	Начали распуск.
<i>Aesculus macro- stom.</i> , 5 почекъ .	7,0	1,20	36 " "	10 " "	

20-го апрѣля распустились почки этихъ деревьевъ; молодые побѣги были обрѣзаны и подвергнуты тому же опыту, какъ и почки; при приблизительно одинакомъ вѣсѣ сухаго вещества, они выдѣляли приблизительно равныя количества углекислоты, которыя однако попеременно возрастали и уменьшались. Коренвиндеръ (Corenwinder) ¹⁾ также нашелъ, что почки и молодые побѣги выдѣляютъ углекислоту даже на солнечномъ свѣтѣ, и иногда въ большомъ количествѣ; это не должно насъ удивлять, потому что у молодыхъ листьевъ еще не достаточно развитъ органъ разложенія углекислоты — хлорофиллъ.

γ) Грибы. Гришовъ (Grischow) ²⁾ помѣстилъ молодой *Amanita muscaria*, объемъ котораго равнялся 2-мъ куб. дюймамъ, въ 22 куб. дюйма воздуха и выставилъ его впродолженіи 2-хъ часовъ на солнце, послѣ того какъ грибъ передъ тѣмъ уже цѣлую ночь находился въ этомъ же самомъ пріемникѣ; послѣ двухчасоваго вліянія солнца, воздухъ уменьшился въ объемѣ на 1/2 куб. дюйма и составъ его былъ слѣдующій: 13 частей углекислоты, 5 кислорода, 82 азота, и слѣды водорода (?). *Agaricus rosaceus*, помѣщенный на 28 часовъ въ замкнутое пространство, въ тѣни, оставилъ послѣ себя смѣсь изъ 18-ти частей углекислоты, 2 кислорода, 83 азота съ водородомъ (?) ³⁾. Марсе (Marsel) ⁴⁾ бралъ грибы вмѣстѣ съ мицеліемъ (грибницей) и помѣщалъ ихъ въ пріемникъ, замкнутый посредствомъ ртути. 130 грановъ *Lycoperdon Bovista* оставались при дневномъ свѣтѣ, впродолженіи 9-ти часовъ въ 111-ти куб. сант. воздуха, послѣ чего объемъ воздуха увеличился до 113 куб. сант.

1) Corenwinder: Comptes rendus, 1863, LVII, стр. 266.

2) Показанія эти взяты изъ физиологій Мейена (II, стр. 159), который заимствовалъ ихъ изъ работы Гришова: «Physikalisch-chemische Untersuchungen über die Athmungen der Gewächse u. s. w., Leipzig, 1849»; я до сихъ поръ не видалъ этого сочиненія.

3) Выдѣленіе водорода грибами, впервые упомянутое Гумбольдтомъ, еще очень сомнительно. Кажется, что даже совершенно свѣжіе, находящіеся въ полномъ развитіи, шляпочные грибы постоянно выдѣляютъ амміакъ. Д-ръ Ю. Леманнъ (Julius Lehmann) нѣсколько лѣтъ тому назадъ показывалъ мнѣ, что если держать надъ свѣжими, цѣльными или разломанными, грибами палочку, смоченную соляною кислотой, то образуется извѣстное облачко.

4) Въ Froriep's Notizen, 1835, XLIV, № 21 сообщено изъ Société de phys. et d'hist. nat. de Genève, 1834, 18 Dec. По Мейену работа эта помѣщена также въ Bibliothèque universelle de Genève, 1834, LXII, 393.

Воздухъ до опыта:		Воздухъ послѣ опыта:	
Азота	87,7 куб. сант.	Азота	87,0 куб. сант.
Кислорода . .	23,3 » »	Углекислоты .	23,7 » »
	<u>111,0 » »</u>	Водорода . .	2,3 » »
			<u>113,0 » »</u>

Производя опытъ ночью, онъ получилъ результаты столь близкіе къ выше-приведеннымъ, что различіе объясняется погрѣшностями при наблюденіи (и разностью температуръ).

Три *Lycoperda*, наполненные спорами, вѣсившіе 72 грама, были оставлены во 100 куб. сант. воздуха впродолженіи 6-ти часовъ дня и 6-ти часовъ ночи; объемъ воздуха не измѣнился (при 22° Ц.).

Воздухъ до опыта:		Воздухъ послѣ опыта:	
Азота	79,0 куб. сант.	Азота	79,0 куб. сант.
Кислорода . .	21,0 » »	Кислорода . .	18,0 » »
	<u>100,0 » »</u>	Углекислоты .	3,0 » »
			<u>100,0 » »</u>

Три *Agaricus* (близкіе къ *amarus*), вѣсившіе 60 гранъ, оставались въ 67-ми куб. сант. воздуха (при 20° Ц.), объемъ котораго замѣтно не измѣнился:

Воздухъ до опыта:		Воздухъ послѣ опыта:	
Азота	53,0 куб. сант.	Азота	53,1 куб. сант.
Кислорода . .	14,0 » »	Кислорода . .	1,7 » »
	<u>67,0 » »</u>	Углекислоты .	12,2 » »
			<u>67,0 » »</u>

Три *Agaricus campestris*, вѣсомъ въ 190 гранъ, были выставлены на дневной свѣтъ въ 122 куб. сант. воздуха (при 22° Ц.); объемъ его увеличился до 128 куб. сант.

До опыта:		Послѣ опыта:	
Азота	96,4 куб. сант.	Азота	96,2 куб. сант.
Кислорода . .	25,6 » »	Кислорода . .	0,8 » »
	<u>22,0 » »</u>	Углекислоты .	31,0 » »
			<u>128,0 » »</u>

Въ этомъ случаѣ грибы не только израсходовали почти весь кислородъ, но еще выдѣлили углекислоту изъ своихъ собственныхъ составныхъ частей. Довольно интересно замѣчаніе Марсе, что *Agaricus campestris*, уже издававшій гнилой запахъ, выдѣлялъ въ равное время менѣе углекислоты, чѣмъ свѣжіе экземпляры.

Нѣсколько небольшихъ грибовъ, близкихъ къ *Agaricus digitaliformis*¹⁾, вѣсъ которыхъ былъ 60 гранъ, оставались 9 часовъ при 22° Ц. въ 63 куб. сант. воздуха; объемъ его не измѣнился:

До опыта:		Послѣ опыта:	
Азота	49,8 куб. сант.	Азота	49,5 куб. сант.
Кислорода . .	13,2 » »	Кислорода . .	3,9 » »
	<u>63,0 » »</u>	Углекислоты .	9,6 » »
			<u>63,0 » »</u>

Boletus versicolor: на деревѣ, очень долговѣчный, кожистый; 4 гриба вѣсомъ въ 140 гранъ были выставлены на дневной свѣтъ впродолженіи 12-ти часовъ въ 120 куб. сант. воздуха, при 21° Ц. Объемъ воздуха увеличился на 4 куб. сант.

¹⁾ Мягкіе, легко расплывающіеся грибы.

	До опыта:		Послѣ опыта:
Азота	94,8 куб. сант.	Азота	94,7 куб. сант.
Кислорода . .	25,2 » »	Кислорода . .	0,6 » »
	120,0 » »	Углекислоты .	28,7 » »
			124,0 » »

Въ чистомъ кислородѣ, по Марсе, грибы выдыхаютъ вмѣстѣ съ углекислотою и азотъ, въ чистомъ азотѣ они даютъ мало углекислоты; въ чистомъ кислородѣ объемъ окружающаго газа уменьшается, въ чистомъ азотѣ немного увеличивается.

Плѣсени, по изслѣдованіямъ Пастёра (Pasteur) ¹⁾, въ этомъ отношеніи подобны крупнымъ грибамъ; изъ ограниченнаго количества воздуха, въ которомъ произрастаетъ плѣсень, въ скоромъ времени вполнѣ исчезаетъ весь кислородъ, причемъ образуется углекислота.

8. Явнобрачныя не содержащія хлорофилла. Относительно выдыханія кислорода и образованія углекислоты въ этихъ растеніяхъ, есть нѣсколько наблюденій Лори (Charles Lory) ²⁾; онъ изслѣдовалъ *Orobanche Teucrii*, *Galii*, *major*, *brachysepala*, *crenata*, также *Lathraea squamaria* и *Neottia nidus avis* и пришелъ къ тому результату, что «всѣ части этихъ растеній, во всякое время вегетаціи, какъ на солнечномъ свѣтѣ, такъ и въ темнотѣ, поглощаютъ кислородъ и взамѣнъ того выдѣляютъ углекислоту. Непосредственное солнечное освѣщеніе содѣйствуетъ этому дыханію только тѣмъ, что возвышаетъ температуру и вслѣдствіе чего образованіе углекислоты усиливается». При его опытахъ свѣжія растенія въ различныхъ степеняхъ развитія вставлялись въ шары, наполненные воздухомъ; объемъ газа претерпѣвалъ впродолженіи 36-ти часовъ только очень незначительныя колебанія, даже если большая часть кислорода превращалась въ углекислоту; сумма объемовъ кислорода и углекислоты оставалась приблизительно постоянною; но всегда немного кислорода поглощалось и небольшое количество азота выдыхалось; точно то же происходило въ смѣси воздуха съ небольшимъ количествомъ углекислоты. Въ атмосферѣ изъ водороднаго газа, растенія эти выдѣляли значительное количество углекислоты и немного азота. При 18° (Ц?) *Orobanche Teucrii* въ полномъ цвѣту, впродолженіи 36-ти часовъ потребила кислорода въ четыре раза болѣе своего объема, т. е. 4,2 куб. сант. кислорода на 1 граммъ вещества, что соотвѣтствуетъ потерн 2,26 миллигр. углерода. Отцвѣтшее растеніе дало въ 35 часовъ на 1 граммъ вещества только 2,68 куб. сант. углекислоты. Цвѣтучая часть стебля *Orobanche brachysepala* потребляетъ въ одинаковое время *set. patib.* въ 2½ раза болѣе кислорода, чѣмъ нецвѣтущая часть того же растенія. Покрытый листьями стебель *Teucrium Chamaedrys* былъ помещенъ въ шаръ, заключавшій въ себѣ на 6 объемовъ воздуха 1 объемъ углекислоты, и тоже самое было сдѣлано съ одною *Orobanche Teucrii*, съ еще нераспустившимся цвѣткомъ, вѣсившею 7,5 граммовъ; оба шара были поставлены съ 9-ти часовъ утра до 3-хъ часовъ пополудни слѣдующаго дня въ такое мѣсто, гдѣ они послѣ полудня непосредственно освѣщались солнцемъ; по истеченіи этого времени воздухъ окружавшій *Teucrium*, не содержалъ даже и слѣдовъ углекислоты, тогда какъ воз-

¹⁾ Flora, 1863, стр. 9. рефератъ De Bary.

²⁾ Ch. Lory: Observations sur la respiration et la structure des Orobanches et autres plantes vasc. dépourvues des parties vertes, въ Ann. des sc. nat. 1847, t. VIII, 158 ff., очень ясно задуманная работа.

духъ, въ которомъ была Orobanche Теусгіи состоялъ изъ 100 частей азота, 9,35 кислорода и 37,75 углекислоты. По Шатену (Chatin) ¹⁾ Citinus даетъ на свѣтѣ углекислоту, а не кислородъ; 22 куб. сант. растенія выдѣлили впродолженіи 12-ти часовъ, при солнечномъ свѣтѣ (при 24—30° Ц.), не менѣе 30-ти куб. сант. углекислоты.

ε) Цвѣты дѣятельно образуютъ углекислоту, когда они находятся въ атмосферѣ, содержащей кислородъ. По Соссюру ²⁾, органы оплодотворенія поглощаютъ болѣе кислорода изъ окружающей среды и образуютъ болѣе углекислоты, чѣмъ остальные части цвѣтка. Дыханіе цвѣтотъ дѣятельнѣе, чѣмъ дыханіе зеленыхъ (тѣхъ же самыхъ растеній), т. е. единица объема или единица вѣса въ цвѣткѣ поглощаетъ въ одно и тоже время и при равныхъ условіяхъ болѣе кислорода, и образуетъ съ нимъ большее количество углекислоты, чѣмъ въ зеленыхъ листьяхъ, даже когда они находятся въ темнотѣ. Но принятіе кислорода листьями въ темнотѣ значителнѣе, чѣмъ принятіе его стеблевыми частями и плодами.

Я пока оставляю въ сторонѣ тѣ случаи, когда поглощеніе кислорода и образованіе углекислоты въ цвѣтокъ такъ сильно, что развивающаяся при этомъ теплота достаточна, чтобы довести части цвѣтка до замѣтно высшей, даже до очень высокой температуры; я возвращусь къ этому въ слѣдующихъ главахъ. Теперь же я нѣсколько подробнѣе изложу образцовыя, въ новѣйшее время видимому забытыя, изслѣдованія Соссюра, на сколько они касаются обмѣна газовъ между цвѣтами и окружающей ихъ средою. Если, говоритъ онъ, оставить цвѣтокъ подъ пріемникомъ, наполненнымъ воздухомъ и замкнутомъ посредствомъ ртути, то объемъ воздуха не измѣняется пока еще есть кислородъ; цвѣтокъ поглощаетъ его, но почти вполнѣ замѣщаетъ углекислотою; то количество послѣдней, которое удерживается цвѣткомъ, никогда значително не превосходитъ его собственнаго объема, и это легко объясняется порозностью и поглотительною способностью цвѣтка ³⁾. Водорода или азота не выдѣляется. Объемъ цвѣтотъ Соссюръ опредѣлялъ не посредствомъ погруженія въ воду, какъ при своихъ прежнихъ опытахъ, но посредствомъ взвѣшиванія; при этомъ онъ принималъ, что удѣльный вѣсъ тканей (за исключеніемъ воздушныхъ полостей) приблизительно равенъ удѣльному вѣсу воды. Объемъ атмосферы въ пріемникѣ былъ такъ великъ, что цвѣты занимали только 200-ю часть его. Цвѣтокъ съ черешкомъ въ 6 линій длины помѣщался въ сосудъ съ небольшимъ количествомъ воды, чтобы сохранить его въ свѣжемъ видѣ, и вмѣстѣ съ этимъ сосудомъ его вносили подъ пріемникъ; по окончаніи опыта черешокъ обрѣзывался и объемъ его не причислялся къ объему цвѣтка. Точно такимъ же образомъ производились и сравнительные опыты надъ зелеными листьями тѣхъ же самыхъ растеній. Каждый цвѣтокъ оставался 24 часа въ пріемникѣ, и Соссюръ говоритъ, что дыханіе въ первые 12 часовъ было гораздо значителнѣе, чѣмъ потомъ; потому что воздухъ въ пріемникѣ становился, вслѣдствіе дѣятельности цвѣта, бѣднѣе ки-

¹⁾ Comptes rendus, 1863, t. LVII, 773.

²⁾ Его прежнія изслѣдованія см. Recherches chim. s. l. végét. стр. 126; выше сообщенное находится въ работѣ Соссюра: De l'action des fleurs sur l'air et de leur chaleur propre (Ann. de chim. et de phys. 1822, t. XXI, стр. 279).

³⁾ «On doit attribuer cet effet à celui, qu'elle produit comme corps poreux et a qu'enx sur l'acide carbonique».

слородомъ и богаче углекислотою. При всѣхъ опытахъ, приводимыхъ въ ниже помѣщенной таблицѣ, были устранены солнечные лучи, температура же равнялась 18—25° Ц. При непосредственномъ солнечномъ освѣщеніи количество кислорода, идущаго на образованіе углекислоты, было значительнѣе, чѣмъ въ тѣни, потому что при этомъ возвышается температура.

Въ таблицу, данную Соссюромъ, я включаю и его показанія относительно дыханія органовъ оплодотворенія; числа означаютъ объемы поглощеннаго кислорода, причемъ объемъ названнаго органа постоянно принимается за единицу.

Названіе растенія и время, когда цвѣты были сорваны и помѣщены въ пріемникъ.	Цвѣтами потреблено кислорода въ 24 часа.	Листьями потреблено кислорода въ 24 часа (въ темнотѣ).	Органами оплодотворенія потреблено кислорода въ 24 часа.
<i>Cheiranthus incanus</i> (красный) простой цвѣтокъ (6 часовъ вечера).....	11	4	18
Idem: махровый цвѣтокъ	7,7		
<i>Polianthes tuberosa</i> (простой) (9 часовъ утра).....	9	3	
Idem: махровый цвѣтокъ	7,4		
<i>Tropaeolum majus</i> (простой) (9 часовъ утра)	8,5	8,3	16,3
Idem: махровый цвѣтокъ	7,25		
<i>Datura arborea</i> (10 часовъ утра).....	9	5	
<i>Passiflora serratifolia</i> (6 часовъ утра)..	18,5	5,25	
<i>Daucus carota</i> (зонтикъ) (6 часовъ вечера)	8,8	7,3	
	8,7		6,3
<i>Hibiscus speciosus</i> (7 часовъ утра).... (въ 12 часовъ 5,4).		5,1	(въ 12 часовъ).
<i>Hypericum calycinum</i> (8 часовъ утра).	7,5	7,3	8,5
<i>Cucurbita Melo-Perо</i> (7 часовъ утра), мужской..... (въ 10 часовъ 7,6).	12	6,7	(въ 10 часовъ 16).
Idem: женскій	3,5		
<i>Lilium candidum</i> (5 часовъ утра).....	5	2,5	
<i>Typha latifolia</i> початокъ (9 часовъ утра)	9,8	4,25	
<i>Fagus Castanea</i> , мужскій (4 часа вечера)	9,1	8,1	
<i>Cobaea scandens</i>	6,5		7,5

У *Passiflora serratifolia* и *Lilium candidum* дыханіе органовъ оплодотворенія не было замѣтно сильнѣе дыханія всего цвѣтка (относительно объемовъ каждаго изъ нихъ); но цвѣты эти принадлежали бесплоднымъ растеніямъ. Меньшее потребленіе кислорода въ махровыхъ цвѣтахъ, чѣмъ въ простыхъ, зависить можетъ быть отъ преобладанія въ нихъ лепестковъ надъ органами оплодотворенія. Соссюръ указываетъ на то, что мужскіе цвѣты при равномъ объемѣ всегда дышатъ сильнѣе женскихъ; онъ даетъ относительно этого слѣдующую таблицу:

Cucurbita Melo-Perо.

Въ 10 часовъ.

Объемъ потребленнаго кислорода, принималъ объемъ органа = 1.

Мужскій цвѣтокъ	7,6
Женскій цвѣтокъ	3,5
Тычички отдѣленные отъ своего основанія (пыльницы)	11,7
Рыльца отдѣленные отъ завязи	4,7

Початокъ *Typha latifolia*.

Въ 24 часа.

Мужеская и женская части вмѣстѣ	9,8
Мужеская часть	15,0
Женская часть	6,2

Zea Mais.

Въ 24 часа.

Мужеская метелка	9,6
Женское соцветіе вмѣстѣ съ покрываломъ	5,2

Не менѣе важно, чѣмъ эти показанія, установленное Соссюромъ положеніе, что цвѣты сильнѣе дышатъ во время самаго цвѣтенія, чѣмъ во время распусканія почки или во время завяданія при отцвѣтаніи; онъ подтверждаетъ это слѣдующими наблюденіями:

Названіе цвѣтовъ.	Потребленный кислородъ (объемъ цвѣтка = 1).		
	Цвѣтокъ еще нераспустившійся.	Распустившійся.	Отцвѣтающій.
<i>Passiflora serratifolia</i>	6 (въ 12 часовъ до распусканія).	12 (въ 12 часовъ).	7 (въ 12 часовъ).
<i>Hibiscus speciosus</i>	6 (въ 24 часа).	8,7 (въ 24 часа).	7 (въ 24 часа).
<i>Cucurbita Melo-Perо</i>	7,4 (въ 24 часа).	12 (въ 24 часа).	10 (въ 24 часа).

ζ) Подземные органы, не содержащіе хлорофилла. Для этихъ органовъ столь же легко доказать выдѣленіе углекислоты и поглощеніе кислорода ¹⁾, какъ и для цвѣтовъ; точныя изслѣдованія и въ этомъ случаѣ были произведены только Соссюромъ ²⁾; если внести живой, здоровый корень въ воздухъ, находящійся въ приемникѣ, замкнутомъ посредствомъ ртути, то объемъ воздуха уменьшается; при чемъ выдѣляется углекислота, объемъ которой меньше объема поглощенного кислорода, что показываетъ, что корень удерживаетъ въ себѣ часть образующейся углекислоты; но этотъ поглощенный объемъ ея (углекислоты), по Соссюру, всегда меньше объема самаго корня, какъ бы ни было велико количество воздуха въ приемникѣ и какъ бы долго ни продолжался опытъ. Если такимъ образомъ насыщенный корень быстро перенести въ другой приемникъ, наполненный обыкновеннымъ воздухомъ, то объемъ послѣдняго уже здѣсь не измѣняется, по корень поглощаетъ кислорода ровно столько, сколько выдѣляетъ углекислоты.

Если же въ первомъ опытѣ, вынувъ корень изъ приемника, оставить его нѣсколько времени на открытомъ воздухѣ, то, будучи внесенъ въ ограниченное количество воздуха, онъ по прежнему уменьшитъ объемъ его; очевидно, что поглощенная углекислота выдѣлилась на открытомъ воздухѣ посредствомъ диффузіи и клѣточные соки снова получили способность поглотить нѣкоторое количество углекислоты, образованной ими въ приемникѣ ³⁾. Свѣжевынутый корень моркови

¹⁾ Чтобы показать это на совершенно неповрежденныхъ корняхъ, достаточно погрузить сухонутное растеніе, вегетирующее въ водяномъ растворѣ, корнями въ дистиллированную воду, въ которой въ скоромъ времени можно доказать присутствіе углекислоты.

²⁾ *Recherches chim.*, chap. III, § 7.

³⁾ Объ дѣйствующихъ здѣсь законахъ диффузіи, см. Fick, *medizinische Physik: Gasdiffusion*.

потребилъ въ 24 часа равный себѣ объемъ кислорода и удержалъ 1 процентъ его; клубень картофеля потребилъ 0,4 своего объема и удержалъ 0,08 своего объема; луковица лиліи вмѣстѣ съ корнемъ потребила 0,39 своего объема кислорода и удержала 0,19 объема; рѣпа потребила въ то же самое время равный себѣ объемъ кислорода и удержала $\frac{1}{4}$ объема.

При всѣхъ этихъ опытахъ въ приемникъ вводились одни только подземные органы. Результаты должны получаться по всей вѣроятности совершенно другіе, если корень остается въ связи съ надземными, содержащими хлорофиллъ, частями, и если притомъ послѣднія выставлены на открытый воздухъ, тогда какъ корень находится въ ограниченномъ количествѣ воздуха; въ этомъ случаѣ углекислота, образующаяся при дыханіи корня, можетъ переходить и въ стеблевые органы частію посредствомъ диффузіи въ клеточномъ сокѣ, частію посредствомъ уравновѣшванія давленія въ воздушныхъ ходахъ; затѣмъ она можетъ разлагаться листьями на свѣтѣ или просто выдѣляться; вслѣдствіе этого устраненія углекислоты изъ корневой тѣни, послѣдняя получаетъ способность поглощать новыя количества ея и такимъ образомъ въ состояніи производить гораздо болѣе значительныя измѣненія въ воздухѣ приемника. Этимъ объясняется слѣдующій опытъ Соссюра: онъ поставилъ на мостикъ ртутной ванны наполненный воздухомъ приемникъ, въ которомъ до высоты 6—7 линій находилась вода; затѣмъ онъ ввелъ въ воздухъ приемника корень *Polygonum Persicaria*, тогда какъ стебель, пройдя подъ мостикомъ сквозь ртуть, выступалъ наружу, такъ что стебель съ листьями былъ на открытомъ воздухѣ; при этомъ было поглощено кислорода въ десять разъ больше, чѣмъ объемъ корня, количество же азота осталось неумельшеннымъ.

γ) Деревянистые безлиственные стебли, по Соссюру, вдыхаютъ кислородъ въ темнотѣ, и, безъ сомнѣнія, также выдыхаютъ его на солнечномъ свѣтѣ, соответственно количеству зеленой коры, которою эти стебли покрыты; но послѣдній процессъ такъ незначителенъ, что Соссюръ при своихъ средствахъ не былъ въ состояніи наблюдать его; по его показанію, на солнечномъ свѣтѣ образуется даже болѣе углекислоты, чѣмъ въ тѣни и такимъ образомъ прикрывается протвѣпное дѣйствіе ассимиляціи.

δ) Органы содержащія хлорофиллъ. Въ темнотѣ, или при слабомъ свѣтѣ для зеленыхъ листьевъ и аналогичныхъ имъ органовъ, содержащихъ хлорофиллъ, также легко доказать постоянное поглощеніе кислорода и выдыханіе углекислоты, какъ и для частей, несодержащихъ хлорофилла; и здѣсь этотъ процессъ дыханія проявляется тѣмъ сильнѣе, чѣмъ выше температура и чѣмъ вообще дѣятельнѣе органъ; молодые, распускающіеся, еще растущіе листья потребляютъ болѣе кислорода, чѣмъ вполне распустившіеся листья тѣхъ же растеній; точно также дыханіе листьевъ съ непродолжительнымъ періодомъ жизни дѣятельнѣе чѣмъ дыханіе долго-живущихъ и мясистыхъ листьевъ. Явленія усложняются уже въ томъ случаѣ, когда органы попеременно подвергаются дѣйствію глубокой темноты и сильнаго освѣщенія, причемъ углекислота, образующаяся при первомъ условіи, вновь разлагается при второмъ; содержащій хлорофиллъ органъ, заключенный въ ограниченное количество воздуха и предоставленный перегибѣ дня и ночи, показываетъ это явленіе въ простѣйшей формѣ; растеніе, находящееся въ неограниченной атмосферѣ, выдѣляетъ часть угле-

кислоты, образовавшейся ночью, днемъ же ея зеленые органы поглощаютъ еще большія количества ея изъ наружной среды, разлагаютъ эту углекислоту и выдѣляютъ кислородъ. Прибыль или уменьшеніе органическихъ веществъ въ растеніи зависитъ въ этомъ случаѣ отъ того, болѣе ли значительно разложеніе углекислоты, принятой извнѣ, чѣмъ образованіе ея внутри растенія на счетъ ассимилированныхъ веществъ. При обыкновенныхъ, естественныхъ условіяхъ, въ которыхъ живутъ хлорофилльные растенія, разложеніе углекислоты всегда значительнѣе, чѣмъ выдѣленіе углекислоты при дыханіи; на этомъ главнѣйшмъ образомъ основывается увеличеніе массы растенія.

При ненормальныхъ условіяхъ, у растеній, которые подвергаются опыту и воспитываются въ комнатахъ, въ тѣнистыхъ мѣстахъ, зимою, при короткихъ дняхъ и долгихъ ночахъ, отношеніе это нерѣдко обратное; потребленіе органическихъ веществъ при выдѣленіи углекислоты бываетъ значительнѣе, чѣмъ ассимиляція; растеніе постоянно уменьшается въ вѣсѣ, оно, такъ сказать, само себя уничтожаетъ. Въ произведенномъ мною опытѣ, описанномъ въ первой главѣ, когда *Thoracolum majus* ежедневно выставлялся въ продолженіи 6—7 часовъ на свѣтъ одной половины неба, а 17—18 часовъ оставался въ темнотѣ, все таки оказалась прибыль въ вѣсѣ растеній, хотя и незначительная; отсюда вытекаетъ, что усвояющая дѣятельность зеленыхъ листьевъ разложила въ $\frac{1}{4}$ сутокъ болѣе углекислоты, чѣмъ всѣ органы того же растенія могли образовать вновь дыханіемъ, въ $\frac{3}{4}$ сутокъ.

Перевѣсъ въ ту или другую сторону зависитъ также отъ количества зеленыхъ листьевъ; если они велики и многочисленны, то даже кратковременная дѣятельность ихъ при не очень интензивномъ свѣтѣ можетъ быть достаточною для того, чтобы разложить болѣе углекислоты, чѣмъ всѣ органы вмѣстѣ образуютъ и выдѣляютъ во все остальное время сутокъ; наконецъ слѣдуетъ замѣтить, что дѣятельность этихъ процессовъ обусловливается особенностями, свойственными отдѣльнымъ видамъ растеній; такъ напр. у растеній, обыкновенно произрастающихъ въ тѣни, прибыль веществъ въ продолженіи дня, даже при слабомъ освѣщеніи, больше чѣмъ потеря веществъ происходящая при дыханіи.

Одинъ изъ современныхъ изслѣдователей по этому отдѣлу физиологін защищаетъ то воззрѣніе, что хлорофилльные органы усвоенія выдыхаютъ углекислоту не только въ темнотѣ и при слабомъ освѣщеніи, но и на яркомъ солнечномъ свѣтѣ, причемъ, въ то же время, они поглощаютъ углекислоту извнѣ и разлагаютъ ее, выдѣляя кислородъ. Гарро (Garreau) ¹⁾ высказалъ слѣдующее положеніе, основанное на длинномъ рядѣ его изслѣдованій: «Листья выдыхаютъ углекислоту днемъ, на солнцѣ и въ тѣни, и притомъ тѣмъ болѣе, чѣмъ выше температура. Въ листьяхъ, въ тѣни и на солнцѣ, одновременно совершаются два процесса сгаранія и возстановленія; накопленіе углерода въ растеніи есть результатъ преобладанія послѣдняго процесса; онъ составляетъ питаніе, другой же — дыханіе».

Относительно органовъ, богатыхъ хлорофилломъ и помѣщенныхъ въ ограниченномъ количествѣ воздуха, Соссюръ ²⁾ оставилъ работу, въ своемъ родѣ классическую, съ которой не можетъ быть сопоставлена ни одна изъ новѣйшихъ работъ потому же предмету. Онъ помѣщалъ листья послѣ яснаго лѣтняго дня, тотчасъ послѣ того, какъ они были сорваны, въ пріемникъ съ атмосфернымъ воздухомъ, замкнутый посредствомъ ртути, гдѣ они и оставались въ продолженіи ночи. При этомъ въ результатъ замѣчается различіе, хотя только количественное, смотря по

¹⁾ Ann. des sc. nat., 1851, t. XVI, стр. 28) и сл.

²⁾ Rech. chim., 1804, chap. III, § 1 до § 5.

природѣ листьевъ; обыкновенные тонкіе листья большей части растений уменьшаютъ объемъ окружающей ихъ атмосферы, вслѣдствіе того, что они выдыхаютъ менѣе углекислоты, чѣмъ поглощаютъ кислорода; толстые же мясистые листья *Crassula cotedon*, *Sempervivum tectonum*, *Agave americana*, *Stapelia variegata*, также какъ и физиологически-равнозначія стеблевья колѣна отъ *Opuntia*, уменьшаютъ объемъ своей атмосферы, такъ какъ они поглощаютъ кислородъ, не выдыхая въ замѣнъ того замѣтнаго количества углекислоты.

Изложеніе Соссюромъ явленій дыханія у *Opuntia*, представляетъ собою примѣръ образцоваго изслѣдованія; данныя имъ объясненія фактически вѣрны, если замѣнить его взглядъ на диффузію газовъ принятыми теперь воззрѣніями. Оговоривъ это, можно вкратцѣ слѣдующимъ образомъ передать его изложеніе. Послѣ заката солнца онъ внесъ стеблевья колѣна отъ *Opuntia*, объемъ которыхъ равнялся 119 куб. сант. въ 951 куб. сант. воздуха (лишеннаго углекислоты и сухаго); по истеченіи ночи 79 куб. сант. воздуха исчезли, остатокъ не содержалъ углекислоты и только 14 проц. кислорода; замѣтнаго поглощенія азота не произошло. Поглощенное количество кислорода равнялось, слѣдовательно, $\frac{2}{3}$ (не $\frac{3}{4}$, какъ онъ говоритъ) объема растения. Вдыханіе болѣе или менѣе значительно, смотря по состоянію растенія и оно увеличивается съ возвышеніемъ температуры.

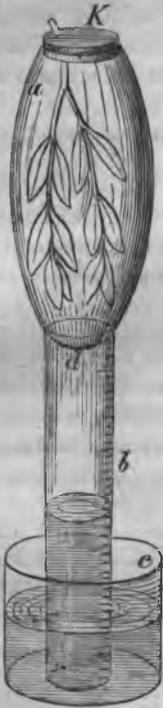
Если продолжить пребываніе *Opuntia* въ приемникѣ, то постоянно, но въ уменьшающемся количествѣ поглощается кислородъ до тѣхъ поръ, пока растеніе не будетъ содержать количество равное $1\frac{1}{4}$ собственнаго объема, что достигается черезъ 36—40 часовъ и тогда уже не происходитъ замѣтнаго измѣненія въ объемѣ, пока еще есть въ приемникѣ кислородъ; кактусъ же продолжаетъ поглощать кислородъ, но будучи насыщенный, онъ выдѣляетъ ровно столько же углекислоты; это выдѣленіе углекислоты совершается однакоже медленнѣе, чѣмъ происходило первоначально поглощеніе кислорода.

Большинство зеленыхъ стеблевыхъ листьевъ одновременно съ поглощеніемъ кислорода выдѣляютъ углекислоту и они обыкновенно удерживаютъ въ себѣ меньшее ея количество, чѣмъ *Opuntia*. Газъ поглощенный послѣднею, не можетъ быть отнять у нея помощію воздушнаго насоса; въ пустомъ пространствѣ она выдѣляетъ смѣсь, состоящую изъ 15-ти частей кислорода и 85-ти азота, со слѣдами углекислоты. Нагрѣваніе до 30—35° Р. также не выгоняетъ газа, проникнуващаго внутрь, но вызываетъ только поглощеніе кислорода и выдѣленіе равнаго объема углекислоты; при высшей температурѣ растеніе погибаетъ.

Колѣна *Opuntia*, внесенныя въ приемникъ, наполненный водородомъ, азотомъ или углекислотою, не уменьшаютъ замѣтно объемъ газа; они даже выдѣляютъ изъ себя немного углекислоты и увеличиваютъ объемъ газа въ приемникѣ; однакоже ткань вбираетъ въ себя небольшія количества этихъ газовъ; очевидно, что они проникаютъ въ нее только вслѣдствіе диффузіи, безъ посредства химическаго процесса; поглощенный такимъ образомъ водородъ можно выдѣлнить подъ колоколомъ воздушнаго насоса въ смѣси съ азотомъ и углекислотою. Если *Opuntia* оставалась въ чистой углекислотѣ и насытилась ею, и если ее затѣмъ внести въ приемникъ съ обыкновеннымъ воздухомъ, то она здѣсь выдѣляетъ часть углекислоты и поглощаетъ почти столько же кислорода очевидно потому, что должна произойти диффузія между поглощеною углекислотою и окружающей средой. Когда *Opuntia* была помѣщена въ смѣсь изъ 74 проц. азота, 19 проц. кислорода и 7 проц. углекислоты, то она въ 12 часовъ, въ темнотѣ, всосала въ $1\frac{1}{4}$ разъ болѣе своего объема газа, и поглощенное количество его состояло изъ $13\frac{1}{2}$ об. кислорода, $5\frac{1}{2}$ об. углекислоты. Кусокъ *Opuntia*, лежащій долгое время въ темнотѣ на открытомъ воздухѣ, не насыщается кислородомъ или углекислотою, образовавшею самими растеніемъ, ибо если его внести въ приемникъ, наполненный воздухомъ, то онъ еще поглощаетъ здѣсь кислородъ; если его снова оставить въ темнотѣ на открытомъ воздухѣ, то онъ опять теряетъ свое насыщенное состояніе и можетъ во второй разъ всасывать кислородъ въ приемникѣ. Частымъ повтореніемъ этого опыта Соссюръ могъ удалить изъ приемника любое количество кислорода, который *Opuntia* въ немъ всасывала и затѣмъ каждый разъ снова выдѣляла на открытомъ воздухѣ (въ видѣ углекислоты). Соссюръ объясняетъ это, общее по его мнѣнію всѣмъ листьямъ, явленіе притяженіемъ атмосферы къ поглощенной углекислотѣ, которое онъ считаетъ особымъ родомъ химическаго средства. Но очевидно, что явленіе есть только слѣдствіе различія въ упругости углекислоты въ приемникѣ и на открытомъ воздухѣ; количество газа, которое сочный органъ можетъ поглотить и удержать въ себѣ, зависитъ отъ вишняго давленія этого же газа. Если ткань вбираетъ въ приемникѣ кислородъ, то образуется углекислота и она удерживается, частію можетъ

быть, химическими силами, частью же вслѣдствіе поглощенія; но количество газа, удержаннаго въ поглощенномъ состояніи, зависитъ между прочимъ оттого, какъ велико давленіе углекислоты въ воздухѣ пріемниковъ; если оно велико, то поглощается много газа; если затѣмъ выпнуть растительную часть изъ пріемника, то давленіе, производимое атмосферною углекислотою на поглощенную, очень незначительно и большая часть поглощенной углекислоты выдѣляется вслѣдствіе диффузіи.

Соссюръ поясняетъ свое воззрѣніе очень простымъ опытомъ, который однако же можетъ быть объясненъ только диффузіей газовъ: если внести подъ пріемникъ, наполненный углекислотою, воду, то она насыщается количествомъ газа, соответствующимъ его давленію; если теперь вынести воду изъ подъ пріемника и оставить ее на открытомъ воздухѣ (Соссюръ вливалъ ее въ стекляшки, чрезъ что явленіе еще усложняется), то поглощенная углекислота выдѣляется до тѣхъ поръ, пока количество ея, остающееся въ водѣ, не получитъ упругость углекислоты, находящейся на открытомъ воздухѣ; очевидно, что по этому способу можно, частымъ внесеніемъ и вынимаемъ небольшого количества воды, удалить всю углекислоту изъ пріемника; для листьевъ и для *Opuntia* явленіе усложняется тѣмъ, что кислородъ пріемника сперва переходитъ въ углекислоту и образовавшаяся углекислота частью очень сильно удерживается въ листѣ, частью же диффундируетъ ¹⁾.



ф. 36.

Углекислота, которую зеленый растительный органъ образуетъ при вдыханіи кислорода и удерживаетъ въ себѣ, при дѣйствіи свѣта снова разлагается и взаимно того выдѣляется равный объемъ кислорода. Соссюръ и на это приводитъ рядъ доказательствъ, которыя мы оставляемъ въ сторонѣ, такъ какъ это прямо сюда не относится.

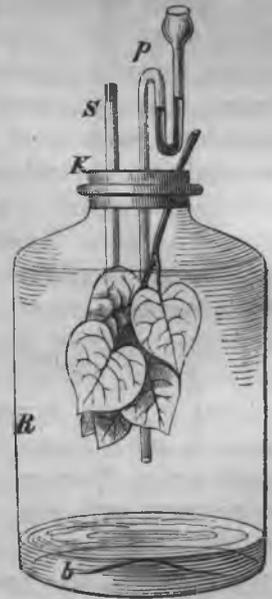
Гарро дошелъ до своего, вышеприведеннаго, положенія длиннымъ рядомъ наблюденій, изъ которыхъ здѣсь будетъ приведено только самое существенное. Въ своей прежней работѣ ²⁾ онъ говоритъ: листья и вообще зеленныя части растений вдыхаютъ кислородъ днемъ въ тѣни, и въ пасмурную погоду; поглощенный кислородъ образуетъ углекислоту, которая только частью выдыхается; отдѣленные отъ вѣтви листья даютъ такіе же результаты, какъ и находящіяся на растеніи; количество углекислоты, выдыхаемое листьями, тѣмъ больше, чѣмъ слабѣе свѣтъ; съ пониженіемъ температуры выдыханіе углекислоты уменьшается. Онъ употреблялъ при своихъ опытахъ аппаратъ фиг. 36-я. Въ пріемникъ *a* проходитъ вѣтвь съ листьями и находящаяся еще въ соединеніи съ растеніемъ; пробка *k* плотно облегаетъ ее, такъ что доступъ наружному воздуху закрытъ: нижнюю часть пріемника составляетъ трубка съ дѣленіями *b*, погруженная въ воду, которая наполняетъ сосудъ *c* и служитъ для замыканія трубки; чашечка *d* заключаетъ въ себѣ кали, которое поглощаетъ выдыхаемую углекислоту. Полученныя имъ числа составляютъ двѣ длинныя таблицы; я привожу здѣсь часть третьей таблицы, показывающей вліяніе силы свѣта; при этихъ опытахъ сорванные листья каждаго вида дѣлились на 3 части и вносились въ аппараты, изъ которыхъ одинъ стоялъ въ тѣни при обыкновенномъ дневномъ свѣтѣ, другой въ разсѣянномъ свѣтѣ слабо освѣщенной комнаты, третій въ темнотѣ; напр.

¹⁾ Сравни. Fick, Medizinische Physik: über Gasdiffusion.

²⁾ Garreau: Ann. des sc. nat. 1851, t. XV, стр. 35.

Листья отъ:	Освѣщеніе.	Темп. ° Ц.	Продолжи- тельность опыта.	100 граммъ листьевъ выдѣли- ли углекислоты.
Lycium europeum.	Дневной свѣтъ.	14	9—5 часовъ	1,7 куб. сант.
	Разсѣянный свѣтъ.	14	9—5 „	8
	Темнота.	12	9—5 „	14,2
Acer eriosagron.	Дневной свѣтъ.	15	12—5 „	30
	Разсѣянный свѣтъ.	12	12—5 „	41,6
	Темнота.	12	12—5 „	58,5
Helianthus tuberosus.	Дневной свѣтъ.	19	12—5 „	25,7
	Разсѣянный свѣтъ.	18	12—5 „	65
	Темнота.	14	6—8 „	180

Гарро выводитъ свое вышеприведенное положеніе, что зеленые листья на яркомъ свѣтѣ выдѣляютъ углекислоту, тогда какъ въ то же время они поглощаютъ и разлагаютъ ее, изъ слѣдующихъ наблюдений ¹⁾. Онъ загнулъ въ приемникъ *R*, фиг. 37, снабженную листьями верхушку вѣтви, которая оставалась въ соединеніи съ растеніемъ, и замкнулъ приемникъ пробкою *K*, наливъ предварительно на дно его баритовой воды *b*; трубка *S* служила, когда ее открывали, къ уравновѣшиванію различій въ давленіи (?). Опытъ надъ *Fagopyrum cymosum*, *Ficus carica*, *Asclepias Cognuti*, *Glycyrrhiza echinata*, *Kitaibelia vitifolia*, *Syringa vulgaris*, произведенные въ іюль и августѣ при 20—25° Ц., показали, что при 3—6 часовомъ солнечномъ свѣтѣ выдыхается 8—36 куб. см. углекислоты, которая и поглощается баритомъ. Нѣтъ, однакоже, необходимости толковать этотъ результатъ въ смыслѣ, принимаемомъ Гарро; онъ еще вовсе не доказываетъ, что листья сами по себѣ выдѣляютъ на солнечномъ свѣтѣ углекислоту; гораздо вѣроятнѣе, что у растенія, вслѣдствіе присутствія барита, силою отнимается углекислота его тканей, которую оно только что хотѣло разложить. Въ сокѣ и въ воздушныхъ полостяхъ растенія въ началѣ опыта находится углекислота, незеленныя его части и на свѣтѣ постоянно образуютъ ее; эта углекислота распространяется вслѣдствіе диффузіи изъ остальныхъ частей растенія и въ сокѣ листьевъ, находящихся въ приемникѣ; но въ послѣднемъ упругость углекислоты равна нулю, такъ какъ баритъ химически связываетъ этотъ газъ; углекислота, удерживаемая въ листьяхъ вслѣдствіе поглощенія, должна распространяться въ несодержащемъ углекислоты пространствѣ приемника; выдѣляющійся газъ тотчасъ же поглощается баритомъ; присутствіе барита дѣйствуетъ на углекислоту, находящуюся въ листьяхъ, какъ воздушный насосъ на выдѣленіе раствореннаго воздуха изъ воды.



ф. 37.

Это возрѣніе еще подкрѣпляется тѣмъ показаніемъ Гарро, что если въ приемникѣ нѣтъ баритовой воды, то выдѣленная углекислота вновь разлагается; но по всей вѣроятности она не выдѣляется, а тотчасъ же разлагается въ зеленой ткани.

Гарро придаетъ большое значеніе высокой температурѣ, которая обуславливаетъ выдѣленіе углекислоты на солнечномъ свѣтѣ изъ органовъ, содержащихъ хлорофиллъ; дыханіе образуетъ въ ткани углекислоту тѣмъ скорѣе, чѣмъ выше температура; но вмѣстѣ съ тѣмъ, при возвышеніи температуры уменьшается коэффициентъ поглощенія углекислоты клеточнымъ сокомъ и можетъ случиться, что углекислота, образовавшаяся въ ткани растенія вслѣдствіе дыханія, этимъ способомъ выдѣляется прежде, чѣмъ клетки содержащія хлорофиллъ успѣютъ разложить ее.

Можно ожидать, что органы, содержащіе только незначительное количество хлорофилла, но вмѣстѣ съ тѣмъ обладающіе объемистою, безцвѣтною паренхимомъ, какъ это замѣчается у многихъ мясистыхъ плодовъ, на свѣтѣ мало разлагаютъ углекислоты, сравнительно съ собственнымъ

¹⁾ Ann. des sc. nat. 1851, t. XVI, стр. 280 и слѣд.

объемомъ и вѣсомъ, но могутъ много образовать ея; поэтому надо ожидать, что у незрѣлыхъ мясистыхъ плодовъ, несмотря на то, что они снаружи зелены, дыханіе все же перевѣшиваетъ процессъ ассимиляціи, какъ это дѣйствительно видно изъ немногихъ сдѣланныхъ надъ этимъ наблюдений. Соссюръ помѣщалъ еще находящіяся на растеніи незрѣлые плоды отъ *Solanum Pseudo-Capsicum* и незрѣлый виноградъ въ стеклянные шары, гдѣ они созрѣли, не оставивъ послѣ себя углекислоты по прошествіи 14-ти дней; когда онъ положилъ въ шаръ извѣсть, то она однакоже поглотила углекислоту, что объясняется такимъ же образомъ, какъ и при опытахъ Гарро, и плоды не созрѣли. Когда же онъ оставилъ незрѣлыя ягоды винограда, паслена, яблока и груши, отдѣленные отъ растеній, на 24 часа въ пріемникѣ, гдѣ они днемъ освѣщались солнцемъ, то они оставили послѣ себя углекислоту; они не могли впродолженіи дня вновь разложить весь углекислый газъ, который они образовали почью. По Гришову ¹⁾, плоды тѣмъ менѣе выдыхаютъ кислорода на свѣтѣ, чѣмъ они ближе къ зрѣлости, а по Фреми (Fremy) они, пока зелены, дѣйствуютъ какъ зеленые листья (?); когда же они зрѣлы и притомъ сдѣлались желтыми, коричневыми, красными, то они дѣятельно образуютъ углекислоту ²⁾.

§ 77. Химическіе процессы, происходящіе въ тканяхъ при поглощеніи кислорода и выдѣленіи углекислоты, бывають различные смотря по природѣ веществъ, находящихся въ тканяхъ, и по количественному отношенію между поглощеннымъ кислородомъ и выдѣленной углекислотою; но до сихъ поръ еще ни въ одномъ случаѣ не извѣстны положительно всѣ отдѣльныя, слѣдующія одно за другимъ, измѣненія, обусловливаемые дыханіемъ. Для того, чтобы составить понятіе объ истинномъ ходѣ этихъ измѣненій, нужно точно знать для каждаго отдѣльнаго случая вещества, находящіяся въ ткани, черезъ короткіе промежутки времени, и точно также количества поглощенного кислорода и выдѣленной углекислоты; но имѣющіяся наблюденія ни въ какомъ случаѣ не даютъ этого, и было бы бесплоднымъ трудомъ стараться вывести, на основаніи чиселъ, имѣющихъ только приблизительное значеніе, какое либо окончательное сужденіе о постепенномъ ходѣ химическихъ процессовъ, производимыхъ дыханіемъ. Химическое дѣйствіе кислорода на эти процессы, можетъ быть, только посредственное, возбуждая цѣлый рядъ химическихъ процессовъ, которые наконецъ ведутъ къ образованію углекислоты; нѣтъ необходимости, чтобы первое дѣйствіе, которое производятъ атомы кислорода на углеводы и жиры въ клѣткахъ, имѣло бы непосредственнымъ результатомъ образованіе углекислоты и воды; между первымъ дѣйствіемъ и окончательнымъ сжиганіемъ углерода въ углекислоту можетъ происходить цѣлый рядъ распаденій, замѣщеній и т. д. Хотя процессъ этотъ и представляется въ столь сложной формѣ, но все-таки онъ можетъ быть названъ горѣніемъ. И при обыкновенномъ горѣніи органическихъ тѣлъ на счетъ кислорода воздуха, углекислота и вода происходятъ не безъ разнообразныхъ, соответствующихъ обстоятельствамъ, промежуточныхъ образованій.

Сообщенные уже въ первой главѣ анализы Буссенго ³⁾ показали у растеній прораставшихъ въ темнотѣ, сравнительно съ сѣменемъ, изъ котораго они развились, потерю до 52,9 процент. (горохъ), 42 проц. (пшеница) 45 проц. (маисъ); эта потеря распределяется такимъ образомъ, что кислорода выступаетъ изъ органическаго вещества именно столько, сколько нужно для образованія воды съ выдѣлившимся одновременно водородомъ; углеродъ, выдѣлившійся несомнѣнно въ

¹⁾ У Meyen'a, *Physiol.* II, 158.

²⁾ Размягченіе плодовъ не можетъ уже считаться жизненнымъ процессомъ; происходящіе при этомъ обмѣны газовъ разъяснены Кагуромъ (Cahours) и Шатеномъ (Chatin) въ *Comptes rendus*, 1864, t. 58, стр. 495, 576 и 653.

³⁾ Boussingault въ *Comptes rendus*, 1864, t. 58, стр. 883.

видѣ углекислоты, долженъ поэтому сжигаться на счетъ вдыхаемаго кислорода. Удеманъ (Oudemans) и Рауенгофъ (Raunenhoff) ¹⁾ наблюдали уже въ 1859 г. образованіе воды при прорастаніи и, по ихъ мнѣнію, потребный для этого кислородъ доставляется частію самимъ растительнымъ веществомъ, но частію также изъ атмосферы.

Дѣйствіе принятаго кислорода на растительныя вещества не всегда будетъ состоять въ образованіи углекислоты и воды; часть поглощеннаго кислорода можетъ вступать въ составъ растительнаго соединенія и такимъ образомъ увеличивать вѣсъ растенія; такъ, по Соскору, часть вдыхаемаго кислорода удерживается въ ткани при прорастаніи жирныхъ сѣмянъ, причемъ на счетъ жира образуется сахаръ (и какъ я показалъ), крахмаль и другія болѣе богатая кислородомъ соединенія (кислоты); новые анализы Флери (Fleury) ²⁾ (которые еще многого оставляютъ желать), показываютъ по крайней мѣрѣ, что процентъ кислорода въ веществѣ прорастающихъ жирныхъ сѣмянъ въ дѣйствительности увеличивается. Но для подобныхъ цѣлей и въ жирныхъ сѣменахъ потребляется только часть вдыхаемаго кислорода, другая часть выдѣляется въ видѣ углекислоты, уменьшая этимъ вѣсъ сухаго вещества въ растеніи.

Подъ вліяніемъ сродства кислорода къ сложнымъ веществамъ тканей, послѣднія могутъ также разлагаться такимъ образомъ, что часть углерода выдѣляется въ видѣ углекислоты, причемъ остаются соединенія съ меньшимъ содержаніемъ кислорода. Какъ примѣръ этому можно разсматривать спиртовое броженіе сахара. Въ то время, какъ бродильные грибки поглощаютъ съ одной стороны свободный кислородъ, съ другой—окружающей ихъ растворъ сахара и образуютъ кѣтковицу, послѣдняя распадается на алкооль, янтарную кислоту и глицеринъ (соединенія съ меньшимъ содержаніемъ кислорода) и въ то же время образуется углекислота, которая выдѣляется.

Нѣкоторую аналогію съ этимъ процессомъ представляетъ появленіе большаго или меньшаго количества дубильныхъ веществъ при прорастаніи такихъ сѣмянъ, которыя прежде не содержали и слѣда этихъ веществъ ³⁾; по всей вѣроятности сахаръ, происходящій при прорастаніи (онъ образуется изъ жира или крахмала), даетъ матеріалъ для образованія этихъ дубильныхъ веществъ, которыя въ сравненіи съ сахаромъ отличаются малымъ содержаніемъ кислорода, тогда какъ въ то же время выдыхается углекислота. Можетъ быть, что эфирныя масла обязаны своимъ происхожденіемъ процессамъ этого рода. Рохледеръ ⁴⁾ выводитъ даже все количество углекислоты, выдѣляемое при дыханіи растеній, только изъ тѣхъ распаденій и процессовъ замѣщенія, которыя обусловливаются вдыхаемымъ кислородомъ.

Процессы, происходящіе въ живой кѣткѣ, находятся подъ вліяніемъ своеобразныхъ силъ, зависящихъ отъ химическаго состава и молекулярнаго строенія протоплазмы; вѣроятно, что и дыханіе и вызываемые имъ химическіе процессы обусловливаются протоплазмой.

Дѣятельность дыханія возрастаетъ съ усиленіемъ энергіи процессовъ роста, которые всегда и несомнѣнно, главнымъ образомъ исходятъ отъ протоплазмы; когда оболочки кѣтокъ образуются и растутъ, то кѣтковина отлагается на поверхности протоплазмы, тогда какъ сахаръ, крахмаль, жиры и т. д. исчезаютъ изъ содержимаго кѣтки; ясно, что они самымъ тѣснымъ образомъ смѣшиваются съ протоплазмой, и, въ то время когда ихъ частицы находятся между частицами протоплазмы, претерпѣваютъ измѣненія, вслѣдствіе которыхъ и переходятъ въ кѣтковину; можетъ быть, что именно въ это самое время вдыхаемый кислородъ, который необходимо долженъ диффундировать сквозь протоплазму, оказываетъ на нихъ свое дѣйствіе.

Гарро ⁵⁾ показалъ, что выдѣленіе углекислоты при равномъ вѣсѣ сухаго вещества гораздо дѣятельнѣе, у распускающихся почекъ, чѣмъ у листьевъ, уже распустившихся; но процентное содержаніе протоплазмы (бѣлковыхъ веществъ) въ почкахъ значительнѣе чѣмъ въ листьяхъ. Что и сами бѣлковыя вещества претерпѣваютъ при дыханіи глубокія разложенія, — это по крайней мѣрѣ вѣроятно. Появленіе аспарагина при прорастаніи, едва ли можетъ быть объяснено иначе

¹⁾ См. у Gries въ *Recherches anat. et phys. s. l. germination*, 1864, Paris, стр. 14.

²⁾ Fleury, *Ann. de chimie et de phys.* 1865, t. IV, стр. 52 и сл.

³⁾ Сравни Sachs: *Ueber das Auftreten der Stärke bei der Keimung ölhaltiger Samen.* *Bot. Zeitg.* 1859, стр. 177. *Keimungsgeschichte der Schminkbohne* (*Sitzungsberichte der kais. Akad. d. Wiss. Wien*, 1859) и *Keimung der Dattel.* *Bot. Zeit.* 1862.

⁴⁾ *Chem. и Phys. d. Pflanzen* 1858, стр. 113 и 151.

⁵⁾ Garreau, *Ann. des sc. nat.* 1851, t. 16, стр. 271 и слѣд.

какъ довольно сильнымъ разложеніемъ этихъ веществъ ¹⁾; судя по новой работѣ Гозеуса (Dr. A. Hoesius) ²⁾, при прорастаніи развиваются въ ткани (но не выдѣляются изъ нея) амміакъ и азотная кислота; содержащійся въ нихъ азотъ не можетъ быть заимствованъ изъ какого другаго источника, кромѣ бѣлковыхъ веществъ зародыша, а потому слѣдуетъ предположить разложеніе части этихъ веществъ; при этомъ однако еще многое остается неразъясненнымъ. Во всякомъ случаѣ, эти процессы не обуславливаютъ дѣйствительной потери азота растенія, такъ какъ, по согласіямъ между собою показаніямъ Буссенго, Удемана, Роувенгоа и Флери, абсолютное содержаніе этого элемента въ тканяхъ, при прорастаніи не уменьшается. Выдѣленіе углерода и водорода при дыханіи, происходитъ безъ соотвѣтственной потери азота.

§ 78. Значеніе дыханія. Со времени Соссюра различные изслѣдователи находили аналогію между дыханіемъ растений и животныхъ, и это справедливо. Несодержащее хлорофилла растеніе, безлиственный зародышъ, распускающаяся почка — относительно обмѣна веществъ могутъ быть сравниваемы съ растущимъ животнымъ; травоядное животное живетъ совершенно тѣми же веществами; оно употребляетъ бѣлковыя вещества, углеводы и жиры, которые растеніе накопило для построенія своихъ органовъ; поэтому дѣйствіе кислорода проникающаго въ ткани, будетъ въ обоихъ организмахъ если и не тождественно, то подобно, и подобіе это навѣрно выступило бы яснѣе, если бы сравнивать растенія съ холодно-кровными и мало подвижными животными. Тѣмъ и другимъ поглощеніе кислорода необходимо для поддержанія внутренней работы (химическихъ превращеній, молекулярныхъ движеній); тѣ и другіе образуютъ при этомъ углекислоту (и воду), тѣ и другіе развиваютъ при этомъ теплоту, необходимо теряютъ часть своего вещества и становятся легче; растеніе, постоянно вегетирующее, въ темнотѣ голодаетъ въ томъ же самомъ смыслѣ и вслѣдствіе тѣхъ же общихъ причинъ, какъ голодаетъ животное; у обоихъ, обмѣнъ веществъ въ организмѣ, сопровождаемый потерей вещества вслѣдствіе дѣйствія кислорода, продолжается и въ томъ случаѣ, когда темнота препятствуетъ растенію образованію въ своихъ зеленыхъ частяхъ новое количество органическаго вещества, или когда животное лишено возможности покрывать потерю принятіемъ веществъ извнѣ.

Процессъ, который я, согласно съ Гарро, исключительно называю дыханіемъ, именно поглощеніе атмосфернаго кислорода и образованіе углекислоты (и воды), во всѣхъ отношеніяхъ существенно отличенъ отъ процесса ассимиляціи въ клѣткахъ содержащихъ хлорофиллъ, разлагающей принятую извнѣ углекислоту, выдѣляя кислородъ. Этотъ послѣдній процессъ есть основаніе всего питанія хлорофилльных растений, такъ какъ при помощи его образуются органическія соединенія на счетъ углекислоты и воды. Процессъ ассимиляціи создаетъ новое органическое вещество изъ неорганическаго матеріала, процессъ дыханія разрушаетъ часть этого вещества; первый увеличиваетъ вѣсъ органической массы, второй уменьшаетъ его. Разложеніе углекислоты (и воды) при выдѣленіи кислорода совершается только въ клѣткахъ, содержащихъ хлорофиллъ, и притомъ тогда только, когда они подвергаются дѣйствію достаточно сильнаго свѣта определенной преломляемости; дыханіе вполне независимо отъ этихъ условій, оно постоянно совершается во всѣхъ клѣткахъ безъ исключенія, пока въ нихъ происходитъ общая жизненная дѣятельность. При процессѣ усвоенія, наружный признакъ котораго есть выдѣленіе кислорода, должны быть преодолены сильныя хи-

¹⁾ Boussingault, Comptes rendus. 1864, t. 58, стр. 917.

²⁾ Hoesius въ Zeitschrift. für deutsche Landwirthe von G. Stöckhardt, 1864, стр. 346.

мическія средства, расторгнуты устойчивыя химическія соединенія; ясно, что для преодоленія химическихъ силъ, потребны другія силы; эти-то преодолевающія силы доставляетъ свѣтъ, падающій на живую протоплазму, содержащую хлорофилл; при дыханіи же преодоленныя химическія силы вновь вступаютъ въ свои права; образъавшіяся при ассимиляціи соединенія углерода съ водородомъ, кислородомъ, азотомъ и сѣрюю, не отличаются большимъ постоянствомъ, такъ что атмосферный кислородъ преодолеваетъ ихъ связь, дѣйствуя всѣмъ своимъ химическимъ притяженіемъ на углеродъ и водородъ, образуя съ ними болѣе постоянныя соединенія — углекислоту и воду.

Въ природѣ едва ли существуетъ противоположность болѣе рѣзкая, чѣмъ между процессами усвоенія и дыханія, и потому неосновательно пазывать и то и другое явленіе дыханіемъ, какъ это часто еще случается въ наше время, и для оправданія чего не приводятъ никакого лучшаго основанія, какъ только то, что въ обоихъ случаяхъ происходитъ обмѣнъ газовъ между растеніемъ и окружающею средою. Тѣмъ, которые руководствуются этимъ чисто внѣшнимъ явленіемъ и упускаютъ изъ вида самое главное, можно возразить, что подобная терминологія, смѣшивающая самыя различныя понятія, не только основана на неясныхъ представленіяхъ, но служитъ еще поводомъ къ дальнѣйшимъ неясностямъ для тѣхъ, кто ее употребляетъ. Сказать, что растеніе дышетъ, когда оно на свѣтѣ разлагаетъ углекислоту, фактически также странно, какъ сказать про животное, которое ѣстъ, что оно вдыхаетъ свою пищу. Эта терминологія не только не улучшается, но становится еще запутаннѣе и темнѣе, когда оба отправленія растенія различаютъ названіями ночнаго и дневнаго дыханія. Существенная черта въ процессѣ выдѣленія кислорода при одновременномъ разложеніи углекислоты заключается не въ томъ, что онъ происходитъ днемъ, а въ томъ, что онъ совершается исключительно на свѣтѣ въ органахъ содержащихъ хлорофилл; оба эти признака нераздѣльны. Процессъ образованія углекислоты при поглощеніи кислорода, который называютъ ночнымъ дыханіемъ, происходитъ не только ночью, но при возвышенной температурѣ еще дѣятельнѣе совершается днемъ; перемѣна дня и ночи не имѣетъ на него существеннаго вліянія. Въ этомъ абсолютно-ложномъ обозначеніи не будетъ надобности, если рѣшится называть дыханіемъ растенія только то отправленіе, которое у него обще съ животнымъ, и которое у послѣдняго носитъ то же самое названіе. Согласно съ тѣмъ понятіемъ, которое издавна соединено съ этимъ словомъ, привыкли считать дыханіе первымъ и необходимѣйшимъ признакомъ жизни, и наука не имѣетъ никакихъ основаній отстранить это воззрѣніе. Дыханіе несомнѣнно состоитъ въ дѣйствіи химической силы кислорода на соединенія, обуславливающія жизнь растенія; но положеніе это нельзя переставить; не всякое дѣйствіе кислорода на растительныя вещества есть дыханіе. Подъ вліяніемъ вдыхаемаго кислорода живая протоплазма движется, прорастающее растеніе и почка развиваются по опредѣленному закону, вещества въ нихъ заключающіяся подвергаются, подъ вліяніемъ вдыхаемаго кислорода, превращеніямъ по опредѣленнымъ, свойственнымъ каждому растенію, типамъ; но если протоплазма, прорастающее растеніе, почка внезапно погибаютъ отъ холода или жара, отъ яда, и т. д., то вещества въ растеніи и дѣйствующій на нихъ кислородъ остаются все тѣ же, какъ и прежде, но дѣйствіе послѣдняго на первыя будетъ существенно различное; не только убитая прото-

плазма уже не движется подъ вліяніемъ кислорода, не только проростки и почки перестаютъ расти, но здѣсь кислородъ служитъ къ тому, чтобы еще болѣе усилить наступившее разрушеніе. Въ живой клѣткѣ существенное значеніе имѣютъ не только вещества и химическія соединенія, но и относительное пространственное расположеніе частицъ; если послѣднее, а вмѣстѣ съ нимъ и тотъ ходъ процессовъ, который мы называемъ жизнью, разрушено, то и химическій процессъ принимаетъ другое направленіе. Сущность дыханія состоитъ, слѣдовательно, не въ томъ, что кислородъ проявляетъ свои химическія силы надъ растительными веществами, а въ томъ, что онъ проявляетъ ихъ въ живой клѣткѣ, т. е. при совершенно опредѣленныхъ условіяхъ. Поэтому, кажется, слѣдуетъ называть дыханіемъ только дѣйствіе кислорода на живыя клѣтки, для всѣхъ же процессовъ окисленія, происходящихъ изолированныхъ растительныхъ веществахъ, не входящихъ въ составъ тканей въ мертвыхъ клѣткахъ и т. д. оставить названія, принятія въ химіи. Поэтому я исключаю изъ понятія о дыханіи дѣйствіе кислорода на дерево уже развитое и на продукты выдѣленія, которые болѣе не имѣютъ непосредственнаго соотношенія къ жизни, какъ напр. эфирныя масла, смолы, нѣкоторые камеди и т. д.

Образованіе углекислоты (и воды) обусловливаемое дыханіемъ, необходимо связано съ разрушеніемъ, хотя бы только малой части, растительнаго вещества, образуемаго ассимиляціей. Этотъ процессъ разрушенія долженъ бы казаться не цѣлесообразнымъ явленіемъ въ организмѣ, если брать во вниманіе только увеличеніе массы вещества. Но жизнь растенія, какъ и жизнь животнаго, складывается изъ внутренней и внѣшней работы, изъ движеній, выполняемыхъ атомами и молекулами, причемъ ихъ взаимныя притяженія часто должны преодолевать внѣшнія сопротивленія. Дыханіе доставляетъ большую часть силъ, необходимыхъ для этихъ внутреннихъ и внѣшнихъ работъ.

Если углеводы, жиры и бѣлковыя вещества, образовавшіеся вслѣдствіе процесса ассимиляціи и отложившіеся въ сѣмени, въ почкѣ или вообще въ видѣ запасныхъ веществъ, снова приходятъ въ движеніе и образуютъ новыя химическія соединенія; если въ протоплазмѣ снова появляется движеніе токовъ, снова начинается дѣленіе клѣточекъ и т. д., то это объяснимо только тѣмъ, что послѣ продолжительнаго періода покоя начинается проявленіе новыхъ силъ. Но мы знаемъ, что для возобновленія движенія необходимы не только извѣстное количество теплоты и воды, но и постоянный притокъ извнѣ кислорода. Вслѣдствіе химическаго дѣйствія послѣдняго на бѣдные кислородомъ продукты ассимиляціи, послѣдніе распадаются, видоизмѣняются, часть углерода и водорода ихъ стараетъ, т. е. атомы и молекулы приходятъ въ движеніе, выдѣляется теплота и даже начинаютъ проявляться электрическіе токи. Вновь образовавшіеся соединенія проявляютъ съ своей стороны новыя химическія и молекулярныя силы; нерастворимыя соединенія превращаются въ растворимыя въ водѣ и вмѣстѣ съ тѣмъ проходятъ сложный рядъ процессовъ диффузіи, которые не могли бы существовать безъ предварительныхъ химическихъ процессовъ.

Диффузія, эндосмосъ и разбуханіе (вслѣдствіе пропитыванія жидкостью) обусловливаютъ съ своей стороны напряженіе тканей, вслѣдствіе чего междуузлія и листья принимаютъ опредѣленное направленіе. Силы, развивающіяся при этомъ, часто столь значительны, что ростокъ преодолеваетъ сопротивленіе зем-

ли, а направляющийся вверх стебель — значительную тяжесть свѣшывающихся частей. Химическая сила вдыхаемаго кислорода постоянно нарушаетъ равновѣсіе въ химически соединенныхъ атомахъ, обусловливаетъ ихъ перемѣщенія и вызываетъ проявленіе различныхъ силъ.

Кислородъ по дѣйствию можно бы сравнить съ пружиною часоваго механизма, напряженіе которой приводитъ части механизма въ движеніе.

Внѣшнимъ образомъ проявляющееся различіе между дыханіемъ и выдѣленіемъ кислорода, обозначаемое въ повѣйшее время обыкновенно неудачнымъ выраженіемъ ночное и дневное дыханіе, было ясно понято уже Ингенхузомъ ¹⁾. Я открылъ, говоритъ онъ, что всѣ растенія постоянно превращаютъ большую часть окружающаго ихъ воздуха въ углекислоту; корни, листочки и плоды производятъ это постоянно, даже при солнечномъ свѣтѣ. Только зеленые листья и побѣги, подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта или сильнаго дневнаго свѣта, прекращаютъ эту дѣятельность, выдыхая тогда значительное количество кислорода. Это совершенно вѣрное изложеніе факта указываетъ уже на несостоятельность новѣйшаго обозначенія даже въ томъ случаѣ, если не обратить вниманіе на физиологическое значеніе обоихъ процессовъ.

Дютроше ²⁾ впервые представилъ болѣе серьезную теоретическую разработку вопроса о различіи поглощенія кислорода и его выдѣленія, хотя онъ послѣднее тоже обозначаетъ дыханіемъ; но при этомъ онъ ясно понимаетъ радикальную противоположность обоихъ процессовъ, совершенно сглаживающуюся нынѣ употребляемымъ способомъ обозначенія. Онъ очень удачно сравниваетъ дыханіе растеній съ дыханіемъ насекомыхъ, потому что послѣднія, подобно растеніямъ, поглощаютъ кислородъ своими дыхательными органами и проводятъ его во всѣ части тѣла. Но между растеніями и животными существуетъ то различіе, что послѣдніе извлекаютъ кислородъ, потребный для дыханія, исключительно изъ окружающей среды, тогда какъ зеленныя растенія сами производятъ подъ вліяніемъ свѣта годный для дыханія кислородъ; но такъ какъ они производятъ его гораздо болѣе, чѣмъ потребляютъ для дыханія, то излишекъ выдѣляютъ въ воздухъ. Ночью растенія поглощаютъ атмосферный кислородъ, что онъ неудачно называетъ вспомогательнымъ дыханіемъ (*subsidiäre Athmung*), каковое обозначеніе вѣрнѣе было бы приложить къ другому способу дыханія.

Значеніе обоихъ противоположныхъ процессовъ также Мейеномъ ³⁾ понято вѣрно. «Растенія, говоритъ онъ, какъ въ темнотѣ, такъ и въ тѣни, постоянно вдыхаютъ кислородъ, служащій для образованія постоянно выдѣляющейся углекислоты, и въ этомъ отношеніи дыханіе растенія и животнаго тождественны, но при солнечномъ свѣтѣ вызывается явленія усложняющія ихъ дыханіе. Распаденіе углекислоты подъ вліяніемъ свѣта, продолжаетъ онъ, и выдѣленіе при этомъ кислорода, повидимому совершенно не зависитъ отъ дыханія въ собственномъ смыслѣ слова. Это мнѣніе было высказано уже давно Линкомъ». Справедливо также то его мнѣніе, что распаденіе углекислоты въ присутствіи свѣта есть часть настоящаго процесса питанія; но совершенно ложны основанія, на которыхъ онъ опирается (будто бы вслѣдствіе этого образуется хлорофилъ). Первое вполнѣ вѣрное понятіе дыханія и ассимиляціи на основаніи существовавшаго тогда матеріала, было дано съ обычной ясностью Модемъ (*die vegetabil. Zelle in Wagner's Handwörterbuch*, стр. 242—244).

в) Образованіе теплоты.

§ 79. Общія замѣчанія. Химическіе процессы въ живой кѣлочкѣ, начинающіеся принятіемъ кислорода и оканчивающіеся образованіемъ углекислоты (и воды), производятъ теплоту ⁴⁾. Но изъ этого отнюдь не слѣдуетъ, что эти

¹⁾ I. Ingenhous, «Ueber Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens»; übers. von g. Fischer, Leipzig, 1798, стр. 57. Онъ же защищалъ то воззрѣніе (стр. 79), что растенія получаютъ углеродъ изъ разлагающейся углекислоты.

²⁾ Dutroschet, Mém. I, 360 и 419.

³⁾ Meyen, Physiol. II, 162.

⁴⁾ Я указываю на эти процессы какъ на безсомнѣнные источники теплоты. Можно бы, конечно, указать еще на многіе другіе вегетативные процессы, дѣятельность которыхъ болѣе

процессы *всегда* производятъ повышеніе температуры ткани, потому что оно зависитъ отъ того, имѣютъ ли согрѣвающие процессы перевѣсъ надъ охлаждающими. Къ послѣднимъ относятся процессы поглощающіе теплоту, и такіе, вслѣдствіе которыхъ теплота выдѣляется изъ растенія. Поглощеніе теплоты главнымъ образомъ происходитъ при выдѣленіи кислорода въ присутствіи свѣта зелеными органами и при испареніи; выдѣленіе же теплоты происходитъ отъ лучеспусканія и теплопроводности. Три послѣдніе процесса бывають тѣмъ болѣе дѣятельны, чѣмъ больше органъ, производящій теплоту, развитъ по направленію плоскости; они могутъ во многихъ случаяхъ быть до такой степени сильны, что несмотря на развивающуюся въ органѣ теплоту, температура его все-таки будетъ ниже температуры окружающей среды.

При этомъ необходимо имѣть въ виду еще одно обстоятельство, которое, въ большинствѣ случаевъ, даже когда охлаждающіе процессы доходятъ до *minimum*, допускаетъ только слабое возвышеніе температуры отъ самостоятельнаго развитія теплоты, это именно то, что въ болѣе части растительныхъ органовъ находится весьма большое количество вегетативной воды, тогда какъ твердыя и растворенныя соединенія, измѣненіемъ которыхъ обуславливается образованіе теплоты, составляютъ только незначительный процентъ всей массы органа. Теплота, развивающаяся вслѣдствіе химическихъ процессовъ, тотчасъ распространяется въ вегетативной водѣ, и такъ какъ количество вещества, производящаго теплоту, незначительно, а количество нагрѣваемой воды велико и обладаетъ еще болѣею теплоемкостью, то образовавшаяся теплота вызоветъ только очень незначительное повышеніе температуры, надъ которымъ очень легко могутъ преобладать охлаждающія вліянія.

Подобнаго же рода дѣйствіе производитъ и другое обстоятельство. Теоретически и опытно доказано, что процессы, производящіе теплоту, болѣе дѣятельны въ такихъ клѣточкахъ, въ которыхъ происходитъ быстрый обмѣнъ веществъ. Но такія дѣятельно вегетирующія клѣточки или ткани часто находятся между соотвѣтственно недѣятельными тканями; такъ напр. у высшихъ растений камбій, ткань рѣшетчатыхъ клѣтокъ и дѣятельная паренхима коры находятся съ одной стороны между древесиной, проводящей воду (дѣйствующую въ качествѣ регулятора теплоты), а съ другой между внѣшними слоями коры, которые хотя и дурные проводники теплоты, однакожъ проводятъ въ воздухъ, а часто даже въ окружающую растеніе воду теплоту образовавшуюся въ болѣе глубокихъ слояхъ. Само по себѣ ничтожное количество теплоты могло бы очень значительно повысить температуру отдѣльныхъ клѣточекъ, въ которыхъ она развивается, если бы во многихъ случаяхъ не распредѣлялась вслѣдствіе проводимости, на болѣе значительную массу тканей.

Кромѣ обстоятельствъ, присущихъ растеніямъ и препятствующихъ проявленію развившейся теплоты возвышеніемъ температуры ткани, встрѣчаются многочисленные затрудненія при измѣреніи температуры, зависящія отъ устройства термометрическихъ аппаратовъ.

Изъ всего этого видно, что несмотря на постоянное образованіе растительной мѣстной и временной, напр., когда изъ растворенныхъ веществъ образуются твердые агрегаты, то освобождается теплота; но за то въ тканяхъ также растворяются твердыя вещества, причѣмъ поглощается теплота, слѣдовательно потребляется на внутреннюю работу.

тканью теплоты, возвышеніе температуры въ органѣ, за немногими исключеніями, трудно доказать непосредственнымъ наблюденіемъ, вслѣдствіе чего должно на время довольствоваться указаніемъ, что въ тканяхъ происходятъ вообще иногда значительныя, а во многихъ другихъ случаяхъ ничтожныя повышенія температуры, вслѣдствіе самостоятельно развивающейся теплоты; очень часто опредѣляемая опытомъ температура гораздо ниже истинной. Конечную цѣлью подобнаго рода изслѣдованій должно считаться опредѣленіе истиннаго количества тепла ¹⁾, освобождаемаго въ данной массѣ ткани въ извѣстное время; это только и можетъ повести къ дѣйствительному разясненію явленій. Но до сихъ поръ, для подобнаго рода опредѣленія недостаетъ достаточно точныхъ изслѣдованій.

При изложеніи литературы этого предмета я не коснусь изслѣдованій, имѣющихъ цѣлью доказать развитіе теплоты въ древесинѣ деревьевъ. Безсомнѣнно, что постоянное разложеніе древесинныхъ кѣлочекъ должно развивать незначительное количество теплоты, но это крайне медленное образованіе теплоты происходитъ здѣсь въ мертвой ткани и не имѣетъ непосредственнаго соотношенія къ вегетативному процессу, а потому не относится до растительной физиологіи. Кромѣ того древесина, представляя чрезвычайное усложненіе въ явленіяхъ теплопроводности, знаемъ которой мы обязаны преимущественно Кругичу ²⁾, и подвергаясь вліянію водяныхъ токовъ, постоянно чрезъ нее проходящихъ, есть одинъ изъ самыхъ неудобныхъ предметовъ для опредѣленія термометромъ проявленій ничтожныхъ температуръ, происходящихъ вслѣдствіе химическаго процесса въ тканяхъ.

§ 80. Происхожденіе теплоты въ цвѣтахъ. Цвѣты и вособенности половые органы характеризуются, какъ мы видѣли, принятіемъ большаго количества кислорода и дѣятельнымъ образованіемъ углекислоты. Количество теплоты, освобождающееся вслѣдствіе этихъ процессовъ горѣнія, въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ состояніи повысить температуру ткани на нѣсколько градусовъ выше окружающей среды, вособенности если органы, выдѣляющіе теплоту, образуютъ плотную массу съ незначительною поверхностью. Наиболѣе рѣзкимъ образомъ обнаруживается это въ початкѣ аронниковыхъ, на которомъ Ламаркъ въ 1777 г. впервые замѣтилъ выдѣленіе теплоты живымъ растеніемъ. Этимъ предметомъ растительной физиологіи занимались около 60 лѣтъ многочисленныя наблюдатели, и если произведенныя наблюденія оставляютъ еще желать многого въ отношеніи метода и выполненія, то въ совокупности они представляютъ однакожь уже довольно ясную картину занимающихъ насъ процессовъ.

I. Самонагрѣваніе початка аронниковыхъ.

Всѣ наблюдатели согласны въ томъ, что нагрѣваніе початка начинается съ распусканіемъ покрывала и продолжается во все время половой жизни. Различныя участки початка согрѣваются въ одно и то же время въ различной степени; вершина початка и пыльники представляютъ мѣста наибольшаго развитія тепла.

Спустя нѣсколько дней послѣ начала цвѣтенія, замѣчаются суточные періоды такого рода, что температура половыхъ органовъ возрастаетъ до извѣстнаго часа дня, достигаетъ своего maximum, и затѣмъ уменьшается, чтобъ на слѣдующій день снова совершить подобнаго рода колебанія. Часъ дня, въ ко-

¹⁾ J. Sachs, «Ueber eine Methode, die Quantitäten der vegetabilischen Eigenwärme zu bestimmen (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, 1858, Bd. 26, стр. 326). Главнѣйшее уже было сообщено въ отдѣлѣ объ испареніи растеній.

²⁾ Сравни два нашихъ сочиненія и затѣмъ хорошую работу Рамо въ Ann. des sc. nat. 1843, т. XIX, стр. 5 и сл.

торый наступает maximum температуры, у различных видовъ и у одного и того же вида, смотря по обстоятельствамъ, очень различенъ. У *Agum cordifolium* (*Colocasia odora*) Губертъ наблюдалъ на о-вѣ Бурбонѣ maximum самонагрѣванія предъ солнечнымъ восходомъ, у *Caladium pinnatifolium* — вечеромъ ¹⁾. У *Agum maculatum* по Сенебье и Дютроше самая высокая температура бываетъ въ промежутокъ времени отъ утра до вечера въ очень различные часы. Напротивъ того, Ад. Броньяръ, Вроликъ и Деврисъ нашли, что она у *Colocasia odora* наступаетъ постоянно послѣ полудня. Послѣдніе наблюдатели, кажется, не обратили вниманія на то, что, какъ это видно изъ таблицъ, колебаніе температуры початка этого вида почти точно соотвѣтствовало колебаніямъ температуры воздуха. Но основываясь на показаніяхъ Дютроше, очень вѣроятно, что періодическія колебанія температуры растенія обусловливаются кромѣ того еще неизвѣстною намъ причиною, присущею самому растенію.

Уже Сенебье предполагалъ, что причину самонагрѣванія початка слѣдуетъ искать въ процессѣ старанія, который начинается принятіемъ кислорода и оканчивается выдѣленіемъ углекислоты; Соссюръ положительно держался этого мнѣнія, которое изслѣдованіями Соссюра, Вролика, Девриса, Губерта и Гарро сдѣлалось въ высшей степени вѣроятнымъ.

Вроликъ и Деврисъ показали, что нагрѣваніе бываетъ сильнѣе въ чистомъ кислородномъ газѣ, чѣмъ въ атмосферномъ воздухѣ, что, напротивъ того, его не замѣчается въ чистомъ азотѣ и углекислотѣ. Соссюръ уже замѣтилъ, что части початка, согрѣвающіяся сильнѣе другихъ, болѣе прочихъ образуютъ углекислоты, и Гарро затѣмъ показалъ, что возвышеніе и пониженіе температуры находится въ связи съ соотвѣтствующимъ увеличеніемъ и уменьшеніемъ въ образованіи углекислоты.

Одно изъ веществъ, доставляющихъ матеріаль для старанія и образованія при этомъ углекислоты (а вѣроятно также и воды), есть повидимому крахмаль, который, по моимъ наблюденіемъ надъ *Agum maculatum*, появляется предъ распусканіемъ покрывала въ весьма значительномъ количествѣ въ паренхимѣ булавовидной и другихъ частяхъ початка, а во время оплодотворенія почти совершенно исчезаетъ изъ первой и изъ мужскихъ органовъ.

а) Періодическое колебаніе температуры початка было впервые наблюдаемо Сенебье ²⁾ у *Agum maculatum*. Онъ прикладывалъ маленькій термометрической шарикъ къ початку растенія, стоящаго въ землѣ и защищеннаго отъ солнечнаго свѣта, и далъ въ видѣ приѣма слѣдующую таблицу:

Часы.	Температура воздуха.	Температура початка.
3 пополудни	15,6	16,1
5 „	14,7	17,9
5½ „	15	19,8
6¼ „	15	21,0
6¾ „	14,9	21,8
7 „	14,3	21,2
9¼ „	15	18,5
10½ „	14	15,7
5 утра	14,1	14,1

1) Vrolik и De Vriese въ *Ann. des sc. nat.* 1836, t. V, стр. 140.

2) Senebier: *Physiol. végét.* III, 315.

Сенебье прибавляет, что онъ наблюдалъ максимумъ теплоты всегда между 6 и 8 часами вечера. Дютроше ¹⁾, употребившій существенно иной методъ наблюденія, говоритъ, напротивъ, что максимумъ собственной теплоты растенія можетъ наступать отъ 8-ми часовъ утра до полудня.

Сомнѣнія, возникающія относительно примѣняемаго Дютроше метода, какъ я покажу ниже, въ тѣхъ случаяхъ, когда дѣло идетъ о незначительныхъ разницѣхъ въ температурахъ, здѣсь не имѣютъ значенія. Его наблюденія, произведенныя надъ *Arum maculatum*, имѣютъ преимущество предъ всѣми другими наблюденіями подобнаго рода; они производились частію почти при постоянной температурѣ воздуха, такъ что колебанія собственной теплоты растенія должны быть разсматриваемы, какъ независящія отъ колебанія температуры воздуха. Растенія, цвѣты которыхъ онъ наблюдалъ, были пересажены вмѣстѣ съ комомъ въ горшокъ, и одинъ конецъ термоэлектрической стрѣлки былъ вставленъ въ испытуемую часть початка, а другой оставался виѣ его и былъ обернутъ бумагой. Растенія не были защищены отъ испаренія, вслѣдствіе чего избытокъ температуры початка, указываемый термоэлектрической стрѣлкой, дѣлается меньше, соотвѣтственно потерѣ тепла отъ испаренія. Изъ таблицъ Дютроше я заимствую три, представляющія собственную теплоту початка, мужскихъ и женскихъ цвѣтковъ *Arum maculatum*.

1) 2-го мая покрывало вполнѣ раскрылось около 4-хъ часовъ вечера.

Часы.	Избытокъ температуры булавовидной ча- сти початка.	Температура воздуха.
4 пополудни	9,81° Ц.	15,5° Ц.
5½ „	10,40	15,7
6½ „	6,93	15,7
7 „	5,93	15,6
8 „	3,51	15,3
9 „	1,90	15,0
10 „	1,18	14,8

На слѣдующій день магнитная стрѣлка термоэлектрическаго аппарата остановилась на 0° и потомъ начала отклоняться въ противоположное направленіе, соотвѣтственно перевѣсу пониженія температуры отъ испаренія.

2) 7-го мая около часа раскрылось покрывало одного изъ растеній стоявшихъ въ темнотѣ, пыльники котораго обнаружили слѣдующее нагрѣваніе:

Дни.	Часы.	Излишекъ температу- ры въ мужескомъ органѣ.	Температура воздуха.
7 мая.	9 ч. 15' пополудни	1,90° Ц.	17,1° Ц.
	10 попол.	1,56	17,1
	2 ч. ночи.	1,31	17,1
8 мая.	7 ч. утра.	2,76	17,0
	8 ч. утра.	3,34	„
	8 ч. 30'	3,68	„
	9 ч.	4,27	„
	9 ч. 45'	4,68	„
	10 ч. 30'	4,90	„
	11 ч.	4,68	„
	12 ч. 15' попол.	4,48	„
	2 ч. 30' попол.	2,76	„
	4 ч.	1,90	„
5 ч.	1,75	„	
6 ч. 30'	1,12	16,8	
8 ч.	0,50	16,5	
9 ч.	0,25	16,5	

¹⁾ Dutrochet, Ann. des sc. nat. 1840, t. XIII, стр. 1, ff.

3) 4-го мая покрывало одного растенія раскрылось въ 2½ часовъ, стрѣлка была вставлена въ жепскій цвѣтокъ.

Дни.	Часы.	Излишекъ температу- ры въ женскихъ цвѣтахъ.	Температура воздуха.
4 мая.	2 ч. 45' попол.	1,40° Ц.	14,5° Ц.
	3 ч. 30' попол.	1,12	„
	4 ч. 45' попол.	1,00	„
	5 ч. 45' попол.	0,81	„
	7 ч. 15'	0,69	14,3
	9 ч.	0,50	14,1
	10 ч.	0,37	14,0
5 мая.	6 ч. утра	1,12	14,0
	7 ч.	1,62	14,0
	8 ч.	1,75	14,3
	9 ч.	1,50	14,7
	10 ч.	1,06	15,0
	11 ч.	0,93	„
	12 ч.	0,87	„
	1 ч. попол.	0,81	„
	2 ч.	0,75	„
	3 ч.	0,56	15,2
	4 ч.	0,31	15,3
	5 ч.	0,25	15,4
	6 ч.	0,18	15,5
	7 ч.	0,12	15,3
8 ч.	0,0	„	
9 ч.	— 0,12	„	
10 ч.	— 0,18	15,0	

Изъ этихъ наблюденій Дюроше не видна зависимость колебанія собственной температуры (избытка температуры) отъ колебаній температуры воздуха; напротивъ того, въ таблицахъ Вролика и Фриса ¹⁾ на первый планъ выступаетъ то обстоятельство, что колебанія температуры теплой части початка *Colocasia odora* соотвѣтствуютъ колебаніямъ температуры воздуха, что тотчасъ обнаруживается, коль скоро таблицы графически выразить въ системѣ координатъ, въ которой время обозначить въ видѣ абсциссъ, а температуры частей початками и воздуха въ видѣ ординатъ. Кривыя, получаемыя такимъ образомъ, представляютъ поразительное сходство, причемъ кривыя температуръ частей початка постоянно далѣе удалены отъ абсциссъ, чѣмъ кривыя температуръ воздуха. Разстояніе между обѣими кривыми, тѣмъ не менѣе значительно мѣняется. Утромъ разстояніе обѣихъ кривыхъ незначительно, затѣмъ кривая теплаго органа поднимается все болѣе надъ кривой температуры воздуха, такъ что въ полдень или въ первые часы послѣ полудня, разстояніе между обѣими наибольшее, и затѣмъ первая кривая снова приближается къ послѣдней. Maximum избытка температуры початка не совпадаетъ со временемъ раскрытія пыльниковъ. На одномъ початкѣ, покрывало котораго раскрылось 28-го апрѣля; въ 3 часа по полудни 29-го числа температура повысилась на 7,2° Ц.; 1-го мая отъ 2-хъ до 5-ти часовъ выпала пыль, и maximum собственной теплоты въ это время простирался только до 6,7° Ц.; 2-го мая въ 9 часовъ утра онъ увеличился до 8,9° Ц.; 3-го мая послѣ полудня понизился до 7,8° Ц.; 4-го мая самонагрѣваніе прекратилось. У другаго початка, непосредственно за изверженіемъ пыли, около 3-хъ часовъ по полудни, температура увеличилась на 8,9°; въ слѣдующій полдень на 8,3°, на третій день около 2-хъ часовъ по полудни вершина початка представляла повышеніе на 10°, на четвертый день температура понизилась до 1,7°. Въ слѣдующей работѣ тѣхъ же изслѣдователей ²⁾ початокъ *Colocasia odora* представлялъ послѣ полудня, предъ вышнѣніемъ пыли, maximum собственной теплоты до 9°; день спустя, въ 11 часовъ, когда

¹⁾ Vrolik et De Vriese, Ann. des. sc. nat. 1836, t. V, стр. 139, ff.

²⁾ Ann. des sc. nat. 1839, t. XI, стр. 68—69.

пыль высыпалась, только въ 1,7° Ц., но 1½ часа позже собственная температура возвысилась до 11°; въ слѣдующій день она простиралась еще до 6,2° Ц.

β) Вообще замѣченные maximum избытка температуры початка въ большинствѣ случаевъ вѣроятно на нѣсколько градусовъ ниже истинной температуры, потому что шарикъ измѣрительнаго термометра прикладывался къ части початка большею частію только съ одной стороны, а часто ставился только вблизи. Губертъ ¹⁾ наблюдалъ на о-вѣ Бурбонѣ, что когда онъ покрывалъ вокругъ термометра пять початковъ *Agum cordifolium* (*Colocasia odora*), то термометръ показывалъ 44° (Ц.?), при температурѣ воздуха въ 19°; когда же онъ клалъ вокругъ термометра 12 початковъ, температура повысилась до 49,5°. слѣдовательно возвышеніе температуры отъ развитія собственной теплоты простиралось до 30,5°; Гешпертъ ²⁾ у срѣзаннаго початка *Agum Dracunculus* нашелъ 27° при температурѣ воздуха въ 13°, слѣдовательно разница 14° (Ц.?).

Самая большая разница температуръ, замѣченная Вроликъ и Де Врисомъ у *Colocasia odora* (во 2-й статѣ) была 11° Ц., причемъ термометръ висѣлъ подлѣ вершины початка. Сеенебе (I. c.) наблюдалъ у *Agum maculatum* 7° Ц., Дютроше на булавовидной его части 10,4° Ц.

γ) Maximum самонагрѣванія достигаетъ своей наибольшей степени въ верхней части початка, менѣе высокой въ пыльникахъ, и самой незначительной въ женскихъ органахъ. Дютроше нашелъ въ булавовидной части *Agum maculatum* maximum 10,4°, въ пыльникахъ 4,9°, а 1,7° Ц. въ завязи плода. Вроликъ и Де Врисъ наблюдали (1836) у одного початка слѣдующія maximumы самонагрѣванія: на безплодныхъ пестикахъ 2,7° Ц., на пыльникахъ 4,4° Ц., на безплодныхъ тычинкахъ 4,4° Ц., въ слѣдующій день 3,9°, — 4,5°, — 7,2° Ц., на третій на безплодныхъ пестикахъ тоже 3,3° Ц. и на безплодныхъ нитяхъ тычинокъ 6,7° Ц., на четвертый день въ первыхъ 1,7°, въ послѣднихъ 8,9° Ц., на пятый день въ безплодныхъ пестикахъ 1,1°, въ нитяхъ тычинокъ 7,8° Ц.; у другаго початка того же самаго растенія они находили втеченіи четырехъ послѣдовательныхъ дней maximum самонагрѣванія съ наружной стороны вершины початка = 8,9°, — 8,3°, 10,0°, 1,5°; одновременно наибольшія величины на нижней части, несущей половые органы были = 0,6° — 3,3° — 1,1° — 0,0°.

δ) На отношеніе принятія кислорода къ самонагрѣванію початка было указано уже изслѣдованіями Губерта на о-вѣ Бурбонѣ, но впервые доказано съ обычною отчетливостію Соссюромъ ³⁾. Для початковъ *Agum maculatum*, образованіе теплоты у которыхъ было въ такой степени слабо, что они не обнаруживали никакого легко замѣтнаго возвышенія температуры, онъ находилъ количество кислорода потребленнаго путемъ дыханія впродолженіи 24-хъ часовъ, по объему въ пять и даже шесть разъ болѣе самаго початка, слѣдовательно, не больше чѣмъ у другихъ цвѣтвъ.

Совершенно иной результатъ получается для нагрѣтаго початка, который вмѣстѣ съ покрываломъ въ 6,6 СС. емкости былъ введенъ въ атмосферу въ 1000 СС., замкнутую ртутью. По прошествіи 24-хъ часовъ этотъ объемъ не измѣнился; весь кислородъ его былъ замѣненъ углекислотою, за исключеніемъ приблизительно 1-го проц. (слѣдовательно около 200 СС.). Початокъ потребилъ при дыханіи объемъ кислорода въ тридцать разъ болѣе собственнаго объема; въ слѣдующіе 24 часа початокъ выдѣлилъ только пятерной объемъ углекислоты. Другой теплый початокъ былъ разрѣзанъ на три части: 1) покрывало, 2) булавовидную часть и 3) на нижнюю покрывку половыми органами. Каждая часть въ отдѣльности была заключена на 24 часа въ приемникъ съ 1000 СС. воздуха и оказалось, что покрывало потребило кислорода для образованія углекислоты только пятикратный, булавовидная часть тридцатикратный, а половые органы 132-хъ-кратный объемъ. Подобный результатъ получилъ онъ и для *Agum Dracunculus*. Початокъ этого растенія, ткань котораго за исключеніемъ пустотъ занимала 74 СС. (что приблизительно соотвѣтствуетъ 74 граммамъ вѣса), потребила въ 24 часа 963 СС. кислорода, или объемъ въ тридцать разъ болѣе собственнаго объема; початокъ безъ покрывала, при тѣхъ же условіяхъ потребилъ 57 объемовъ кислорода. Соцѣткіе *Agum Dracunculus* будучи раздѣлено на четыре части, изъ коихъ каждая была заключена на 24 часа въ приемникъ, дало слѣдующіе результаты: покрывало, вѣсомъ въ 55 граммовъ, потребило объемъ кислорода, равный

¹⁾ См. у Соссюра въ *Ann. des sc. nat.* 1822, t. XXI, стр. 285.

²⁾ Gippert: «Ueber Wärmeentwicklung in der lebenden Pflanze», Wien, 1832, стр. 25.

³⁾ Th. de Saussure, De l'action des fleurs sur l'air, et de leur chaleur propre въ *Ann. des sc. nat.* 1822, t. XXI, стр. 287, ff.

половинѣ собственнаго объема; булавовидная часть, вѣсомъ 13,7 граммовъ, потребила его 26 объемовъ (= 356 СС.); часть съ пыльниками, вѣсомъ въ 2 грамма, потребила 35 объемовъ, а часть съ женскими органами, вѣсомъ въ 2 грамма, потребила 10 объемовъ.

Вроликъ и Де Врисъ ¹⁾ употребили очень сложный аппаратъ, чтобъ можно было початокъ *Colocasia odora*, не срѣзывая его съ растенія, отдѣльно вводить въ различные газы. Когда они ввели его въ чистый кислородъ, температура его повысилась на 2,8° выше, чѣмъ у початка, находящагося въ оранжереѣ; избытокъ теплоты въ кислородномъ газѣ на слѣдующій день простирался на 5° Ц. выше, чѣмъ въ воздухѣ. Когда помѣщали теплый початокъ въ чистый азотъ, то онъ охладился, и при вторичномъ опытѣ въ немъ не замѣчалось никакого самонагрѣванія и прекратилось дальнѣйшее развитіе. Впослѣдствіи ²⁾, когда они помѣщали початокъ *Coloc. odora* въ определенное количество воздуха, замкнутого ртутью, причемъ онъ оставался на растеніи, то вначалѣ происходило нагрѣваніе, но по превращеніи всего кислорода въ пріемникъ въ углекислоту, нагрѣваніе прекращалось.

Гарро ³⁾ употреблялъ аппаратъ, представленный на фиг. 38-й. Въ маленький, снабженный горлышкомъ стеклянный колоколь, чрезъ пробку замыкающую его, пропускаяется термометръ *t*, шарикъ котораго покрывается продырявленнымъ тафтянымъ футляркомъ *a*. Въ этотъ послѣдній вставляется початокъ *Arum maculatum* *s*, лишенный покрова и укрѣпленный въ пробиркѣ *h*, наполненной пескомъ. Въ блюдечкѣ находится вода, замыкающая колоколь. Колоколь съ внутренней стороны смазываютъ растворомъ кали, который поглощаетъ образующуюся углекислоту, объемъ которой опредѣляютъ изъ поднятія воды, замыкающей колоколь. Початки подвергались опыту по наступленіи ихъ нагрѣванія. 4-го іюня 1851 г. початокъ съ женскими органами, вѣсомъ въ 3,5 граммовъ, былъ подвергнутъ опыту при температурѣ воздуха 18° Ц.



ф. 38.

Время.	Избытокъ температуры початка.	Средній вы- воль.	Поглощенный кислородъ.	Объемъ поглощеннаго кислорода, при объемѣ початка = 1.
1-й часъ } 3 ч. 30'	2,5° Ц. }	3,2° Ц.	39 СС.	11,1
4 ч. 30'	3,9 }			
2-й часъ } 4 ч. 30'	3,9 }	5,3	57	16,2
5 ч. 30'	6,7 }			
3-й часъ } 5 ч. 30'	6,7 }	7,8	75	21,4
6 ч. 30'	8,9 }			
4-й часъ } 6 ч. 30'	8,9 }	8,3	100	28,5
7 ч. 30'	7,7 }			
5-й часъ } 7 ч. 30'	7,7 }	6,0	50	14,2
8 ч. 30'	4,2 }			
6-й часъ } 8 ч. 30'	4,2 }	2,7	20	5,7
9 ч. 30'	1,2 }			
Средній часовой результатъ		5,5° Ц.	56,8 СС.	16,1

Гарро приводитъ еще двѣ подобныя таблицы, представляющая подобное же соотношеніе собственной теплоты къ потребленному кислороду. Изъ трехъ шестичасовыхъ наблюденій получено:

¹⁾ Ann. des sc. nat. 1839, т. XI, стр. 73, ff.

²⁾ Ann. des sc. nat. 1840, т. XIV, стр. 360.

³⁾ Garreau: «Mémoire sur les relations qui existent entre l'oxigène consommé par le spadix de l'*Arum italicum* en état de paroxysme et la chaleur qui se produit: «Ann. des sc. nat. 1851, т. XVI, стр. 25, ff.

1-й опыт: средняя собственная температура = 5,5°, потребленный кислород = 16,1.
2-й „ „ „ „ „ = 6,1°, „ „ „ = 16,9.
3-й „ „ „ „ „ = 7,3°, „ „ „ = 17,3.

Числа праваго столбца показываютъ, во сколько разъ объемъ потребляемаго кислорода превосходитъ объемъ початка.

е) Губертъ и Соссюръ наблюдали при самонагрѣваніи початковъ *Colocasia odora* и *Agum Dracunculius*, замкнутыхъ въ приемникъ, выдѣленіе значительнаго количества воды паровъ, которые спускались на стѣнкахъ приемника. Еще не разъяснено, слѣдуетъ ли приписывать выдѣленіе воды единственно увеличенію испаренія, обусловленному повышеніемъ температуры, или еще и другимъ обстоятельствомъ. Вода, образуемая одновременно съ углекислотою при сгараніи органическихъ веществъ, можетъ составить относительно только незначительную долю всей выдѣлившейся воды.

II. Самонагрѣваніе другихъ цвѣтвѣвъ.

И здѣсь Соссюръ (1. с.) проложилъ путь, на которомъ, къ-сожалѣнію, до сихъ поръ не имѣетъ достойнаго себѣ изслѣдователя. Онъ произвелъ изслѣдованія съ помощію термоскопа не только надъ цвѣтами названными въ предъидущемъ отдѣлѣ, дыханіе которыхъ было имъ изслѣдовано, но и надъ 60-ю другими видами, конхъ цвѣты по формѣ, способу соединенія, величинѣ и по половымъ органамъ казались удобными для изслѣдованія. При этомъ онъ пользовался термоскопомъ Пиктета, который состоялъ изъ стекляннаго шарика 9 милл. въ діаметрѣ, снабженнаго длинною узкою трубкою. Инструментъ наполняется воздухомъ и въ открытой трубкѣ его находится подвижной показатель, т. е. капля воды или алкооля. Съ измѣненіемъ температуры шарика на 1° Ц. этотъ указатель въ трубкѣ передвигался на 2 стм. Испытываемые цвѣты онъ ставилъ въ защищенное мѣсто, имѣвшее постоянную температуру, гдѣ они оставались болѣе продолжительное время до наблюденія. Термоскопъ прикрѣплялся къ подвижнымъ подставкамъ, посредствомъ которыхъ его можно было опускать въ цвѣтокъ и вынимать изъ него, не приближаясь къ цвѣтку.

Значительное число цвѣтвѣвъ оказалось, вслѣдствіе испаренія, холоднѣе окружающаго воздуха. Только въ трехъ родахъ: *Cucurbita*, *Bignonia radicans* и *Polygonum tuberosa*, ему удалось наблюдать самонагрѣваніе цвѣтвѣвъ.

Если, говоритъ Соссюръ, утромъ между 7-мъ и 10-мъ часами слегка приложить шарикъ термоскопа къ основанію пыльниковъ *Cucurbita Melo-Perо* и если цвѣтокъ только что распустился и взять съ молодаго растенія, то можно часто замѣтить, что указатель передвигается на 8—9 стм., что соотвѣтствуетъ 4—5° Ц. Но онъ наблюдалъ также вдвое большее измѣненіе. Опъ изслѣдовалъ иногда 30 мужскихъ цвѣтвѣвъ, не находя ни одного, который не былъ тепелъ. У старыхъ растеній, листья которыхъ покрыты бѣлымъ налѣтомъ, нагрѣваніе цвѣтвѣвъ менѣе явственно. При дождѣ и росѣ повышенія температуры явственнѣе; при 15—20° Ц. воздуха повышеніе температуры замѣтнѣе, чѣмъ при болѣе высокихъ температурахъ; въ женскихъ цвѣтахъ самонагрѣваніе незначительно; то же самое наблюдалъ онъ и у *Cucurbita Perо*.

У *Bignonia radicans* онъ могъ замѣтить незначительную собственную теплоту только у совершенно неповрежденныхъ цвѣтвѣвъ въ іюль и началѣ августа, вставляя шарикъ термоскопа въ вѣнчикъ сколько возможно глубже. Указатель термоскопа передвигался на величину, соотвѣтствовавшую избытку температуры въ 0,5° Ц.

У *Polianthes tuberosa* онъ часто наблюдалъ при вдвиганіи шарика термоскопа въ вѣнчикъ, повышеніе температуры на $0,3^{\circ}$ Ц., впрочемъ только у первыхъ изъ распускающихся цвѣтковь соцвѣтія.

То, что самонагрѣваніе цвѣтковь встрѣчается рѣдко, Соссюръ не приписываетъ исключительно ихъ формѣ, которая бы благоприятствовала ихъ охлажденію, но по видимому склоненъ принять, кромѣ процесса старанія, имѣющаго слѣдствіемъ образованіе углекислоты, еще и другія согрѣвающія причины.

Изъ другихъ работъ по своей полнотѣ заслуживаютъ упоминанія прежде всего еще работы Каспари ¹⁾, произведенныя надъ *Victoria regia*. По его мнѣнію, возвышеніе температуры происходитъ уже въ цвѣточной почкѣ, вособенности въ пыльникахъ; при распусканіи наступаетъ пониженіе, но спустя 1—4 часа послѣ распусканія температура снова повышается и превышаетъ температуру воды, въ которой растение растетъ, на $0,55$ — $4,04^{\circ}$ Р., а температуру воздуха съ $6,45$ — $11,1^{\circ}$ Р. Кромѣ того ежедневно наступаетъ предъ солнечнымъ восходомъ minimum, а послѣ полудня maximum теплоты (избытка?). Развитіе теплоты обнаруживается здѣсь у пыльниковъ, нитей, стаминодіевъ, лепестковъ и плодниковъ; въ пыльникахъ теплота наибольшая потому, что избытокъ температуры сравнительно съ водою простирается до $2,9$ — $5,95^{\circ}$, сравнительно съ воздухомъ до $8,66$ — $12,2^{\circ}$ Р.(?) Рыльце холоднѣе, а еще холоднѣе лепестки и стаминодіи. Когда на третій день температура въ пыльникахъ уменьшается, то температура рыльца становится на $0,8$ — 1° Р. выше температуры послѣднихъ.

Различные цвѣты бывають въ этомъ отношеніи, какъ само собою разумѣется, различны. Разница между средней температурою цвѣтка и воздуха вообще тѣмъ болѣе, чѣмъ холоднѣе воздухъ (?). Упомянутое повышеніе температуры, 2—4 часа послѣ раскрытія цвѣтковь, предшествуетъ раскрытію пыльниковъ и выпаденію пыли, происходящимъ лишь во вторую ночь. (Нѣкоторыя мѣста этой работы мнѣ не понятны).

У Гейшера (*Wurmeentwicklung* 1830, стр. 185) находится далѣе указаніе, что Шулльцъ наблюдалъ самонагрѣваніе у *Cactus grandiflorus* и *Pancreatium maritimum*, Унгеръ (*Anat. und Phys.* 603) говоритъ, что Де Врисъ (*De Vriese*) наблюдалъ то же самое у *Cycas circinalis*.

§ 81. Образованіе теплоты при проростаніи впервые было замѣчено при приготовленіи солода, и затѣмъ было наблюдаемо Гейшпертомъ ²⁾ для разныхъ породъ, причѣмъ онъ ставилъ прорастающія сѣмена въ такія же условія, какъ при приготовленіи солода. Болѣе значительныя количества такихъ сѣмянъ прежде всего вымачивались въ водѣ и затѣмъ ссыпались въ кучи, гдѣ прорастались и нагрѣвались. Чтобы еще болѣе препятствовать потерѣ теплоты, что уже достигается собираніемъ въ кучу, Гейшпертъ вымоченныя сѣмена ссыпалъ въ деревянный сосудъ, обитый паклей толщиною въ 2—3 дюйма. Чѣмъ быстрѣе при подобныхъ условіяхъ происходило проростаніе, тѣмъ выше поднималась температура, но потомъ появлялась плѣсень и гниль. Недостатокъ опыта заключается въ томъ, что сѣменамъ, собраннымъ въ кучи, недостаетъ необходимаго количества свѣжаго воздуха, чего однако можно было бы избѣгнуть. Во всякомъ случаѣ опыты Гейшперта положительно доказали развитіе теплоты при проростаніи, если основываться въ его таблицахъ исключительно на показанія температуры для первыхъ дней опыта.

¹⁾ Flora 1856, стр. 219.

²⁾ Ueber Wärmeentwicklung in der lebenden Pflanze, Wien, 1832.

Впрочемъ, во многихъ случаяхъ, сѣмена проросшія при упомянутыхъ условіяхъ, были доведены до дальнѣйшаго развитія, изъ чего видно, что теплота, развившаяся при прорастаніи, не можетъ быть приписана гніенію сѣмянъ. Если разсмотрѣть въ таблицахъ Гешперта числа, относящіяся къ тѣмъ днямъ опыта, когда прорастаніе только что началось и считать ихъ независимыми отъ вліянія плѣсени, показывающей 3—4-мя днями позже, то изъ его данныхъ можно заключить, что повышеніе температуры достигаетъ примѣрно у пшеницы и овса 9—10° P.; у манса 5—6° P., у гороха и конопли 6—7° P., клевера 14° P., *Spergula arvensis* 9° P., *Brassica Napus* 17° P., *Carum Carvi* 6° P. Прорастающія луковицы *Allium sativum*, подвергнутыя той же операціи какъ и сѣмена, повысили температуру на 2,7° P. и не обнаружили повидимому никакого гніенія; прорастающіе клубни картофеля представляютъ то же самое.

§ 82. Освобожденіе теплоты въ зеленыхъ вегетативныхъ органахъ. Мы не будемъ здѣсь касаться старыхъ опытовъ, неудовлетворяющихъ самымъ скромнымъ научнымъ требованіямъ въ отношеніи метода изслѣдованія ¹⁾. Достойны замѣчанія послѣдніе опыты Гешперта и тщательныя, хотя и не совсѣмъ безупречныя изслѣдованія Дютроше.

Чтобы удержать теплоту, освобождающуюся въ растущемъ органѣ отъ ея распространенія посредствомъ проводимости, лученспусканія и испаренія, Гешпертъ примѣнилъ здѣсь (l. c.) такой же приѣмъ, какъ и при прорастаніи. Онъ складывалъ въ кучу большое количество растений, ставилъ между ними термометръ и удостовѣрялся въ здоровомъ состояніи испытуемыхъ растений ихъ продолжающимся ростомъ.

Такъ какъ ожидаемое самонагрѣваніе должно быть незначительно, то опыты производились въ такое время, когда температура воздуха, необходимая для сравненія, обнаруживала только незначительныя колебанія. Болѣе сильныя колебанія, вособенности пониженіе температуры окружающей среды при незначительной теплопроводности сваленныхъ въ кучу растений, легко ведутъ въ заблужденіе.

У Гешперта испытуемыя растенія долгое время предъ началомъ опыта находились въ той же окружающей средѣ, какъ и во время опыта. Онъ говоритъ, что температура при началѣ опыта обыкновенно понижается на половину или на цѣлый градусъ, но затѣмъ снова скоро повышается. Если теплота растений сдѣлалась выше температуры атмосферы, то съ удаленіемъ оболочекъ, облегающихъ растеніе и препятствующихъ удаленію теплоты, температура растенія понижается.

Гешпертъ бралъ какъ срѣзанныя вѣтви, такъ и цѣлыя растенія; вѣтви для сохраненія ихъ въ свѣжемъ состояніи ставились въ воду плоскостью разрѣза. При одномъ изъ такихъ опытовъ молодыя растенія овса, въ 3 дюйма длиною ²⁾ и въ 28 лотовъ вѣсомъ, складывались въ кучу; въ продолженіи трехъ дней температура окружающаго воздуха колебалась въ предѣлѣ 15,1 и 15,6° P., температура растеньицъ овса въ предѣлѣ 16,6 и 18,4° P. Гешпертъ положительно говоритъ, что растеньица послѣ опыта были еще совершенно здоровы и продолжали расти.

Двадцать стеблей *Zea Mais*, связанныхъ вмѣстѣ, и столько же *Cyperus escu-*

¹⁾ Болѣе старую литературу см. у Гешперта: «Ueber die Wärmeentwickelungen in den Pflanzen, deren Gefrieren und Schutzmittel». Breslau, 1883, стр. 131—177.

²⁾ Они вѣроятно еще не закончили періода прорастанія.

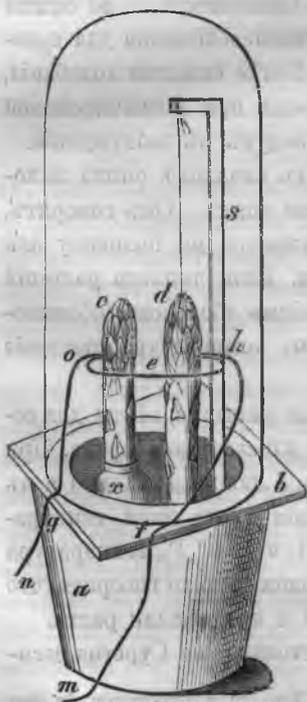
lentus, обнаруживали постоянно температуру, превышавшую температуру воздуха на 1—1,5°.

Фунтъ цвѣтущихъ растений *Hyoscyamus niger* вмѣстѣ съ корнями повысилъ температуру, сравнительно съ температурой воздуха, въ первые 2 часа на 0,3°, въ третій часъ на 0,9°, въ четвертый до десятого часа на 1,4—1,8°; на третій день разница уменьшилась до 1°.

Подобное же повышеніе температуры на 1,5—2° Гешпертъ наблюдалъ въ растеніяхъ *Sedum acre*, сложенныхъ въ кучи въ 4 фунта вѣсомъ, въ связанныхъ вѣтвяхъ *Pinus Abies*, *Eupatorium cannabinum*, цвѣтущаго *Solidago arguta*, вѣсившихъ 1 фунтъ. Въ незрѣлыхъ плодахъ *Phaseolus vulgaris*, вѣсившихъ 10 фунтовъ, температура держалась, на 19,2—19,5°, тогда какъ температура воздуха впродолженіи 16-ти часовъ понизилась съ 17,4 до 15,4°. Растеньица *Spergula arvensis* длиною въ 1 дюймъ, сложенные въ кучу вѣсомъ въ 1 фунтъ, при 16,5° уже по прошествіи часа обнаружили повышеніе на 1°. Растенія гороха обнаружившія самонагрѣваніе уже при прорастаніи, выросли до 2—4 дюймовъ длины; фунтъ этихъ растеній, собранныхъ въ кучу, обнаружили при 16—16,6° воздуха температуру въ 20,8—21,8°. Хорошо сохранившіяся растенія послѣ опыта продолжали расти втеченіи 8-ми дней и достигли длины 10—12 дюймовъ; они вѣсили тогда 24 унціи, все количество ихъ состояло изъ 384-хъ экземпляровъ; сложенные въ кучу вечеромъ при 16,5° температуры воздуха, показывали на слѣдующій день при 16,5—16,4° температуры воздуха — температуру 17,5—19,4°.

Дютроше ¹⁾ вывелъ необходимость самонагрѣванія растеній изъ ихъ дыханія, которое онъ сравнивалъ съ дыханіемъ холоднокровныхъ животныхъ. Его

методъ, какъ и весь взглядъ на происходящее при этомъ процессы существенно отличается отъ воззрѣнія Гешперта. Онъ употреблялъ два прибора, основанные на одномъ и томъ же принципѣ; одинъ изъ этихъ приборовъ представленъ на фиг. 39-й. Приборъ *o, e, h* есть термоэлектрическая игла, которая посредствомъ проволоки *ng* и *mf* соединяется съ мультипликаторомъ. Часть *e* есть желѣзная проволока, части *o* и *h* во всю длину — мѣдныя проволоки; оба конца проволоки *e* — спаяны съ *o* и *h*, и острия спайки покрыты лакомъ; спайки воткнуты въ части растеній *c* и *d*; живой отпрыскъ *c*, котораго самонагрѣваніе будетъ наблюдаться, поставленъ въ сосудъ съ водою *x*. Другой подобный отпрыскъ *d*, предварительно убитый, повѣшенъ на ниткѣ подставки *s* и служитъ для сравненія; *a* — цвѣточный горшокъ, на которомъ положена гипсовая пластинка *b*, наполненъ сырымъ пескомъ; въ отверстіе пластинки выставляются оба отпрыска, покрытые высокимъ стекляннмъ колоколомъ, который въ свою очередь поставленъ на гипсовую крышку и у нижняго края обсыпанъ сырымъ пескомъ. Предварительными опы-



ф. 39.

¹⁾ Ann. des sc. nat. 1840, t. XIII, стр. 1, ff.

тамъ были опредѣлены отклоненія магнитной стрѣлки мультипликатора для пзвѣстныхъ разностей температуръ и при дальнѣйшихъ опытахъ все стараніе было обращено на устраненіе постороннихъ вліяній. Часть растенія, служившая для сравненія, была убита погруженіемъ въ воду при 50°; если живое и убитое растенія оставались на открытомъ воздухѣ, то температура живой части была всегда выше температуры убитой; но это объясняется тѣмъ, что живыя ткани испаряютъ медленнѣе убитыхъ. Когда же Дютроше одну спайку обвертывалъ бумагою, а другую вставлялъ въ живой органъ, то происходило обратное. Температура этого послѣдняго была постоянно ниже, что зависѣло отъ охлажденія вслѣдствіе испаренія. Для устраненія испаренія, растеніе накрываютъ стекляннымъ колоколомъ. Но при этомъ рождается вопросъ, не происходило ли хотя очень медленное испареніе, несмотря на влажность воздуха, въ которомъ находились растенія, подвергнутыя опыту; оно должно происходить, если воздухъ внутри колокола не былъ постоянно абсолютно насыщенъ водянымъ паромъ. Въ этомъ случаѣ болѣе усиленное испареніе убитаго органа должно было обусловить болѣе значительное пониженіе температуры, чѣмъ у живаго, и такъ какъ въ опытахъ Дютроше разница всего въ десятыхъ и сотыхъ доляхъ градуса, то эти обстоятельства не должны быть опущены изъ вида.

Въ пользу доказательности опытовъ Дютроше говоритъ не только тщательность, съ которою они были произведены, но и незначительность колебаній температуры воздуха и періодической ходъ измѣненій избытка температуръ живаго растенія, указываемый термоэлектрической иглою. Для насъ достаточно, если изслѣдованія Дютроше доказываютъ, что наблюдаемые избытки температуръ въ живыхъ растительныхъ органахъ дѣйствительно обусловливаются самонагрѣваніемъ, но вѣрны ли числовыя данныя — это еще вопросъ.

Излишки температуръ въ 1—2 и болѣе градусовъ, найденные Геппертомъ въ зеленыхъ растеніяхъ, очень велики сравнительно съ соотвѣтственными показаніями Дютроше, у котораго числа эти составляютъ всего десятые доли градуса. Если эти незначительныя величины, найденныя Дютроше и имѣющія въ свою пользу большую вѣроятность, соотвѣтствуютъ дѣйствительности, то надобно замѣтить, что чѣмъ меньше разницы температуръ, тѣмъ скорѣе должно допустить вліяніе постороннихъ обстоятельствъ, вызвавшихъ наблюдаемое явленіе независимо отъ самонагрѣванія растеній. Въ настоящее время, обладая болѣе усовершенствованными средствами для наблюденій, можно будетъ рѣшить, чьи данныя ближе къ истинѣ — Гепперта или Дютроше.

Цвѣтушій стебель *Euphorbia Lathyris* былъ срѣзанъ и съ вечера приготовленъ для опыта, игла была воткнута подъ сощвѣтіе и наблюденіе было начато въ послѣдующее утро съ наступленіемъ равновѣсія между температурой воздуха и растенія.

Euphorbia Lathyris. По Дютроше.

Дни.	Часы.	Избытокъ температуры въ растеніи.	Температура воздуха.	Дни.	Часы.	Избытокъ температуры въ растеніи.	Температура воздуха.
5 іюня	6 ч. д. пол.	0,09° Ц.	16,8° Ц.	6 іюня	6 ч. д. пол.	0,00° Ц.	16,2° Ц.
	7	0,11	»		7	0,03	16,2
	8	0,12	»		8	0,06	16,3
	9	0,18	16,9		9	0,09	16,5
	10	0,25	17,0		10	0,11	16,8
	11	0,28	17,2		11	0,15	16,8
Полдень	12	0,31	17,3	Полдень	12	0,15	17,1
	1 ч. п. пол.	0,34	17,5		1 ч. п. пол.	0,18	17,2
	2	0,28	17,7		2	0,12	17,4
	3	0,28	17,7		3	0,12	17,6
	4	0,18	17,8		4	0,06	17,5
	5	0,12	17,6		5	0,03	17,5
	6	0,06	17,5		6	0,03	17,4
	7	0,03	17,4		7	0,015	17,0
	8	0,03	17,2		8	0,00	16,8
	9	0,015	17,0		9	0,00	16,5
	10	0,00	17,0		10	0,00	16,3

7-го іюня наступило еще незначительное увеличеніе самоагрѣванія, а 8-го оно совершенно прекратилось. Это быстрое отмираніе по Дютроше обще всѣмъ растеніямъ. Наибольшія величины самоагрѣванія онѣ находилъ у однихъ и тѣхъ же растений въ различные дни всегда въ одно время; напротивъ того, у различныхъ растений, въ разное время.

Растенія.	Часы наибольшаго самоагрѣванія.	Наибольшія величины избытка температуры.	Температура воздуха.
Rosa canina	10 ч. д. пол.	0,21° Ц.	22° Ц.
Allium Porrum . . .	11 ч. д. пол.	0,12	23,8
Borrago officinalis . .	12 полдень.	0,09	19,0
Euphorbia Lathyris . .	1 ч. п. пол.	0,34	17,5
Papaver somniferum . .	1 ч. п. пол.	0,21	20,4
Cactus flabelliformis . .	1 ч. п. пол.	0,12	19,5
Helianthus annuus . .	1 ч. п. пол.	0,22	13,8
Impatiens Balsamina . .	1 ч. п. пол.	0,11	16,0
Aylanthus glandulosa . .	1 ч. п. пол.	0,16	22,0
Campanula Medium . .	2 ч. п. пол.	0,31	16,2
Sambucus nigra . . .	2 ч. п. пол.	0,21	19,3
Lilium candidum . . .	2 ч. п. пол.	0,28	19,5
Asparagus officinalis . .	3 ч. п. пол.	0,25	12,0
Lactuca sativa . . .	3 ч. п. пол.	0,09	21,8

Самую сильную степень самоагрѣванія представляютъ, по Дютроше, всегда конечныя почки, ниже ихъ оно слабѣе. Это наблюденіе согласно съ предположеніемъ, что самоагрѣваніе тѣмъ дѣятельнѣе, чѣмъ сильнѣе потребленіе кислорода тканью растенія. Избытка температуръ онѣ не могъ замѣтить въ древесинѣ даже очень молодыхъ липъ, вяза, дуба, а напротивъ того, въ сердцевинѣ, пока она оставалась сочною, избытокъ температуры былъ замѣтенъ. Дютроше про-

извѣлъ цѣлый рядъ наблюдений надъ *Campanula Medium*, находившеюся въ темнотѣ. Вмѣсто стекляннаго колокола она была покрыта непрозрачнымъ приѣмникомъ изъ папки. Здѣсь также замѣчалось въ продолженіи 4-хъ дней увеличеніе избытка самонагрѣванія, начиная съ утра до 2-хъ часовъ п. п. и затѣмъ пониженіе до ночи; на пятый день не замѣчалось избытка въ температурѣ растенія въ темнотѣ, а когда на шестой день растеніе было выставлено на свѣтъ, самонагрѣваніе снова наступило и медленно увеличивалось. Когда Дютроше вводилъ спицу иглы между лепестками *Paeonia*, *Paraver*, *Rosa*, то у него не получалось ни малѣйшаго признака самонагрѣванія, которое обнаруживалось коль скоро онъ вдвигалъ иглу въ завязь.

Въ незрѣломъ плодѣ *Solanum Lycopersicum*, находившемся еще на растеніи, ему удалось замѣтить дневной періодъ самонагрѣванія. Кромѣ того, онъ доказалъ присутствіе собственной теплоты въ цѣломъ рядѣ незрѣлыхъ плодовъ. Въ заключеніе онъ приводитъ избытокъ въ температурѣ различныхъ грибовъ, между которыми теплота у *Boletus aëreus* (*aeneus*?) доходила до 0,45° Ц.

с. Фосфоресценція.

§ 83. Мы не будемъ входить здѣсь въ разсмотрѣніе свѣченія гнѣющихъ и разлагающихся растительныхъ частей. Многочисленныя показанія о явленіяхъ свѣченія въ цвѣтахъ, млечныхъ сокахъ и листьяхъ столь неполны, что даже возникаетъ сомнѣніе въ ихъ дѣйствительности, а принимая во вниманіе рѣдкость явленій подобнаго рода, только случайность можетъ доставить фактическое подтвержденіе этихъ показаній. Поэтому здѣсь достаточно привести въ выноскѣ важнѣйшую сюда относящуюся литературу¹⁾.

Напротивъ того явленія фосфоресценціи у *Agaricus olearius* и *Rhizomorpha* суть явленія дѣйствительно доказанныя, близко изслѣдованныя, тѣсно связанныя съ жизненнымъ процессомъ растенія и потому должны быть внесены въ область нашей науки. Изъ заслуживающей вниманія работы Фабра касательно перваго изъ названныхъ грибовъ, а отчасти также изъ болѣе старыхъ неполныхъ наблюдений надъ *Rhizomorpha* слѣдуетъ, что явленія свѣченія въ этихъ случаяхъ связаны не только съ жизнедѣятельностью растенія, но и съ присутствіемъ атмосфернаго кислорода, а потому есть основаніе отнести свѣченіе, подобно самонагрѣванію, къ ряду явленій, зависящихъ отъ процесса дыханія.

Золотисто-желтый *Agaricus olearius* растетъ во всемъ Провансѣ въ октябрѣ и ноябрѣ подъ оливковыми деревьями. По Делилю (*Delile*) и Фабру (*Fabre*) свѣтятся только его гименіи, но не бѣлыя споры. По Тюлану (*Tulasne*) во многихъ случаяхъ свѣтятся также и пепѣкъ, по крайней мѣрѣ мѣстами, и даже внутренность гриба²⁾, чего не могъ замѣтить Фабръ, производившій наблюденія при менѣ

¹⁾ С. F. Ph. Martius: *Reise in Brasilien* II, p. 726 и 746 (о свѣченіи млечнаго сока *Euphorbia*); P. De Candolle: *Physiol.* II, 684 (прекрасный сборъ литературы о свѣченіи цвѣтѣвъ, составленный Рёперомъ); Meyen: *Physiol.* II, 194; Hartig: *Bot. Zeitg.* 1855, p. 148 (свѣченіе древесины); Tulasne: *Ann. des sc. nat.* 1848, t. IX. (Свѣченіе *Agaricus olearius*, *Rhizomorpha subterranea* и отмершихъ листьевъ бука); Fries въ *Flora* (Regensburg) 1859, № 11—18 (прекрасный историческій очеркъ съ собственными наблюденіями о свѣченіи цвѣтѣвъ).

²⁾ Тюланъ наблюдалъ при 18—20° Ц.; по его словамъ плоскости излома свѣтятся особенно тогда, когда остаются подвергнутыми дѣйствію воздуха (Tulasne, *Ann. d. sc. nat.* 1848, t. X, стр. 345).

высокой температурѣ воздуха. Названные наблюдатели согласны въ томъ, что грибъ свѣтится только во время произрастанія и что по смерти его явленіе свѣченія прекращается. Даже очень молодые экземпляры свѣтятся ярко и сохраняютъ это свойство во все время жизни. Фабръ ¹⁾ описывая этотъ свѣтъ, говоритъ, что онъ спокоенъ, бѣлъ, ровень и походить на блескъ раствореннаго въ маслѣ фосфора. Наблюденія его были сдѣланы въ ноябрѣ при 10—12° Ц. Онъ нашелъ, что грибъ точно также свѣтится днемъ, какъ и ночью, что было уже доказано Шмидтомъ (Schmitz) для *Rhizomorpha* ²⁾. Далѣе онъ нашелъ, что предшествовавшее дѣйствіе солнца не имѣетъ замѣтнаго вліянія на послѣдующее за спмъ свѣченіе въ темнотѣ, и что различная степень сырости воздуха также не оказываетъ ощутительнаго вліянія, ибо грибъ свѣтится какъ въ дождливое, такъ и въ сухое время и съ одинаковою яркостью въ насыщенномъ парами пространствѣ, подъ водою, содержащую воздухъ и въ обыкновенной атмосферѣ. Если высушить грибъ до отмиранія, то свѣченіе прекращается, что у *Rhizomorpha* по Тюлану происходитъ уже раньше. При температурахъ ниже + 4° или + 3° Ц. фосфоресценція пропадаетъ очень скоро, но при болѣе высокой температурѣ воздуха возобновляется. Свѣченіе достигаетъ maximum при 8—10° Ц., и дальнѣйшимъ нагрѣваніемъ не усиливается. Грибъ, погруженный въ теплую воду, сохраняетъ свое свѣченіе, но если температура повысится до 50° Ц., то способность свѣтиться пропадаетъ навсегда, и грибъ умираетъ.

Въ водѣ содержащей воздухъ, фосфоресценція также сильна, какъ и на воздухѣ, но если свѣтящійся грибъ погрузить въ прокипяченную воду, то свѣченіе почти мгновенно прекращается, хотя снова тотчасъ возобновляется, если грибъ вынуть изъ воды и внести на воздухъ. Въ пустомъ пространствѣ, въ водородѣ и въ углекислотѣ, фосфоресценція прекращается тотчасъ и окончательно. Если послѣ нѣсколькихъ часовъ пребыванія въ пустомъ пространствѣ или въ поименованныхъ газахъ, грибъ снова внести въ воздухъ, то онъ тотчасъ же приобретаетъ опять свой блескъ; болѣе долгое пребываніе въ углекислотѣ вредитъ ему. Въ чистомъ кислородѣ свѣченіе не усиливается, напротивъ, послѣ 36-ти часовъ оно ослабляется въ этомъ газѣ. Главнѣйшій, найденный Фабромъ фактъ тотъ, что *Agaricus olearius* въ фосфоресцирующемъ состояніи образуетъ гораздо болѣе углекислоты, чѣмъ когда онъ не свѣтится: шляпка его вмѣстѣ съ пластинками въ чистомъ кислородѣ при 12° Ц. дала въ продолженіи 36-ти часовъ на граммъ своего вѣса 4,41 СС. углекислоты; граммъ же несвѣтящагося вещества далъ только 2,88 СС. углекислоты ³⁾. Когда онъ, напротивъ того, поступалъ такимъ же образомъ со свѣтящимся кускомъ гриба при болѣе низкой температурѣ, при которой свѣченіе прекращается, то грибъ на 1 граммъ своего вещества далъ въ продолженіи 44-хъ часовъ только 2,64 СС. углекислоты, другой же вообще несвѣтящійся кусокъ — 2,57 СС. Поэтому, вещество способное свѣтиться, если ему помѣшать въ этомъ, выдыхаетъ столько углекислоты, сколько и вещество вообще не свѣтящееся.

Возвышенія температуры въ свѣтящемся гнменіи не могло быть замѣчено.

¹⁾ Fabre, Recherches sur la cause de la phosphorescence de l'Agaricus de l'Olivieri въ Ann. d. sc. nat. 1855, t. IV.

²⁾ Linnaea XVII, 527.

³⁾ Фабръ упоминаетъ при этомъ, что на каждый граммъ тѣла лягушки выдыхается въ то же время 4,03 СС. углекислоты.

Фабръ заключаетъ свою работу слѣдующимъ замѣчаніемъ: фосфоресценція обуславливается дыхательною дѣятельностью гриба и зависитъ отъ тѣхъ же причинъ, какъ и самонагрѣваніе во время цвѣтенія извѣстныхъ частей явнобрачныхъ, особенно, у *Agoideae*. Во всякомъ случаѣ слѣдуетъ принять, что должны существовать совершенно особенныя обстоятельства, обуславливающія въ грибѣ свѣченіе какъ слѣдствіе дыханія, такъ какъ цвѣты *Agoideae*, даже *Cucurbita*, образуютъ относительно гораздо большее количество углекислоты и нагрѣваются, не свѣтятся. Ясно, что поглощеніе кислорода есть только одна изъ различныхъ причинъ, совокупное дѣйствіе которыхъ вызываетъ свѣченіе. Мейенъ (*Meyen Physiol.* III, 197) по даннымъ Эзенбека (*Esenbeck*), Неггерата (*Nöggerath*) и Бишофа (*Bischoff*) принимаетъ свѣченіе *Rhizomorpha* за «усиленный» процессъ дыханія, такъ какъ онъ приостанавливается во вредныхъ для дыханія газахъ и въ пустомъ пространствѣ; въ кислородѣ грибы эти по ихъ показаніямъ свѣтятся ярче. По Тюлану (*loc. cit.* стр. 349) *Rhizomorpha* свѣтится не только на всѣхъ частяхъ наружной поверхности, но и трещины и плоскости излома послѣ 24-хъ часового пригношенія съ воздухомъ дѣлаются свѣтящимися, какъ у *Agaricus olearius*. Тюланъ, приписываетъ самосвѣченіе еще нѣкоторымъ другимъ грибамъ, именно *Agaricus igneus* съ острова Амбонна, *A. noctilucens* на Маниллѣ и *A. Gardneri*, въ Бразиліи.

Х.

ПРЕВРАЩЕНІЯ ВЕЩЕСТВЪ.

Десятый отдѣлъ.

Генетическое соотношеніе веществъ, изъ которыхъ образуются организованныя клѣточные части.

§ 84. Введеніе. Къ области растительной физиологіи принадлежитъ задача, показать какимъ образомъ изъ первоначальнаго образовательнаго матеріала: углекислоты, воды, амміака, азотной кислоты и различныхъ металлическихъ солей, чрезъ химическія метаморфозы (требующія еще болѣе точнаго изученія), постепенно происходятъ многочисленныя соединенія, входяція въ составъ сухаго вещества растений, которыя лучше всего назвать продуктами усвоенія послѣднихъ ¹⁾. Однако рѣшеніе этого вопроса только едва затронуто и необходимый для этого матеріалъ полонъ пробѣловъ, которые такъ значительны, что не могутъ быть даже сносно пополнены общими выводами и химическими соображеніями. До сихъ поръ еще не существуетъ теоріи усвоенія и обмѣна веществъ. Мы знаемъ съ нѣкоторою достовѣрностію только первоначальный питательный матеріалъ и многочисленные продукты обмѣна веществъ, но не въ состояніи показать, какимъ образомъ на основаніи извѣстныхъ законовъ химическаго притяженія послѣдніе происходятъ изъ перваго. Только иногда темная область этихъ процессовъ освѣщается отдѣльными, бросающимися въ глаза фактами (напр. выдѣленіе кислорода при содѣйствіи свѣта и вдыханіе кислорода при выдѣленіи углекислоты) или удачными соображеніями отдѣльныхъ мыслителей. Теоретическая химія искусственными разложеніями и комбинаціями даетъ намъ большое число генетическихъ соотношеній между самыми различными растительными веществами, и нѣтъ сомнѣній, что весьма многія изъ этихъ метаморфозъ имѣютъ

¹⁾ Рѣзкаго различія между такъ называемыми неорганическими и органическими соединеніями не признается теперь теоретической химіей (Kekulé: Lehrb. d. org. Chem. I, стр. 8, 1861), физиологія различаетъ все-таки вещества, принимаемыя растеніемъ извнѣ, отъ образующихся изъ нихъ продуктовъ. Чтобы выразить это различіе, достаточно назвать первыя — питательными веществами, а послѣдніе — продуктами усвоенія.

мѣсто въ растеніи. Но до тѣхъ поръ, пока мы не можемъ опредѣлить, въ какомъ именно порядкѣ онѣ въ дѣйствительности происходятъ, и показать, въ какихъ клѣточкахъ или тканяхъ, въ какое время и при какихъ условіяхъ онѣ дѣйствительно совершаются, мы остаемся въ области простыхъ предположеній, которыя рѣдко возвышаются до степени вѣроятія.

Если опытыя изслѣдованія знакомятъ насъ съ необходимыми питательными веществами растенія, а химическіе анализы съ его продуктами усвоенія; если, съ другой стороны, теоретическая химія открываетъ возможные генетическія соотношенія между первыми и послѣдними, то на долю физиологій выпадаетъ—свести въ тѣ факты, которые могутъ выяснить, какіе изъ этихъ теоретически возможныхъ процессовъ дѣйствительно или вѣроятнѣе всего происходятъ. Но чтобы добыть подобныя факты, слѣдуетъ тщательно изучить распредѣленіе различныхъ веществъ въ растеніи, прослѣдить это распредѣленіе въ отдѣльныхъ клѣточкахъ и тканяхъ, изложить значеніе его для развитія органовъ и установить послѣдовательность проявленія этихъ процессовъ. Такъ какъ химическій анализъ не можетъ съ достаточною точностью отдѣлять различныя растительныя части, то онъ даетъ слишкомъ неопредѣленное представленіе объ этихъ процессахъ и въ этомъ направленіи долженъ быть непремѣнно поддержанъ микрохимическимъ методомъ. Но подобныя изслѣдованія большею частію невыполнимы, такъ какъ не имѣется достаточно характеристическихъ реакцій, которыя бы могли быть употреблены подъ микроскопомъ. Къ счастью, подобныя реакціи извѣстны по крайней мѣрѣ для нѣкоторыхъ, самыхъ распространенныхъ продуктовъ усвоенія, представляющихъ къ тому же совершенно опредѣленное отношеніе къ явленіямъ развитія органовъ, и такимъ образомъ мы по крайней мѣрѣ для нихъ приобретаемъ нѣкоторую ясность возрѣнія, которая впрочемъ во многихъ случаяхъ достигается лишь при содѣйствіи гипотезъ и предположеній; большая часть этихъ веществъ можетъ быть принята за позднѣйшіе или послѣдніе продукты усвоенія. Напротивъ того, у насъ недостаетъ средствъ къ распознаванію такихъ соединеній, которыя на основаніи теоретическихъ соображеній могутъ быть съ вѣроятіемъ приняты за начальныя звенья въ цѣпи химическихъ метаморфозъ.

Такое положеніе вопроса достаточно объясняетъ, почему мы не рѣшаемся даже на попытку рѣшить указанную вначалѣ задачу, и ограничимся описаніемъ такихъ болѣе извѣстныхъ фактовъ и физиологическихъ соотношеній, которые преимущественно примыкаютъ къ конечнымъ продуктамъ усвоенія и къ организованнымъ образованіямъ. Такъ какъ мы при этомъ организованныя образованія: протоплазму, клѣточное ядро, вещество хлорофилла, оболочку клѣточки, ставимъ нѣкоторымъ образомъ цѣлью усвоенія, а значеніе остальныхъ продуктовъ усвоенія опредѣляемъ только по ихъ генетическому соотношенію къ первымъ, то намъ придется умолчать о многихъ растительныхъ веществахъ, такъ какъ для нихъ не замѣчено до сихъ поръ подобныхъ соотношеній и значеніе ихъ для растительной жизни пока не опредѣлено. Мы тѣмъ болѣе имѣемъ право ихъ оставить въ сторонѣ, что эти вещества съ одной стороны распространены большею частію не во всемъ растительномъ царствѣ, а съ другой все объ нихъ извѣстное сведено въ учебникахъ химіи. Задача физиологовъ—изучить соединенія не съ химической стороны, а какъ причины, средство и цѣль жизненной дѣятельности.

Впрочемъ, если въ нижеслѣдующемъ извѣстныя усвоенныя, сгараемыя веще-

ства будутъ названы строительнымъ матеріаломъ, то слѣдуетъ смотрѣть на это только какъ на болѣе удобный способъ выраженія. Организованныя образованія слагаются во всѣхъ случаяхъ изъ воды, несгораемыхъ веществъ (зола) и изъ бѣдныхъ кислородомъ сгораемыхъ продуктовъ усвоенія, и мы не имѣемъ достаточно законнаго основанія, которое позволяло бы намъ приписывать большее значеніе одной группѣ передъ другой. Если мы оставляемъ здѣсь въ сторонѣ воду и составныя части зола, то это происходитъ отъ того, что вода съ одной стороны была уже рассмотрѣна, а съ другой будетъ изучена впоследствии, тогда какъ составныя части зола, по отношенію ихъ къ построенію органовъ и къ химическимъ метаморфозамъ усвоенныхъ соединений, еще такъ мало извѣстны, что вообще не допускаютъ систематическаго изложенія.

а. Вещества служащія къ построенію протоплазмическихъ образованій.

Вещество протоплазмы, клѣточного ядра, и безцвѣтная сама по себѣ основная масса хлорофилла, въ чистомъ состояніи не были еще химически изслѣдованы, но употребленіе микроскопическихъ реактивовъ показываетъ, что бѣлковыя соединенія ¹⁾ представляютъ главную и постоянно встрѣчающуюся составную часть, такъ сказать остовъ этихъ веществъ. Съ этимъ согласуется также то, что въ органахъ, богатыхъ протоплазмой и клѣточными ядрами или хлорофилломъ, химическій анализъ открываетъ во всякомъ случаѣ болѣе процентное содержаніе бѣлковыхъ веществъ.

Въ свѣжемъ состояніи вышеназванныя вещества мягки, часто по видимому вязки, и при температурѣ выше 50° Ц., при дѣйствіи алкооля и разбавленныхъ минеральныхъ кислотъ переводятся въ болѣе твердое, менѣе легко растворимое состояніе, которое можно сравнить съ свернувшимся бѣлковымъ веществомъ, или объяснить подобнымъ свертываніемъ одной изъ составныхъ частей. Въ живомъ состояніи онѣ отличаются замѣчательною способностью не принимать въ себя растворенныхъ красящихъ веществъ, будучи умерщвлены они вбираютъ ихъ изъ растворовъ и окрашиваются, что въ равной степени свойственно и бѣлковымъ веществамъ, равно и окрашиваніе іодомъ въ желтый до коричневаго цвѣта. Изъ всѣхъ растворяющихъ средствъ особенно сильно дѣйствуетъ на эти вещества ѣдкое кали, подобно какъ и на бѣлковыя вещества; къ другимъ основаніямъ и кислотамъ онѣ относятся весьма различнымъ образомъ, но всегда сообразно ихъ бѣлковой природѣ. Вообще различіе отъ бѣлковыхъ веществъ встрѣчается рѣже, чѣмъ совпаденіе съ ними въ свойствахъ.

Во многихъ случаяхъ однако вѣроятно, а въ нѣкоторыхъ достовѣрно, что въ веществѣ протоплазмическихъ образованій, между частицами бѣлковыхъ веществъ находятся различныя другія вещества, реакціи которыхъ хотя и маскируются реакціями первыхъ, но присутствіе ихъ можетъ быть выведено изъ другихъ фактовъ, къ чему мы возвратимся въ надлежащемъ мѣстѣ.

Что протоплазма и клѣточное ядро состоятъ преимущественно изъ бѣлковыхъ веществъ, принимается всеми съ давнихъ поръ, но въ первый разъ опредѣленно выражено Гуго Модемъ относительно имѣ открытой протоплазмы (Vegetabil. Zelle, стр. 200 ff.). Что касается природы безцвѣтной основной массы хлорофилловыхъ зеренъ и другихъ хлорофилловыхъ массъ (ленты, звѣзды, комки и т. д.), въ которыхъ зеленое красящее вещество составляетъ, какъ извѣ-

¹⁾ Сжатое описаніе ихъ химическихъ и физическихъ свойствъ, см. въ Ludvig: Lehrbuch der Physiol. der Menschen, I.

ство, незначительно малую въсовую часть, то она, вследствие непонятных заблуждений Мюльдера (Mulder), остается по видимому под сомнѣніемъ, хотя уже Тревиранусъ (Treviranus) въ 1814 считалъ (на неизвѣстныхъ основаніяхъ) хлорофилловыя зерна за окрашенные въ зеленый цвѣтъ бѣлковыя массы, а Моль принималъ по крайней мѣрѣ за вѣроятное ихъ бѣлковое (протеиновое) происхождение (loc. cit., стр. 204). Рядъ реакцій, описанныхъ мною въ 1863 г. въ Flora, стр. 193. ff., привелъ меня къ высказанному въ § взгляду, особенно относительно вещества хлорофилловыхъ зеренъ.

1) Реакціи основанныя на окрашиваніи безъ дальнѣйшаго подготовленія проявляются при изслѣдованіи безцвѣтной протоплазмы и клѣточного ядра (по умерщвленіи); зеленое красящее вещество хлорофилловыхъ массъ напротивъ того во многихъ случаяхъ препятствуетъ реакціи, а потому его сперва извлекаютъ алкоолемъ, послѣ чего остается основная масса хлорофилла первоначальной формы и величины, но въ затвердѣломъ, свернувшемся состояніи. Такъ какъ въ большей части хлорофилловыхъ зеренъ заключаются большія скопленія крахмала, которыя могутъ даже препятствовать реакціямъ хлорофилловаго вещества, то опыты мои я производилъ преимущественно надъ хлорофилломъ *Allium Cera*, такъ какъ въ немъ (за исключеніемъ клѣточного слоя, плотно облегающаго сосудистыя лучки, такъ наз. крахмального слоя) не образуется крахмала. Послѣ того можно болѣе или менѣе легко замѣтить эти же реакціи и на зернахъ, заключающихъ крахмалъ. Въ нижеслѣдующемъ я буду всегда говорить объ обезцвѣченномъ алкоолемъ хлорофиллѣ и если не приведу названій, то только о хлорофиллѣ *Allium Cera*.

Подъ изъ его различныхъ растворовъ, жадно вбирается веществомъ протоплазмы, клѣточного ядра и хлорофилла и, смотря по проникнувшему количеству его, даетъ окрашиваніе отъ свѣтло-желтаго до темно-коричневаго цвѣта.

Растворы красящихъ веществъ ярко окрашиваютъ всѣ три образованія, т. е. изъ окружающаго раствора въ нихъ проникаетъ болѣе красящаго вещества, чѣмъ растворяющей жидкости. Особенно удобно примѣнить къ дѣлу уксуснокислый экстрактъ кошенिला и амміачный растворъ варилна¹⁾: окрашиваніе начинается всегда только послѣ смерти клѣточки, которая болѣею частью обусловливается самимъ реактивомъ. Сопротивленіе, которое живая протоплазма оказываетъ прониканію красящихъ веществъ, есть одно изъ самыхъ удивительныхъ ея свойствъ и замѣчается также въ клѣточкахъ съ ярко окрашеннымъ (краснымъ, голубымъ) клѣточнымъ сокомъ, такъ какъ протоплазма и ядро остаются въ нихъ безцвѣтными, но по смерти клѣточекъ тотчасъ же ярко окрашиваются. Впрочемъ, безцвѣтная основная масса хлорофилла не только у *A. Cera*, но и у содержащихъ крахмалъ зеренъ манса, картофеля, георгины и др. окрашивается экстрактомъ кошенिला въ красивый красный цвѣтъ.

Обработанная на холодѣ или въ теплотѣ азотною кислотою, промытая водой, и перенесенная въ растворъ кали или въ амміакъ, протоплазма, также какъ и клѣточное ядро (*A. Cera*, *Solanum tub.*; *Cucurbita*) и обезцвѣченныя хлорофилловыя зерна (*A. Cera*, *Beta*, *Solanum tub.*) окрашиваются въ красивый темно-желтый цвѣтъ ксантопротеина.

Если сѣрпнокислая окись мѣди проникла въ вещество въ видѣ концентрированнаго раствора, и если послѣ тщательнаго промыванія прибавить раствора кали, то протоплазма и обезцвѣченныя хлорофилловыя зерна принимаютъ фіолетовое окрашиваніе, впрочемъ еще сомнительное для клѣточного ядра (подробности см. въ указ. мѣстѣ).

Названныя вещества по всѣмъ этимъ реакціямъ соответствуютъ извѣстнымъ бѣлковымъ веществамъ (бѣлковина, клейковина, казеинъ и т. д.). Примѣненіе реакціи Миллона (Millon), окрашиваніе при дѣйствіи сѣрной кислоты съ сахаромъ и безъ него, фіолетовое окрашиваніе при кипятеніи въ соляной кислотѣ, доставляютъ дальнѣйшія доказательства, но реакціи эти менѣе вѣрны и не всегда рѣшаютъ вопросъ.

2) По растворимости въ кислотахъ и основаніяхъ, названныя три образованія представляютъ между собою большія различія, и даже часто одно и то же вещество, смотря по возрасту относится къ растворяющимъ средствамъ различно. Растворимость веществъ послѣ свертыванія въ алкоолѣ, какъ кажется, всегда уменьшается. Вещество хлорофилла вообще трудно растворимо чѣмъ вещество молодой свѣжей протоплазмы и ядра. Нижеслѣдующія данныя о хлорофилловыхъ зернахъ исключительно относятся къ *Allium Cera*.

Крѣпкій растворъ кали. Послѣ $\frac{3}{4}$ часоваго пребыванія въ немъ тонкихъ отрѣзковъ моло-

¹⁾ Сравни. O. Maschke: Bot. Zeitg. 1839. № 3.

дыхъ листьевъ, хлорофилловыя зерна были еще зелены и сохранили свой видъ. Прибавленіе воды разрушило ихъ форму и они расплылись въ однородную зеленую слизь. Послѣ нейтрализаціи уксусной кислотой и прибавленія раствора іода, появилась, какъ остатокъ хлорофилловаго вещества, мелкозернистая желто-бурая масса. Тонкіе отрѣзки зеленыхъ листьевъ, пролежавшіе пять дней въ растворѣ кали, представляли хлорофилловыя зерна сплывшимися въ однородную зеленую, маслянистую, маркую массу, которая въ видѣ круглыхъ капель выступала также и изъ кѣлочекъ. Препаратъ сохранился въ такомъ видѣ 3 недѣли. Въ тонкихъ отрѣзкахъ листьевъ, обезцвѣченныхъ алкоолемъ и пролежавшихъ 4 дня въ крѣпкомъ растворѣ ѣдлага кали можно было еще вполне узнать безцвѣтныя хлорофилловыя зерна по формѣ; послѣ прибавленія воды они тотчасъ же расплылись въ свѣтлый растворъ, который послѣ нейтрализаціи уксусной кислотой и прибавленія раствора іода, осадился въ видѣ мелкозернистаго вещества желтаго цвѣта; послѣ $\frac{3}{4}$ часоваго пребыванія въ крѣпкомъ калиевомъ щелокѣ другихъ отрѣзковъ обезцвѣченныхъ въ алкоолѣ листьевъ, хлорофилловыя зерна ихъ частью превратились въ поздраватыя маслянистыя капли, которыя растворялись въ водѣ и отъ прибавленія уксусной кислоты и раствора іода дали мелкозернистый желтый осадокъ. Въ другомъ случаѣ, отрѣзки обезцвѣченныхъ листьевъ, пролежавъ въ крѣпкомъ растворѣ кали 3 недѣли, представляли во многихъ кѣлочкахъ хорошо сохранившіяся хлорофилловыя зерна, которыя въ водѣ расплывались. Слѣдовательно, наружная форма хлорофилловыхъ зеренъ сохраняется въ крѣпкомъ растворѣ кали, хотя самое вещество претерпѣваетъ измѣненіе, которое дѣлаетъ его растворимымъ въ водѣ, или въ разбавленномъ щелокѣ¹⁾. Реакціи протоплазмы и кѣлочныхъ ядеръ представляютъ вообще много общаго съ реакціями хлорофилла.

Амміачная жидкость, въ которой лежали впродолженіи часа тонкіе отрѣзки зеленыхъ листьевъ, не измѣнила наружной формы хлорофилловыхъ зеренъ, но вещество ихъ оказалось рыхлымъ и поздраватымъ. Послѣ промыванія водою зерна сохранили (не такъ какъ при кали) свою форму. Послѣ нейтрализаціи уксусной кислотой и прибавленія іоднаго раствора, онѣ получили рѣзкія очертанія и сдѣлались бурными, поздраватыми. Напротивъ того, кѣлочныя ядра въ количѣ луковичи *Allium Cera* въ свѣжемъ состояніи послѣ часоваго пребыванія въ амміакѣ растворились вполне. Свернувшись снєрва въ алкоолѣ, они при такой же обработкѣ не растворились. Протоплазма и кѣлочныя ядра въ тонкихъ отрѣзкахъ молодаго тыквеннаго плода растворились послѣ двухчасоваго дѣйствія амміака, а вещество ихъ послѣ нейтрализаціи уксусной кислотой и прибавленія іоднаго раствора, выдѣлилось въ видѣ мелкозернистаго, желтаго осадка.

Растворъ фосфорной кислоты, уд. в. 1,060 впродолженіи двухъ часовъ не растворилъ свѣжія хлорофилловыя зерна, а на свернувшіяся въ алкоолѣ дѣйствовалъ еще слабѣе. Также и кѣлочныя ядра изъ кожицы луковичи и изъ клубней *Helianthus Tuberosus* впродолженіи 2-хъ часовъ не растворились, но значительно измѣнились. Напротивъ, кѣлочныя ядра очень молодаго тыквеннаго плода исчезли впродолженіи $\frac{1}{2}$ часа.

Англійская сѣрная кислота вполне растворяетъ стѣнки кѣлочекъ въ тонкихъ отрѣзкахъ свѣжихъ листьевъ *Allium Cera*, причѣмъ сохраняются первичныя мѣпочки, которые послѣ выщелачиванія водою и прибавленія іода бурѣютъ, и на нихъ появляются остатки хлорофилловыхъ зеренъ въ видѣ луговидеобразныхъ утолщеній. То же самое происходитъ и въ обезцвѣченныхъ алкоолемъ листьяхъ. Напротивъ того, протоплазма и кѣлочныя ядра, по крайней мѣрѣ болѣе молодыхъ свѣжихъ кѣлочекъ, по видимому быстро растворяются сѣрною кислотой вполне, причѣмъ расплывающееся вещество окрашивается обыкновенно въ розо-красный до буроаго цвѣтъ.

Укусная кислота не измѣняетъ формы свѣжихъ хлорофилловыхъ зеренъ; послѣ кипяченія они дѣлаются зернистыми, но не растворяются. Кѣлочныя ядра луковичныхъ чешуекъ послѣ трехчасоваго пребыванія въ кислотѣ тоже не растворились, но значительно разбухли. Наконецъ слѣдуетъ замѣтить, что всѣ названныя растворяющія средства были взяты въ очень большихъ количествахъ въ сравненіи съ массою растительной части.

§ 86. Генетическое соотношение кѣлочнаго ядра къ протоплазмѣ будетъ затронуто здѣсь лишь въ такой мѣрѣ, на сколько оно можетъ служить для объясненія взаимодѣйствія веществъ. Сколько извѣстно изъ весьма затруднительныхъ и основательныхъ наблюденій, кѣлочное ядро является всегда какъ вторич-

¹⁾ Сравни. Max Schultze: о калиевомъ щелокѣ какъ средствѣ къ сохраненію животныхъ протоплазмическихъ образованій (*Ueber den Bau der Nasenschleimhaut*. Halle, 1862 г., стр. 92).

ный продуктъ въ отношеніи къ протоплазмѣ, изъ вещества которой выдѣляется и формируется его собственное вещество; послѣднее при раствореніи, предшествующемъ дѣленію клѣточекъ, снова смѣшивается съ протоплазмой. У очень растянутыхъ въ длину клѣточекъ нѣкоторыхъ водорослей, у всѣхъ лишаевъ, и у большей части грибовыхъ нитей ¹⁾ ядеръ нѣтъ. Раствореніе клѣточного ядра передъ дѣленіемъ маточныхъ ячеекъ цвѣтени и споръ, и появленіе затѣмъ двухъ или нѣсколькихъ новыхъ ядеръ ²⁾, около которыхъ скопляется протоплазма, заставляютъ полагать, что вещество ядра смѣшивается сперва съ веществомъ протоплазмы, и затѣмъ скопляется около нѣсколькихъ другихъ центровъ; при этомъ однако должно происходить размноженіе вещества ядра, если новыя ядра, взятая вмѣстѣ, представляютъ больший объемъ, а слѣдовательно вѣроятно также и большую массу, чѣмъ первоначальное ядро. Образованіе новаго вещества ядра выступаетъ яснѣе тамъ, гдѣ, какъ напр. въ маточныхъ клѣточкахъ споръ *Anthoceros* ³⁾ и въ зародышевомъ мѣшечкѣ явнобрачныхъ, сохраняется старое ядро, между тѣмъ какъ въ протоплазмѣ образуются новыя ядра, вещество которыхъ выдѣляется изъ нее и скопляется около новыхъ центровъ.

Поэтому, передъ появленіемъ новыхъ клѣточныхъ ядеръ, независимо отъ растворенія стараго или его сохраненія, вещество образующее ядра движется по видимому между частицами протоплазмы, при этомъ можетъ быть и образуется и размножается химическимъ превращеніемъ части послѣдней. О химической природѣ такъ называемыхъ ядрышекъ ничего неизвѣстно; онѣ по видимому выдѣляются изъ вещества ядра.

Происходитъ ли размноженіе клѣточныхъ ядеръ дѣленіемъ, или же всѣ относящіяся сюда случаи представляютъ быстрое образованіе двухъ новыхъ ядеръ послѣ растворенія стараго (*A. Braun, Verjüngung*, стр. 266), это не подлежитъ здѣсь рѣшенію. Если клѣточные ядра дѣйствительно и происходятъ черезъ дѣленіе, то при необходимо слѣдующемъ за симъ ростѣ, онѣ все-таки принимаютъ свое питательное вещество и образовательный матеріалъ изъ протоплазмы, которая плотно ихъ облекаетъ; въ настоящемъ же случаѣ вопросъ касается только до происхожденія вещества ядра. Достоверно, что ядра никогда не образуются внѣ протоплазмы, въ водянистой жидкости клѣтки.

Самое точное, и подробное описаніе процесса растворенія и появленія клѣточныхъ ядеръ сообщилъ Гоэмейстеръ (*Hofmeister*). По его показаніямъ ⁴⁾ въ маточныхъ клѣточкахъ цвѣтени, вскорѣ послѣ ихъ разединенія, начинается дѣленіе черезъ раствореніе клѣточного ядра, причѣмъ какъ величина его, такъ и рѣзкость очертанія уменьшаются и ядрышки его исчезаютъ. «Наконецъ посреди полости клѣточка наполняется прозрачною, но сильно преломляющею свѣтъ жидкостью, которая отличается отъ жидкости вакуоли уже тѣмъ, что не бываетъ рѣзко разграничена отъ зернистой протоплазмы, занимающей окружность клѣточной полости. При непродолжительномъ дѣйствіи чистой воды, свѣтлая жидкость середины клѣточки свертывается въ нѣсколько комковъ неопредѣленной формы.» «Вновь образующіяся два клѣточные ядра, при первомъ появленіи представляются въ своей позднѣйшей формѣ, въ видѣ эллиптическихъ, въ болѣе рѣдкихъ же случаяхъ въ видѣ почти шарообразныхъ, капель слегка помутившейся отъ мелкихъ зернышекъ жидкости, которая преломляетъ свѣтъ только незначительно слабѣе, чѣмъ окружающая его жидкость (?). Ядрышки являются во вторичныхъ клѣточныхъ ядрахъ обыкновенно позд-

¹⁾ De Bary: *Flora* 1862, стр. 247. Pringsheim: *Verh. d. Leopoldina*, Bd. 15, I Abth., стр. 442.

²⁾ Сравни. Hofmeister: *Vergleichende Unters. u. s. w. der höheren Kryptogamen* 1851, стр. 72.

³⁾ H. v. Mohl: *Vermischte Schriften* 1845, стр. 88 и Hofmeister: *Vergl. Unters.* 1851, стр. 7.

⁴⁾ Hofmeister, *Neue Beiträge zur Kenntniss der Embriobildung der Phanerogamen II. Mesocotyledonen*, стр. 634 (*Abt. her Königl. Sächs. Ges. d. wiss. VII.*)

нѣе. Очертанія новыхъ клѣточныхъ ядеръ распознаются часто съ трудомъ. Подобное же говорить онъ и о появленіи ядеръ въ зародышевомъ мѣшечкѣ до и послѣ оплодотворенія (I. с. стр. 670, 695).

§ 87. Генетическое соотношеніе хлорофилла къ протоплазмѣ сходно съ отношеніемъ къ послѣдней ядра, такъ какъ и это образованіе является продуктомъ видѣленія веществъ, первоначально тѣсно связанныхъ съ протоплазмой¹⁾. Подобно тому, какъ во многихъ клѣточкахъ водорослей, грибовъ и лишайевъ еще не бываетъ отдѣленія протоплазмы отъ ядра, такъ и въ клѣточкахъ *Protococcaceae* и *Palmellaceae*, и въ гонидіяхъ лишайевъ, однородное, окрашенное въ зеленый цвѣтъ содержимое не представляетъ распадѣнія на хлорофиллъ и протоплазму. Здѣсь зеленое красящее вещество распредѣляется по всей массѣ протоплазмы, зеленого цвѣта протоплазма при размноженіи клѣточекъ играетъ совершенно ту же роль, какъ въ другихъ случаяхъ безцвѣтная²⁾. Въ семействахъ водорослей съ высокимъ развитіемъ отдѣльныхъ клѣточекъ, у *Conjugatae*, замѣчается рѣзкое разграниченіе зеленой, окрашенной протоплазмы отъ безцвѣтной. Первая принимаетъ опредѣленныя формы (пластинки, звѣзды, ленты и т. д.), послѣдняя остается подвижною (напр. *Spigogona*). Хлорофиллъ и въ этихъ случаяхъ принимаетъ дѣятельное участіе въ пластическихъ измѣненіяхъ протоплазмы во время дѣленія и слиянія клѣточекъ (копуляція). Какимъ образомъ происходитъ въ этихъ клѣточкахъ отдѣленіе зеленой протоплазмы отъ безцвѣтной, не извѣстно. Тамъ, гдѣ хлорофиллъ встрѣчается въ формѣ зеренъ, какъ у многихъ водорослей и у всѣхъ болѣе сложныхъ растеній, начиная съ мховъ, всегда кромѣ хлорофилла еще замѣчается безцвѣтная протоплазма и клѣточное ядро. При пластическихъ измѣненіяхъ, дѣленіяхъ и ростѣ клѣточекъ, онъ является болѣе пассивнымъ, въ противоположность къ дѣятельному самостоятельному участію, которое принимаетъ безцвѣтная протоплазма. Происхожденіе хлорофилловыхъ зеренъ изъ послѣдней не подлежитъ сомнѣнію; какъ безцвѣтная протоплазмическая основная масса зеренъ, такъ и зеленое красящее ихъ вещество, видѣляются изъ первоначальной протоплазмы клѣточекъ, причемъ часто (напр. въ болѣе части листьевъ) остается только незначительное количество безцвѣтной протоплазмы. Развитіе это я прослѣдилъ особенно у стѣбкоположныхъ хлорофилловыхъ зеренъ, и предположеніе Гри (Gris), по мнѣнію котораго хлорофилловыя зерна должны быть продуктомъ клѣточного ядра, лишено всякаго основанія. Обѣ составныя части хлорофиллового зерна, основная масса и красящее вещество, по своему происхожденію, до извѣстной степени, независимы другъ отъ друга. Въ неразъединившейся еще протоплазмѣ образуется желтое красящее вещество, которое можетъ существовать долго до образованія зеренъ, и превращеніе котораго въ зеленое красящее вещество, по крайней мѣрѣ у одно- и двусѣмянодольныхъ, находится въ зависимости отъ свѣта, между тѣмъ какъ появленіе зеренъ независимо отъ свѣта. Поэтому, смотря по освѣщенію, первоначальная протоплазма можетъ позеленѣть

¹⁾ Генетическое соотношеніе хлорофилловыхъ зеренъ къ протоплазмѣ было указано уже Г. Модемъ. *Veget. Zelle*, стр. 204.

²⁾ Сравнимъ, напр., происхожденіе подвижныхъ споръ *Hydrodictyon* съ ихъ происхожденіемъ у *Achlya*.

уже передъ образованіемъ зеренъ, или остаться во время образованія зеренъ желтою, или же зеленіе и образованіе зеренъ происходятъ одновременно. Въ клѣточкѣ, которая должна образовать стѣнкоположныя хлорофилловыя зерна, находится сперва безцвѣтная, вполне однородная, лишняя зеренъ протоплазма (такъ напр. въ первичныхъ листочкахъ зародыша одно- и двусѣмянодныхъ до прорастанія), которая толстымъ слоемъ прилегаетъ къ стѣнкамъ и содержитъ въ себѣ клѣточное ядро. Въ этой протоплазмѣ образуется затѣмъ желтый хромогенъ зеленого красящаго вещества; желтая или уже зеленѣющая стѣнкоположная студенистая масса распадается потомъ (подобно тому какъ при образованіи гонидій у *Hidrotuccion*) на стѣнкоположныя тѣсно сближенные между собою полигональные участки. Если прослѣдить этотъ процессъ, то кажется, будто въ прилегающей къ стѣнкамъ протоплазмѣ появляются на равныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ многочисленныя центры притяженія, около каждого изъ конхъ скопляются участки желтой протоплазмы. Каждое скопленіе выступаетъ во внутренность клѣточки въ видѣ вздутія, и отдѣляется отъ сосѣднихъ бороздками, которыя врѣзываются постоянно все глубже и глубже, пока участки окончательно не отдѣлятся одинъ отъ другаго, послѣ чего представляются прилегающими къ безцвѣтному слизистому слою, первичному мѣшочку, который отдѣляетъ ихъ отъ клѣточной стѣнки и появляется одновременно съ хлорофилловыми зернами, представляя собою уцѣлѣвшую часть протоплазмы; во многихъ случаяхъ такой безцвѣтной протоплазмы не сохраняется (листья *Phaseolus*, *Dahlia*, *Helianthus tub.* и друг.). Въ другихъ случаяхъ, напр. въ зеленѣющей сѣмянодоль *Allium Cera*, желтая протоплазма скопляется прежде всего около центрального клѣточного ядра, затѣмъ все болѣе и болѣе приближается къ стѣнкамъ, вакуоли увеличиваются, и сама протоплазма распадается на зерна, причемъ сохраняются безцвѣтныя нити протоплазмы, идущія отъ ядра къ стѣнкѣ. Образованіе нестѣнкоположныхъ хлорофилловыхъ зеренъ, которыя, заключаясь въ протоплазмѣ, движутся съ ней по клѣточкѣ, недостаточно прослѣжено. Они очевидно происходятъ скопленіемъ около извѣстныхъ центровъ притяженія вещества, частицы котораго до того были распространены въ протоплазмѣ. Если протоплазма въ такихъ случаяхъ скопилась преимущественно около ядра, то зерна повидимому образуются главнымъ образомъ около послѣдняго и уносятся далѣе струйками протоплазмы. Существенное различіе между клѣточками съ стѣнкоположными и съ подвижными хлорофилловыми зернами, состоитъ, какъ кажется, въ количествѣ безцвѣтной, настоящей протоплазмы, остающейся послѣ образованія зеренъ. Въ первыхъ количество это весьма незначительно или равно нулю, въ послѣднихъ оно до того обильно, что въ состояніи привести хлорофилловыя зерна въ движеніе.

Если попытаться составить себѣ ясное представленіе о внутреннихъ процессахъ при образованіи хлорофилловыхъ зеренъ, то придется приблизительно къ слѣдующему заключенію: хлорофилловыя зерна никогда не образуются въ водянистой жидкости, но всегда въ самой протоплазмѣ. Въ веществѣ послѣдней образуются разсѣянныя между ея молекулами вещественныя частички по-крайней-мѣрѣ двухъ родовъ, именно: одни бѣлковыя, а другія въ видѣ хромогена, доставляющаго зеленое красящее вещество. Частицы обонхъ родовъ, распредѣленныя въ протоплазмѣ сперва равномерно, скопляются впоследствии около опре-

дѣленныхъ центровъ притяженія, приче́мъ все болѣе отдѣляются отъ частицъ самой протоплазмы и, скопляясь, образуютъ хлорофилловыя зерна. Остатокъ настоящей протоплазмы можетъ быть при этомъ или весьма малъ (стѣнкоположныя хлорофилловыя зерна), или болѣе или менѣе значителенъ (въ клѣточкахъ съ подвижными хлорофилловыми зернами, напр. въ волоскахъ *Cucurbita Pepo*). Каждое хлорофилловое зерно представляетъ сплошной ¹⁾, однородный комокъ мягкаго, часто слизистаго вещества, въ которомъ бѣлковыя частицы, составляющія главную массу, вездѣ равномерно перемѣшаны съ частицами красящаго вещества. Появляющіяся впоследствии крахмальныя зерна не имѣютъ обыкновенно ничего общаго съ происхожденіемъ хлорофилловыхъ зеренъ и составляютъ скорѣе продуктъ жизненной дѣятельности послѣднихъ, которыя возбуждаются къ произведенію крахмала вліаніемъ свѣта. Также и въ органахъ, которые первоначально не были назначены для образованія хлорофилла, какъ напр. въ находящихся на свѣтѣ картофельныхъ клубняхъ, безцвѣтная протоплазма можетъ, въ исключительномъ случаѣ, скопиться вокругъ крахмальныхъ зеренъ, облечь ихъ и при этомъ позеленѣть ²⁾. Подобныя формы, если образованіе ихъ дѣйствительно таково, слѣдовало бы отличать какъ ложныя хлорофилловыя зерна. «Хлорофилловые пузырьки» ³⁾ встрѣчающіеся по Вейсу (*Weiss*) въ плодовой мякоти (у *Lycium barbarum* и *Solanum dulcamara*), имѣютъ также только второстепенное значеніе въ сравненіи съ хлорофилломъ, заключающимся въ листьяхъ. Кромѣ обыкновенныхъ, двигающихся съ протоплазмой, хлорофилловыхъ зеренъ, въ плодовой мякоти находятся сперва безцвѣтные протоплазмическіе шарики (пузырьки), въ которыхъ заключаются крахмальныя зерна; часть зернистаго вещества, зеленѣя, осаждается на послѣднихъ, и образуетъ хлорофилловыя зерна, содержащія крахмалъ; такія зерна по нѣскольку вмѣстѣ лежатъ въ безцвѣтномъ шарикѣ (пузырькѣ). Къ явленіямъ, имѣющимъ второстепенное значеніе, принадлежитъ наконецъ встрѣчающееся иногда окрашиваніе въ зеленый цвѣтъ мутныхъ, клочковатыхъ протоплазмическихъ массъ, напр. въ эндоспермѣ оме́лы (можетъ быть и во многихъ недозрѣвшихъ зародышахъ).

Образовавшіяся непосредственно изъ протоплазмы хлорофилловыя зерна вышеописанной типической формы, могутъ размножаться дѣленіемъ на-двое. Этотъ процессъ весьма распространенъ у тайнобрачныхъ ⁴⁾, но напротивъ рѣдко встрѣчается у одно- и двусѣмянодныхъ ⁵⁾. Дѣленіе происходитъ поперечной перетяжкой зерна, удлиняющагося въ формѣ бисквита.

¹⁾ Въ безконечномъ множествѣ случаевъ хлорофилловыя зерна представляютъ сплошную массу; иногда, можетъ быть, въ нихъ, подобно тому какъ въ первоначально сплошной протоплазмѣ клѣточекъ, содержатся вакуоли, наполняющіяся сокомъ: Сравни. *A. Gris, Ann. des. sc. nat. 1857. VII. Конецъ 1 отдѣла о Phajus и Acanthophippium.*

²⁾ *Bohm: Sitzungsber. des kais. Ak. d. W., Wien, 1857, стр. 30.*

³⁾ *A. Weiss: Sitzungsber. des kais. Ak. d. W., Wien, naturw. kl. CIXIX B. I. Abth., 1864: Unters. über die entwicklungsgesch. der Farbstoffe in den Pflanzenzellen.*

⁴⁾ Открытъ у харъ Негели (*Nägeli*) (*Zeitschrift f. wiss. Bot., 1847, стр. 111*); наблюденъ мною у паразитъ *Fumaria* и у листьевъ *Mnium roseum*, Мильдомъ, у зародышей хощей (*Milde: Verh. der Leopoldina, 15 Bd., 2 Abth., 624*); описанъ въ зародышахъ *Polypodiaceae* Вигандомъ (*Wigand: Bot. Unters. 37*), у *Anthoceros* и *Fissidens* Гофмейстеромъ (*Hofmeister, Keimung u. s. w. der höheren Kryptog., 3, 4, 10, 65*).

⁵⁾ У *Piperaceae* дѣленіе было точно наблюдаемо Саніо (*Sanio, Bot. Zeitg., 1864, стр. 199*).

Хлорофилловыя зерна, какъ развившіяся первоначально изъ протоплазмы, такъ и образовавшіяся дѣленіемъ, продолжаютъ потомъ расти вставкою частицъ (*Intuscrerption*) и достигаютъ нерѣдко объема, во много разъ большаго первоначальнаго. У стѣнкоположныхъ зеренъ ростъ пропорціоналенъ увеличанію окружности клѣточной стѣнки. Кажется, что этотъ ростъ происходитъ исключительно подъ вліяніемъ свѣта даже и у такихъ зеренъ, которыя образовались въ темнотѣ отдѣленіемъ изъ протоплазмы. Отъ этого настоящаго роста собственно вещества хлорофилла, слѣдуетъ отличать простое увеличиваніе окружности зеренъ, развивающихся внутри себя крахмалъ, который растягиваетъ хлорофилловое вещество, образующее только внѣшній слой зерна. Какимъ образомъ совершается увеличиваніе вещества самаго хлорофилла, неизвѣстно. Въ томъ случаѣ, когда зерна лежатъ внутри протоплазмы, можно бы принять, что онѣ непосредственно принимаютъ изъ нея свой образовательный матеріалъ. Но этого кажется нельзя предположить для стѣнкоположныхъ зеренъ такихъ клѣточекъ, которыя не содержатъ видимой протоплазмы или только небольшое ея количество. Они, въ этомъ случаѣ, можетъ быть, впитываютъ въ себя изъ клѣточного сока растворенное бѣлковое вещество или другія соединенія и уже сами, т. е. между своими частицами, превращаютъ ихъ въ хлорофилловое вещество и въ себѣ задерживаютъ.

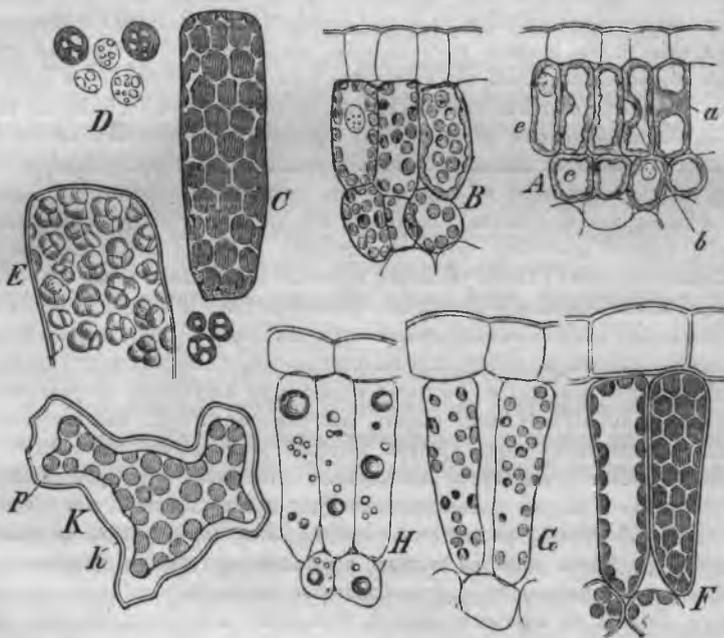
Первыя обстоятельныя изслѣдованія надъ развитіемъ хлорофилловыхъ зеренъ были обнародованы Гри (A. Gris) ¹⁾. Онъ пришелъ къ заключенію, что хлорофилловыя зерна могутъ образоваться различнымъ образомъ. Исходящій отъ клѣточного ядра зеленый студень (*une gelée verte émanée du nucleus*) распространяется по стѣнкѣ клѣточки (въ листьяхъ *Vanilla*, *Solanum tub.*, *Hortensia*, *Vicia Faba*, *Magnolia*, *Glycine* и т. д.); этому процессу предшествуетъ иногда появленіе слизистой сѣтки, въ которой плаваютъ зеленыя зернышки, какъ напр. у *Sempervivum*, *Lilium*; или же студень мало или вовсе не отделяется отъ ядра (*Acuba japonica*); зеленая студень раздѣляется на полѣзрические участки, или же отъ нея отдѣляются сферическія массы. Но образованіе зеренъ можетъ произойти также и вслѣдствіе облеканія имѣющихся уже крахмальныхъ зеренъ зеленымъ студнемъ (*Acuba japonica*); впрочемъ крахмальные зерна хлорофилла составляютъ большую частію позднѣйшія образованія (*Solanum tub.*, *Hortensia*, *Magnolia*). Происходитъ ли сегментация вначалѣ въ окружности ядра, въ томъ случаѣ именно, когда зеленая студень покрываетъ клѣточную стѣнку, или же студень эта, не отдалаясь отъ него, дѣйствительно раздѣляется только вблизи его, но мы часто видимъ ядро окруженное хлорофилловыми зернами. Послѣднія иногда вырастаютъ, такъ сказать, изъ клѣточного ядра. Это отношеніе образованія хлорофилла къ клѣточному ядру, противъ котораго я высказался уже прежде, положительнаго есть явсіе не общее и еще менѣе необходимое. Показаніе, что протоплазма, образующая зерна, представляется сперва скопившеюся вокругъ ядра и уже здѣсь, или только послѣ перехода къ клѣточной стѣнкѣ, распадается на зерна, ни комъ образомъ не требуетъ принятія предположенія Гри ²⁾, если извѣстно движеніе и развитіе протоплазмы. Отношенія положенія зеренъ хлорофилла къ клѣточному ядру положительно не замѣчается: 1) въ клѣточкахъ многихъ водорослей и лишаевъ, не имѣющихъ ядра, и 2) во всѣхъ мною изслѣдованныхъ листьяхъ явнотрачныхъ растений, хлорофиллы которыхъ съ самаго начала стѣнкоположны. Гри не замѣтилъ, кромѣ того, независимости процесса формировація зеренъ отъ зеленія протоплазмы ³⁾.

¹⁾ A. Gris: *Recherches microscopiques sur la chlorophylle*, *Ann. des sc. nat.* 1857. VII, стр. 179. ff.

²⁾ Протоплазма часто скопляется вокругъ ядра, и такъ какъ изъ нея образуются хлорофилловыя зерна, то естественно, что онѣ лежатъ вблизи ядра; у хлорофилловыхъ зеренъ, стѣнкоположныхъ съ самаго начала, не существуетъ и этого соотношенія къ ядру.

³⁾ Онъ и въ новой своей работѣ (*Recherches anat. et physiol. sur la germination par A. Gris, Paris, 1864*) стѣнкоположный слой, производящій хлорофиллы, постоянно изображаетъ неизмѣнчившимъ.

Я наблюдаю описанный въ § способъ развитія стѣнкоположныхъ хлорофилловыхъ зеренъ изъ стѣнкоположнаго, толстаго, студенистаго протоплазмическаго слоя, въ зеленыхъ листьяхъ и зеленѣющихъ сѣмянодоляхъ многочисленныхъ растений. Тонкіе разрѣзы и сильное увеличеніе при этихъ наблюденіяхъ неизбѣжны. Протоплазмическій слой, долженствующій распасться на стѣнкоположныя хлорофилловыя зерна, характеризуется въ первичныхъ листьяхъ зародышей *Phaseolus*, *Vicia Faba*, *Ricinus*, *Helianthus* и др. уже въ сѣмени, до прорастанія, какъ вещество рѣзко очерченное съ особеннымъ лучепреломленіемъ, и весьма однороднаго вида (безъ разсыянныхъ въ немъ зернышекъ). Только впоследствии, при прорастаніи, когда масса дѣлается студенистою, она желтѣетъ отъ хромогена зеленого красящаго вещества, которое теперь отъ прибавленія сѣрной кислоты окрашивается въ зеленый цвѣтъ; еще позже, при одновременномъ, послѣдующемъ или предшествующемъ зеленѣнію вещества, оно распадается на плотно скученныя зерна. Если развитіе зародышей, или образованіе побѣговъ у клубней и луковицъ происходитъ въ темнотѣ, то вещество, образующее зерна, остается у одно- и двусѣмянодольныхъ желтымъ, однако распадается на зерна, что случается обыкновенно тогда только, когда растенія достигли окончательной длины въ темнотѣ. Кромѣ вышеназванныхъ проростковъ, я тщательно изучилъ ¹⁾ этотъ процессъ и на проросткахъ *Zea Mais*, *Cucurbita*, на листьяхъ развивающихся въ темнотѣ луковицъ *Allium Cepa*, *Tulipa* и клубней *Beta vulgaris*, *Apium graveolens*, *Dahlia variabilis*, *Helianthus tuberosus* и др. Распаденіе стѣнкоположнаго слоя на зерна совершается на свѣтѣ гораздо быстрѣе, чѣмъ въ темнотѣ, а потому въ послѣднемъ случаѣ оно можетъ быть точнѣе наблюдаемо въ отдѣльныхъ стадіяхъ. Во всѣхъ названныхъ случаяхъ процессъ совершается подобно изображенной на фиг. 40-й схемѣ *A, B, C*, срисованной съ этиологированныхъ листьевъ сильныхъ, выросшихъ въ темнотѣ отпрысковъ *Dahlia variabilis*. *A* кѣлочные слои съ поверх-



ф. 40.

ности поперечнаго разрѣза этиологированнаго листа въ 4 см. длины, находившагося на отпрыскѣ, въ 60—70 см. вышины. Обозначенная на рисункѣ болѣе темнымъ цвѣтомъ, вполне однородная, красиво-желтая протоплазма, заключающая въ одномъ мѣстѣ ядро (*a, b*), только что начала дѣлиться. Многочисленныя выпуклины и находящіяся между ними надрѣзы указываютъ на начинающееся дѣленіе цѣльной еще массы. *B* представляетъ нѣсколько кѣлочекъ съ верх-

¹⁾ J. Sachs въ статьѣ: «Ueber der Einfluss des Lichts auf die Bildung des Amylums in den Chlorophyllkörnern», въ *Bot. Zeitg.* 1862, № 44, и «Ueber Auflösung des Amylum in den Chlorophyllkörnern», *Bot. Zeitg.* 1864, стр. 289.

пей стороны листа сидящаго на томъ же отпрыскѣ, двумя междуузліями ниже, слѣдовательно болѣе стараго. Здѣсь дѣленіе окончено, за исключеніемъ клѣточки справа наверху; желтая протоплазма распалась на желтыя хлорофилловыя зерна. *C* представляетъ клѣточку съ верхней стороны листа, долго подвергавшагося дѣйствію свѣта; хлорофилловыя зерна, сперва желтыя, значительно увеличились въ объемѣ, плотно скучились и сдѣлались темно-зелеными (ростъ зеренъ начинается повидимому только послѣ зеленѣнія); въ этихъ развившихся хлорофилловыхъ зернахъ началось образованіе крахмала; *D* представляетъ нѣкоторыя изъ такихъ зеренъ выпавшими изъ клѣтки; въ нихъ лежатъ маленькія крахмальныя зернышки. Сохранившійся остатокъ протоплазмы составляетъ, какъ было упомянуто, такъ называемый первичный мѣшочекъ, который въ видѣ очень тонкой оболочки охватывается между стѣнкой клѣтки и хлорофилловыми зернами. При дѣйствіи алкооля онъ стѣсняется и на фиг. *K* изображенъ линією *p*; *h* представляетъ оболочку этой клѣтки, взятой изъ паренхимы нижней стороны листа *Vicia Faba* ¹⁾.

Протоплазма паренхиматическихъ клѣточекъ сѣмянодоли прорастающаго сѣмени *Allium Cera* скопляется сперва вокругъ центральнаго ядра, что отлично отъ названныхъ здѣсь случаевъ, но согласно съ нѣкоторыми показаніями Гри; между тѣмъ какъ клѣточка растетъ, и въ первоначально сплошной массѣ протоплазмы проявляются пустоты, послѣдняя окрашивается въ желтый цвѣтъ (или тотчасъ же въ зеленый, смотря по температурѣ и освѣщенію), и протекаетъ въ видѣ толстыхъ струекъ къ стѣнкѣ клѣтки, гдѣ распадается на зеленыя (или желтыя) зерна. Впрочемъ, послѣ отдѣленія зеренъ, здѣсь сохраняется стѣя текущихъ струекъ протоплазмы ²⁾.

Желтое красящее вещество еще сплошной или уже распавшейся на зерна протоплазмы этиологизованныхъ клѣточекъ, извлекается алкоолемъ, подобно позеленѣвшему на свѣтѣ хлорофиллу. Остающаяся безцвѣтная основная масса относится ко всѣмъ реактивамъ подобно протоплазмѣ. Желтыя хлорофилловыя зерна никогда не содержатъ даже слѣдовъ крахмала.

Саніо (*Sanio*) ³⁾ наблюдалъ въ паренхимѣ междуузлія *Perogonia* способъ образованія хлорофилловыхъ зеренъ, который представляетъ сходство частью съ нѣкоторыми данными Гри, а частью съ процессомъ, видѣннымъ мною у проростковъ *Allium Cera*. Клѣточное ядро сперва центральное, одѣто протоплазмой, которая посредствомъ нитевидныхъ токовъ соединена съ первичнымъ мѣшочкомъ. Очень молодыя хлорофилловыя зерна, какъ въ окружности ядра, такъ и въ струйкахъ, лежатъ внутри протоплазмы; первоначальное ихъ образованіе Саніо не наблюдалъ. Самыя молодыя формы имѣютъ видъ скучившейся, въ извѣстныхъ мѣстахъ, массы протоплазмы и вначалѣ слабо очерчены, весьма малы и блѣдны; впослѣдствіи онѣ получаютъ болѣе рѣзкое очертаніе и болѣе темный зеленый цвѣтъ. Протоплазма впослѣдствіи совершенно прилегаетъ къ стѣнкѣ клѣтки, къ которой прикладывается также и клѣточное ядро, окруженное маленькими хлорофилловыми зернышками, которыя послѣ оставляютъ его и разсѣваются по стѣнкѣ клѣтки. Въ то время, какъ зерна еще очень малы, они начинаютъ размножаться дѣленіемъ, распаваясь болѣею частью на двѣ, рѣдко на три части. Подобныя же отношенія представляютъ богатыя протоплазмой клѣточки волосковъ *Cucurbita Pepo*, въ которыхъ образуются многочисленныя хлорофилловыя зернышки, двигающіяся вмѣстѣ съ протоплазмой; и здѣсь они собираются преимущественно въ формахъ протоплазмы, облекающихъ клѣточное ядро. Размножаются ли они здѣсь дѣленіемъ, мнѣ неизвѣстно.

§ 88. Химическія дѣйствія хлорофилла. Протоплазма окрашенная въ зеленый цвѣтъ, какою она постоянно встрѣчается, представляетъ органъ усвоенія, т. е. обусловливаетъ образованіе углеродистыхъ органическихъ веществъ изъ углекислоты и воды, и выдѣленіе кислорода, причемъ часть силъ, необходимыхъ для преодоленія сродства кислорода къ углероду и водороду, возбуждается въ ней свѣтовыми лучами. Самый химическій процессъ, при которомъ элементы углекислоты и воды вступаютъ въ соединеніе, неизвѣстенъ, но вѣроятно онъ происходитъ внутри самаго вещества хлорофилла, которое вби-

¹⁾ Объясненіе остальныхъ фигуръ см. въ слѣдующемъ параграфѣ.

²⁾ Sachs: Keimung des Samens von *Allium Cera*, Bot. Zeitg. 1863, стр. 65 и рисунокъ Taf. III, ф. 14.

³⁾ Sanio, Bot. Zeitg. 1864, стр. 198 ff.

раетъ въ себя углекислоту (можетъ быть и сгущаетъ), и пропитывается водою. Вѣроятно при этомъ слѣдуютъ одинъ за другимъ различные химическіе процессы, конечный результатъ которыхъ состоитъ обыкновенно въ образованіи крахмала или сахара внутри хлорофилловаго вещества. Послѣдующее образованіе крахмала въ хлорофиллѣ чрезвычайно распространено и гдѣ оно (въ рѣдкихъ случаяхъ) не происходитъ, то навѣрно или вѣроятно замѣняется образованіемъ глюкозы. Главнѣйшіе выводы изъ этого факта состоятъ, какъ я показалъ, въ томъ, что развитіе крахмала связано съ точно такими же условіями, какъ и выдѣленіе кислорода; что развитіе въ хлорофиллѣ крахмала не зависитъ отъ присутствія такихъ органическихъ веществъ, которыя по возможности могли бы превратиться въ крахмаль, и что, напротивъ того, образовавшійся въ хлорофиллѣ крахмаль, въ темнотѣ растворяется, выступаетъ изъ хлорофилловыхъ зеренъ и доставляется потребляющимъ его органамъ.

а) Что касается высказаннаго въ началѣ параграфа положенія, то оно основано на давно извѣстныхъ фактахъ, и потому весьма странное явленіе въ исторіи растительной физиологіи, что хлорофиллъ не считался органомъ выдѣленія кислорода. Эта дѣятельность замѣчается во всѣхъ клѣточкахъ и тканяхъ содержащихъ хлорофиллъ, въ незеленыхъ же частяхъ ее не бываетъ. Клѣтки содержащія хлорофиллъ отличаются отъ несодержащихъ его вообще только содержаніемъ хлорофилла, и клѣтки, содержащія хлорофиллъ и выдѣляющія кислородъ, дѣлаются неспособны къ этому отправленію, какъ скоро онѣ его не содержатъ (этиолрованы, или лишены его осенью или отъ другихъ обстоятельствъ). Дѣйствительно, немногія положенія физиологіи построены на такомъ вполне индуктивномъ основаніи, какъ то, что хлорофиллъ есть органъ выдѣленія кислорода и во всей области естественныхъ наукъ немного данныхъ, такъ богатыхъ выводами, какъ это.

б) Какъ было уже неоднократно упомянуто, образованіе новаго органическаго вещества изъ углекислоты и воды при содѣйствіи другихъ соединений, возможно только при выдѣленіи извѣстнаго количества кислорода, такъ какъ всѣ усвоенныя растительныя вещества безъ исключенія содержатъ менѣе кислорода, чѣмъ сколько нужно для превращенія ихъ углерода въ углекислоту и водорода въ воду. Поэтому, если мы превращеніе неорганическихъ питательныхъ веществъ, воды и углекислоты въ вещества органическія, называемъ усвоеніемъ, то изъ этого слѣдуетъ, что хлорофиллъ есть усвояющій органъ растенія, такъ какъ онъ удовлетворяетъ основному условію всякаго усвоенія, выдѣленію кислорода. Химическія измѣненія усвоенныхъ веществъ, превращеніе крахмала въ сахаръ или жиръ и на оборотъ, сахара въ клѣточное вещество и на оборотъ, и т. д., могутъ происходить въ любой клѣточкѣ, независимо отъ того содержатъ ли она хлорофиллъ или нѣтъ; но образованіе органическихъ веществъ, содержащихъ углеродъ изъ углекислоты и воды, совершается только въ клѣточкахъ, содержащихъ хлорофиллъ. Это составляетъ основное различіе между простыми объѣмомъ веществъ въ безцвѣтныхъ клѣточкахъ и усвоеніемъ ячейками содержащими хлорофиллъ, различіе, которое, по отношенію къ питанію, разграничиваетъ зеленныя растенія отъ незеленыхъ, обуславливаетъ абсолютную зависимость незеленыхъ органовъ растенія отъ частей содержащихъ хлорофиллъ и раздѣленіе физиологической работы организма.

γ) Что крахмальные зерна, если не безъ исключенія, то по крайней мѣрѣ болѣею частію встрѣчаются внутри зерепъ хлорофилла, было впервые замѣчено Г. Модемъ ¹⁾, и подтверждено и обобщено Негели ²⁾, Гри, Бёмомъ ³⁾ и мною. Хлорофилловыя массы въ водоросляхъ не распавшіяся на зерна, также образуютъ въ веществѣ своемъ крахмальные зерна.

Теорія Мульдера (Mulder) основанная на полномъ незнаніи фактовъ, по которой хлорофилловыя зерна развиваются изъ крахмальныхъ зеренъ процессомъ раскисленія, была уже опровергнута Г. Модемъ, который показалъ, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ (*Conferva glomerata*) хлорофиллъ образуется раньше развившагося въ немъ крахмала, и что въ другихъ случаяхъ въ клѣточкахъ содержащихъ хлорофиллъ, какъ до такъ и послѣ образованія зеленыхъ зеренъ, вовсе не встрѣчается крахмала (кожица *Stratiotes aloides*, молодые листья *Selaginella*). Мольт пришелъ къ результату впрочемъ невѣрному, что крахмалъ не находится въ причинной и необходимой связи съ хлорофилломъ (*Veget. Zelle*, 205). Негели и Крамеръ (*loc. cit.*) описали затѣмъ послѣдующее образованіе крахмальныхъ зеренъ въ хлорофиллѣ и ихъ ростъ, который можетъ, наконецъ, дойти до того, что все хлорофилловое вещество вытѣсняется крахмаломъ, какъ при псевдоморфозѣ ⁴⁾.

Также и А. Гри, какъ уже было упомянуто, смотрѣлъ на крахмалъ какъ на вторичное образованіе, появляющееся въ образовавшемся уже хлорофиллѣ. Я, кажется, первый указалъ на образованіе крахмала въ хлорофиллѣ, какъ на функцію послѣдняго, зависящую отъ освѣщенія ⁵⁾. Въ моей работѣ подъ заглавіемъ: «О веществахъ, доставляющихъ матеріалъ для роста клѣточныхъ оболочекъ» ⁶⁾ я, на основаніи отношенія крахмала къ развитію растенія, пришелъ вообще къ заключенію, что хлорофиллъ производитъ крахмалъ изъ своихъ болѣе простыхъ составныхъ частей, и что отсюда уже крахмалъ переходитъ въ другія части растенія. Доказательства, приведенныя мною въ вышеупомянутой статьѣ для нормально развивающихся растеній, не имѣютъ значенія прямого и непосредственнаго опытнаго доказательства; послѣдняго же рода доказательство дано мною въ 1862 году ⁷⁾; я именно показалъ, что растенія, прорастающія въ темпотѣ, развиваются на счетъ запасныхъ веществъ до тѣхъ поръ, пока крахмалъ, заключавшійся въ покоящемся сѣмени, или образовавшійся во время прорастанія, не исчезнетъ вполне изъ всѣхъ органовъ и тканей (за исключеніемъ устьицъ); что въ этиолированныхъ

¹⁾ Unters. über die anat. Verhältnisse des Chlorophylls въ *Vermischte Schriften bot. Inhalts*, 1845, и *Bot. Zeitg.* 1855.

²⁾ Nägeli: *Pflanzenphysiol. Untersuchungen*, II. Stärkekörner, стр. 398.

³⁾ Vilm: *Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss.* Wien, 1857, Beiträge и т. д.

⁴⁾ Фиг. 40 представляетъ направо около *E* три отдѣльныя хлорофилловыя зерна *Nicotiana glauca* съ 1, 2, 3-мя маленькими крахмальными зернышками; въ клѣточкѣ *E* того же растенія (въ октябрѣ) вмѣсто стѣнноположныхъ хлорофилловыхъ зеренъ находятся только заключившіяся въ нихъ крахмальныя зерна, занимающія еще мѣсто первыхъ и обнятыя весьма тонкою оболочкою хлорофиллового вещества.

⁵⁾ При этомъ остается въ сторонѣ тотъ исключительный случай, что иногда, напр. въ зеленящихся клубняхъ картофеля, образуются ложныя зерна хлорофилла изъ зеренъ крахмала, облекающихся зеленой протоплазмой.

⁶⁾ *Jahrbücher f. wissensch. Botanik.* 1862, III.

⁷⁾ Sachs, Ueber den Einfluss des Lichts auf die Bildung des Amylums in den Chlorophyllkörnern, *Bot. Zeitg.* 1862, № 44.

листьяхъ образуются желтыя зерна хлорофилла не содержація и слѣдовъ крахмала; но если такое безкрахмальное растеніе подвергнуть дѣйствию свѣта достаточно долго (смотря по температурѣ), то этиоллированныя зерна хлорофилла сперва зеленѣютъ, но еще не содержатъ крахмала, образованіе котораго начинается у нихъ тогда только, когда хлорофиллъ совершенно позеленѣтъ; всѣ же прочіе органы въ это время еще не содержатъ крахмала; затѣмъ масса послѣдняго постоянно увеличивается и крахмалъ появляется въ листовыхъ черешкахъ, въ частяхъ стебля и т. д., входитъ также и въ молодыя части почекъ и этимъ даетъ имъ возможность къ дальнѣйшему развитію, которое передъ тѣмъ было приостановлено.

Если, напротивъ, этиоллированное безкрахмальное растеніе поставить въ пространство не совершенно темное, однако недостаточно освѣщенное (напр. у задней стѣны комнаты), или заставить растеніе проростать при подобныхъ же обстоятельствахъ, то листья зеленѣютъ, крахмала же въ хлорофиллѣ не образуется. Такіе опыты были произведены съ *Cucurbita Pepo*, *Helianthus annuus*, *Zea Mais*, *Phaseolus vulgaris*, и въ 1864 съ побѣгами клубней *Dahlia variabilis* и *Helianthus tuberosus*.

Эти факты доказываютъ, что растенія, истратившія вслѣдствіе развитія въ темнотѣ весь запасъ крахмала или веществъ образующихъ крахмалъ, могутъ въ своемъ хлорофиллѣ снова произвести его, если зерна хлорофилла позеленѣли на свѣтѣ и если ихъ подвергнуть достаточно долго дѣйствию свѣта достаточной интензивности (при соответствующей температурѣ); слѣдовательно для образованія крахмала въ хлорофиллѣ необходимо, чтобы послѣдній былъ зеленъ и подвергался въ этомъ состояніи дѣйствию достаточно интензивнаго свѣта; условія образованія крахмала, слѣдовательно, одинаковы съ условіями выдѣленія кислорода, т. е. одинаковы съ тѣми условіями, которыя необходимы для образованія органическихъ веществъ на счетъ углекислоты и воды. Изъ этого можно съ нѣкоторою вѣроятностію заключить, что крахмалъ въ хлорофиллѣ есть одинъ изъ первыхъ продуктовъ усвоенія.

Послѣдующіе мои опыты въ 1864 году¹⁾ далѣе показали, отчасти согласно съ результатами полученными А. Гри, что крахмалъ, заключающійся въ хлорофиллѣ на свѣтѣ, въ темнотѣ растворяется и исчезаетъ въ короткое время (въ 2—3 дня при высокой лѣтней температурѣ); другой результатъ и еще болѣе важный, тотъ, что тѣ же самыя зерна хлорофилла, которыя въ темнотѣ утратили свой крахмалъ, въ состояніи втеченіи нѣсколькихъ дней подъ вліяніемъ свѣта снова произвели крахмальныя зерна, если только хлорофиллъ непосредственно послѣ исчезновенія крахмала снова будетъ перенесенъ на свѣтъ, потому что при слишкомъ продолжительномъ пребываніи въ темнотѣ онъ претерпѣваетъ болѣе сильное разрушеніе.

Опыты производились съ слѣдующими растеніями, обильно покрытыми листьями: *Begonia*, *Nicotiana Tabacum*, *Tropaeolum majus*, *Geranium peltatum*.

При подобныхъ изслѣдованіяхъ требуется вѣрный методъ, указывающій малѣйшія количества крахмала въ хлорофиллѣ, что посредствомъ одного іодистаго раствора не всегда удается. Таимъ методомъ можетъ считаться слѣдующій:

¹⁾ Sachs, Ueber die Auf- und Wiedergeb. des Amylums in den Chlorophyllkörnern bei wechselnder Beleuchtung, Bot. Zeitg. 1864, № 33.

Листья кладутъ въ крѣпкій алкоголь и выставляютъ на солнечный свѣтъ до тѣхъ поръ, пока они совершенно не обезвѣтятся; затѣмъ дѣлаютъ изъ листа тонкіе разрѣзы, которые на 1—2 дня кладутъ въ растворъ ѣдкаго кали, или въ немъ слегка (не до кипѣнія) нѣсколько разъ нагрѣваютъ; послѣ этого разрѣзы промываютъ (безъ покровной пластинки) большимъ количествомъ воды и приливаютъ избытокъ уксусной кислоты; послѣ нѣсколькихъ минутъ, удаливъ кислоту, на препаратъ пускается капля свѣтло-бураго раствора іода въ глицеринѣ.

Этимъ способомъ вполне устраняется вещество хлорофилла, между тѣмъ какъ заключавшійся въ немъ крахмалъ остается на своемъ мѣстѣ и представляется въ видѣ свѣтло-голубыхъ разрыхленныхъ зеренъ.

Этотъ методъ даетъ совершенно вѣрный результатъ, но требуетъ навыка.

Подобный же, но менѣе удовлетворительный пріемъ примѣнялъ уже Бѣмъ (Böhm).

Опыты я производилъ слѣдующимъ образомъ¹⁾: значительное число однородныхъ сѣмянъ сажалъ въ цвѣточныя горшки, наполненные садовой землей, которые ставилъ въ шкафъ. Здѣсь прорастающія растенія оставались до тѣхъ поръ, пока не истрачивались всѣ запасныя вещества сѣмянодолей или бѣлка, и пока, вслѣдствіе этого, не прекращалось образованіе новыхъ листьевъ въ темнотѣ.

Эти этиолированныя проросшія растенія раздѣлялись для изслѣдованія на 3—4 группы; одну группу я оставлялъ въ темнотѣ, гдѣ растенія нѣкоторое время сохранялись безъ переменъ, но за тѣмъ погибали; другую группу, въ этиолированномъ состояніи, я подвергалъ дѣйствию крѣпкаго алкоголя, для изслѣдованія содержанія крахмала; наконецъ третью группу я ставилъ на окно, чтобы растенія могли позеленѣть; изъ этой группы нѣкоторые экземпляры я изслѣдовалъ послѣ первыхъ же дней, тотчасъ какъ только позеленѣли, другіе позже, послѣ того, какъ у нихъ уже началось дальнѣйшее развитіе и образованіе новыхъ листьевъ; растенія этой группы также подвергались обработкѣ алкоголемъ на свѣтѣ.

Я изслѣдовалъ тонкіе продольные и поперечные разрѣзы всѣхъ частей: листьевъ, корней, стеблей и почек у растеній, какъ этиолированныхъ такъ и позеленѣвшихъ и развившихся далѣе; разрѣзы я бралъ частью со свѣжихъ растеній, частью отъ экземпляровъ, пролежавшихъ въ алкоголь, примѣняя вышеизложенный способъ изслѣдованія.

У *Cucurbita Pepo* масло сѣмянодолей большею частью преобразовывается въ крахмалъ и сахаръ, потребляемые на ростъ клеточныхъ оболочекъ; масло совершенно исчезаетъ въ темнотѣ, когда желтые сѣмянодоли достигаютъ длины 2—3 см. и когда покажется первый листъ. Въ это время прекращается дальнѣйшее развитіе, потому что недостаетъ образовательныхъ веществъ, какъ это видно изъ того, что микроскопическимъ изслѣдованіемъ нельзя открыть крахмала ни въ болѣе старыхъ, ни въ болѣе молодыхъ органахъ и только незначительныя слѣды его видны въ паренхиматическомъ крахмальномъ слоѣ, сопровождающемъ сосудистыя пучки.

Растеній въ этомъ состояніи развитія были выставлены на шесть дней на свѣтъ, при 15° P.; они совершенно позеленѣли, но въ зернахъ хлорофилла, которые были вполне развиты, все-таки не оказывалось слѣдовъ крахмала, только въ вышеозначенномъ слоѣ клеточекъ находились слѣды, да и то количество его здѣсь скорѣе уменьшилось, нежели увеличилось.

Третья группа этиолированныхъ растеній оставалась на свѣтѣ 10 дней, при постоянно пасмурной погодѣ (на восточномъ окнѣ); позеленѣвшія сѣмянодоли сильно выросли, началъ показываться второй листъ, послѣ того какъ первый значительно увеличился. Теперь крахмалъ находился въ значительномъ количествѣ въ хлорофиллѣ сѣмянодолей и перваго листа, отсюда онъ пропикъ также въ надсѣмянодольную междоузлія и его можно было прослѣдить до молодыхъ частей почек; въ подсѣмянодольномъ членикѣ и въ корняхъ крахмала не заключалось.

У *Helianthus annuus* масло сѣмянодольной паренхимы и образовавшійся во время прорастанія крахмалъ исчезали, когда прекращался въ темнотѣ ростъ. Въ этомъ состояніи желтыя сѣмянодоли оказывались распростертыми и первый листъ былъ въ 4—5 милл. длиною; подсѣмянодольный членикъ былъ около 8—10 снт. длины; ни въ одной изъ частей не было слѣдовъ масла; крахмалъ замѣчался въ очень незначительномъ количествѣ только въ «крахмальномъ слоѣ» срединнаго нерва сѣмянодолей, но въ желтыхъ хлорофилльныхъ зернахъ его не было и слѣда.

Въ этомъ состояніи растенія были выставлены на окно; по прошествіи шести дней въ нихъ не оказалось измѣненія, кромѣ того, что зерна хлорофилла позеленѣли, но еще не содержали крахмала.

¹⁾ Bot. Zeitg. 1862, стр. 363.

Послѣ 16-ти дневнаго освѣщенія первые два листа выросли до 6 сант. длины и образовалась вторая пара листьевъ. Теперь крахмалъ находился въ хлорофиллѣ сѣмянодолей и листьевъ, кромѣ того довольно крупныя зерна его лежали въ округлости сосудистыхъ пучковъ листовыхъ черешковъ и подсѣмянодольныхъ междоузлій вверхъ до самой молодой паренхимы верхушечной почки.

Послѣ 21 дневнаго освѣщенія и послѣ того, какъ распустилась третья пара листьевъ, крахмалъ находился во всѣхъ зернахъ хлорофилла въ большомъ количествѣ, а также и въ крахмальномъ слоѣ паренхимы листовыхъ черешковъ и во всѣхъ междоузлїяхъ до самыхъ молодыхъ частей почекъ; въ это время крахмалъ началъ уже распространяться внизъ,—кругъ сосудистыхъ пучковъ подсѣмянодольнаго членика былъ окруженъ слоемъ кѣлочекъ, содержащимъ крахмалъ и проходившимъ внизъ въ корень.

Zea Mais, проросшая въ темнотѣ, по прекращеніи роста вслѣдствіе истощенія запасныхъ веществъ, обладала тремя вполне распустившимися желтыми листьями до 24 сант. длины; въ этомъ состояніи развитія въ растеніи крахмала совершенно не было, между тѣмъ какъ въ болѣе ранніе періоды развитія, органы содержали его въ изобиліи¹⁾.

Въ этиологированныхъ растеніяхъ достигнувшихъ показаннаго состоянія развитія и выставленныхъ на окно, послѣ 5-ти дневнаго освѣщенія зерна хлорофилла представлялись не только зелеными, но и значительно увеличенными въ объемѣ; они уже образовали небольшое количество крахмала однако въ тѣхъ только кѣлочкахъ, которыя непосредственно окружаютъ сосудистые пучки листовой пластинки; въ другихъ частяхъ растенія еще не находилось крахмала. На одномъ изъ этихъ растеній, простоявшемъ на свѣтѣ 14 дней, появилось два новыхъ (всего пять) листа и корни замѣтно увеличились. У этого растенія крахмалъ находился въ изобиліи не только въ зернахъ хлорофилла, но распространился также во влагалница листьевъ и междоузлій и особенно много его было въ молодыхъ листьяхъ и въ молодой стеблевой паренхимѣ почекъ. Еще богаче крахмаломъ было растеніе, простоявшее на солнцѣ втеченіи 6-ти недѣль.

У *Phaseolus vulgaris*, развившагося въ темнотѣ и развитіе котораго остановилось вслѣдствіе истощенія запасныхъ веществъ сѣмянодолей, которыя опустѣвши, сбрасываются, ни въ одной изъ тканей не было болѣе крахмала. Послѣ осмидневнаго освѣщенія первичные листья уже позеленѣли и увеличились въ объемѣ, и первый тройчатый листъ началъ расти; во всѣхъ зернахъ хлорофилла находился уже крахмалъ въ изобиліи и по черешку можно было его прослѣдить до почки; въ подсѣмянодольномъ членикѣ и въ корень онъ еще не проникъ, но при дальнѣйшемъ развитіи на свѣтѣ появлялся и въ этихъ частяхъ.

Подобные опыты показываютъ, что при слишкомъ незначительной интензивности свѣта, какъ напр. близъ задней стѣны комнаты, зерна хлорофилла хотя и зеленѣютъ, но никогда не образуютъ крахмала, и что соотвѣтственно этому, послѣ истощенія запасныхъ веществъ, ростъ прекращается и растеніе наконецъ погибаетъ; если изслѣдовать такія въ полумракѣ позеленѣвшія растенія прежде нежели онѣ погибнутъ, то въ тканяхъ ихъ не оказывается крахмала, какъ будто онѣ были въ глубокой темнотѣ²⁾.

Слѣдующимъ образомъ производились опыты³⁾ относительно исчезанія крахмала изъ зеренъ хлорофилла вслѣдствіе временнаго затемненія⁴⁾ и относительно вторичнаго образованія его подъ вліяніемъ интензивнаго свѣта. Три вполне выросшіе листа *Begonia* (вѣроятно помѣсь, съ очень толстыми, блестящими и гладкими листьями) закрывались черной бумагой такимъ образомъ, что $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ пластинки была съ верхней и нижней стороны плотно закрыта и затемнена. Послѣ того какъ растеніе въ такомъ состояніи, въ ноябрѣ, простояло на сѣверномъ окнѣ 10 дней, покрывка съ одного листа была снята; затемненное мѣсто, величиною 30 кв. сант., сдѣлалось свѣтлѣе, но все-таки было еще зелено; въ зернахъ хлорофилла этого мѣста, въ некото-

¹⁾ За исключеніемъ корневато чехлика и полудунныхъ кѣлочекъ устьицъ, въ которыхъ крахмалъ, однажды отложившись, уже никогда не исчезаетъ, что я замѣтилъ не только у маиса, но и у всѣхъ остальныхъ мною изслѣдованныхъ растеній.

²⁾ Такимъ образомъ мы имѣемъ простое средство получать зеленія зерна хлорофилла безъ содержанія крахмала.

³⁾ J. Sachs, Bot. Zeitg. 1864, № 33.

⁴⁾ А. Гри (Ann. des sc. nat. 1857) наблюдалъ исчезаніе крахмала и всего зерна хлорофилла въ темнотѣ до полного разложенія послѣдняго, но онъ не зналъ, что зерна хлорофилла, выставенныя во-время на свѣтъ, вторично могутъ образовать крахмалъ.

рыхъ вѣточкахъ, еще оказалось нѣсколько крахмала, но по большей части онъ исчезъ и вслѣдствіе этой потери зерна хлорофилла уменьшились въ объемѣ, соответственно объему исчезнувшаго крахмала (температура во время опыта 15°—20° Ц.); чрезъ 15 дней было изслѣдовано затемненное мѣсто втораго листа; оно было грязно-зеленаго цвѣта, гораздо свѣтлѣе нежели освѣщенное мѣсто, но зерна хлорофилла были еще прекраснаго зеленаго цвѣта, явственно ограничены и по большей части не содержали крахмала. Въ третьемъ листѣ, недостаточно затемненномъ, чрезъ 25 дней крахмаль исчезъ большей частью, хотя не совершенно.

Этотъ опытъ показалъ, что крахмаль можетъ исчезать изъ зеренъ хлорофилла, причемъ послѣдній не разлагается, изъ чего я заключилъ, что хлорофиллъ въ состояніи вторично образовать крахмаль въ своихъ зернахъ.

Опытъ, произведенный зимой 1863—1864 года, подтвердилъ это предположеніе, хотя при низкой температурѣ (10—15° Ц.) на исчезаніе крахмала и на вторичное его образованіе потребовалось значительное время.

Одна изъ бегоній, употреблявшихся въ предыдущемъ опытѣ, была поставлена 15 ноября въ темное мѣсто, гдѣ втеченіи 9-ти недѣль оба старѣйшіе листа погибли, другіе же оставались совершенно зелеными и свѣжими. Отъ нижняго и слѣдующаго вполнѣ развитыхъ здоровыхъ листьевъ я отрѣзала половину пластинки, не трогая срединнаго черва и напелъ, что въ обоихъ отрѣзкахъ въ хлорофиллѣ не заключалось и слѣдовъ крахмала.

То же самое растеніе было потомъ поставлено на юго-восточное окно, гдѣ оно простояло 7 недѣль; оставшіеся половинки предыдущихъ листьевъ были отрѣзаны и изслѣдованы; половина болѣе стараго листа оказалась пострадавшею и не содержала крахмала въ хлорофиллѣ; напротивъ, въ половинкѣ болѣе молодого листа въ хлорофиллѣ снова образовались крахмальныя зерна такой величины, что ихъ можно было явственно видѣть въ зеленомъ веществѣ, не употребляя реактивовъ, что болѣе частью свойственно бегоніямъ.

Болѣе благоприятный ходъ имѣли три опыта лѣтомъ въ 1864 году, когда высокая температура и интенсивный свѣтъ значительно ускорили разложеніе и новообразованіе крахмала. 21 іюля были употреблены для опыта *Nicotiana Tabacum* съ 10-ью листьями, *Tropaneolum majus* съ 18-ью листьями и *Geranium peltatum* съ 20-ью листьями (все три выросли въ горшкахъ на огнѣ). Сперва у каждаго растенія отъ 1, 3, 5, 7, 9, и т. д. листа я отрѣзала $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ пластинки и клялъ ихъ въ алкоголь. Послѣ этого растенія ставились въ шкафъ въ глубокую темноту.

23-го іюля, чрезъ 48 часовъ, у каждаго растенія отъ 1, 3, 5 и т. д. листа снова отрѣзалась $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ пластинки и клалась въ алкоголь, растенія же оставались еще въ темнотѣ.

26-го іюля, слѣдовательно чрезъ 5 дней, отъ каждаго 2, 4, 6, 8 и т. д. листа отрѣзалась $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ пластинки и клалась въ алкоголь.

Послѣ этого растенія переносились на восточное окно, гдѣ первоначально стояли, и 31 іюля, слѣдовательно послѣ пятидневнаго освѣщенія, я вторично отрѣзала отъ каждаго 2, 4, 6 и т. д., листа куски и положилъ ихъ въ алкоголь. Температура въ темнотѣ колебалась между 20°—28° С., а когда растенія были выставлены на свѣтъ, температура воздуха была 19—26,5° Ц. Все куски листьевъ, обезцвѣченные въ алкогольъ, были тщательно изслѣдованы однимъ и тѣмъ же способомъ и дали слѣдующіе результаты: 21 іюля зерна хлорофилла растеній, оставшихся до этого времени на свѣтѣ, заключали крахмаль вездѣ въ изобиліи. Послѣ 48-ми часоваго затемненія въ зернахъ хлорофилла тѣхъ же листьевъ *Nicotiana* и *Tropaneolum* не оказалось слѣдовъ крахмала, самыя зерна хлорофилла по большей части вполнѣ сохранились, только мѣстами нѣсколько измѣнили видъ. У *Geranium peltatum* крахмаль также почти повсюду исчезъ изъ хлорофилла, только въ нѣкоторыхъ мѣстахъ листа оставались еще слѣды его; зерна хлорофилла здѣсь совершенно сохранили свою продолговато-круглую форму, и были рѣзко ограничены.

Послѣ пятидневнаго пребыванія въ темнотѣ, у всѣхъ трехъ видовъ крахмаль совершенно исчезъ изъ хлорофилла; у *Nicotiana* и *Tropaneolum* даже зеленое вещество измѣнило свою форму, — сдѣлалось мелкозернистымъ и не представляло столь рѣзкаго ограниченія; у *Geranium*, напротивъ, хлорофиллъ сохранилъ еще свою форму ¹⁾.

Листья, отрѣзанные послѣ пятидневнаго освѣщенія, снова содержали крахмаль во всѣхъ зернахъ хлорофилла; у *Nicotiana* и *Geranium* въ каждомъ зернѣ хлорофилла заключалось по нѣсколько крахмальныхъ зеренъ; послѣднія были такъ велики, что безъ дальнѣйшихъ обработокъ явственно принимали синій цвѣтъ отъ дѣйствія одного іодоваго раствора. Зерна хлорофилла

¹⁾ Полуцилиндричныя вѣточкы устьицы и въ этомъ случаѣ не потеряли своего крахмала.

увеличивались при этомъ въ размѣрѣ соответственно объему отложившагося въ нихъ крахмала и у *Nicotiana* и *Toraeolum* снова приняли нормальный видъ и лежали тѣсно, такъ что вслѣдствіе взаимнаго давленія представляли многоугольную форму.

§ 89. Не у всѣхъ растений въ зернахъ хлорофилла содержится крахмалъ. Иногда, повидимому, онъ замѣняется жирными маслами, касательно чего существуетъ, впрочемъ, только одно указаніе. Негели ¹⁾ нашелъ въ хлорофиллѣ паренхимныхъ клѣточекъ сердцевины у *Rhipsalis funalis* кромѣ крахмала и масло; по его же словамъ подъ кожицей стебля *Cereus variabilis* находится нѣсколько слоевъ клѣточекъ со стѣнкоположными зернами хлорофилла; они преимущественно собираются около клѣточного ядра и во внутренности каждаго изъ нихъ обыкновенно содержится значительное число (отъ 4 до 20) блестящихъ шариковъ. Посредствомъ безводнаго алкооля зерна хлорофилла обезцвѣчиваются и эти блестящіе шарики совершенно исчезаютъ. На мѣстѣ исчезнувшихъ капелекъ масла, видно такое же число небольшихъ пустотъ, кажущихся красноватыми.

Очень вѣроятно, что жиръ здѣсь произошелъ изъ предварительно образовавшагося крахмала, на мѣстѣ котораго и остался; въ пользу этого предположенія говорить во-1-хъ то, что въ растеніяхъ часто происходитъ преобразование крахмала въ масло, а во-2-хъ, аналогичное явленіе у многихъ водорослей: по Де Бари, послѣ копуляціи клѣтокъ спиригиръ и зигнемъ, когда зигоспора достигаетъ зрѣлости, зерна крахмала, заключавшіяся въ хлорофиллѣ, исчезаютъ въ той мѣрѣ, въ какой на мѣстѣ ихъ появляются капельки жира; при этомъ зерна крахмала (*Spyrogoga*) могутъ исчезать или совершенно, или только отчасти ²⁾.

Иногда, впрочемъ рѣдко, въ хлорофиллѣ вовсе не замѣчается зернистаго отложенія, такъ что масса зерна остается однородною. Такъ, по Бему, у *Lilium Martagon* и *Asphodelus luteus* ³⁾. Я могу положительно высказать то же самое о зернахъ хлорофилла *Allium Cera*, гдѣ крахмалъ находится только въ крахмальномъ слоѣ, облекающемъ сосудистые пучки; во всѣхъ зеленыхъ органахъ этого растенія содержится зато такое большое количество глюкозы, какого я не находилъ ни въ какихъ другихъ зеленыхъ частяхъ; опираясь на значеніе обихъ углеводовъ для растеній (см. ниже), должно допустить, что въ этомъ случаѣ хлорофиллѣ вмѣсто крахмала производитъ глюкозу. Понятно, что глюкоза вслѣдствіе растворимости не остается, подобно крахмалу, заключенною въ зернахъ хлорофилла, а распространяется въ клѣточномъ сокѣ.

Основываясь на безконечномъ большинствѣ случаевъ образованія крахмала въ хлорофиллѣ, мы имѣемъ право принимать, что образованіе крахмала есть нормальная и обыкновенная функція хлорофилла и что оно должно быть разсматриваемо какъ явленіе, имѣющее существенное значеніе для процесса усвоенія.

§ 90. Ходъ образованія крахмала въ хлорофиллѣ. Если мы остановимся на микроскопически-видимомъ ходѣ образованія, то увидимъ, что въ зеленомъ веществѣ, сначала совершенно однородномъ, начинаютъ появляться чрезвычайно мелкія зернышки крахмала; онѣ по большей части замѣчаются разбросанными въ массѣ хлорофилльного зерна въ числѣ 2, 3 или болѣе. Сблпжаясь по

¹⁾ «Stärkekörner», стр. 400 и 401.

²⁾ De Bary, Untersuchungen über die Familie des Conjugaten. Leipzig, 1858, 5 и 12.

³⁾ Такъ я понимаю неясно выраженное мѣсто: Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. 1857, стр. 500.

хѣрѣ увеличенія, они прямыми плоскостями прилегаютъ одно къ другому (фиг. 40 E), между тѣмъ какъ свободныя стороны остаются округленными, примѣняясь болѣе или менѣе къ формѣ хлорофилльнаго зерна; иногда, при очень эксцентрическомъ положеніи, они, какъ кажется, изъ него выставляются¹⁾.

Такой ходъ образованія, судя по многочисленнымъ наблюденіямъ, представляется какъ бы отложеніемъ между частицами зеленого вещества хлорофилла новыхъ частицъ, собирающихся вслѣдствіе диффузіи на опредѣленныхъ мѣстахъ, гдѣ являются въ видѣ чрезвычайно мелкихъ зернышекъ.

По мѣрѣ того, какъ вещество хлорофилла продолжаетъ производить между своими частицами крахмалообразовательныя частички, эти послѣднія движутся къ мѣстамъ скопленія, пропикаютъ въ имѣющіяся уже скопленія крахмала и этимъ обуславливаютъ ихъ ростъ.

Предположеніе, что между частицами всего зерна хлорофилла вездѣ производится вещество, чрезъ скопленіе котораго въ одномъ или въ нѣсколькихъ мѣстахъ образуются зерна крахмала, не требуетъ того, чтобы эти частицы при самомъ своемъ образованіи уже состояли изъ крахмала; очень возможно, что онѣ превращаются въ крахмаль лишь въ мѣстахъ своего скопленія. Нѣтъ прямого доказательства тому, что крахмалообразовательныя частицы образуются не только въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ они видимы вслѣдствіе скопленія, но также повсюду между частицами всего зеленого вещества хлорофилла; но такое предположеніе весьма естественно, ибо нѣтъ причины думать, чтобы въ однородномъ зеленомъ веществѣ химическій процессъ образованія крахмала происходилъ только въ опредѣленныхъ точкахъ.

Какъ я выше показалъ, для образованія крахмала въ хлорофиллѣ необходимо, чтобы послѣдній предварительно позеленѣлъ и чтобы въ зеленомъ состояніи былъ подверженъ вліянію интензивнаго свѣта; образованіе крахмала въ хлорофиллѣ зависитъ, слѣдовательно, отъ тѣхъ же условій, отъ которыхъ зависитъ и выдѣленіе кислорода, свидѣтельствующее о новообразованіи органическихъ веществъ изъ углекислоты и воды. Зеленое зерно хлорофилла есть органъ, который содѣйствуетъ переходу веществъ неорганическихъ, богатыхъ кислородомъ (углекислота и вода), въ соединенія бѣдныя по содержанію кислорода и богатые углеродомъ; и мы видимъ, что одно изъ этихъ соединеній, крахмаль, образуется въ самомъ веществѣ хлорофилла.

Основываясь на этомъ, мы можемъ принять, что крахмаль въ хлорофиллѣ есть одинъ изъ первыхъ продуктовъ усвоенія и что его образованіе имѣетъ генетическое отношеніе къ выдѣленію кислорода²⁾.

Крахмаль въ хлорофиллѣ обязанъ своимъ происхожденіемъ совершенно новому процессу, нежели крахмаль находящійся въ сѣменахъ, въ зародышахъ жирныхъ сѣмянъ, въ клубняхъ и т. д.; это слѣдуетъ уже изъ того, что въ послѣднихъ крахмаль образуется и тогда также, когда ткань находится въ глубокой темнотѣ, между тѣмъ какъ крахмаль хлорофилла въ темнотѣ, напротивъ, растворяется и исчезаетъ.

Первый крахмаль, появляющійся на свѣтѣ въ этиолоированныхъ растеніяхъ,

¹⁾ Объ образованіи крахмала въ зернахъ хлорофилла *Zignemaceae* и *Desmidiaceae*, уключающихся отъ описаннаго, см. Nägeli: «Stärkeköpfer», стр. 402.

²⁾ Sachs, Bot. Zeitg, 1862, стр. 371.

образуется въ зернахъ хлорофилла и за тѣмъ уже появляется въ листовыхъ черешкахъ, междоузліяхъ, почкахъ и т. д.

Изъ этого можно вывести, что крахмалъ первоначально образуется въ хлорофиллѣ вслѣдствіе процесса усвоенія и отсюда переходитъ къ остальнымъ органамъ.

Во время всего періода развитія зеленыхъ растений, крахмалъ постоянно содержится въ опредѣленныхъ слояхъ паренхимы, начинающихся у тончайшихъ нервовъ и проходящихъ вдоль черешка, по стволу до почекъ; это явленіе лучше всего объясняется тѣмъ, что крахмалъ образуется въ зернахъ хлорофилла вслѣдствіе усвоенія и при посредствѣ вышеупомянутыхъ слоевъ проводится къ мѣстамъ потребления ¹⁾.

Принимая, что крахмалъ въ хлорофиллѣ есть одинъ изъ первыхъ продуктовъ усвоенія, я этимъ не говорю, что углекислота и вода при посредствѣ выдѣленія кислорода соединяются внутри вещества хлорофилла въ частицы крахмала; нѣтъ необходимости, чтобы тотчасъ же образовался какой нибудь изъ углеводовъ, — очень вѣроятно и возможно, что процессъ, сопровождающій выдѣленіе кислорода, весьма сложный и что результатомъ его бываетъ образованіе крахмала, какъ результатъ цѣлаго ряда химическихъ превращеній. Даже очень возможно и то предположеніе, что опредѣленные составныя части зеленой плазмы сами принимаютъ участіе въ образованіи крахмала, что напр. во время выдѣленія кислорода взаимодѣйствіе происходитъ не только между атомами воды и углекислоты, на что при этомъ происходитъ разьединеніе и замѣщеніе зеленого вещества хлорофилла ²⁾.

Это предположеніе получаетъ нѣкоторое вѣроятіе вслѣдствіе того обстоятельства, что во многихъ (не во всѣхъ) случаяхъ вещество хлорофилла, во время роста заключенныхъ въ немъ крахмальныхъ зеренъ, мало по малу уменьшается въ объемѣ и, наконецъ, совершенно исчезаетъ, такъ что на мѣстѣ прежняго зерна хлорофилла остается крахмальное зерно. Это явленіе, очевидно напоминающее псевдоморфозы въ минеральномъ царствѣ, и допускаетъ предположеніе, что, во время выдѣленія кислорода, радикалы углекислоты и элементы воды входятъ въ размѣнъ съ ближайшими составными частями вещества хлорофилла, такимъ образомъ, что часть элементовъ послѣдняго употребляется на образованіе крахмала, причемъ (азотистый) побочный продуктъ выдѣляется.

До тѣхъ поръ, пока мы не изучимъ точнѣе оптически видимые процессы, пока мы не познакомимся ближе съ химическими свойствами зеленого красящаго вещества, основной массы хлорофилла и съ ихъ генетическими отношеніями въ углеводахъ, всѣ предположенія о происходящихъ при этомъ процессахъ остаются лишены прочныхъ основаній.

Количество крахмала, находящееся въ зернахъ хлорофилла въ данный моментъ, есть только часть и можетъ быть очень малая всего того количества,

¹⁾ Jahrbücher f. wiss. Bot. III, 183.

²⁾ По Берглю муравьиная кислота, представляющая собою одинъ изъ первыхъ гомологовъ ряда жирныхъ кислотъ, состоитъ изъ окиси углерода и воды (Lehrb. d. organ. Chemie v. Kekulé, 1861, стр. 365); генетическія отношенія жирныхъ тѣлъ къ углеводамъ извѣстны; но изъ имѣющихся данныхъ еще нельзя себѣ составить удовлетворительнаго понятія о ходѣ тѣхъ процессовъ, которые начинаются выдѣленіемъ кислорода и заканчиваются образованіемъ крахмала.

которое было произведено хлорофилломъ до этого момента; количество это есть разность между количествомъ произведеннымъ и тѣмъ, которое уже перешло изъ хлорофилла къ другимъ паиболѣе отдаленнымъ частямъ.

Зерна хлорофилла, заключающія въ себѣ крахмалъ, въ случаѣ затемнѣнія теряютъ послѣдній; крахмалъ въ хлорофиллѣ не устойчивъ; очевидно, что онъ растворяется и исчезаетъ постоянно въ то время, когда хлорофиллъ не освѣщается съ достаточной интензивностью.

Если днемъ, подъ впливомъ свѣта, въ хлорофиллѣ образовался крахмалъ, то ночью часть его растворяется и выходитъ изъ зеренъ хлорофилла; остатокъ же на слѣдующій день на солнцѣ снова увеличивается, что повторяется непрерывно; крахмальное зерно въ хлорофиллѣ растетъ, потому-что раствореніе ночью мѣнѣе нежели наростаніе днемъ.

Если при слабомъ освѣщеніи образованіе крахмала днемъ скудно, то весь образовавшійся крахмалъ ночью можетъ совершенно раствориться, такъ что въ хлорофиллѣ не будетъ содержаться крахмала въ видѣ зеренъ, и будетъ казаться, что хлорофиллъ въ подобныхъ случаяхъ не образуетъ крахмала, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности крахмалъ образуется, но въ незначительномъ количествѣ.

Крахмалъ распространяется изъ зеренъ хлорофилла по органамъ растенія, на что указываютъ слѣдующія явленія: во-1-хъ, когда этиолированные, не содержащія крахмала растенія позеленѣютъ отъ вліянія свѣта, то крахмалъ появляется въ листовыхъ нервяхъ, черешкахъ, междоузліяхъ и почкахъ уже послѣ того, какъ онъ образовался въ хлорофиллѣ листьевъ, и во-2-хъ то, что у растеній нормально развивающихся, паренхима содержащая крахмалъ (крахмальныи слой), распространяется по всѣмъ органамъ, начиная отъ тончайшихъ нервовъ.

Весь крахмалъ, содержащійся въ растеніи, можно разсматривать какъ продуктъ хлорофилла; крахмалъ же, заключенный въ самомъ хлорофиллѣ — какъ избытокъ, оставшійся въ зернѣ и не перешедшій въ другіе органы.

Однако, во время зрѣлости монокарпическихъ растеній, или у многолѣтнихъ растеній осенью, когда листья начинаютъ желтѣть, образованіе крахмала въ хлорофиллѣ прекращается, распространеніе же его продолжается, такъ что крахмалъ изъ хлорофилла листьевъ исчезаетъ и переходитъ въ другіе органы. Крахмалъ, перешедшій изъ хлорофилла листьевъ въ другіе органы, можетъ, съ своей стороны, исчезать различнымъ образомъ; онъ потребляется при процессѣ роста (какъ образовательный матеріалъ для клѣточныхъ оболочекъ); онъ также можетъ превращаться въ инулинъ, сахаръ и масло; для опредѣленія степени способности хлорофилла производить крахмалъ, должно поэтому брать въ расчетъ всѣ эти вещества.

Приведенное предположеніе относительно способа образованія крахмала изъ частицъ, разсыянныхъ въ хлорофиллѣ, объясняетъ отчасти, отчего въ нѣкоторыхъ случаяхъ массы заключеннаго въ хлорофиллѣ крахмала не рѣзко ограничены, но теряютъ незамѣтно въ окружающемъ хлорофиллѣ, что Пегели ¹⁾ замѣтилъ у харъ и А. Браунъ у *Hydrodictyon* ²⁾.

У явнотрапичныхъ въ нѣкоторыхъ зернахъ хлорофилла, безъ всякаго сомнѣнія содержащихъ крахмалъ, его невозможно видѣть въ формѣ зеренъ, заключенныхъ въ хлорофиллѣ, что особенно удивительно при большой разницѣ въ лучепреломляемости этихъ обоихъ веществъ; такъ

¹⁾ Stärkekorner, 398.

²⁾ Verjüngung, 210.

въ листьяхъ *Helianthus tuberosus*, зерна хлорофилла, какъ свѣтлія, такъ и обезцвѣченные алколемъ, отъ дѣйствія іодоваго раствора окрашиваются въ однородный желто-бурый цвѣтъ, между тѣмъ какъ, слѣдуя вышеописанному методу, можно и здѣсь доказать присутствіе крахмала.

Эти явленія я объясняю тѣмъ, что крахмальные частицы распределяются между частицами хлорофилла, не собираясь въ зерна.

§ 91. Деградація хлорофилла. При опредѣленныхъ состояніяхъ развитія клѣточекъ и подъ влияніемъ такихъ условій, которыя дѣлаютъ невозможною усвояющую дѣятельность хлорофилла, послѣдній подвергается болѣе или менѣе глубокимъ измѣненіямъ не только относительно формы, но даже и самаго вещества; эти измѣненія ведутъ нерѣдко къ совершенному исчезанію хлорофилла, т. е. онъ растворяется и проводится въ другіе ткани и органы. Измѣненія въ одной и той же клѣточкѣ могутъ быть только временными, преходящими, такъ что хлорофиллъ можетъ снова въ нихъ появляться. Притомъ замѣчается обыкновенно то явленіе, что зеленая окраска хлорофилла переходитъ въ желтую, или красновато-оранжевую. Такъ какъ неизвѣстно, на сколько при этихъ измѣненіяхъ происходитъ дѣйствительное разложеніе вещества хлорофилла, или въ какой степени эти явленія основываются на одномъ измѣненіи молекулярнаго состоянія частицъ, то мнѣ кажется лучше всего эти измѣненія обозначить именемъ деградаціи.

Споры и зигоспоры водорослей, сначала зеленныя, при наступленіи состоянія покоя принимаютъ красный цвѣтъ, при возобновленіи развитія снова переходящій въ чисто-зеленый; при этомъ неизвѣстно, ограничивается ли измѣненіе только красящимъ веществомъ, или оно касается также основнаго вещества протоплазмы.

При созрѣваніи сначала зеленыхъ, наконецъ оранжевыхъ или красныхъ околоплодниковъ, зерна хлорофилла, содержащіа крахмалъ, сохраняютъ свою форму и объемъ, между тѣмъ какъ красящее вещество мало по малу переходитъ въ желтый и красный цвѣтъ, послѣ чего уже наконецъ основная масса раздѣляется на мелкія зернышки, какъ это наблюдалъ А. Вейсъ въ ягодахъ *Lycium barbarum*, *Solanum dulcamara* и другихъ видовъ *Solanum*. Этотъ процессъ повидному находится въ связи съ естественнымъ отмираніемъ всей клѣточки во время созрѣванія, съ раствореніемъ клѣточного ядра и съ разрушеніемъ протоплазмы.

При созрѣваніи сѣмянъ монокарпическихъ растений, или при переходѣ многолѣтнихъ въ состояніе зимняго покоя, въ листьяхъ прекращается усвоеніе, они опоражниваются, и вещества годныя для питанія проводятся изъ мякоти листа въ зимующіе органы. При такомъ всеобщемъ исчезаніи содержимаго клѣточекъ, при раствореніи ядеръ и протоплазмы, стѣбкоположныя зерна хлорофилла теряютъ свое нормальное очертаніе, принимаютъ неправильныя формы, крахмалъ изъ нихъ исчезаетъ и красящее вещество измѣняется; оно дѣлается грязно-зеленымъ, нерѣдко въ клѣточкахъ появляются маслянистыя капли; масса хлорофилла видимо уменьшается, измѣнившіяся зерна дѣлаются мельче и когда они, наконецъ, совершенно исчезнутъ, то въ клѣточномъ сокѣ остается болѣе значительное число мелкихъ зернышекъ, сильно преломляющихъ свѣтъ и окрашенныхъ въ ярко-желтый цвѣтъ¹⁾; нерѣдко онѣ сливаются въ значительныя мягкія масло-

¹⁾ Можно впасть въ большую ошибку, смѣшивая эти желтыя зернышки, представляющія собою остатки разложившагося хлорофилла, съ этиолованнымъ желтымъ хлорофилломъ, образовавшимся въ темнотѣ.

образныя капли, и, очевидно, не имѣютъ дальнѣйшаго значенія въ экономіи растенія.

Этими желтыми зернышками и обуславливается осенью желтый цвѣтъ истощенныхъ листьевъ и онѣ же осенью остаются въ опустѣвшихъ клѣточкахъ листьевъ, принявшихъ красный цвѣтъ; въ послѣднемъ случаѣ онѣ лежатъ въ однородномъ красномъ клѣточномъ сокѣ, красящее вещество котораго къ разрушенію хлорофиллу, можетъ быть, имѣетъ то же генетическое отношеніе, какое красящее вещество имѣетъ къ мягкому содержанию въ покоящихся спорахъ и красныхъ околоплодникахъ.

Совершенно подобныя измѣненія происходятъ въ содержимомъ клѣточекъ листьевъ растеній, поставленныхъ въ темноту, особенно при высокой температурѣ; и здѣсь также клѣточки листьевъ пустѣютъ, что сопровождается раствореніемъ хлорофилла и передачею его въ другія части, послѣ чего въ листьяхъ остаются только блестящія желтыя зернышки. Подобныя же процессы вызываются и при дѣйствіи свѣта различными другими причинами, напр. продолжительной засухой и вообще недостаткомъ въ питательныхъ веществахъ.

Во всѣхъ этихъ случаяхъ описанный процессъ начинается въ самыхъ старыхъ листьяхъ и переходитъ къ молодымъ. При опустѣніи, клѣточки остаются наполненными сокомъ, но объемъ ихъ кажется замѣтно уменьшается; опустѣвшія ткани, наконецъ, по бѣльшей части отпадаютъ, причемъ, какъ подробно показалъ Г. Моль, поперегъ основанія черешка образуется слой клѣточекъ, приготовляющихъ черешокъ къ отпаденію ¹⁾).

Выше я показалъ, что осеннее опоражниваніе листьевъ происходитъ отъ того, что крахмалъ, вмѣстѣ съ протоплазмой хлорофилла, растворяется и по черешку проводится въ другія части растенія; такое предположеніе хотя и не основано на непосредственныхъ наблюденіяхъ, но можетъ быть принято за вѣрное на основаніи разныхъ соображеній. Оно во-первыхъ соотвѣтствуетъ внутренней экономіи растеній, потому что было бы неестественно, еслибы продукты усвоенія разрушались безъ дальнѣйшей цѣли и менѣе всего можно было бы допустить такое разрушеніе для основнаго азотистаго вещества хлорофилла, такъ какъ въ растеніяхъ замѣчается особенная бережливость именно относительно этого вещества, что напр. видно при прорастаніи въ темнотѣ. Въ то время, какъ растенія, вслѣдствіе дыханія, разрушаютъ значительное количество безазотистыхъ запасныхъ веществъ, они сохраняютъ всю массу азотистыхъ веществъ, пока не настаетъ гніеніе.

Если принять, что вся масса хлорофилла листьевъ, или значительная его часть осенью, при опоражниваніи листьевъ, разлагается вполне и не проводится въ стволъ, то при этомъ должны были бы образоваться газообразные продукты, выдѣляющіеся изъ листьевъ; между этими продуктами безъ сомнѣнія находились бы углекислота и амміакъ и въ лѣсу, зеленыя части котораго претерпѣвали бы подобныя превращенія, воздухъ долженъ быть пропитанъ газообразными продуктами разложенія въ такой степени, что это не могло бы остаться незамѣченнымъ.

Анализъ золы осеннихъ опустѣвшихъ листьевъ также показываетъ, что они бѣднѣе содержаніемъ такихъ веществъ, какъ напр. кали и фосфорная кислота,

¹⁾ П. v. Mohl, Bot. Zeitg. 1860, стр. 1, 9, 132, 273.

которые не могли исчезнуть вслѣдствіе испаренія, но могли только перейти изъ листьевъ въ стволъ путемъ диффузіи; очень вѣроятно, что именно кали и фосфорная кислота выходятъ изъ листьевъ въ тѣснѣйшемъ соединеніи съ крахмаломъ и хлорофилломъ.

Ад. Вейссъ ¹⁾ напелъ, что въ вышеозначенныхъ Solanaceae, при созрѣваніи плодовъ вначалѣ зеленыхъ, зерна хлорофилла (съ крахмаломъ) заключавшіяся въ мякоти плодовъ, измѣняютъ свою зеленую окраску сперва въ желтую, а потомъ въ красновато-оранжевую, причемъ форма и величина зеренъ вначалѣ не измѣнялись. Процессъ этотъ не совершается одновременно во всѣхъ зернахъ одной и той же кѣлочкы, но ему подвержены одинаково какъ зерна, лежащія свободно въ полости кѣлочкы, такъ и тѣ, которые заключены въ пузырькахъ протоплазмы. Позднѣе круглая форма зеренъ измѣняется въ продолговатую съ заостренными концами и часто снабженными длинными волосообразными отростками; наконецъ зерна распадаются, между тѣмъ какъ красновато-оранжевое вещество, вмѣстѣ съ содержащимся еще съ немъ крахмаломъ, распадаются на мелкія зерна.

Такое же красящее вещество можетъ произойти въ красновато-оранжевыхъ плодахъ Solanaceae другимъ способомъ: оно можетъ образоваться непосредственно изъ протоплазмы (?), безъ предварительнаго образованія хлорофилла, внутри безцвѣтныхъ комковъ протоплазмы, которая вслѣдствіе появленія вакуолей превращается въ пузырьки. У Solanum capsicastrum красновато-оранжевое красящее вещество отъ дѣйствія сѣрной кислоты измѣняется въ фіолетовое, что происходитъ также и отъ дѣйствія азотной кислоты, но затѣмъ. переходя сначала въ голубовато-зеленый цвѣтъ, обезцвѣчивается; при медленномъ дѣйствіи (разбавленной кислотой ?) красящее вещество дѣлается бурнымъ, желто-зеленымъ, тускло-желтымъ, безцвѣтнымъ; у Solanum pseudocapsicum красящее вещество при быстромъ дѣйствіи сѣрной кислоты дѣлается также фіолетовымъ, послѣ чего масса расплывается и обезцвѣчивается; азотная кислота дѣйствуетъ какъ у предыдущаго вида.

Разрушеніе составныхъ частей хлорофилла и передача ихъ другимъ частямъ во время осенняго опоражниванія листьевъ, можетъ происходить различнымъ образомъ, какъ я показалъ въ моей статьѣ «Опоражниваніе листьевъ осенью» ²⁾:

a) Форма зеренъ хлорофилла разрушается одновременно съ зеленой окраской и хлорофиллъ исчезаетъ въ одно время съ заключающимся въ немъ крахмаломъ (какъ у Aesculus и Dioscorea Batatas).

b) Сперва разрушается форма зеренъ хлорофилла, и крахмалъ исчезаетъ, зеленая же окраска сохраняется еще нѣкоторое время въ безформенной массѣ хлорофилла, какъ напр. у Vitis vinifera.

c) Сперва исчезаетъ крахмалъ изъ зеренъ хлорофилла, окраска же и форма сохраняется еще нѣкоторое время (Sambucus, Populus, Robinia).

d) Сперва разрушается форма зеренъ хлорофилла, потомъ исчезаетъ зеленая окраска, и наконецъ уже пропадаетъ безцвѣтное вещество хлорофилла, вмѣстѣ съ содержащимся въ немъ крахмаломъ (Morus alba).

Эти различные случаи едва ли можно рассматривать какъ типичные, для названныхъ растений и можетъ быть у одного и того же растенія, смотря по обстоятельствамъ, встрѣчаются различные способы.

Снаружи не всегда можно замѣтить, началось ли уже въ листьяхъ осеннее опоражниваніе; когда листья сдѣлались грязно-зелеными, то разложеніе хлорофилла уже началось, а когда они пожелтели, то разложеніе уже окончилось; съ другой стороны, въ сентябрѣ и октябрѣ, въ листьяхъ еще совершенно зеленыхъ, форма зеренъ хлорофилла уже можетъ быть разрушеною, какъ это бываетъ въ случаяхъ b и c.

Чтобы выставить рельефнѣе разнообразіе процессовъ и чтобы получить ясную картину ихъ, необходимо описать самыя наблюденія. Онѣ были предприняты осенью 1862 г. по одному и тому же методу. По возможности съ однихъ и тѣхъ же экземпляровъ растеній были одновременно взяты листья въ различныхъ стадіяхъ измѣненія, зеленые, грязно-зеленые и желтые; одна часть каждаго разряда была изслѣдована въ свѣжемъ состояніи, другая часть была положена въ

¹⁾ Weiss, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Farbstoffs in den Pflanzenzellen. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, XLIX 1864.

²⁾ Flora, 1863, стр. 200 ff.

красный алкоголь и исследована послѣ обезцвѣчивания (послѣ 20—30 дней). Присутствие или недостатков крахмала опредѣлялись посредствомъ метода, изложеннаго въ § 88.

У *Aesculus Hippocastanum*, 19 октября, въ свѣжихъ зеленыхъ листьяхъ были еще нормальныя зерна хлорофилла ярко-зеленаго цвѣта, тѣсно лежащія по стѣнкамъ кѣлочекъ и содержащія много крахмала; въ листьяхъ грязно-зеленыхъ и желтыхъ между зернами замѣчались промежутки, зерна утратили многогранную форму, округлились и отошли отъ стѣнокъ кѣлочекъ къ срединѣ полости; они были грязнаго цвѣта, отдѣльныя зерна начали распадаться на мелкія частицы зернышки. Въ одной и той же кѣлочкѣ иногда рядомъ съ нормальнымъ хлорофилломъ находились желтыя маслообразныя блестящія зернышки, а также и большіе зеленые комки, образовавшіеся отъ сліянія уже разложившихся зеренъ хлорофилла; во время этого измѣненія крахмалъ находился еще повсюду въ зернахъ верхней стороны мякоти (*Mesophyll*), хотя въ незначительныхъ количествахъ, на нижней же сторонѣ онъ уже исчезъ. Въ мякоти совершенно желтыхъ листьевъ были разсыпаны въ кѣлочномъ сокѣ въ беспорядкѣ блестящія зернышки ярко-желтаго цвѣта; присутствія же крахмала невозможно было обнаружить никакимъ способомъ (въ полудунныхъ кѣлочкахъ устьицъ онъ находился равно какъ и у нижеслѣдующихъ растений; вообще при опоражниваніи листьевъ крахмалъ всегда содержится въ полудунныхъ кѣлочкахъ даже опавшихъ листьевъ).

У *Dioscorea Batatas*, 19 октября, въ совершенно зеленыхъ листьяхъ находились еще нормальныя стѣноколожныя зерна хлорофилла съ большимъ содержаніемъ крахмала; въ желтовато-зеленыхъ листьяхъ, въ кѣлочкахъ верхней стороны замѣчались еще хорошо сохранившіяся зерна хлорофилла, но они уменьшились въ объемѣ и не были такъ ярко окрашены. Здѣсь также разложено было значительнѣе въ ткани нижней стороны; хлорофиллъ представлялъ тутъ въ кѣлочкахъ одно безформенное скопленіе, и только въ отдѣльныхъ кѣлочкахъ находилось еще немного крахмала; въ совершенно желтыхъ листьяхъ вмѣсто хлорофилла находились многочисленныя довольно большія желтыя зернышки, изъ которыхъ каждое состояло изъ скопленія болѣе мелкихъ.

У *Vitis vinifera*, 19 октября, въ совершенно зеленыхъ листьяхъ, стѣноколожныя зерна хлорофилла замѣчались въ мякоти только мѣстами, въ остальныхъ кѣлочкахъ они потеряли свою форму и перешли въ безформенную мелкозернистую зеленую плазму, выстилавшую стѣнки кѣлочекъ. Въ нѣкоторыхъ кѣлочкахъ замѣчались зеленыя маслообразныя капли; эти листья, пролежавъ нѣсколько недѣль въ алкогольѣ, не обезцвѣтились, но пожелтели; въ ихъ мякоти видѣть нельзя было доказательствъ присутствія крахмала. Желто-зеленый листъ обнаружилъ почти тоже самое! хлорофиллъ былъ еще болѣе разрушенъ и болѣе желтоватаго цвѣта; капли масла въ срединномъ сокѣ сдѣлались еще многочисленнѣе; въ мякоти желтыхъ листьевъ находились въ большомъ количествѣ зеленовато-желтыя маслообразныя блестящія зернышки.

У *Sambucus nigra*, въ сентябрѣ, въ зеленыхъ листьяхъ въ хлорофиллѣ содержался крахмалъ; 18 октября въ зеленыхъ листьяхъ, хлорофиллъ еще сохранился, но въ кѣлочкахъ нижней стороны уже не содержалось крахмала, въ верхней сторонѣ очень мало. Вмѣстѣ съ зернами хлорофилла въ кѣлочкахъ находились большія капли масла, зеленѣвшія отъ дѣйствія сѣрной кислоты; въ желто-зеленыхъ листьяхъ, еще во многихъ кѣлочкахъ оказывались стѣноколожныя, хорошо сохранившіяся зерна хлорофилла, въ другихъ же кѣлочкахъ они округлились, уменьшились въ числѣ, но были еще зелены; были еще такія кѣлочечки, въ которыхъ можно было видѣть зеленыя облачныя массы и комки мелкозернистаго вещества. Въ кѣлочкахъ, представлявшихъ наиболѣе значительное измѣненіе, заключались маслообразныя блестящія зернышки, большія и малыя; нѣкоторыя изъ нихъ были зелены, даже встрѣчались еще шарообразныя капли масла; крахмалъ изъ хлорофилла исчезъ по большей части, хотя не вполнѣ.

Populus pyramidalis, 29 сентябрю, въ зеленыхъ листьяхъ содержались еще нормальныя зерна ярко-зеленаго цвѣта, тѣсно лежащія вдоль стѣнокъ, но крахмалъ встрѣчался въ нихъ только мѣстами; въ тотъ же самый день отпавшіе сочные листья чисто-желтаго цвѣта, содержали въ мякоти множество неправильно расположенныхъ ярко-желтыхъ зернышекъ, между которыми также попадались безцвѣтныя капли, а мѣстами слѣды крахмала.

Robinia Pseudo Acacia; въ сентябрѣ, въ зеленыхъ листьяхъ крахмалъ заключался въ оболочкѣ въ хлорофиллѣ верхнихъ слоевъ кѣлочекъ; 15 октября въ зеленыхъ листьяхъ хлорофиллъ сохранилъ еще свою форму, но слѣды крахмала замѣчались только мѣстами; въ нѣкоторыхъ кѣлочкахъ грязно-зеленыхъ листьевъ можно было видѣть хорошо сохранившіеся зерна хлорофилла, мѣстами оставшія отъ стѣнокъ и неправильно расположенныя; во многихъ кѣлочкахъ вмѣстѣ съ

отдѣльными зернами хлорофилла я находилъ мелкія желтыя зернышки и болѣе значительныя комки; крахмалъ исчезъ совершенно; въ желтыхъ листьяхъ замѣчались только вышеупомянутыя зернышки.

Morus alba; 18 октября, въ темно-зеленыхъ листьяхъ мѣстами оказался нормальный стѣбкоположный хлорофиллъ; въ другихъ кѣлочкахъ между зернами были промежутки, а къ нѣкоторымъ частямъ стѣбкокъ пристала зеленая плазма, въ которой лежали блестящія зернышки; въ большей же части кѣлочекъ по всей волости была распространена безформенная зеленая плазма, содержащая значительное число блестящихъ маслообразныхъ зернышекъ. Можно было видѣть всѣ стѣпени разрушенія формы хлорофилла, между тѣмъ какъ окраска его оставалась еще неизмѣнною; въ одномъ зеленомъ листѣ, во всѣхъ кѣлочкахъ я нашелъ только безформенную зеленую плазму, которая произошла вслѣдствіе разрушенія зеренъ хлорофилла; алкоолемъ такой листъ обезцвѣчивался не виолиѣ, но дѣлался буроватымъ, пятнистымъ и безформенная, сначала зеленая плазма, казалась обезцвѣченною и повсюду содержала слѣды крахмала въ видѣ мельчайшихъ зернышекъ. Въ листьяхъ грязно-зеленыхъ и желто-зеленыхъ оказалось подобное же разрушеніе хлорофилла, но тутъ и зеленый цвѣтъ исчезалъ; крахмалъ замѣчался и тутъ, но онъ находился даже въ совершенно желтыхъ листьяхъ, въ которыхъ вовсе не оставалось хлорофиллового вещества, но только маслообразныя блестящія зернышки. Листъ 8 ноября исчезъ весь крахмалъ изъ желтыхъ листьевъ.

Дальнѣйшее подтвержденіе высказаннаго въ § взгляда, что крахмалъ и вещество хлорофилла, при опораживаніи листьевъ осенью, не разлагаются, но проводится въ стволъ, заключается въ томъ обстоятельстве, что во время опораживанія листовой мякоти, проводящія ткани бывають переполнены этими веществами. Паренхимныя слои какъ всѣхъ листовыхъ нервовъ отъ мельчайшихъ до самыхъ крушныхъ, такъ и черешковъ и ствола, въ особенности въ окружности сосудистыхъ пучковъ, въ это время бывають плотно набиты крахмаломъ, кѣлочки камбиформа и рѣшетчатыя кѣлочки (*Gitterzellen*) наполняются бѣловыми веществами и только непосредственно передъ отпадешемъ листьевъ названныя вещества исчезаютъ изъ проводящихъ тканей.

Частое появленіе маслообразныхъ капель въ кѣлочкахъ мякоти, приготовляющихся къ опораживанію, живо напоминаетъ образованіе масла въ покоящихся спорахъ зеленыхъ водорослей, когда крахмалъ ихъ исчезаетъ отчасти, или совершенно; какъ здѣсь, такъ и тамъ масло есть по всей вѣроятности продуктъ превращенія крахмала; здѣсь какъ и тамъ есть состояніе покоя, подготовленіе къ которому начинается разложеніемъ хлорофилла; но только здѣсь физиологическая работа распределена между различными органами и продукты превращенія не остаются въ одной и той же кѣлочкѣ, но переходять на зиму въ защищенныя ткани.

О природѣ желтыхъ зернышекъ, остающихся въ кѣлочкахъ листа послѣ удаленія изъ нихъ хлорофилла, можно сказать только то, что онѣ при раствореніи послѣдняго являються въ видѣ выдѣленія изъ вещества хлорофилла; химическія свойства ихъ неизвѣстны; желтое красящее вещество ихъ растворяется въ крѣпкомъ алкоолѣ и не растворяется въ холодномъ растворѣ йодкаго кали, въ концентрированной сѣрпой кислотѣ оно обезцвѣчивается; но эти реакціи были произведены только случайно и должны быть еще провѣрены.

Совершенно подобно опораживанію листьевъ названныхъ растений осенью, происходитъ желтѣніе листьевъ однолѣтнихъ растений, когда онѣ приближаются къ концу нормальнаго развитія. На фиг. 40 (§ 87) *F* представлены кѣлочки верхней стороны еще ярко-зеленаго листа *Troscolum majus* съ многоугольными зернами хлорофилла; при началѣ разложенія они уменьшаются и округляются, крахмалъ исчезаетъ, пока зерна еще зелены; зерна, постоянно уменьшаясь въ объемѣ, отодвигаются отъ стѣнокъ, какъ представлено на фиг. *G* и, наконецъ, остаются только желтыя зернышки, которыя здѣсь на фиг. *H* перемѣшаны съ большими маслообразными желтыми каплями.

Деградація хлорофилла, происходящая отъ недостатка свѣта, была изучена сперва А. Гри (A. Gris) надъ *Sempervivum*, *Sedum* и *Alœ* ¹⁾; это растенія, въ которыхъ разложеніе наступаетъ весьма медленно даже при глубокой темнотѣ и высокой температурѣ; онъ наблюдалъ какъ зерна хлорофилла постоянно уменьшались, измѣнились въ окраскѣ, крахмалъ исчезалъ, и наконецъ оставалось мелкозернистое вещество.

Я показалъ ²⁾, что есть хлорофиллъ, который чрезвычайно устойчиво противится вліянію

¹⁾ A. Gris: Recherches microscopiques sur la Chlorophylle. Ann. des sc. nat. 1857. Pl. III.

²⁾ J. Sachs. «Ueber die Auflösung und Wiederbildung des Amylums in den Chlorophyll-Körnern bei wechselnder Beleuchtung. Bot. Zeitung, 1864, № 38.

темноты (*Cactus speciosus*, *Selaginella*, пѣкоторые папоротники) и притомъ въ такой степени, что онъ не теряетъ зеленого цвѣта даже послѣ пребыванія въ темнотѣ продолженіи многихъ мѣсяцевъ. Для растений быстро растущихъ, напротивъ, достаточно, при содѣйствіи лѣтней температуры, пребыванія въ темнотѣ теченія двухъ или пѣсколькихъ дней, чтобы произошли глубокія измѣненія въ хлорофиллѣ и даже полное его исчезаніе.

Важень фактъ, что эти процессы происходятъ также и при довольно значительномъ свѣтѣ, напр. близъ задней стѣны комнаты; если подвергнуть дѣйствию такого разсѣяннаго свѣта растенія, снабженныя запасомъ усвоенныхъ веществъ, то происходитъ интересное явленіе: вновь образующіеся листья бывають прекраснаго зеленого цвѣта, между тѣмъ какъ листья подвергнутые опыту уже зелеными, желтѣють и опоражниваются (*Troracolum majus*, *Phaseolus*, *Vicia Faba* и др.); изъ этого слѣдуетъ, что свѣтъ, недостаточно интензивный для возбужденія усвоенія, можетъ обусловливать образованіе хлорофилла, но не въ состояніи поддерживать его существованія.

Разрушеніе хлорофилла, происходящее тѣмъ быстрее, чѣмъ выше окружающая температура, начинается раствореніемъ содержащагося въ немъ крахмала ¹⁾, причемъ, какъ кажется, зерна хлорофилла уменьшаются соотвѣтственно объему исчезающаго крахмала; они стягиваются такъ, что на мѣстѣ исчезнутаго крахмала не остается пустоты; они сохраняютъ видъ сплюснутыхъ зеренъ даже въ томъ случаѣ, когда количество крахмала было очень велико. Позже зерна хлорофилла сами начинаютъ измѣняться: вещество ихъ, сперва однородное, дѣлается мелкозернистымъ, контуры дѣлаются неправильными, многогранныя очертанія округляются, зерна отходятъ отъ стѣнокъ клѣточекъ и собираются въ группы; до сихъ поръ они могутъ сохранять зеленую окраску, но съ этого времени окраска блѣднѣетъ и, наконецъ, совершенно утрачивается при постепенномъ уменьшеніи величины зеренъ, на мѣстѣ которыхъ наконецъ остаются маслообразныя блестящія, но большей части ярко-желтыя зернышки. Послѣднія совершенно подобны вышеописаннымъ зернышкамъ, они не растворяются въ крепкомъ алкоолѣ, но отдаютъ ему свое желтое красящее вещество и послѣ этого отъ дѣйствія раствора іода принимаютъ желто-бурий цвѣтъ; у *Brassica Napus*, которую я изслѣдовалъ, желтыя зернышки не растворялись въ холодномъ растворѣ йода кали а въ концентрированной сѣрной кислотѣ по прошествіи 4—5 минутъ принимали великолѣпный голубой цвѣтъ; въ крепкой азотной кислотѣ желтыя зернышки быстро обезцвѣчивались, разбухали и принимали видъ капелекъ масла; соляная кислота не производила видимаго измѣненія.

Отрѣзанныя зеленые листья, будучи поставлены въ воду и затемнены, а также отдѣльныя листья, или ихъ части, защищенные отъ непосредственнаго вліянія свѣта черной бумагой, обнаружили такія же измѣненія, какъ листья цѣлаго растенія, поставленнаго въ темноту.

О химическихъ измѣненіяхъ, происходящихъ при деградациі хлорофилла, можно сказать очень немного. Во все время, пока вещество хлорофилла остается внутри клѣточекъ неизмѣненнымъ, основная масса его обнаруживаетъ свойства, подобныя свойствамъ протоплазмы и производить реакціи бѣлковыхъ веществъ. Появленіе краснаго (плоды) или желтаго красящаго вещества, во время исчезанія зеленого, можетъ быть самымъ простымъ образомъ объяснено превращеніемъ послѣдняго.

§ 92. Красящее вещество хлорофилла никогда не является въ клѣточкахъ отдѣльнымъ отъ протоплазмической, безцвѣтной, основной массы хлорофилла и участвуетъ во всѣхъ измѣненіяхъ послѣдняго; поэтому микроскопически видимыя измѣненія красящаго вещества я разсматриваю въ связи съ измѣненіями основнаго вещества.

Остается еще привести то немногое, что извѣстно о химическомъ составѣ красящаго вещества; касательно же внѣшнихъ вліяній, дѣйствующихъ на красящее вещество, я отсылаю къ отдѣлу о вліяніи свѣта.

Красящее вещество хлорофилла по Пфаундлеру ²⁾ состоитъ изъ углерода, водорода и кислорода, съ очень незначительнымъ содержаніемъ желѣза, на которое

¹⁾ Въ полудунныхъ клѣточкахъ устьиць крахмалъ остается также и при опоражниваніи листьевъ въ темнотѣ.

²⁾ Ann. der Chem. u. Pharm. CXII. 37.

уже указалъ Вердейль; также находится незначительное количество азота, можетъ быть въ видѣ примѣси; по Пфаундлеру количество азота составляетъ 0,037 процента, а по указаніямъ другихъ химиковъ ¹⁾ оно болѣе значительно. Анализы, произведенные Пфаундлеромъ дали слѣдующіе результаты:

	I.	II.
углерода	60,85	60,82
водорода	6,35	6,41
кислорода	32,80	32,77.

По Фреми ²⁾, зеленое красящее вещество представляетъ соединеніе желтаго и голубаго красящихъ веществъ и анализъ, слѣдовательно, долженъ былъ бы опредѣлить составъ не зеленого вещества, но послѣднихъ двухъ и изучить ихъ генетическія соотношенія; обѣ составныя части, по Фреми, можно разъединить, взбалтывая нечистый хлорофиллъ, извлеченный алкоолемъ, со смѣсью изъ двухъ частей ээпра и одной части разбавленной соляной кислоты. Голубая составная часть, которую Фреми называетъ филлоціанинъ, остается въ соляной кислотѣ, желтая, называемая имъ филлоксантинномъ, растворяется въ ээпрѣ. Отъ прибавленія алкооля, оба раздѣленные слоя жидкости снова соединяются въ одинъ зеленый слой. Относительно глинозема, оба красяща вещества обнаруживаютъ различное сродство, которое еще недостаточно изслѣдовано.

Голубая составная часть основаніями переводится въ желтое видоизмѣненіе, легко растворимое въ алкоолѣ и которое Фреми обозначаетъ именемъ филлоксантепна, изъ котораго голубой цвѣтъ снова восстанавливается кислотами, особенно соляной кислотой. Желтое вещество, извлеченное алкоолемъ изъ растеній, развивавшихся въ темнотѣ, при обработкѣ ээпромъ и соляной кислотой отчасти переходитъ въ голубое красящее вещество. Въ связи съ этимъ вѣроятно находится то, что, какъ я нашелъ ³⁾, желтая протоплазма до или послѣ распадѣнія на зерна, отъ дѣйствія концентрированной сѣрной кислоты принимаетъ тотъ же зеленый оттѣнокъ, который при подобной обработкѣ обнаруживаютъ зеленныя зерна хлорофилла.

По Фреми, въ пожелтѣвшихъ осенью листьяхъ не содержится ни филлоціанина, ни филлоксантепна, но только одинъ филлоксантинъ, который поэтому и долженъ составлять желтое красящее вещество маслообразныхъ блестящихъ зернышекъ и капель, замѣчаемыхъ въ опустѣвшихъ осенью листьяхъ. По Фреми, филлоксантинъ всегда находится въ листьяхъ, какъ передъ началомъ ихъ зеленѣнія (передъ образованіемъ голубой составной части), такъ и осенью послѣ исчезанія зеленой окраски, такъ что филлоксантинъ, такъ сказать, образуетъ постоянную устойчивую часть хлорофилла ⁴⁾.

¹⁾ По Моро (Morot: Ann. des sc. nat. 1849, XIII, стр. 231) содержаніе азота въ красящемъ веществѣ составляетъ 9 %, а содержаніе кислорода 15,38 %!

²⁾ Ann. des sc. nat. XIII. 45, и «Landwirthsch. Vers. Stat.», тетрадь 7, стр. 84.

³⁾ Lotos (Prag), 1859, стр. 6. По Л. Фисону, (Comptes rendus, XLVII, 1858) осенніе желтые листья въ концентрированной сѣрной кислотѣ принимаютъ изумрудно-зеленый цвѣтъ.

⁴⁾ «Если въ растворъ хлорофилла въ соляной кислотѣ положить цинкъ, то хлорофиллъ обезцвѣчивается вслѣдствіе восстанавливающаго процесса; то же самое можетъ быть произведено и при помощи другихъ восстанавливающихъ средствъ, напр. щелочнаго раствора винограднаго сахара; чрезъ окисленіе на воздухѣ при выпариваніи солянокислаго раствора, къ которому прибавленъ цинкъ, зеленый цвѣтъ восстанавливается» (Franz Schulze: Lehrb. d. Chem. für Landwirthe, 1853, II. 2 Abth., стр. 259).

При химическихъ анализахъ красящаго вещества хлорофилла постоянно говорится о примѣсахъ жировъ, воска (даже смоль), но въ настоящее время нельзя рѣшить, имѣютъ ли эти вещества какое нибудь отношеніе къ красящему веществу, что впрочемъ кажется сомнительнымъ; можетъ быть, что эти вещества присоединяются къ красящему веществу въ видѣ примѣсей, единственно въ слѣдствіе употребляемыхъ при изслѣдованіи пріемовъ. Если обработать алкоодемъ или эфиромъ зеленые листья, покрытые кожицею и волосками, то понятно, что въ экстрактѣ будутъ содержаться всѣ вещества листа, растворимыя въ алкоолѣ подобно красящему веществу хлорофилла; эти вещества могли заключаться въ клѣточкахъ независимо одно отъ другаго и трудность разбѣдиненія ихъ въ экстрактѣ не служитъ доказательствомъ ихъ взаимнаго соединенія въ самомъ растеніи. Масло и воскъ въ алкоольномъ и эфирномъ экстрактахъ зеленыхъ органовъ, происходятъ большей частью изъ эпидермиса, особенно изъ пленки (*cuticula*), гдѣ они вовсе не находятся въ соединеніи съ хлорофилломъ; часть жирнаго масла вѣроятно всегда находится въ видѣ примѣси къ протоплазмѣ, не имѣя соотношенія съ зеленымъ цвѣтомъ; наконецъ, жирное масло всегда встрѣчается въ болѣе старыхъ клѣточкахъ съ хлорофилломъ или въ видѣ безцвѣтныхъ капель, или окрашенныхъ въ зеленый или желтый цвѣтъ; онъ въ этомъ случаѣ вѣроятно обязанъ своимъ образованіемъ превращенію крахмала. Поэтому теоретическія соображенія относительно генетическаго соотношенія воска и масла къ красящему веществу хлорофилла не подтверждаются анализомъ¹⁾.

Иногда красящее вещество хлорофилла скрывается примѣшанными веществами: Тревиранусъ говоритъ, что ²⁾ *Batrachospermum moniliforme*, *Rivularia endiviaefolia* въ прѣсной водѣ имѣютъ прекрасный свѣтло-зеленый цвѣтъ, въ морской же водѣ грязно-красный, но въ растеніяхъ съ сложной организаціей напр. *Zostera*, по Валенбергу (*Wahlenberg*), морская вода, не превращаетъ зеленого цвѣта въ красный³⁾. Съ другой стороны, если перенести красныя морскія водоросли изъ свойственной имъ среды въ прѣсную воду, или привести ихъ въ соприкосновеніе съ воздухомъ, то въ нихъ восстанавливается зеленый цвѣтъ: напр. красивый красновато-розовый цвѣтъ у *Fucus sanguineus* переходитъ въ грязный желто-зеленый а *Fucus plumosus* окрашивается въ чисто-зеленый цвѣтъ. *Fucus aculeatus* въ морѣ бываетъ оливковаго цвѣта, который на воздухѣ измѣняется въ ярко-зеленый.

Зернистыя желтыя или голубыя образования, содержащіяся въ клѣточкахъ окрашенныхъ частей цвѣтка, повидимому сходны съ хлорофилломъ въ томъ отношеніи, что въ нихъ красящее вещество также соединено съ основною массою, подобною протоплазмѣ, принимающею опредѣленную форму. Объ образованіи этихъ зеренъ и ихъ химической природѣ еще мало извѣстно. Сравни Trécul: *Formation vésiculaires dans les cellules végétales* (*Ann. des sc. nat.* 1858. T. IX и X) и «*Anatomische Untersuchung über die Farben der Blüten*» von Hildebrandt (*Jahrbücher f. Wiss. Botanik* III. p. 59).

§ 93. Вещество протоплазмы. При настоящемъ состояніи ученія о клѣточкѣ, именемъ протоплазмы обозначаютъ различныя вещества. Съ одной стороны протоплазмой называется вещество, содержащееся внутри вполне развитой клѣточки, въ которой кромѣ хлорофилла нѣрѣдко замѣчается ядро; протоплазма выстилаетъ внутреннюю поверхность клѣточныхъ стѣнокъ и движется около нихъ, или образуетъ въ полости клѣточки токи наподобіе сѣти, какъ напр. въ клѣточкахъ волосковъ многихъ растеній, въ паренхимѣ, въ неоплодотворенныхъ

¹⁾ Этимъ опредѣляется значеніе показаній Моро (*Morot*, *Ann. des sc. nat.* 1849, XIII, «*Sur la coloration des vegetaux*»), впрочемъ мало достойныхъ вниманія.

²⁾ Treviranus «*Physiol. der Gewächse*» I стр. 547.

³⁾ *Flora laponica*, 507.

зародышевыхъ мѣшочкахъ, и т. д. Съ другой стороны, въ новѣйшее время протоплазмой называютъ также ту массу вещества, изъ которой состоятъ нагія споры фукусовъ, неоплодотворенныя зародышевыя тѣла многихъ водорослей и грибовъ, вышихъ тайнобрачныхъ и явнобрачныхъ, также подвижныя споры (*Schwärm-sporen*) и плазмодіи миксомицетовъ. Исторія развитія этихъ образованій показываетъ, что масса вещества, подѣ влияніемъ внутреннихъ силъ, сама дифференцируется на различныя вещества, распредѣляющіяся одно возлѣ другаго. Зародышевыя тѣла, непосредственно послѣ оплодотворенія, а также и подвижныя споры, пришедшія въ состояніе покоя, одѣваются клѣточной оболочкой, которая выдѣляется въ видѣ периферическаго слоя отъ имѣющагося уже вещества; клѣточное ядро выдѣляется во внутренности всей этой массы; иногда, позднѣе, изъ этой же массы выдѣляется хлорофиллъ; наконецъ, послѣ всѣхъ этихъ процессовъ, остается еще безцвѣтная, обыкновенно мелкозернистая масса, обладающая свойствами той протоплазмы, которую мы выше первоначально описали.

Нѣчто подобное обнаруживается въ плазмодіяхъ миксомицетовъ, когда они, переходя къ образованію плодовъ, или въ состояніе склероція, распадаются на клѣточки и выдѣляютъ ядра и оболочку; точно также при выхожденіи ростка изъ споръ и трубки изъ цвѣтени, изъ первоначальной массы содержимаго выдѣляется клѣточное вещество для образованія оболочки, а у ростковъ часто также выдѣляется и хлорофиллъ. Подобнымъ же образомъ самыя молодыя клѣточки первичной паренхимы конца корня и почекъ бывають наполнены плазмой, изъ которой, при помощи процесса дѣленія, выдѣляется вещество для новаго ядра и для новой оболочки и, смотря по природѣ органа, изъ той же плазмы впослѣдствіи выдѣляется еще вещество хлорофилла.

Чтобы понимать подѣ именемъ протоплазмы нѣчто опредѣленное, нужно этимъ именемъ называть вещество безцвѣтное, часто мелкозернистое и способное къ самостоятельной циркуляціи; однимъ словомъ, такое вещество, какимъ оно намъ вообще представляется (за исключеніемъ плазмодія миксомицетовъ) въ клѣточкѣ, уже болѣе развившейся, снабженной ядромъ и оболочкой. Органическое вещество, составляющее подвижныя споры, содержащееся въ яичкахъ, составляющее содержимое споръ, цвѣтени и дѣлящейся ткани стебля, корня и т. д., для отличія можно просто называть плазмой.

Для составленія по возможности близкаго представленія о выше затронутыхъ процессахъ образованія въ началѣ жизни клѣточки, можно принять, что молекулы всѣхъ тѣхъ веществъ, которыя выдѣляются впослѣдствіи изъ плазмы, уже въ ней заключались, или образуются при помощи простаго химическаго превращенія; можно себѣ представить, что въ массахъ плазмы содержатся въ тѣсномъ соединеніи между собою настоящая протоплазма, молекулы матерій, производящихъ клѣточную оболочку и ядро, и также часто молекулы веществъ, составляющихъ хлорофиллъ. Въ то время, когда изъ массы плазмы начинается формироваться клѣточка, эти разнородныя, другъ возлѣ друга лежащія частицы вещества, приходятъ въ движеніе по различнымъ направленіямъ; частички, образующія ядро, собираются къ центру, частички оболочки направляются въ противоположную сторону и изъ нихъ составляется клѣточный покровъ; частички, изъ которыхъ составится хлорофиллъ, собираются въ различныхъ мѣстахъ. Лишь послѣ этого дифференцированія можно бываетъ отличить собственно протоплазму, но не нужно

думать, что она при этомъ образуется путемъ химическихъ превращеній; можно съ большой вѣроятностью предполагать, что протоплазма содержалась уже въ плазмѣ въ видѣ организованной массы, и между собственными своими молекулами заключала прочія части клѣточки, вслѣдствіе чего она дѣлалась незамѣтной для наблюдателя.

При такомъ представленіи истинная протоплазма является, слѣдовательно, связывающимъ основнымъ веществомъ, изъ молекулярныхъ промежутковъ котораго выдѣляются другія вещества; поэтому въ яичкахъ, въ нагихъ спорахъ и т. д. можно принимать, что настоящая протоплазма составляетъ основную массу, которая вслѣдствіе примѣси другихъ веществъ дѣлается на время неотличимою.

Такое представленіе имѣетъ ту выгоду, что оно ясно само по себѣ и, смотря по обстоятельствамъ, можетъ вполне согласоваться съ дѣйствительностью, особенно если припятъ еще далѣе, что массы веществъ, выступающихъ изъ протоплазмы, не сохраняются въ ней долгое время готовыми, но вслѣдствіе химическихъ процессовъ постоянно образуются между частицами протоплазмы и выступаютъ изъ нее по мѣрѣ образованія.

Наше представленіе съ одинаковой легкостью можетъ быть примѣнено и къ предъидущимъ противоположнымъ процессамъ: когда склероціи миксомицетовъ снова сливаются въ одинъ пласмодій, то клѣточные оболочки растворяются въ протоплазмѣ, т. е. оболочечныя молекулы разсѣваются между частицами истинной протоплазмы. При образованіи зигоспоръ у конъюгатъ, такое смѣшеніе разнородныхъ веществъ съ протоплазмой кажется менѣе полнымъ; здѣсь также ядра, хлорофиллъ и протоплазма двухъ клѣточекъ сливаются въ одинъ плазмическій комокъ, но въ немъ остаются видимыми хлорофиллъ, масло и крахмалъ, потому что они не распадаются на молекулы, которыя разсѣвались бы между молекулами протоплазмы.

Браунъ старательно наблюдалъ раствореніе крахмала въ зеленой плазмѣ у *Hydrodictyon* и другихъ водорослей передъ ихъ распаденіемъ на гонидіи; послѣ прекращенія подвижности послѣднихъ, одна часть крахмальныхъ молекулъ разсѣянныхъ въ протоплазмѣ, снова соединяется вмѣстѣ и образуетъ крахмальныя зерна, другая часть идетъ на построеніе оболочки; объяснить это можно только тѣмъ, что во время состоянія подвижности гонидій, крахмальныя частицы были размѣщены между частицами протоплазмы, а потомъ вновь соединились и сдѣлались видимыми. Ниже я постараюсь показать, что совершенно подобное представленіе можно сдѣлать касательно поглощенія крахмала и сахара протоплазмой почекъ и корневыхъ концовъ и касательно позднѣйшаго выдѣленія этихъ веществъ изъ протоплазмы въ видѣ клѣточныхъ оболочекъ.

Когда клѣточка развилась до такой степени, что различныя вещества, сначала соединенныя въ одно, теперь раздѣлены и расположены одно подлѣ другаго и протоплазма обнаруживается въ своей характерной формѣ, то, несмотря на это, послѣднюю нельзя разсматривать какъ вещество, составъ котораго можно выразить химической формулой. Можно съ точностью сказать, что бѣлковыя вещества составляютъ одну изъ главнѣйшихъ составныхъ частей протоплазмы, отъ чего послѣдняя и получаетъ химическую характерность; безъ сомнѣнія, протоплазма постоянно принимаетъ въ себя другія вещества, частью

изъ клѣточного сока, частью извнѣ, чрезъ клѣточную оболочку; кромѣ того въ продолженіи роста клѣточки, между частицами протоплазмы происходятъ химическіе процессы, изъ чего слѣдуетъ, что вещество протоплазмы есть смѣсь, подвергающаяся измѣненіямъ.

Истинную протоплазму можно въ этомъ смыслѣ сравнить съ зеленой протоплазмой, съ хлорофилломъ ¹⁾, въ веществѣ котораго образуются и собираются частицы крахмала; подобно тому, какъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ, вслѣдствіе этихъ процессовъ вѣроятно само вещество хлорофилла измѣняется, такъ и протоплазма съ возрастаніемъ клѣточки подвергается измѣненію, которое часто трудно охарактеризовать и которое вѣроятно зависитъ отъ химическихъ процессовъ.

Изложенное въ § представленіе о способности протоплазмы принимать въ себя вещества другихъ частей клѣточекъ и, смотря по обстоятельствамъ, снова выдѣлять ихъ, опирается преимущественно на процессы, наблюдаемыхъ у простѣйшихъ растений, гдѣ другое объясненіе едва ли возможно. Я придаю вѣсъ этимъ фактамъ, потому что посредствомъ ихъ можно объяснить процессы потребленія веществъ росткомъ, развивающимся изъ сѣмени, клубня, луковицы и т. д. Кромѣ того, эти факты представляютъ самую простую схему для объясненія сложныхъ процессовъ, къ чему мы впрочемъ еще вернемся; здѣсь же я приведу самые поучительные примѣры.

Зооспоры *Fucus vesiculosus*, *segratus*, *nodosus*, только что высвободившіяся изъ маточной клѣточки, по классическимъ изслѣдованіямъ Тюре (Thuret) ²⁾ состоятъ изъ зернистой зеленовато-оливковой массы, совершенно сферической, неимѣющей никакой оболочки; если такое яйцо раздавить, то получается аморфная зернистая масса, состоящая изъ желто-зеленаго хлорофилла и слизистаго безцвѣтнаго вещества, которое отъ дѣйствія сахара и сѣрной кислоты окрашивается въ красный цвѣтъ. При обработкѣ веществами, поглощающими воду (хлористый цинкъ, сѣрная кислота) это безцвѣтное основное вещество вытекаетъ, выступая наружу въ видѣ капель. Послѣ оплодотворенія, едва чрезъ 6—7 минутъ послѣ вхожденія сперматозоида, яйцо одѣвается сначала очень тонкой, а потомъ болѣе толстой оболочкой. При послѣдующемъ дѣленіи клѣточекъ постоянно выдѣляется новая клѣтковина. Предположеніе, что частицы оболочки въ этомъ случаѣ произошли вслѣдствіе усвоенія, т. е. изъ углекислоты и воды, въ высшей степени вѣроятно, потому что процессъ усвоенія невозможенъ безъ соответствующаго выдѣленія кислорода, чего не замѣчалось по свидѣтельству Тюре и другихъ наблюдателей. Скорѣе можно было бы предполагать подобное новообразованіе матеріала для клѣточной оболочки въ подвижныхъ зеленыхъ спорахъ, по причинѣ подвижности которыхъ процессъ усвоенія можетъ остаться незамѣченнымъ; у подвижныхъ споръ, не содержащихъ хлорофилла при выдѣленіи оболочки, нечего и думать о возможности процесса усвоенія.

Кромѣ того, наблюденія А. Брауна ³⁾ надъ *Hydrodictyon*, *Cladophora glomerata*, *Ulothrix*, *Pediastrum*, *Chlamidococcus*, очень ясно показываютъ откуда, непосредственно послѣ остановки подвижности споры, берется вещество для образованія оболочки: именно, во всѣхъ этихъ случаяхъ въ зеленой плазмѣ маточной клѣточки исчезаютъ зерна крахмала, прежде нежели послѣдняя распадется на гониіи. Очевидно, что каждая подвижная спора беретъ свою часть у растворившагося крахмала; послѣдній распространяется по протоплазмѣ споры и потомъ выдѣляется наружу въ видѣ клѣточного вещества.

По прежнимъ указаніямъ Негели ⁴⁾, перемѣшанная съ хлорофилломъ протоплазма, выстилающая стѣнки клѣточекъ у *Confervae* и *Siphonaeae*, можетъ, послѣ поврежденія стѣнокъ, стянуться и отдѣлиться отъ оболочки; часть протоплазмы, отставшая отъ оболочки, затягивается чехломъ изъ клѣтковины, которая, слѣдовательно, выдѣляется протоплазмой. Если протоплазма въ клѣточкѣ повреждается значительно, то куски ея отдѣляются, округляются и покрываются оболочкой.

При переходѣ миксомицетовъ въ состояніе отдѣльныхъ клѣточекъ, не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что вещества, изъ которыхъ образовались ядра и клѣточные оболочки,

¹⁾ О существенномъ различіи между хлорофилломъ и безцвѣтной протоплазмой см. ниже.

²⁾ Ann. des sc. nat. 1857. VII стр. 33.

³⁾ A. Braun: «Verjüngung», стр. 210.

⁴⁾ Zeitschrift für Wiss. Bot. v. Schleiden und Nägeli, 1844, стр. 90—92.

уже заключались внутри пласмодія, въ видѣ органическихъ соединеній, ибо новообразование этихъ веществъ изъ неорганическаго матеріала, изъ углекислоты, воды, азотистыхъ соединеній, каковы амміакъ, азотная кислота, не можетъ быть и мыслимо, такъ какъ подобное новообразование веществъ можетъ имѣть мѣсто только при выдѣленіи кислорода, которое здѣсь невозможно, такъ какъ недостаетъ органа, обуславливающаго это выдѣленіе, т. е. хлорофилла; слѣдовательно вещество клѣточныхъ оболочекъ и ядеръ, происходящихъ изъ пласмодія, должно въ немъ содержаться заранѣе, но при этомъ не должно непременно думать, что оболочныя вещества должны быть распространены въ пласмодій въ состояніи молекулъ клѣткотины, хотя такое предположеніе и не лишено вѣроятія.

Здѣсь мы стараемся только показать, что изъ плазмы, пласмодія, или изъ протоплазмы выступаютъ вещества, которыя уже предварительно тамъ заключались въ какой либо формѣ; какимъ образомъ протоплазма можетъ способствовать образованію такихъ веществъ, должно быть разсмотрѣно въ слѣдствіи.

Де Бари ¹⁾ слѣдующимъ образомъ описываетъ упомянутые здѣсь процессы: «Послѣ образованія спорангія, его оболочка (повидимому не заключающая клѣткотины) достигаетъ опредѣленной толщины; заключенная въ спорангіи масса протоплазмы принимаетъ свойство плотнаго, однороднаго, мелкозернистаго вещества, которое тотчасъ же идетъ на образованіе капиллія и споръ, вслѣдствіе чего это вещество можетъ быть обозначено именемъ споровой плазмы. У родовъ, у которыхъ зрѣлые спорангіи лишены известковаго отложенія, вся масса содержаемаго въ молодомъ спорангіи идетъ на образованіе споровой плазмы; ему казалось, что только у *Cribariae* и *Dictydiae* заключавшіяся въ пласмодіи нѣсколько большихъ и окрашенныхъ зернышки, выдѣлялись и располагались въ массѣ оболочки. У породъ, снабженныхъ известковыми отложеніями, во время созрѣванія изъ мелкозернистой безцвѣтной споровой плазмы выдѣляются известъ и пигменты; въ споровой плазмѣ, съ окончаніемъ процесса прорастанія, появляются пѣжныя, шарообразныя, безцвѣтныя и прозрачныя, рѣзко очерченныя ядра, внутри которыхъ замѣчается болѣе темное, также рѣзко очерченное, нерѣдко (*Trichia fallax*) весьма малое ядрышко (Nucleolus). Число ядеръ увеличивается весьма быстро; скоро около каждаго собирается часть споровой плазмы, образующая самостоятельную массу, которая однако въ соприкосновеніи съ водой принимаетъ неправильную форму и легко распадается; эта масса впрочемъ скоро обращается въ довольно правильный шаръ съ гладкою, рѣзко очерченною поверхностію; наконецъ появляется пѣжная, безцвѣтная оболочка, съ образованіемъ которой масса протоплазмы вмѣстѣ съ заключенными въ ней ядрами является въ видѣ готовой споры. Посредствомъ этого процесса развитія, почти одновременно, во всѣхъ частяхъ спорангія образуется огромное количество споръ; онѣ плотно выполняютъ все внутреннее пространство спорангія, свободное отъ капиллія и раздѣляются только узкими прозрачными промежутками. Дальнѣйшее развитіе ихъ состоитъ преимущественно въ томъ, что ихъ оболочка принимаетъ характерныя для вида толщину, окраску и строеніе. При этомъ протоплазма споръ всегда бываетъ мелкозерниста, однородна, рѣдко образуются зерна большихъ размѣровъ. Споры уже болѣе не увеличиваются въ объемъ, напротивъ, непосредственно послѣ образованія, онѣ бываютъ часто крупнѣе невели во время зрѣлости.»

При переходѣ миксоциетовъ въ состояніе покоя, которое Де Бари обозначаетъ именемъ *Sclerotium* ²⁾, пласмодій или стягивается въ круглую пластинку, часто въ видѣ грубой сѣти или продырявленную наподобіе рѣшета, или въ немъ образуются многоугольныя бугристыя тѣла; при этомъ консистенція уплотняется и когда она сдѣлается подобна воску, то вещество пласмодія распадается на безчисленное множество клѣточекъ, величиною $\frac{1}{40}$ — $\frac{1}{27}$ мил., причѣмъ вся масса дѣлается роговой, хрупкой. Ядра въ этихъ клѣткахъ не образуются (Ценковскій ³⁾; оболочки же обнаруживаютъ реакціи клѣткотины ⁴⁾.

Какъ Ценковскій, такъ и Де Бари наблюдали эти измѣненія пласмодія на предметномъ стеклышкѣ, гдѣ, слѣдовательно, не могло имѣть мѣста принятіе пугательныхъ органическихъ веществъ.

¹⁾ «Die Mycetozen», Leipzig, 1864, стр. 58.

²⁾ Loc. cit., стр. 98.

³⁾ Jahrb. f. wiss. Bot. III., стр. 426, Das Plasmodium v. Cienkowsky. «Если пласмодій окрашенъ, то при переходѣ въ состояніе покоя (*Sclerotium*) красящее вещество входитъ въ составъ содержаемаго клѣточекъ, но не выдѣляется изъ него, какъ при образованіи споръ.»

⁴⁾ Loc. cit., стр. 101.

Подобно тому, какъ пласмодій выдѣляетъ изъ себя оболочное вещество, онъ можетъ снова его въ себя принимать: «Если ¹⁾ готовый, сухой склеродій сильно смочить (при достаточной темнотѣ), то онъ разбухаетъ, размягчается, и чрезъ 10—15 минутъ, а иногда нѣсколько позже, клѣточки его снова сливаются въ одинъ подвижный пласмодій. Прежде нежели произойдетъ это соединеніе, исчезаютъ клѣтковинныя оболочки; сначала ихъ можно еще узнать по формѣ, но онѣ уже отъ дѣйствія іода съ сѣрной кислотой не окрашиваются въ голубой цвѣтъ; позднѣе на мѣстѣ оболочки остается безструктурное, прозрачное, студенистое вещество; наконецъ не остается и слѣдовъ оболочекъ — клѣтковина слѣдовательно разложилась и растворилась».

Во всѣхъ до сихъ поръ разсмотрѣнныхъ случаяхъ, плазма, образующая клѣточки, передъ выдѣленіемъ ядра и оболочекъ, уже содержала въ себѣ нужныя для этого вещества; но есть множество примѣровъ, гдѣ плазма принимаетъ вещества извнѣ и тотчасъ же снова выдѣляетъ ихъ въ новыхъ формахъ. Это единственно возможное представленіе образованія зародыша въ архегоніяхъ высшихъ тайнобрачныхъ и въ зародышевыхъ мѣшочкахъ. Оплодотворенный, весьма малый зародышевый пузырекъ не только одѣвается оболочкой, но вскорѣ начинаетъ дѣлиться въ правильной послѣдовательности; образуются сотни клѣточныхъ ядеръ и оболочекъ, вся масса зародыша быстро увеличивается и значительно превосходитъ въ величинѣ зародышевый пузырекъ; очевидно, что для всего приращающаго вещества нѣтъ другаго источника, кромѣ ближайшей окружающей среды. Въ тайнобрачныхъ матеріалъ доставляется бѣлковинными веществами, брахмаломъ или масломъ, которыми снабжены ткани, окружающія архегоніи; въ лвнобрачныхъ матеріалъ содержится въ сахаристомъ, бѣлковинномъ зародышевомъ мѣшочкѣ, который съ своей стороны получаетъ эти вещества изъ окружающихъ его частей.

Въ обоихъ случаяхъ образовательный матеріалъ входитъ въ ткань зародыша, гдѣ потребляется не только для приращенія протоплазмы и ядра, но выдѣляется частію и въ видѣ клѣточной оболочки.

Во существенныхъ чертахъ тѣже отношенія существуютъ при питаніи размножающихся клѣточекъ въ концахъ корней, стволонъ и въ камбіи, что мы увидимъ ниже.

§ 94. Происхожденіе веществъ, образующихъ протоплазму. Займемся прежде всего бѣлковыми веществами, которыя во всѣхъ случаяхъ составляютъ основу протоплазмы и при приращеніи и ростѣ послѣдней должны также увеличиваться и расти. Относительно происхожденія бѣлковыхъ веществъ во многихъ случаяхъ нѣтъ сомнѣній; протоплазма, постоянно умножающаяся въ растущихъ концахъ корня, въ стеблевыхъ почкахъ зародыша, въ клубневыхъ и луковичныхъ побѣгахъ, въ весеннихъ почкахъ деревьевъ и т. д., получаетъ бѣлковыя вещества уже заранѣе подготовленными изъ вмѣстллицъ запасныхъ веществъ, изъ бѣлка сѣмядолей, паренхимы клубней и т. д., смотря по роду развивающагося органа. По мѣрѣ увеличиванія и разрастанія новыхъ органовъ, а слѣдовательно и заключенной въ нихъ протоплазмы, количество бѣловыхъ веществъ запасенныхъ во вмѣстллицахъ, постоянно уменьшается, пока наконецъ совершенно неистощится. Во время этого расхода, опредѣленные ряды клѣточекъ, соединяющіе мѣсто склада съ мѣстомъ потребления, постоянно бывають наполнены бѣлковыми веществами, которыя, здѣсь безсомнѣнно передвигаясь, проникають до мѣста назначенія.

Поэтому, вещества запасенныхъ вмѣстллицъ представляютъ собою матеріалъ, изъ котораго образуется протоплазма въ новыхъ органахъ; въ протоплазмѣ дѣлящейся ткани часть этихъ доставляемыхъ бѣловыхъ веществъ идетъ на образованіе клѣточного ядра и, позже, хлорофилла. Подобное замѣчается въ растеніяхъ съ зелеными усвояющими листьями; здѣсь также дѣлящіяся клѣточки почекъ, камбіи, корневыхъ концовъ, постоянно нуждаются въ новомъ матеріалѣ для образованія протоплазмы, изъ которой развиваютья ядра и, смотря по обсто-

¹⁾ De Bary, loc. cit., стр. 102.

ятельствамъ, хлорофиллѣ; прежде всего этотъ образовательный матеріалъ получается изъ наполненныхъ бѣлковыми веществами клѣточекъ сосудистыхъ пучковъ, которые въ стволѣ и корнѣ распространяются отъ старыхъ частей внизъ и вверхъ до молодыхъ тканей; очевидно, въ этомъ случаѣ матеріалъ служащій для приращенія протоплазмы въ размножающихся тканяхъ доставляется уже въ формѣ бѣлковыхъ веществъ ¹⁾. Относительно происхожденія ихъ однако съ точностью нельзя рѣшить, образуются ли они въ зеленыхъ листьяхъ и отсюда по стеблю доставляются къ мѣсту потребленія, потому что кажется возможнымъ, что бѣлковыя вещества также образуются виѣ хлорофиллныхъ клѣточекъ листьевъ, чрезъ соединеніе усвоенныхъ безазотистыхъ веществъ съ амміачными или азотнокислыми соединениями. Но можно положительно принять, что протоплазма растущихъ корневыхъ концевъ, камбія и самыхъ молодыхъ частей стеблевыхъ почекъ, сама не обладаетъ способностію производить бѣлковыя вещества изъ неорганическихъ соединеній посредствомъ усвоенія, потому что это не могло бы имѣть мѣста безъ выдѣленія кислорода; этимъ тканямъ, въ которыхъ происходитъ образованіе протоплазмы, должны быть доставляемы усвоенныя вещества, менѣе богатая кислородомъ и изъ соединеній которыхъ могли бы образоваться бѣлковыя вещества; такъ какъ притомъ общимъ правиломъ бываетъ, что тонкостѣнные клѣточки сосудистыхъ пучковъ на всемъ протяженіи до самаго мѣста образованія новыхъ клѣточекъ всегда наполнены бѣлковыми веществами, то проще всего принять, что послѣднія проводятся сюда посредствомъ рядовъ тонкостѣнныхъ клѣточекъ.

Запасныя бѣлковыя вещества, отложенныя въ бѣлкѣ или въ сѣмядоляхъ прорастающаго сѣмени и предназначенныя для проведенія въ разрастающіяся части и для образованія протоплазмы, находятся или въ видѣ мелкозернистой массы, въ которой содержатся зерна крахмала (*Gramineae*, *Phaseolus*, *Pisum*) или масло (*Allium Cera*, *Phoenix* ²⁾), или въ видѣ большихъ зеренъ, выполняющихъ клѣточки бѣлка и сѣмядолей и извѣстныхъ подъ названіемъ алейрона. Внутри зеренъ алейрона, объ истинномъ строеніи которыхъ еще мало извѣстно ³⁾, находятся запасныя бѣлковыя вещества, часто въ формѣ прекрасныхъ, различно образованныхъ кристалловъ, внутреннее строеніе которыхъ, какъ показали Негели, существенно уклоняется отъ постоянныхъ кристалловъ. Въ этихъ «кристаллоидахъ» бѣлковаго вещества, по словамъ того же ученаго, содержится по меньшей мѣрѣ два бѣловыхъ вещества, тѣсно между собою соединенныхъ, и различной растворимости. Нѣтъ сомнѣнія ⁴⁾, что эти кристаллоиды при прорастаніи растворяются и, подобно мелкозернистымъ азотистымъ запаснымъ веществамъ, проводятся къ развивающимся тканямъ; съ достовѣрностію можно принять, что эти вещества доставляютъ въ послѣднихъ матеріалъ для роста протоплазмы, ядра и хлорофилла; потому что 1) соотвѣтствуютъ другъ другу по физическимъ и химическимъ свойствамъ, а слѣдовательно удовлетворяютъ правду, что подобное производить подобное; и 2) для образованія протоплазмы и ея производ-

¹⁾ Высказанные здѣсь взгляды о внутренней экономіи растеній, относительно бѣловыхъ веществъ, я старался выяснитъ сперва въ моей «Исторіи прорастанія турецкаго боба» (*Sitzungsber. d. kais. Akad. d. wiss. Wien*, 1859, стр. 56—57), потомъ въ статьѣ «*Mikrochemische Untersuchungen*» (въ *Flora*, 1862, стр. 297 ff) и далѣе въ моихъ статьяхъ о прорастаніи (*Bot. Ztg.* 1862 и 1863), также въ статьѣ «*Betrachtungen über das Verh. einiger ass. Stoffe bei dem Wachsthum der Pfl.*» въ журналѣ «*Die landw. Vers. Stationen*» тетрадь XIII, стр. 52.

²⁾ J. Sachs: zur Keimungsgeschichte der Gräser und der Dattel въ *Bot Zeitg.* 1862, стр. 145 и 241; дажѣ: Keimung des Samens von *Allium Cera* въ *Bot. Zeitg.* 1863, стр. 57.

³⁾ Hartig: *Bot. Zeitg.* 1856, стр. 257 и *Pflanzenkeim.* стр. 108; Holle: *Neues Jahrbuch für Pharmacie v. Walz und Winkler*, 1858. X, стр. 1 и 1859, XI, стр. 338; Radlkofer: *Kry-stalle proteinartiger Körper.* Leipzig, 1859; O. Maschke, *Bot. Zeitg.* 1859, стр. 409.

⁴⁾ A. Gris: *Re. h. anat. et physiol. sur la germination.* Paris, 1864.

ныхъ въ корневыхъ концахъ и въ почкахъ проростка, вообще не извѣстенъ другой источникъ запаснаго строительнаго матеріала.

Когда ткань, содержащая запасныя вещества, во время состоянія покоя остается сочною, какъ напр. паренхима клубней картофеля или луковицъ *Allium*, *Tulipa* и др., то бѣлковинное вещество можетъ уже здѣсь принимать форму протоплазмы, которая при наступленіи развитія побѣговъ растворится и приводится къ мѣсту новообразованія, гдѣ снова потребляется на образованіе протоплазмы; особенно это замѣчается въ луковицахъ *Allium Cera*, у котораго паренхимныя кѣлочки въ непосредственной окружности сосудистаго пучка бывають плотно выполнены протоплазмой, которая при общемъ опоражниваніи чешуекъ луковицы въ началѣ втораго періода развитія совершенно исчезаетъ, т. е. проводится въ ткань роста.

Однако и въ сочныхъ тканяхъ могутъ образоваться кристаллическія запасныя бѣлковыя вещества, что иногда (но очень рѣдко) встрѣчается въ картофелѣ, особенно подъ кожицею; эти хорошо развитые кубы бѣловыхъ веществъ были открыты Копомъ (Cohn¹). Кромѣ того въ сочныхъ тканяхъ, содержащихъ запасныя вещества, часть бѣловыхъ веществъ растворяется въ кѣлочномъ соку, какъ это вообще замѣчается въ соку всѣхъ тканей.

Химическія измѣненія²), претерпѣаемыя бѣлковыми веществами при ихъ раствореніи, проведеніи и окончательномъ потребленіи на образованіе протоплазмы, почти неизвѣстны. Вѣроятно незначительная часть запасныхъ бѣловыхъ веществъ подвергается глубокому химическому превращенію, что можно заключить изъ появленія аспарагина, который образуется даже тогда, когда при прорастаніи не бываетъ приращенія азота; слѣдовательно, потребный аспарагину азотъ можетъ быть доставленъ только изъ бѣловыхъ веществъ сѣмени или клубня и т. д.³). Позднѣе, особенно подъ вліяніемъ свѣта, онъ снова исчезаетъ, причемъ онъ вѣроятно снова идетъ на образованіе бѣловыхъ веществъ. Когда я вообще принимаю бѣловыя вещества, запасенныя въ хранилищахъ, за образовательный матеріалъ протоплазмы проростка, то этимъ не утверждаю, чтобы это была ихъ единственная задача, хотя безсомнѣнно это ихъ болѣе важное и наиболѣе изученное значеніе.

§ 95. Происхожденіе бѣловыхъ веществъ. Выше мы видѣли, что во многихъ случаяхъ образованіе протоплазмы происходитъ на счетъ уже существующихъ въ растеніи бѣловыхъ веществъ; при этомъ рождается вопросъ: откуда происходятъ послѣднія, какъ и гдѣ онѣ производятся? Ктому же протоплазма не всегда питается бѣлковыми веществами, доставляемыми ей уже готовыми; во многихъ случаяхъ бѣловый питательный матеріалъ образуется въ той же самой кѣлочкѣ, въ которой должно произойти приращеніе протоплазмы.

При полномъ незнаніи явленій, сопровождающихъ первое образованіе бѣловыхъ веществъ, особенно важенъ фактъ, указанный Пастеромъ⁴); онъ показалъ, что развитіе и приращеніе массы бродильныхъ грибовъ не соединено съ присутствіемъ бѣловыхъ веществъ, что для этого достаточно безазотистаго соединенія (сахаръ или виноградная кислота) съ азотнокислою или аммоніакальною солью (при содѣйствіи составныхъ частей золы). Такъ какъ размноженіе бродильныхъ грибовъ въ такой жидкости сопряжено какъ и при размноженіи другихъ кѣлочекъ, съ соотвѣтствующимъ приращеніемъ протоплазмы, а слѣдовательно и бѣловыхъ веществъ, то мы вправѣ заключить, что бродильные грибки обладаютъ способностью образовывать бѣловыя вещества изъ сахара или виноградной кислоты и амміака, или азотной кислоты. Въ этихъ безхлорофильныхъ кѣлочкахъ недостаетъ только силы, образующей изъ углекислоты углеродистыя

¹) Ferd. Cohn: 37. Jahresbericht der schlesisch. Gesellsch. für vaterl. Cultur, 1859. Breslau.

²) Изъ Легумина высушеннаго сѣмени при прорастаніи долженъ образоваться альбуминъ.

³) Сравни. Boussingault: Comptes rendus. 1864. LVIII, 917.

⁴) Сравни прекрасный рефератъ Де Бари, Flora, 1863, стр. 9 ff.

органическія соединенія; послѣднія должны быть имъ доставлены, потому что бродильные грибки не обладаютъ хлорофилломъ, — органомъ выдѣленія кислорода. Если же имъ будутъ доставлены соединенія содержація углеродъ, водородъ и кислородъ, то они въ состояніи сочетать элементы послѣднихъ съ элементами аммоніакальной или азотнокислой соли и изъ этого построить бѣлковое вещество. Какъ это происходитъ — неизвѣстно, да погамѣсть для насъ и не важно.

При этомъ возникаетъ вопросъ, не обладаютъ ли той же самой способностью какъ и бродильные грибки, другія растительныя клѣточки, напр. безцвѣтная паренхима высшихъ растений? Допуская такую, весьма близкую, аналогію, мы тѣмъ самымъ прояснили бы въ нѣкоторой степени важную часть обмѣна веществъ въ растеніяхъ съ зелеными листьями; именно: клѣточкамъ листьевъ, содержащимъ хлорофиллъ, безъ сомнѣнія предназначено производить изъ углекислоты и воды углеводы, крахмалъ и сахаръ; эти соединенія, распространяясь по прочимъ тканямъ, могутъ тамъ соединяться съ аммоніакальными и азотно-кислыми солями для образованія бѣлковыхъ веществъ. Образованіе углеводовъ изъ углекислоты и воды, было бы такимъ образомъ предоставлено клѣточкамъ, содержащимъ хлорофиллъ; между тѣмъ какъ каждая другая клѣточка, однажды снабженная углеводами, могли бы сама образовать бѣлковыя вещества, соединяя элементы углеводовъ съ элементами аммоніакальныхъ и азотнокислыхъ соединеній.

Но зеленія клѣточки должны быть также въ состояніи производить тѣ же работы¹⁾; доказательствомъ служатъ *Protococcaceae*, *Confervae*, *Conjugatae*, которые размножаются въ огромномъ количествѣ въ дистиллированной водѣ, содержащей вмѣстѣ съ составными частями золь аммоніакальныя или азотнокислыя соли; хлорофилловыя клѣточки этихъ растений производятъ въ своей зеленой плазмѣ прежде всего крахмалъ, соединяя элементы углекислоты и воды и выдѣляя кислородъ; но они также производятъ и бѣлковыя вещества, соединяя вѣроятно элементы аммоніакальныхъ или азотнокислыхъ солей съ элементами уже образованнаго углевода (или съ продуктомъ его превращенія).

Не безынтересно будетъ сравнить эти выводы съ взглядомъ Рохледера, до котораго онъ дошелъ по совершенно иному пути. «Очень легко, говоритъ онъ²⁾, производить съ помощію амміака азотистыя тѣла изъ безазотистыхъ органическихъ веществъ. Кромѣ аммоніакальныхъ солей органическихъ кислотъ, которыя мы можемъ составить по этому способу, подобнымъ же образомъ образуется много азотистыхъ веществъ, не содержащихъ амміака. Слѣдовательно болѣе чѣмъ вѣроятно, что въ растеніяхъ образуются азотистыя составныя части изъ безазотистыхъ съ помощію элементовъ амміака, который доставляется или уже готовымъ, въ формѣ соли, или же растенія сами приготавливаютъ его посредствомъ возстановляющаго процесса изъ азотнокислыхъ солей. Поэтому азотистыя составныя части въ растительномъ царствѣ принадлежатъ позднѣйшему

¹⁾ Зеленія клѣточки листьевъ обладаютъ можетъ быть этой же способностью въ высшей степени, нежели другія ткани и органы: я уже раиѣ неоднократно указываю на то, что тонкостѣбныя клѣточки сосудистыхъ пучковъ, начиная отъ тончайшихъ листовыхъ нервовъ, по черешку до междоузлій, всегда содержатъ бѣлковыя вещества. Такъ какъ нельзя принять, что вещества эти тутъ остаются въ покоѣ и такъ какъ еще менѣе основанія думать, что отсюда вещества доставляются къ мякоти, то съ вѣроятностью можно предположить, что вещества образуются въ мякоти и отсюда притекаютъ къ прочимъ органамъ.

²⁾ *Chemie und Physiol. der Pfl.* Heidelberg, 1858, стр. 117.

періоду образованія нежелл безазотистыя, которыя должны предшествовать образованію болѣе сложныхъ азотистыхъ веществъ».

Приводимое далѣе Рохледеромъ предположеніе, что для построенія сложнаго атома бѣлковаго вещества, нуженъ радикалъ высшаго гомолога алкооля жирной кислоты, не исключаетъ значенія углевода, въ образованіи бѣлковыхъ веществъ, потому что послѣднія сами представляютъ генетическое отношеніе къ жирамъ.

Въ заключеніе должно указать на то, что новыя бѣлковыя частицы вѣроятнo всегда образуются между частицами протоплазмы. Если бы эти химическіе процессы совершались въ водянистой клѣточной жидкости, то почему бы не образоваться бѣлковымъ частицамъ и во всѣхъ другихъ водянистыхъ растворахъ, составленныхъ наподобіе клѣточного сока.

Если протоплазма, какъ вообще принято, есть непосредственная причина жизни, причина того, что въ клѣточкѣ химическіе процессы совершаются существенно иначе, чѣмъ въ искусственно приготовленныхъ растворахъ, то вмѣстѣ съ этимъ должно принять, что вызываемые протоплазмой химическіе процессы совершаются въ пей самой, между ея молекулами, но не внѣ ея. Подобно тому какъ хлорофиллъ, т. е. зеленая протоплазма, подъ вліяніемъ свѣта, во внутренности своей производитъ крахмалъ, можно принять за вѣроятное, что безцвѣтная протоплазма безъ вліянія свѣта можетъ производить изъ крахмала (или изъ его производныхъ) и аммоніакальныхъ солей новыя бѣлковыя частицы.

Касательно генетическаго соотношенія углеводовъ и бѣлковыхъ веществъ, можно привести еще слѣдующія цитаты Кекулѣ 1): «Уже Гунтъ въ 1848 г. замѣтилъ, что костяной клей (глютинъ) имѣетъ составъ, близкій къ амиду углевода, именно $C_6H_{12}O_6 + 2NH_3 = C_6H_{10}N_2O_2 + 4H_2O$; и на оборотъ, изъ клея и подобныхъ веществъ можетъ быть полученъ сахаръ. До сихъ поръ произведенные опыты показываютъ, что если долго нагрѣвать различные углеводы съ аммоніакальнымъ газомъ или съ концентрированнымъ растворомъ амміака, то образуются вода и азотистыя вещества, обнаруживающія нѣкоторое подобіе съ костянымъ клеемъ, если для добыванія ихъ не была употреблена слишкомъ высокая температура. Дюзаръ (Dusart) въ 1856 году, кипятя долгое время при 150° виноградный сахаръ, молочный сахаръ или амидовъ, съ растворомъ амміака въ водѣ, получалъ азотистыя вещества, которыя изъ воднаго раствора осаждались алкоолемъ въ видѣ вязкихъ нитей и съ дубильной кислотой давали нерастворимое соединеніе, противостоящее гніенію; въ самомъ благоприятномъ случаѣ получалось вещество, содержащее азота 14 процентовъ. Почти такой же результатъ въ 1861 году получилъ Штютценбергеръ (Stützenberger). Изъ декстрина, при кипяченіи впродолженіи 168-ми часовъ было получено вещество, растворимое въ водѣ и представлявшее, послѣ высушиванія, аморфную массу; это вещество содержало 11 процентовъ азота и осаждалось дубильной кислотой».

Въ заключеніе нашей статьи о протоплазмическихъ образованіяхъ и непосредственно передъ разсмотрѣніемъ веществъ, составляющихъ оболочку, должно быть приведено замѣчаніе Либиха, которое, по моему мнѣнію, весьма согласуется съ моимъ возрѣшіемъ. «Весьма вѣроятнo, говорить онъ 2), что въ растеніи, изъ необработаннаго матеріала, изъ углекислоты, воды, амміака, фосфорной кислоты, сѣрной кислоты, при содѣйствіи щелочей и земель и т. д. химическій процессъ производить только одно вещество, содержащее азотъ и сѣру и принадлежащее къ альбуминовой группѣ и одно вещество безазотистое изъ углеводной группы; первое удерживаетъ свой характеръ во все продолженіе развитія растенія, между тѣмъ какъ безазотистое вещество переходитъ въ безвкусное камедистое тѣло(?), или въ клѣтковину, или въ сахаръ и, смотря по перевѣсу органической дѣятельности поступаетъ въ подземный или надземный органъ и преобразовывается въ составную часть листа или корня».

1) Kekulé: Lehrb. d. org. Chem. II, 356.

2) Annalen der Chemie und Pharmacie, 1862, Bd. 121, стр. 177.

Б. Составныя вещества кліточной оболочки.

§ 96. Генетическое отношеніе оболочки къ протоплазмѣ. Анатомическая исторія развитія показываетъ, что кліточная оболочка есть вторичный продуктъ первоначальной протоплазмы и выдѣляется съ наружной ея стороны; это мѣстное разграниченіе и различіе во времени появленія можетъ однако быть выраженіемъ весьма различныхъ химическихъ отношеній, и такъ какъ невозможно прослѣдить глазомъ химическихъ измѣненій частицъ, образующихъ оболочку и ихъ выхода изъ протоплазмы, то приходится ограничиться соображеніями, основанными часто на весьма запутанныхъ предположеніяхъ, и потому легко приводящихъ къ ошибочнымъ результатамъ.

Изъ всѣхъ возможныхъ предположеній относительно происхожденія и выдѣленія молекулей клітковины изъ протоплазмы, одно не можетъ быть допущено, именно, что частицы образуются изъ элементовъ углекислоты и воды непосредственно, въ томъ мѣстѣ, гдѣ они выходятъ изъ протоплазмы и что образованіе происходитъ въ моментъ выхода; если бы это было такъ, то оболочки кліточекъ могли бы образоваться только такою протоплазмой, которая въ тоже время выдѣляетъ кислородъ въ соответствующемъ количествѣ, слѣдовательно только изъ протоплазмы зеленой и подверженной вліянію свѣта; но наблюденіе показываетъ, что въ безконечномъ большинствѣ случаевъ, клітковина выдѣляется изъ протоплазмы не зеленой и не освѣщаемой солнцемъ и что вообще эта дѣятельность протоплазмы не имѣетъ рѣшительно ничего общаго съ выдѣленіемъ кислорода. Такъ какъ третьяго случая допустить нельзя, то изъ этого слѣдуетъ, что вещество, изъ котораго въ протоплазмѣ образуются частицы оболочки, уже само по себѣ есть усвоенное соединеніе и вопросъ только въ томъ, какого рода это соединеніе.

Прежде всего можно было бы допустить, что частицы оболочныхъ веществъ образуются чрезъ распаденіе бѣлковыхъ веществъ, составляющихъ протоплазму; но такое предположеніе лишено всякой аналогіи и требуетъ, чтобы въ остаткѣ получилось азотистое соединеніе, которое должно содержать весь азотъ бѣлковыхъ веществъ; этотъ еще совершенно неизвѣстный продуктъ распаденія долженъ былъ бы скопляться въ растеніи тѣмъ значительнѣе, чѣмъ болѣе приращается масса клітковины, на что не указываетъ еще ни одно наблюденіе.

Если мы оставимъ въ сторонѣ это предположеніе, какъ отличающееся натяжками и трудностями, то остаются еще два предположенія: одно, что протоплазма, во время выдѣленія оболочнаго вещества уже содержитъ его готовымъ, т. е. молекулы его заключаются между молекулами протоплазмы и обладаютъ всѣми свойствами кліточного вещества и пугдаются только въ выдѣленіи, для того чтобы расположиться въ видѣ кліточной оболочки; но и этотъ взглядъ, для своего подтвержденія, требуетъ непосредственнаго наблюденія, ибо нѣтъ никакого доказательства тому, чтобы клітковинныя частицы могли существовать растворенными въ протоплазмѣ въ готовомъ уже состояніи.

Наконецъ послѣднее предположеніе будетъ то, что протоплазма, во время образованія кліточной оболочки заключаетъ въ веществѣ своемъ молекулы, сами по себѣ не составляющія еще клітковиннаго вещества, но химически болѣе или менѣе сходныя съ клітковиною и чрезъ взаимное расположеніе могутъ легко образовать клітковинныя частицы. Подобными веществами богаты всѣ растенія:

крахмалъ, сахаръ, инулинъ какъ нельзя ближе подходить подъ эти требованія и мы увидимъ, что масла здѣсь также играютъ роль. Внутренняя экономія въ растеніяхъ, на сколько она намъ извѣстна, можетъ быть разъяснена предположеніемъ, что крахмалъ, сахаръ, инулинъ, даже масла растворяются въ протоплазмѣ, и между частицами ея подвергаются химическимъ измѣненіямъ, вслѣдствіе которыхъ они дѣлаются способными образовать клѣтковину; это предположеніе не противорѣчитъ ни одному явленію въ жизни растенія; эта теорія опирается, прежде всего, на принципъ, что изъ подобнаго происходитъ подобное, она объясняетъ появленіе, исчезаніе и вторичное появленіе веществъ при образованіи органовъ и ихъ клѣточныхъ оболочекъ, далѣе она даетъ отчетъ о раздѣленіи физиологическихъ работъ въ растеніи, состоящемъ въ томъ, что нѣкоторыя клѣточки обладаютъ способностью производить тѣ вещества, которыя въ другихъ мѣстахъ потребляются на образованіе клѣтки.

§ 97. Крахмалъ, сахаръ, инулинъ и масла суть матеріалъ, изъ котораго протоплазма производитъ оболочку клѣточекъ¹⁾. Оставимъ въ сторонѣ все возраженія, могущія встрѣтиться противъ этого положенія со стороны теоретической химіи и разсмотримъ отношенія этихъ веществъ, какъ по мѣстному ихъ распредѣленію, такъ и по времени появленія. Эти явленія представляютъ большое разнообразіе и объясняются вполне и просто вышеприведеннымъ положеніемъ. Прежде всего нужно указать на то, что вещества, отложенныхъ въ сѣмянодоляхъ, бѣлкѣ, также въ клубняхъ, луковницахъ и въ другихъ многоклеточныхъ органахъ, достаточно для развитія опредѣленнаго числа органовъ, для которыхъ эти вещества очевидно служатъ строительнымъ матеріаломъ, ибо растеніе, снабженное запасными веществами, не требуетъ для развитія этихъ органовъ извнѣ ничего, кромѣ воды и кислорода; усвоеніе органическихъ веществъ въ это время еще не нужно.

Соединенія, скопляющіяся въ хранилищахъ запасныхъ веществъ, бываютъ обыкновенно двухъ родовъ: съ одной стороны здѣсь во всякое время находятся бѣлковыя вещества, потребляющіяся несомнѣнно на образованіе новой протоплазмы, новыхъ ядеръ и хлорофилллага вещества; съ другой стороны, въ хранилищахъ запасныхъ веществъ всегда находится крахмалъ или сахаръ, или инулинъ, или масло, или два и три изъ этихъ веществъ въ одно время; послѣднія, при развитіи новыхъ органовъ, исчезаютъ не изъ однихъ только запасныхъ хранилищъ, но и изъ содержимаго всѣхъ клѣтокъ вновь развивающагося органа; поэтому въ концѣ такого ряда развитій, мы находимъ, что въ новообразовавшихся клѣточкахъ, масса оболочекъ возрастаетъ по мѣрѣ исчезанія въ протоплазмѣ безазотистыхъ веществъ, изъ чего естественно вывести, что послѣднія

¹⁾ Здѣсь и въ послѣдующемъ изложеніи я оставляю безъ вниманія декстрины, потому что существованіе его въ живой клѣточкѣ подлежитъ сомнѣнію. Свѣжіе куски ткани, будучи пропитаны мѣднымъ купоросомъ и слегка нагрѣты съ ѣдкимъ кали, возстановляютъ въ большомъ количествѣ красную записъ мѣди; послѣ обработки алкоолемъ въ 96 градусовъ, они теряютъ возстановляющую способность; такъ какъ декстрины, который могъ бы обуславливать эту реакцію, нерастворимъ въ столь вѣдкомъ алкоолѣ, то послѣ алкоольной обработки тканей, онъ долженъ остаться въ клѣточкахъ; но отсутствіе возстановленія показываетъ, что возстановляющія тѣла извлечены алкоолемъ и состоятъ, слѣдовательно, изъ глюкозы. Если декстрины не производятъ возстановленія, то мы не имѣемъ средствъ доказать его присутствія въ клѣточкахъ (Сравни Sachs: Mikrochemische Untersuchungen, въ Flora, 1862, № 19).

доставили матеріалъ для образованія клетковины, потому что другой источникъ матеріала немислимъ.

Отдѣльныя клетки, снабженныя запасными веществами, какъ нельзя лучше подтверждаютъ сказанное: споры тайнобрачныхъ содержатъ всегда или масло, или крахмалъ, или оба вмѣстѣ, и вещества эти исчезаютъ изъ содержимаго по мѣрѣ того, какъ при развитіи проростка увеличивается клеточная оболочка и, слѣдовательно, возрастаетъ количество клетковины. Подобное же представляетъ и цвѣтецъ, хотя тутъ явленія нѣсколько запутываются, потому что цвѣтецныя трубочки, прошикая въ ткань женскаго органа, находятъ также въ немъ питательныя вещества. Г. Мольтъ уже давно замѣтилъ, что въ молодыхъ пружинкахъ печеночныхъ мховъ, крахмальные зернышки исчезаютъ въ то время, когда въ этихъ органахъ развиваются спиральные отложенія. Въ зеленыхъ водоросляхъ крахмалъ, содержащійся въ зеленой плазмѣ, растворяется, когда послѣдняя готовится къ распаденію на гонидіи; очевидно, что этотъ повидному исчезнувшій крахмалъ есть матеріалъ, изъ котораго по прекращеніи движенія развивается клеточная оболочка.

Въ бѣлѣхъ или сѣмянодоляхъ всѣхъ сѣмянъ содержатся или крахмалъ, или масло, или оба вмѣстѣ; эти вещества исчезаютъ, когда въ частяхъ проростка образуются клеточныя оболочки; микрохимическое изслѣдованіе показываетъ, что эти вещества чрезъ опредѣленные слои клеточекъ доставляются корнямъ и почкамъ, гдѣ онѣ, временно скопляясь, исчезаютъ, какъ скоро оболочки клеточекъ окончательнo образовались. Крахмалъ въ клубняхъ картофеля такимъ же образомъ переходитъ въ проростки и, наконецъ, исчезаетъ, когда въ послѣднихъ виолнѣ образуются клеточныя оболочки. Весной, при распусканіи древесныхъ зимнихъ почекъ, исчезаетъ не только отложенный въ нихъ крахмалъ, но также и крахмалъ, отложенный въ стволѣ (въ древесинѣ и въ корѣ) и доставляется къ распускающимся частямъ. Точно также тростниковый сахаръ, отлагающійся на зиму въ паренхимѣ свекловицы, потребляется въ началѣ втораго періода развитія, когда начнутъ развиваться первые листья; то же самое происходитъ съ глюкозой, выполняющей луковиды *Allium Cera* и съ инулиномъ въ клубняхъ *Dahlia* и *Helianthus tuberosus*, когда у этихъ растений развиваются почки¹⁾.

Если мы, при образованіи органовъ на счетъ запасныхъ веществъ, остановимся на частностяхъ въ явленіяхъ, то прежде всего возникаетъ замѣчаніе, что для окончательной цѣли, т. е. для роста оболочекъ, вообще все равно, въ какой формѣ былъ отложенъ потребный для того образовательный матеріалъ, — въ формѣ ли углеводовъ или маселъ. Напр. у *Helianthus tuberosus* и *Dahlia* оболочки клеточекъ сѣмешнаго проростка получаютъ образовательный матеріалъ изъ жирнаго масла, отложеннаго въ сѣмянодоляхъ, между тѣмъ какъ у тѣхъ же растений для развитія проростка изъ клубня, въ паренхимѣ послѣдняго отложенъ инулинъ; точно также сѣмешной проростокъ свекловицы получаетъ вещество, образующее оболочки клеточекъ, изъ крахмалистаго бѣлка, между тѣмъ какъ проростки перезимовавашаго корня,

¹⁾ Наблюденія, на которыхъ опираются какъ эти, такъ и слѣдующія показанія, я сообщилъ въ слѣдующихъ моихъ статьяхъ: «Ueber die Stoffe, welche das Material zur Bildung der Zellhäute liefern» (Jahrb. f. wiss. Bot. III, 183); «Mikrochemische Untersuchungen» (Flora, 1862, № 19, ff.); та же въ моей нѣсколько разъ цитированной статьѣ «О прорастаніи фасоля злаковъ, финика, *Allium Cera*», многое заимствовано изъ моихъ повѣвшихъ изслѣдованій.

находить для той же цѣли запасенный тростниковый сахаръ. Въ сѣменныхъ проросткахъ *Allium Cera* клѣточные оболочки образуются на счетъ масла, отложеннаго въ бѣлкѣ, листья же втораго вегетационнаго періода пользуются для роста своихъ клѣточныхъ оболочекъ глюкозою, скопленною въ чешуйкахъ луковицы. Эту физиологическую тождественность крахмала, сахара, инулина, масла, мы можемъ себѣ легко уяснить, когда припомнимъ съ какою легкостью эти различные вещества, во время развитія тканей могутъ превращаться одно въ другое; они относятся между собою такъ, что ихъ можно разсматривать какъ различные проявленія одного и того же вещества. Всѣ они обладаютъ свойствомъ легко превращаться въ глюкозу, которая составляетъ связывающее звено ¹⁾ при метаморфозахъ веществъ, образующихъ оболочку; далѣе весьма важенъ тотъ фактъ, что крахмаль, ближе другихъ подходящий къ клѣточной оболочкѣ по химическимъ и физическимъ свойствамъ, въ тканяхъ, въ которыхъ долженъ начаться ростъ, появляется временно до начала роста, послѣ чего потребляется; отсюда слѣдуетъ, что образовательныя вещества, доставленныя къ мѣсту потребленія, превращаются въ крахмаль, прежде нежели перейдутъ въ самое клѣтковинное вещество. Нѣсколько примѣровъ должны разъяснить это. При проростаніи всѣхъ изслѣдованныхъ маслянистыхъ сѣмянъ, паренхима тѣхъ частей проростка, которыя начали удлинняться, наполняется глюкозою, и обыкновенно въ тоже время, а иногда и раньше, въ молодыхъ клѣткахъ появляется мелкозернистый крахмаль; иногда, напр. у проростка *Helianthus annuus* количество этого временно появляющагося крахмала бываетъ незначительно. Появленіе крахмала въ клѣткахъ, предназначенныхъ для роста, такъ постоянно, что онъ даже образуется у *Ricinus* въ клѣточкахъ бѣлка, которыя, по Молю, при проростаніи сами разрастаются, хотя впоследствии, послѣ опоракниванія бѣлокъ отбрасывается. Последовательность появленія крахмала и сахара въ разныхъ частяхъ корня, междоузлій и листьевъ, соотвѣтствуетъ послѣдовательности роста этихъ частей, и въ той же послѣдовательности эти вещества исчезаютъ по окончаніи удлинненія соотвѣтствующихъ частей; это исчезаніе имѣетъ мѣсто въ томъ случаѣ, если органы не служатъ для дальнѣйшаго проведенія названныхъ матеріаловъ въ ниже или выше лежащія части. То же самое происходитъ и при развитіи проростка изъ клубней, содержащихъ инулинъ и изъ корней, содержащихъ тростниковый сахаръ; здѣсь очевидно также, въ частяхъ тканей, приготовляющихся къ удлинненію, скопляется крахмаль: на счетъ инулина въ первомъ случаѣ и на счетъ сахара во второмъ; во время образованія оболочекъ клѣточекъ въ этихъ частяхъ, крахмаль исчезаетъ, образуя глюкозу. Особенно поучительный примѣръ этой перемѣны веществъ представляетъ прорастающій финикъ; запасная пища для крошечнаго проростка состоитъ здѣсь (громъ бѣлковинныхъ веществъ и небольшого количества масла) изъ толстыхъ клѣточныхъ стѣнокъ бѣлка, которыя при проростаніи растворяются и всасываются сѣмянодолями (остается только самый наружный слой оболочки, такъ называемый первичный слой). Вмѣсто растворившихся и восанныхъ клѣточныхъ веществъ, паренхима всасывающаго органа и его влагалища до почки и корня

¹⁾ Удовлетворительное изложеніе явленій, происходящихъ при обмѣнѣ веществъ, невозможно, если, какъ это постоянно всѣ кромѣ меня дѣлали, пренебрегать глюкозою и тростниковымъ сахаромъ; изслѣдованіе этихъ веществъ должно постоянно идти въ параллель съ изслѣдованіемъ крахмала и инулина микрохимическими реакціями.

выполняется глюкозой; во всѣхъ же растущихъ частяхъ корня, листьевъ и т. д., прежде нежели удлинненіе начинается, вся молодая паренхима выполняется мелкозернистымъ крахмаломъ, который при началѣ удлинненія каждой части превращается въ глюкозу; когда каждая часть проростка вполне выростетъ, глюкоза и крахмалъ исчезаютъ, взазмѣнъ чего образуются оболочки клеточекъ.

Та же законность проявляется и въ сѣменахъ, содержащихъ крахмалъ, напр. въ бобахъ, горохѣ и въ злакахъ. Крахмалъ, запасенный въ бѣлгѣ и въ сѣмянодоляхъ въ крупныхъ зернахъ, растворяется, превращаясь въ глюкозу; огромное количество мелкозернистаго крахмала появляется въ паренхимѣ еще неразвившагося проростка, передъ тѣмъ или вовсе не содержащей крахмала, или въ незначительномъ количествѣ; въ мѣстахъ корня, начинающихъ расти, крахмалъ растворяется, образуя сахаръ,—процессъ, повторяющійся во всѣхъ частяхъ проростка, въ порядкѣ ихъ роста, причемъ крахмалъ постоянно переходитъ изъ запасныхъ хранилищъ въ развивающіеся органы, гдѣ отлагается въ мелкихъ зернышкахъ.

Тѣ же самыя генетическія соотношенія веществъ, тотъ же порядокъ появленія и исчезанія ихъ происходятъ во время всего періода развитія, при образованіи цвѣтотъ, плодовъ, и при отложеніи запасныхъ веществъ въ клубняхъ, луковицахъ и т. п.

Въ проросткахъ и вѣтвяхъ, растущихъ на счетъ запасныхъ веществъ, можно прослѣдить вещества, развивающія оболочки, въ опредѣленныхъ рядахъ клеточекъ, начиная отъ хранилищъ до мѣста потребленія, если при этомъ имѣть въ виду ихъ метаморфозы; соответствующее явленіе замѣчается и послѣ опоражниванія запасныхъ хранилищъ, такъ какъ усвояющіе листья для вновь образующихся органовъ получаютъ значеніе вмѣстилищъ запасныхъ веществъ. Отъ листьевъ, производящихъ крахмалъ, можно прослѣдить образовательныя вещества въ формѣ крахмала, глюкозы, масла, пнулина до мѣсть потребленія, т. е. до почекъ и до концовъ корней. Весьма распространено и вѣроятно не имѣетъ исключеній слѣдующее явленіе: именно, независимо отъ того, бѣдны или богаты содержаніемъ крахмала старыя части ствола, крахмалъ всегда содержится внутри молодой паренхимы почекъ подъ конусомъ возрастанія, также плотно выполняетъ паренхиму молодыхъ листьевъ, а во время роста клеточныхъ оболочекъ, крахмалъ изъ этихъ частей исчезаетъ.

Подобнымъ образомъ это явленіе повторяется при зарожденіи цвѣточныхъ частей, во время роста околоплодника и сѣмянъ. Такъ напр. паренхима молодой чашечки и лепестковъ цвѣтка *Trapaеolum majus* въ почкѣ до самаго расцвѣтанія, бываетъ плотно выполнена крахмаломъ, который сюда доставляется по цвѣточному черешку; тотчасъ послѣ расцвѣтанія, слѣдовательно послѣ быстрого и обильнаго образованія клетковины, крахмалъ изъ органовъ исчезаетъ совершенно, такъ что не остается и слѣдовъ его; подобное же явленіе представляютъ нити тычинокъ. Много крахмала содержится въ стѣнкахъ пыльниковъ, во время ихъ развитія, вособенности въ томъ слѣ, который впоследствии будетъ снабженъ спиральными отложеніями; по мѣрѣ развитія послѣднихъ содержаніе крахмала уменьшается и, наконецъ, предъ растрескиваніемъ пыльниковъ исчезаетъ совершенно; клеточки, имѣвшія сначала въ поперечникѣ 8—9 микрометровъ, увеличиваются до 36—40 микрометровъ.

У опадающихъ частей цвѣтка легче замѣтить исчезаніе крахмала во время роста клѣточныхъ стѣнокъ, потому что эти органы впоследствии не наполняются вторично крахмаломъ и подобными веществами, для проведенія ихъ въ другіе органы, какъ это часто бываетъ въ другихъ случаяхъ. Этотъ существенной важности фактъ можетъ быть поясненъ еще нѣкоторыми примѣрами. Къ цвѣточнымъ почкамъ *Agum maculatum* крахмалъ доставляется отъ корневища чрезъ цвѣтовую ножку, паренхима которой вслѣдствіе этого выполняется зернами крахмала.

Початокъ *Agum mac.* длиною въ 6,5 сант. и еще окруженный листовыми влагалищами, содержитъ въ паренхимѣ большое количество крахмала, который ему доставляется и во время его удлинненія, потому что початокъ, длиною въ 12 сант. и высвободившійся изъ подъ листьевъ, еще содержитъ въ своей паренхимѣ много крахмала; послѣдній однако совершенно исчезаетъ при расцвѣтаніи початка, когда стѣнки клѣточекъ достигаютъ своего окончательнаго развитія.

Цвѣточные почки *Hyacinthus orientalis*, зародившіяся во всѣхъ своихъ частяхъ, но еще заключенныя въ луковицѣ, содержатъ въ паренхимѣ цвѣточнаго покрова, стѣнокъ пыльниковъ и плодolistиковъ весьма много мелкозернистаго крахмала, доставляемаго имъ посредствомъ короткой стрѣлки и цвѣточныхъ пожекъ изъ луковичныхъ чешуй, въ которыхъ отложенъ запахъ крахмала; но какъ скоро цвѣты распустились, крахмалъ въ названныхъ тканяхъ совершенно пропадаетъ. То же самое замѣчается и при распусканіи цвѣтовъ тюльпана. Въ этихъ случаяхъ по исчезновеніи крахмала не появляется глюкозы очевидно потому, что крахмалъ вполне употребляется на образованіе клѣточныхъ оболочекъ. Но въ нѣкоторыхъ цвѣтахъ, напротивъ, крахмалъ перешедшій въ нихъ по цвѣточной ножкѣ, весь или отчасти превращается въ глюкозу, какъ напр. у *Cucurbita* и *Solanum tuberosum*. Во многихъ случаяхъ крахмала не встрѣчается непосредственно въ тѣхъ самыхъ клѣточкахъ, въ которыхъ происходитъ образованіе клѣтчаткп, но онъ скопляется въ смежномъ слое клѣточекъ, изъ котораго уже пополняется потребность въ крахмалѣ тѣхъ, стѣнки которыхъ находятся въ состояніи роста. Сюда же относится фактъ, что всѣ корневые чехлики содержатъ крахмалъ, служащій, очевидно, питательнымъ веществомъ для молодыхъ клѣточекъ возрастающей вершины. Въ сильно деревенѣющихъ клѣткахъ вѣтребродника и въ наружной оболочкѣ сѣмени у *Ricinus communis*, во время ихъ развитія, крахмала не встрѣчается, и только вначалѣ замѣчается глюкоза, но за то подлѣ каждой изъ названныхъ тканей, до созрѣванія, находится слой клѣточекъ, постоянно содержащихъ крахмалъ и получающихъ его очевидно изъ паренхимныхъ слоевъ цвѣточной ножки. Совершенно подобное бываетъ во многихъ случаяхъ послѣ оплодотворенія и съ зародышнымъ мѣшочкомъ. Клѣточки ядра, непосредственно окружающія зародышевой мѣшочекъ, сами растутъ только медленно или вовсе не растутъ, но бывають наполнены крахмаломъ, доставляемымъ имъ помощію сѣменной ножки, и этотъ крахмалъ доставляетъ очевидно матеріалъ для образованія клѣтчатки внутри зародышеваго мѣшочка. Развивающіеся элементы сосудистыхъ пучковъ, молодая клѣточка луба, древесины и сосудовъ, сами никогда не содержатъ крахмала, необходимаго для ихъ роста, но получаютъ его изъ смежныхъ съ ними паренхимныхъ клѣточекъ сердцевинны и коры; исключеній, какъ кажется, не бываетъ. (Если древесинныя клѣточки содержатъ крахмалъ, то это бываетъ лишь послѣ ихъ окончательнаго развитія и онѣ тогда накопляютъ въ себѣ

крахмалъ въ видѣ запаснаго вещества для другихъ органовъ и для послѣдующаго періода развитія.)

Если до сихъ поръ углеводы и жиры, отлагающіеся въ видѣ запасныхъ веществъ, разсматривались какъ строительный матеріалъ, изъ котораго при посредствѣ протоплазмы образуются клеточныя оболочки, то никакъ не слѣдуетъ предполагать, чтобы все количество этихъ соединений превращалось рядомъ послѣдовательныхъ метаморфозъ въ клетковину; прорастаніе сѣмянъ доказываетъ особенно ясно, что этого не бываетъ. Въ отдѣлѣ о дыханіи мы уже видѣли, что, смотря по обстоятельствамъ, различная, но всегда очень значительная, часть безазотистыхъ запасныхъ веществъ сгараетъ во время прорастанія, образуя воду и углекислоту; то же самое происходитъ безъ сомнѣнія при развитіи почекъ и цвѣтовъ, и при созрѣваніи плодовъ. Но кромѣ того часть безазотистыхъ запасныхъ веществъ переходитъ въ новыя соединенія, которыя хотя остаются въ растеніи, но, такъ сказать, пропадаютъ для образованія клетковины; такимъ образомъ часто образуются очень большія количества дубильнаго вещества, менѣе значительныя количества камеди, даже эфирныя масла и другія мало извѣстныя вещества, которымъ обыкновенно даютъ названіе экстрактивныхъ веществъ.

Всѣ эти вещества образуются при прорастаніи и при сродныхъ съ нимъ процессахъ, вѣроятно только на счетъ крахмала и жирнаго масла, потому что азотистое вещество соотвѣтственно не уменьшается въ количествѣ, а количество остальныхъ соединений бываетъ слишкомъ незначительно. Послѣ этого понятно, что изъ отложенныхъ количествъ крахмала сахара, инулина и жира, большая часть потребляется для образованія разныхъ другихъ соединений, тогда какъ меньшая часть ихъ идетъ на образованіе клетковины ¹⁾.

Для разъясненія процесса образованія клеточныхъ оболочекъ на счетъ доставляемаго клеточкамъ матеріала, весьма важно явленіе, постоянно замѣчаемое при микрохимическихъ изслѣдованіяхъ. Именно, въ паренхимѣ всѣхъ очень молодыхъ органовъ, непосредственно предъ или во время ихъ роста, можно доказать микрохимическимъ путемъ присутствіе крахмала и сахара; тогда какъ самыя молодяя ткани, находящіяся въ состояніи оживленнаго и повтореннаго дѣленія: клеточки верхины корня, верхины стебля, зарождающихся листьевъ, самыхъ молодыхъ сѣменныхъ почечекъ, камбія и т. д., никогда не содержатъ ни крахмала, ни микрохимически узнаваемыхъ сахара и жира. Несмотря на то, эти клеточки, выполненныя протоплазмой, должны содержать вещества образующія клетковину и доставляемыя имъ изъ смежныхъ тканей, всегда содержащихъ крахмалъ или сахаръ; что дѣляющіяся клеточки содержатъ такія вещества, видно изъ постояннаго образованія клеточныхъ оболочекъ, происходящихъ при каждомъ дѣленіи клеточекъ, но количество необходимаго для этого матеріала не значительно, такъ какъ масса вновь образовавшихся оболочекъ незначительна. На основаніи общихъ положеній, высказанныхъ въ предъидущемъ параграфѣ, можно предполагать, что вещество образующее клетковину входитъ въ составъ дѣлящейся протоплазмы, хотя и нельзя доказать его присутствія въ ней. Напротивъ, если въ клеточкахъ нѣсколько болѣе старыхъ, но все-таки еще довольно молодыхъ, встрѣчаются крахмалъ, сахаръ и жиръ, то эти вещества должны разсматриваться

¹⁾ Срав. слѣдующій параграфъ.

какъ избытокъ, доставленный клѣткамъ, между тѣмъ какъ то количество, которое въ это время идетъ на образованіе клѣточной оболочки, точно также растворено въ протоплазмѣ и въ ней не замѣтно. Протоплазма, очевидно, постоянно принимаетъ въ себя часть крахмала, жира и сахара, отложившихся на время въ клѣточномъ сокѣ и въ замѣнѣ того выдѣляетъ наружу клѣтковину. Если, поэтому, въ быстро растущихъ тканяхъ замѣчаются вещества, образующія клѣточную оболочку, то это зависитъ отъ того, что эти вещества доставляются клѣткамъ въ болѣе значительномъ количествѣ, чѣмъ сколько вначалѣ послѣдними потребляется, но при дальнѣйшемъ развитіи онѣ потребляютъ все количество этихъ веществъ. Можно также допустить тотъ случай, впрочемъ рѣдкій, что притокъ веществъ къ растущей ткани происходитъ съ тою же быстротою, съ которою эти вещества принимаются и перерабатываются протоплазмой; въ подобномъ случаѣ, очевидно, нельзя будетъ доказать присутствія этихъ веществъ на мѣстѣ ихъ потребленія.

Положеніе, высказанное въ началѣ этого параграфа, было главнымъ образомъ выведено изъ отношенія углеводовъ и жировъ къ развитію клѣточной оболочки и этотъ способъ доказательства, очевидно, не только самый естественный, но и вполне основательный. Что касается до теоретической химіи, то и она, относительно нашихъ положеній, даетъ почти только одни указанія и аналогіи ¹⁾. Предположеніе, что изъ зеренъ крахмала, по предварительномъ ихъ раствореніи въ протоплазмѣ, образуется клѣточная оболочка, съ химической точки зрѣнія не можетъ казаться страннымъ, потому что вещества обоеихъ образованій до того между собою сходны, что между ними невозможно провести рѣзкой границы, особенно послѣ основательныхъ изслѣдованій Негели, показавшаго, что какъ крахмальные зерна, такъ и клѣтковина состоятъ изъ двоякаго рода между собою тѣсно смѣшанныхъ молекулъ и что оба образованія сходны по молекулярному строенію; крахмальные зерна можно разсматривать какъ клѣточную оболочку въ предварительномъ и переходномъ состояніи. Съ другой стороны, это большое сходство крахмала и клѣтковины дѣлаетъ вѣроятнымъ, что частицы крахмала при раствореніи въ протоплазмѣ и при потребленіи на образованіе клѣточной оболочки, не подвергаются существенному химическому измѣненію. И дѣйствительно, какой смыслъ могло бы имѣть для экономіи растенія образованіе столь распространеннаго вещества, какъ крахмалъ,

¹⁾ Формулы разсмотрѣнныхъ соединеній по Кекуле:

I группа: глюкозы:

$C_6 H_{12} O_6$: виноградный сахаръ (Dextrose),
плодовый сахаръ (Levulose).

II группа.

$C_{12} H_{22} O_{11}$: тростниковый сахаръ (Sacharose),
мелигоза,
трегалоза (Mucose) и т. д.

III группа.

$C_6 H_{10} O_5$: декстрины,
арабины, бассорины,
глюкогены (Lichenin, Paramylon),
амидоны (крахмалъ),
инулинъ.

Къ глюкозамъ примыкаетъ сорбитъ, не обладающій способностію броженія и эйкалины, см. Kekulé, Lehrbuch der organischen Chemie, II, стр. 330—331.

имѣющаго почти всѣ свойства клетковины и составляющаго очевидно предварительную степень развитія клеточной оболочки¹⁾, если бы это вещество непосредственно предъ своимъ употребленіемъ подвергалось существенному химическому измѣненію, которое его очевидно только удалило бы отъ цѣли. Весьма естественно поэтому предположеніе, что молекулы крахмала, растворяясь въ протоплазмѣ, производящей клеточную оболочку, весьма мало измѣняютъ свою природу (можно было бы сказать—характеръ клетковины), что раствореніе здѣсь состоитъ только въ дисгрегаціи частицъ, которыя комбинируются тотчасъ на внѣшней сторонѣ протоплазмы, повымъ, по очень сходнымъ образомъ. Этотъ процессъ можно себѣ представить такимъ образомъ, что зерна крахмала, находящіеся въ клеточномъ сокѣ, распадаются на свои малѣйшія частички, проникающія чрезъ слой протоплазмы, чтобы снова соединиться съ паружной стороны послѣдняго. Нѣтъ причины принимать образованіе клетковины, въ моментъ ея выдѣленія, изъ отдаленныхъ составныхъ частей, потому что подобное предположеніе вноситъ въ столь простой и наглядный процессъ, какимъ онъ изложенъ на основаніи выше описанныхъ микрохимическихъ изслѣдованій, совершенно излишнюю запутанность.

Если глюкозу и тростниковый сахаръ принять за матеріалъ для образованія клеточной оболочки, то на основаніи вышеизложеннаго весьма вѣроятно, что эти вещества предварительно превращаются въ крахмаль, затѣмъ уже, претерпѣвъ этотъ метаморфозъ, потребляются вышеописаннымъ способомъ на образованіе клетковины. Но если сахаристыя вещества въ состояніи образовать крахмальные зерна, то они вѣроятно также въ состояніи образовать и клетковину, что вѣроятно бываетъ въ тѣхъ случаяхъ, когда образованіе крахмала въ растеніи ограниченное, или совершенно не происходитъ (*Allium Cera*, грибы, незеленые водоросли). Химія, давая до настоящаго времени средства для искусственнаго воспроизведенія только регрессивныхъ но не прогрессивныхъ метаморфозъ, какъ это по большей части бываетъ съ болѣе сложными соединеніями; такъ напр. можно легко искусственными средствами получить глюкозу изъ клетковины и крахмала, но не на оборотъ, но и это уже указываетъ на то, что современемъ, примѣняясь къ процессамъ, совершающимся въ клеточкахъ, можетъ быть удастся достигнуть и послѣдняго и это тѣмъ болѣе, что и въ самомъ растеніи происходятъ метаморфозы обоихъ родовъ; въ клеточкахъ не только образуется изъ сахара крахмаль и клетковина, но и наоборотъ, изъ клетковины или крахмала образуется сахаръ. Подобнаго же рода генетическое соотношеніе существуетъ, повидному, между глюкозой и тростниковымъ сахаромъ; послѣдній можно искусственнымъ способомъ легко превратить въ глюкозу, но не наоборотъ; въ растеніяхъ же происходятъ оба эти процесса, но вѣроятно въ разное время²⁾. Тростниковый сахаръ кажется, вообще, по отношенію

¹⁾ Пайенъ, извѣстный своими изслѣдованіями въ физиологической химіи, уже въ 1840 очень ясно высказалъ свое мнѣніе относительно значенія крахмала какъ строительнаго вещества клеточной оболочки (*Ann. des sc. nat.* 1840, t. XIV). Онъ говоритъ (стр. 84): «Вещество, непосредственно образующее клеточную оболочку, встрѣчается въ крахмалѣ въ весьма чистомъ состояніи, при слабomъ сѣвленіи частицъ. Скучиваніе этого вещества въ видѣ крахмальныхъ зеренъ, имѣетъ, кажется, значеніе предварительнаго (*provisoir*) состоянія, съ цѣлью предохранить его отъ случайныхъ измѣненій; и дагбѣ «крахмаль, по моему мнѣнію, есть скопленіе запаснаго питательнаго вещества, а не образованіе, назначенное для непосредственнаго воспроизведенія.»

²⁾ Черешки свекловицы, проводящіе продукты ассимиляціи листьевъ въ короткій стебель и черезъ него въ ткань корня, содержатъ малое количество крахмала но большое количество глю-

къ растеніямъ, скорѣе замѣляетъ крахмалъ, и его отношеніе къ глюкозѣ, кажется, весьма сходно съ отношеніемъ къ ней крахмала. Глюкоза появляется въ клѣточкахъ большею частію въ видѣ переходнаго продукта, тростниковый же сахаръ, подобно крахмалу, въ видѣ запаснаго вещества, отлагающагося на болѣе или менѣе продолжительное время. Инулинъ чрезвычайно легко превращается въ глюкозу, что также происходитъ при прорастаніи клубней, содержащихъ инулинъ. Но при образованіи клубней содержащихъ инулинъ, лѣтомъ и осенью рядомъ съ инулиномъ, уже отложившимся въ шхтъ, встрѣчается еще глюкоза, исчезающая ко времени вызрѣванія клубней, такъ что на зиму остается какъ запасное вещество одинъ инулинъ. Процессъ, изслѣдованный мною у *Dahlia*, указываетъ, повидимому на то, что инулинъ развивается изъ глюкозы, чего искусственнымъ путемъ еще не удалось достигнуть. Инулинъ ¹⁾, какъ и тростниковый сахаръ, имѣетъ, кажется, для растенія главнымъ образомъ значеніе запаснаго вещества (подобно крахмалу), которое съ возобновленіемъ дѣятельности органовъ превращается въ болѣе подвижную глюкозу.—Клѣточная оболочка, крахмалъ, тростниковый сахаръ и инулинъ, могутъ быть всѣ переведены искусственными средствами въ растенія въ глюкозу, что также происходитъ и внутри клѣточекъ; микрохимическое изслѣдованіе образованія тканей указываетъ на то, что изъ глюкозы можетъ образоваться крахмалъ, тростниковый сахаръ, инулинъ и даже клѣтковина, и если этого нельзя воспроизвести искусственнымъ способомъ, то это свидѣтельствуетъ только о несостоятельности нашихъ пріемовъ, но нисколько не доказываетъ невозможности подобныхъ метаморфозъ. Миѣніе, опирающееся на микроскопическихъ изслѣдованіяхъ, что жиры въ растеніяхъ находятся въ такомъ же близкомъ генетическомъ соотношеніи къ углеводамъ и посредствомъ ихъ къ клѣтковинѣ, можетъ казаться менѣе основательнымъ, но прорастаніе масляныхъ сѣмянъ заставляетъ допустить, что изъ жировъ могутъ образоваться ²⁾ глюкоза и крахмалъ, которые въ свою очередь потребляются на образованіе клѣтковины; точно также должно допустить обратное, что, при созрѣваніи маслянистыхъ сѣмянъ и плодовъ изъ крахмала и глюкозы, наконецъ, происходятъ жирныя масла. Жирное масло въ экономіи растенія имѣетъ то же значеніе какъ инулинъ и тростниковый сахаръ; оно представляетъ собою главнымъ образомъ запасное вещество, продуктъ ассимиляціи, и съ наступленіемъ движенія веществъ и во время этого дви-

жизни, преобразовывающейся въ ткани корни въ тростниковый сахаръ; въ паренхимѣ развивающейся почки заключается напротивъ крахмалъ. Если въ слѣдующую весну тростниковый сахаръ пойдетъ на образованіе новыхъ листьевъ, то въ нихъ образуются глюкоза и крахмалъ, очевидно на счетъ тростниковаго сахара, и исчезаютъ съ образованіемъ молодыхъ листьевъ. — По *Vuignet* (*Journal de Chim. et de Pharm.* Bd. 39, 81) въ сочныхъ плодахъ вначалѣ содержится крахмалъ, изъ котораго образуется тростниковый сахаръ, переходящій при вызрѣваніи въ глюкозу. Онъ полагаетъ, что при этомъ въ живыхъ клѣточкахъ принимаетъ участіе азотистый ферментъ.

¹⁾ О химическихъ и физическихъ свойствахъ инулина, о которомъ до сихъ поръ были распространены многія ложныя понятія см. *J. Sachs*: «Ueber die Sphärokrystalle des Inulins und dessen mikroskopische Nachweisung in den Zellen» въ *Bot. Zeitg.* 1864, стр. 77 ff.

²⁾ Происхожденіе жировъ изъ крахмала было приято впервые Модемъ (*Die vegetabilische Zelle*, p. 250). Я первый наблюдалъ образованіе крахмала при прорастаніи сѣмянъ, содержащихъ жиръ безъ крахмала (*Bot. Zeitg.* 1859, стр. 177). Я первый обратилъ вниманіе на образованіе крахмала во время развитія отпрысковъ свекловицы, содержащей въ состояніи покоя тростниковый сахаръ, и въ клубняхъ, содержащихъ инулинъ (*Jahrbücher f. wiss. Bot.* 111, стр. 219 и 220).

жениа, жиръ замѣняется глюкозою, которая съ своей стороны преобразовывается временно въ крахмалъ. Не безъ основанія и то предположеніе, что крахмалъ безъ посредства глюкозы можетъ превращаться въ жирное масло, а съ другой стороны разложеніе (деградация) клѣточныхъ оболочекъ, изложенное въ одномъ изъ слѣдующихъ параграфовъ, указываетъ на то, что, вѣроятно, даже клѣтковина можетъ превращаться въ жирное масло или подобныя ему соединенія. Изслѣдованіе песторіи развитія необходимо приводитъ ко всѣмъ этимъ предположеніямъ, которыя сдѣлались бы, можетъ быть, болѣе очевидными, если бы мы обладали для углеводовъ такими же рациональными формулами и если бы они были столь же основательно изучены, какъ жиры. Указаніе на происхожденіе жировъ изъ углеводовъ при помощи броженія, не объясняетъ дѣла, но есть тотъ же самый, требующій объясненія фактъ ¹⁾, потому что и тутъ принимаютъ участіе вегетативныя силы бродильнаго грибка, какъ причины броженія, а эти именно силы и требуютъ разъясненія, и образованіе масляной кислоты или глицерина изъ сахара при броженіи, представляетъ собою даже гораздо болѣе сложное явленіе, чѣмъ образованіе жировъ изъ сахара въ взрѣвающихъ сѣменахъ, потому что въ послѣднемъ случаѣ продуктъ, именно жиръ, находится въ тѣхъ же клѣточкахъ, изъ которыхъ исчезъ сахаръ или крахмалъ, между тѣмъ какъ при броженіи жиры появляются внѣ грибной клѣточки, вызывающей броженіе, какъ и первоначальный растворъ сахара. Здѣсь необходимо возникаетъ еще вопросъ, должны ли сахаристыя вещества для превращенія въ жиры прежде всего проникнуть въ грибокъ и затѣмъ уже выступаютъ снова изъ клѣточки въ окружающую жидкость, или же (что очень невѣроятно) превращеніе совершается внѣ грибка, въ окружающемъ его растворѣ. Образованіе жировъ при броженіи, слѣдовательно, не можетъ служить для разъясненія процессовъ у высшихъ растений. Столь же мало объясняется происхожденіе сахара изъ жировъ наблюденіемъ Бергто, показавшаго, что глицеринъ даетъ при помощи особаго рода броженія сахаристое вещество ²⁾. Все, что въ настоящее время теоретическая химія въ состояніи сказать о генетическомъ соотношеніи углеводовъ и жировъ, выражено, кажется, въ немногихъ и еще довольно неопредѣленныхъ словахъ Кекуле ³⁾: «Во всякомъ случаѣ всѣ до сихъ поръ изслѣдованные процессы разложенія углеводовъ указываютъ на то, что въ нихъ атомы углерода располагаются такимъ же точно образомъ, какъ и въ веществахъ, принадлежащихъ къ группѣ жировъ.»

Если, съ одной стороны, крахмалъ, сахаръ, инулинъ и жиры, содержащіеся въ растеніи, не потребляются исключительно для образованія клѣтковины, то, съ другой стороны, должно допустить, что кромѣ поименованныхъ веществъ иногда и другія соединенія могутъ служить матеріаломъ

¹⁾ Опыты Пастѣра показали, что при спиртовомъ броженіи кромѣ алкооля и угольной кислоты происходятъ также янтарная кислота, въ количествѣ 0,6—0,7^о употребленной глюкозы; глицеринъ въ количествѣ 3,2—3,6% и что кромѣ клѣтковины бродильнаго грибка образуется и жиръ (всего 1,2—1,5 проц.) см. Кекуле, *Lehrbuch der organischen Chemie*, II, 343: Далѣе тамъ же, II, 345. Бергто нашелъ, что гумми и крахм. а также и сорбинъ (маннитъ, дулицтъ, глицеринъ) при долговременномъ соприкосновеніи съ млѣкомъ и сыромъ (40° Ц.) приходить въ медленное броженіе, давая молочную кислоту и алкооль.

²⁾ Кекуле: *Lehrb. d. organ. Chemie*. II. 335.

³⁾ Кекуле тамъ же. II. стр. 330. Другаго рода соединенія углеродистыхъ водородовъ представляютъ также интересъ по своей генетической связи съ жирами, о чемъ говоритъ Кекуле, см. I. с., стр. 357.

для образованія клетковины. Въ этомъ отношеніи мы должны прежде всего упомянуть о маннитѣ, глюкозидѣ и дубильныхъ веществахъ, отношенія которыхъ къ развитію ткапей еще не опредѣлены, или опредѣлены недостаточно, химическій же составъ и происхожденіе извѣстны еще менѣе тѣмъ для углеводовъ; такъ что всѣ предположенія относительно этихъ веществъ лишены прочнаго основанія.

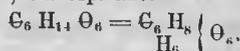
Маннитъ интересенъ для насъ прежде всего по своему частому появленію въ грибахъ и (не зеленыхъ?) водоросляхъ, въ которыхъ онъ, можетъ быть, имѣетъ то же значеніе, какъ тростниковый сахаръ или инулинъ, по, можетъ быть, появляется и въ видѣ продукта разложешя (деградаци) клетковины, что впрочемъ только предположеніе. Изъ аналитической работы Люка¹⁾ видно, что маннитъ въ оливковомъ деревѣ имѣетъ приблизительно то же физиологическое значеніе, какъ крахмалъ и глюкоза въ другихъ растеніяхъ. Маннитъ, по его словамъ, встрѣчается въ листьяхъ оливковаго дерева, пока они еще не развиты, въ незначительномъ количествѣ, но съ постепеннымъ ихъ ростомъ количество его увеличивается и затѣмъ опять уменьшается во время цвѣтенія и съ потерей листьями зеленой окраски; его совершенно нѣтъ въ желтыхъ и опавшихъ листьяхъ. Маннитъ встрѣчается также въ большомъ количествѣ въ цвѣтахъ оливковаго дерева, но въ опавшихъ послѣ оплодотворенія цвѣтахъ его совершенно нѣтъ; напротивъ, молодые плоды содержатъ его въ большомъ количествѣ. Пока плоды зелены, въ нихъ постоянно содержится маннитъ, но позже его количество уменьшается и когда плоды при созрѣваніи теряютъ зеленую окраску, онъ совершенно изъ нихъ исчезаетъ. «Это вещество, встрѣчающееся во всѣхъ частяхъ оливковаго дерева, корняхъ, корѣ, древесинѣ, въ большихъ и маленькихъ вѣтвяхъ и въ болѣе значительномъ количествѣ въ листьяхъ, цвѣтахъ и плодахъ, совершенно пропадаетъ въ зрѣлыхъ плодахъ, содержащихъ наибольшее количество масла.» Съ физиологической точки зрѣнія важно генетическое соотношеніе маннита съ одной стороны къ углеводамъ, а съ другой къ жирамъ. Онъ образуется²⁾ въ нѣкоторыхъ случаяхъ при броженіи тростниковаго сахара и другихъ родовъ сахара, въ особенности при такъ называемомъ слизистомъ броженіи, при маслянокисломъ броженіи. «Нѣкоторые роды сахара, какъ напр. тростниковый сахаръ, измѣненный дѣйствіемъ слабыхъ кислотъ, дають маннитъ при обработкѣ амальгамою натрія, непосредственно соединяясь съ атомами водорода (Линнеманъ)». Съ другой стороны, маннитъ даетъ жирныя кислоты; смѣшанный съ мѣломъ и сыромъ, чрезъ нѣсколько недѣль приходитъ въ броженіе и рядомъ съ углекислотою и водородомъ образуются: уксусная кислота, масляная кислота, молочная кислота, алкоголь. Въ соприкосновеніи съ тьяною шулягъ, онъ приходитъ въ броженіе, причемъ образуется незначительное количество сахара, способнаго къ броженію (Kekulé, l. c. O. II, 229). При сплавленіи съ гидратомъ ѣдкаго кали, онъ даетъ соли муравьиной, уксусной и пропионовой кислотъ; перегнанный съ известью онъ дасть вѣроятно ацетонъ и метациетонъ³⁾.

Глюкозиды, по отношенію къ развитію ткапей, еще не изслѣдованы (микрoхимически), а потому и нѣтъ исходной точки для опредѣленія степени ихъ участія въ построеніи органовъ. Очень возможно, что и въ растеніи изъ нихъ образуется сахаръ (глюкоза), легко получаемый искусственно ихъ обработкою, но происходитъ ли это въ дѣйствительности, не извѣстно. Но если глюкозиды дають глюкозу, то должно принять, что они, подобно другимъ углеводамъ, также могутъ быть употреблены для образованія клетковины; однако, было бы неосновательно приписывать глюкозиды за источникъ для образованія всѣхъ углеводовъ, какъ это допускаетъ Рохледер⁴⁾ и опровергается уже тѣмъ, что въ хлорофиллѣ листьевъ образуются столь значительныя количества крахмала, который, по всему вѣроятію, находится въ непосредственной связи съ процессомъ ассимиляціи; если же принять взглядъ Рохледера, то слѣдовало бы въ органахъ ассимиляціи, содержащихъ хлорофиллъ, встрѣтить большое количество глюкозидовъ, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности они, какъ кажется, встрѣчаются по преимуществу въ складахъ запасныхъ веществъ или въ частяхъ, питающихся на счетъ послѣднихъ; такъ напр. встрѣчаются салицины и популинъ—

1) Recherches sur la formation de la matière grasse dans les olives par S. de Luca, вѣ Comptes rendus, 1862, стр. 506 (Septbr).

2) Кекуле: Lehrb. d. organ. Chemie, II, стр. 228—229.

3) Формула маннита по Кекуле, см. стр. 227:



4) Rochleder, Phytochemie. 1854, стр. 328.

въ корѣ швъ и тополя, флоридзинъ въ корѣ корней видовъ грушъ, амигдалинъ даже въ сѣменахъ, коповольулинь (родеоретинъ) въ корняхъ *Convolvulus Schiedeanus*, соланинъ, принадлежатій, какъ показалъ Цвенгеръ, тоже къ глюкозидамъ, развивается въ ягодахъ и росткахъ картофеля, слѣдовательно въ тканяхъ, которыя нельзя разсматривать за органы первоначальнаго образованія углеводовъ. То же самое должно сказать и о дубильномъ веществѣ чернильныхъ орѣшковъ, по крайней мѣрѣ на сколько его количество значительно увеличивается при прорастаніи и скопляется въ особенномъ изобиліи въ чернильныхъ орѣшкахъ; точно также руберитриновая кислота встрѣчается въ корневищахъ *Rubia tinctorum*, слѣдовательно въ частяхъ, содержащихъ запасныя вещества. Вещества, отлагающіяся въ складахъ запасныхъ веществъ, или образующіяся на счетъ запасныхъ веществъ при прорастаніи и вообще при образованіи органовъ, нельзя причислить къ ряду веществъ, подвергающихся восходящей метаморфозѣ: они по крайней мѣрѣ не могутъ имѣть столь обширнаго значенія, какое, повидимому, имъ приписываютъ. Если бы всѣ углеводы обязаны были своимъ происхожденіемъ глюкозидамъ, если бы углеводы не могли образоваться безъ предварительнаго образованія глюкозида, распределение веществъ въ растеніи должно было бы быть другое; въ такомъ случаѣ должно было бы ожидать, что глюкозиды будутъ постоянно встрѣчаться въ зеленыхъ листьяхъ, въ органахъ ассимиляціи, что ихъ количество уменьшается въ складахъ запасныхъ веществъ, что они, наконецъ, вовсе не встрѣчаются при прорастаніи или подобныхъ процессахъ питанія. Если крахмалъ отлагается въ клубняхъ картофеля въ видѣ строительнаго матеріала для кліточной оболочки побѣга, то непонятна цѣль образованія глюкозида при прорастаніи, если задача послѣдняго состояла бы въ образованіи углеводовъ, которыхъ и безъ того въ изобиліи; глюкозидъ, напротивъ, вѣроятно самъ образуется въ этомъ случаѣ насчетъ части запасныхъ углеводовъ ¹⁾.

Различнаго рода дубильныя вещества, впрочемъ еще мало извѣстныя, имѣютъ, можетъ быть, смотря по свойствамъ, весьма различныя отношенія къ образованію ткани. Обширное ихъ распространеніе въ растительномъ царствѣ и значительное количество, въ которомъ они появляются во многихъ частяхъ растеній, указываютъ на важное физиологическое ихъ значеніе, которое притомъ можетъ быть весьма различно. Если обратить вниманіе на то, что, какъ я показалъ ²⁾ при прорастаніи сѣмянъ, не содержащихъ дубильнаго вещества въ эндоспермѣ или зародышѣ, какъ напр. *Phaseolus*, *Pisum* (можетъ быть всѣ бобовыя), *Helianthus annuus*, *Prunus*, *Amygdalus*, *Pinus*, *Phoenix* и т. д., уже при первомъ пробужденіи жизнеспособности, дубильное вещество образуется въ болѣе или менѣе большомъ количествѣ, притомъ въ частяхъ, развитіе которыхъ только что начинается, что эти дубильныя вещества остаются въ соотвѣствующихъ кліточкахъ до конца прорастанія и также позже, между тѣмъ какъ углеводы исчезаютъ, что подобное же отношеніе этихъ веществъ замѣчается и при распусканіи почекъ, то невѣроятно, чтобы они принимали то же участіе въ образованіи тканей, какое принимаютъ сахаристыя вещества, крахмалъ, инулинь и жиры.

Особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда они появляются только въ отдѣльныхъ паренхимныхъ кліточкахъ (*Ricinus*), или въ особыхъ рядахъ кліточекъ (*Phaseolus*), ихъ отношеніе къ развитію растенія повидимому совершенно такое же, какъ и эфирныхъ маселъ и смоль. Дѣйствительно, у зародыша *Pinus Pineae* кліточки коры, содержащая впослѣдствіи смолу, вначалѣ наполнены дубильнымъ веществомъ. Дубильныя вещества составляютъ, кажется, подобно этимъ соединеніямъ, богатымъ углеродомъ, простые побочные продукты, или продукты разложенія (деградации), и, образовавшись, не принимаютъ участія въ обиліи веществъ и въ образованіи тканей, но остаются въ опредѣленныхъ кліточкахъ въ видѣ выдѣленія. При прорастаніи нѣкоторыхъ сѣмянъ, какъ напр. злаковъ и *Allium Cera*, дубильное вещество или вовсе не образуется, или же образуется въ столь незначительномъ количествѣ, что не можетъ быть узнаваемо при мя-

¹⁾ Многія важныя замѣчанія и факты относящіеся до глюкозидовъ помѣщены въ сочиненіяхъ Рохледера: *Phytochemie*, 1854, стр. 327, и *Chemie u. Physiol. d. Pflanzen*. 1858, стр. 111 ff.

²⁾ Въ слѣдующихъ сочиненіяхъ Сакса встрѣчается болѣе подробно изложеніе происхожденія и распределенія дубильнаго вещества при прорастаніи сѣмянъ: Ueber das Auftreten der Stärke bei der Keimung ölhaltiger Samen (*Bot. Zeitg.* 1859, стр. 177 ff); über einige neue mikroskopisch chemische Reactionsmethoden (*Sitzungsber. der kais. Akad. der Wiss. Wien*, 1859-Bd. 36); Keimung der Schminkbohne (тамъ же Bd. 37, 1859); Zur Keimungsgeschichte der Dattel (*Bot. Zeitg.*, 1862, стр. 241 ff).

микроскопическомъ изслѣдованіи. Въ другихъ случаяхъ, напр. у жодуди и каштана, въ непроростемъ зародившій уже содержится огромное количество дубильнаго вещества, которое при проростаніи кажется еще увеличивается, но не уменьшается; послѣднее должно бы было происходить въ томъ случаѣ, если бы, подобно углеводамъ, служило строительнымъ матеріаломъ при образованіи тканей. Я придаю значеніе этому факту потому, что Вигандъ ¹⁾ высказалъ мнѣніе, будто дубильное вещество составляетъ существенный факторъ въ химическихъ процессахъ растительной жизни, и что его слѣдуетъ разсматривать съ физиологической точки зрѣнія за членъ въ ряду углеводовъ. Наблюденія, на которыхъ Вигандъ основываетъ это воззрѣніе, изложены имъ въ общихъ чертахъ безъ точнаго описанія частныхъ примѣровъ; частію эти наблюденія неблагоприятны его ученью, частію не имѣютъ къ нему никакого отношенія, и, наконецъ, нѣкоторыя изъ данныхъ опшибочны ¹⁾. Напротивъ того, кажется, что взглядъ Виганда, по которому дубильныя вещества падаются въ ближайшемъ отношеніи къ образованію голубаго и краснаго красящихъ веществъ, болѣе основателенъ ²⁾. Чтобы достигнуть до болѣе вѣрнаго воззрѣнія на физиологическое значеніе дубильныхъ веществъ, прежде всего необходимо болѣе точное изслѣдованіе ихъ генетическаго отношенія къ другимъ растительнымъ веществамъ, что должно предоставить химикамъ, и только послѣ этого можно надѣяться вполнѣ разъяснить появленіе, исчезновеніе и распредѣленіе ихъ въ тканяхъ. Одно безъ другаго не можетъ имѣть большаго значенія для физиологіи. Саніо ³⁾ и Трекюль ⁴⁾ опубликовали большое число наблюденій относящихся до распредѣленія дубильныхъ веществъ въ ткани многочисленныхъ растений, но не обратили достаточнаго вниманія на отношенія ихъ къ возрасту и степени развитія тканей, такъ что весь этотъ матеріалъ еще требуетъ обработки съ физиологической стороны ⁵⁾.

Итакъ, изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что неизвѣстно, принимаютъ ли глюкозиды и дубильныя вещества какое либо участіе (разумѣется, всегда только посредственное) въ образованіи клѣтчатки. Для маништа потребовалось бы для образованія углеводовъ только незначительное химическое измѣненіе, а для глюкозидовъ и дубильныхъ веществъ распаденіе молекулъ ⁶⁾. Углеволь, съ своей стороны, могъ бы войти въ составъ протоплазмы и подъ вліяніемъ послѣдней превратиться въ молекулы клѣтчатки. Я въ этомъ параграфѣ не упомянулъ о камеди и пектинѣ потому, что эти вещества, на сколько извѣстно ихъ происхожденіе, я принимаю за продукты разрушенія (деградациі) клѣточной оболочки; они, слѣдовательно, неимѣютъ ничего общаго съ образованіемъ клѣтчатки, напротивъ, находятся въ связи съ ея разрушеніемъ (см. § 99).

§ 98. Аналитическія доказательства. Положенія, высказанныя въ предыдущемъ параграфѣ, основываются на химическихъ анализахъ процесса проростанія, которые въ нижеслѣдующемъ будутъ изложены подробнѣе, чѣмъ это было возможно въ предыдущемъ. Если аналитическія изслѣдованія подобнаго рода представляютъ выгоды количественнаго опредѣленія, то, съ другой стороны, они страдаютъ тѣмъ существеннымъ недостаткомъ, что даютъ только очень неопредѣленное понятіе объ относительномъ мѣстномъ распредѣленіи всѣхъ найденныхъ веществъ и о послѣдовательности ихъ появленія. Химикъ при своихъ опредѣленіяхъ нуждается въ значительномъ количествѣ изслѣдуемаго матеріала добываніе котораго тѣмъ затруднительнѣе, чѣмъ болѣе требуется раздѣненія от-

¹⁾ Седьмое положеніе I. с.

²⁾ Loc. cit., стр. 123, ff.

³⁾ Bot. Zeitg. 1863, № 3.

⁴⁾ Comptes rendus, 1865, LX, 225.

⁵⁾ По Гартигу дубильныя вещества часто встрѣчаются въ клѣточкахъ въ формѣ зеренъ («das Gerbmehl: Bot Zeitg. 1865, № 7). Изъ описанной работы Гартига, при извѣстномъ способѣ его изложенія, ничего нельзя заключить объ отношеніи образованія ткани или другихъ веществъ изъ дубильнаго вещества.

⁶⁾ Бише (Buignet) полагаетъ, что часть глюкозы въ зрѣлыхъ плодахъ происходитъ чрезъ распаденіе дубильнаго вещества въ незрѣлыхъ плодахъ, что однакожъ требуетъ доказательства (Journal de Chim. et de Pharm. Bd. 39, стр. 81 ff).

дѣльных родовъ тканей съ опредѣленнымъ физиологическимъ характеромъ. Во многихъ случаяхъ вопросы, легко разрѣшаемые микроскопическими изслѣдованіями, для аналитика неразрѣшима по невозможности добыть необходимый для этого матеріалъ; такъ напр. рѣшительно невозможно получить для количественнаго анализа необходимое количество корневыхъ чехликовъ, вершинъ возрастанія съ самыми молодыми листочками, или даже паренхимы безъ сосудистыхъ пучковъ изъ листьевъ и молодыхъ междоузлій; нѣтъ возможности изолировать необходимое для анализа количество различныхъ клеточекъ одной и той же ткани, отличающихся другъ отъ друга по содержанию. Химикъ поэтому принужденъ изслѣдовать большіе куски, состоящіе изъ очень различныхъ тканей съ весьма различными веществами, которыя при анализѣ являются перемѣшанными, между тѣмъ какъ внутри живаго растенія они можетъ быть не имѣли никакого мѣстапаго или временнаго соотношенія, а слѣдовательно, были вѣроятно и безъ генетическаго соотношенія. Поэтому количественныя опредѣленія въ подобныхъ случаяхъ имѣютъ значеніе только для опредѣленныхъ вопросовъ и должны быть объясняемы на основаніи результатовъ, полученныхъ микрохимическими изслѣдованіями. Одного химическаго анализа достаточно только въ тѣхъ случаяхъ, когда нѣкоторые вопросы касательно обмѣна веществъ могутъ быть рѣшены статистическимъ методомъ, не обращая вниманія на различіе тканей.

Въ этомъ отношеніи достойна замѣчанія одна изъ новѣйшихъ работъ Буссенго ¹⁾, показывающая, какъ при прорастаніи во время увеличенія количества клетковины, крахмалъ исчезаетъ относительно въ гораздо большемъ количествѣ, потому что значительная часть его въ тоже время распадается вслѣдствіе процесса дыханія на углекислоту и воду и идетъ на образованіе разныхъ неопредѣленныхъ соединений. Что это происходитъ на счетъ крахмала, слѣдуетъ изъ того, что ни бѣлковыя вещества, ни незначительныя количества прочихъ неизвѣстныхъ еще соединений сѣмени не уменьшаются при прорастаніи. Опытъ Буссенго поучителенъ еще въ томъ отношеніи, что прорастающія растенія не могли припимать минеральныхъ веществъ и, развиваясь въ темнотѣ, не могли усвоить новыхъ углеродистыхъ соединений. Результаты аналитическихъ изслѣдованій даютъ, поэтому, вѣрное понятіе объ измѣненіи веществъ при образованіи органовъ.

5-го іюля, 22 маисовыхъ зерна были посажены въ пемзу, которую смачивали чистою водою; они проросли и развивались въ темнотѣ до 25-го іюля. Свѣжія зерна вѣсили 9,838 грамма, развившіяся изъ нихъ свѣжія растенія — 73,26 граммовъ, но тѣмъ не менѣе количество органическихъ веществъ уменьшилось почти на половину.

Вѣсъ въ граммахъ.

Мансѣ.	Сухаго вещества при 110°Ц.	Крахмала и декстрина (?).	Глюкозы (и сахара?)	Масла.	Клетковинны.	Азотистыхъ веществъ.	Золы	Неопредѣленнаго вещества.
Зерна	8,636	6,836	0,000	0,463	0,516	0,880	0,156	0,236
Проростокъ .	4,529	0,777	0,953	0,150	1,316	0,880	0,156	0,397
Разность . .	— 4,107	— 5,609	+ 0,953	— 0,313	+ 0,800	0,000	0,000	+ 0,161

¹⁾ Comptes rendus, 1864. Bd. 58, стр. 917.

Масса клѣтковины, какъ видно, не вполнѣ утроилась; результатъ былъ бы существенно благоприятѣе, если бы при анализѣ была опредѣляема только клѣтковина зародыша (безъ бѣлка и сѣменной оболочки), а затѣмъ только клѣтковина проростка (опять безъ бѣлка и сѣменной оболочки). Увеличеніе количества клѣтковины было бы тогда навѣрное гораздо болѣе 0,8, и показало бы тогда увеличеніе количества клѣтковины зародыша, что именно и требуется. Странно, что увеличеніе клѣтковины при прорастаніи въ темнотѣ есть для Буссенго явленіе совершенно неожиданное и онъ добавляетъ, что получилъ тотъ же результатъ (какъ и слѣдовало ожидать) и для бобовъ, такъ что, по его мнѣнію, «при такихъ обстоятельствахъ весьма вѣроятно, что на образованіе клѣтковины употребляется часть крахмала».

Д-ръ Эд. Петерсъ ¹⁾ представилъ многостороннюю аналитическую работу, въ которой обращено должное вниманіе и на физиологическую сторону вопроса о прорастаніи сѣмянъ тыквы. Онъ заставлялъ проращать сѣмена въ опилкахъ для того, чтобы можно было впоследствии легче очистить корешки и изслѣдовать ихъ затѣмъ въ трехъ стадіяхъ развитія; именно:

I) послѣ того какъ главный корень достигъ длины 2—4 сант., но еще не показались побочные корешки; подсѣмядольный членикъ былъ еще очень короткій, сѣмядоли еще въ сѣменной оболочкѣ;

II) первые 5—6 побочных корешковъ были длиною 2—3 сант., подсѣмядольный членикъ началъ удлиняться, сѣмядоли начали при основаніи зеленѣть;

III) сѣмядоли расплостертыя, очень большія и зеленныя, система корешковъ вполнѣ развилась, подсѣмядольный членикъ вытянулся и первый листъ началъ распускаться.

Последній періодъ развитія происходилъ, слѣдовательно, подъ вліяніемъ свѣта; однакожь можно принять, что только-что расправившіяся сѣмядоли не смѣли еще времени ассимилировать значительное количество веществъ, доставленныхъ извнѣ. Корешки приняли изъ опилокъ незначительное количество составныхъ частей золь.

Чтобы ясно понимать явленія, замѣчаемыя при прорастаніи маслянистыхъ сѣмянъ и разясненныхъ этими прекрасными изслѣдованіями Петерса, необходимо всецѣло привести данныя имъ числа.

¹⁾ Ed. Peters: «Keimungsgechichte des Kürbissamens, въ Die Landwirthschaftlichen Versuchsstationen. Терп. 7, стр. 1, 1861.

Таблица процентного содержания покоящагося ¹⁾ и развивающагося зародыша *Cucurbita Pepo*, по Эд. Петерсу.

Составныя части.	Покоящийся зародышъ.	I. Періодъ прорастанія.			II. Періодъ прорастанія.			III. Періодъ прорастанія.		
		Сѣмя-доли.	Полезная долевая часть.	Корешокъ.	Сѣмя-доли.	Полезная долевая часть.	Корешокъ.	Сѣмя-доли.	Полезная долевая часть.	Корешокъ.
Масло	49,51	40,48	6,36	4,83	26,40	3,93	3,10	7,20	2,68	2,83
Сахаръ	слѣды	0,84	6,64	8,86	3,42	5,84	6,96	6,40	6,84	2,74
Камедь	слѣды	0,82	2,23	2,16	1,22	2,10	3,28	2,94	2,88	2,29
Крахмалъ	0	3,10	5,60	3,80	7,00	7,62	8,21	3,28	2,92	2,12
Клѣтковина	3,02	2,79	8,77	12,05	3,50	10,13	16,42	7,80	12,40	17,92
Бѣлковыя вещества .	39,88	39,88	39,50	40,26	40,26	39,88	38,87	43,93	43,17	43,87
Зола	5,10	4,80	9,99	8,08	5,08	10,75	8,20	7,75	11,06	9,20
Неопредѣл. вещества	2,49	7,29	20,91	12,84	12,84	19,75	14,96	20,70	18,05	19,03
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Впродолженіи перваго періода прорастанія потеря составляла:

для органическихъ веществъ = 0,43 проц.

впродолженіи втораго періода = 11,20 »

» третьяго » = 21,80 »

вѣса покоящагося зародыша ²⁾. Принявъ въ основаніе эти числа, получается слѣдующая таблица:

Таблица абсолютнаго вѣса 1000 зародышей и проростковъ по Эд. Петерсу.

Составныя части.	Покоящийся зародышъ.	I. Періодъ прорастанія.			II. Періодъ прорастанія.			III. Періодъ прорастанія.		
		Сѣмя-доли.	Полезная долевая часть.	Корешокъ.	Сѣмя-доли.	Полезная долевая часть.	Корешокъ.	Сѣмя-доли.	Полезная долевая часть.	Корешокъ.
Масло	136,65	102,25	0,77	0,49	55,18	0,63	0,62	11,39	0,72	0,87
Сахаръ	слѣды	2,12	0,80	0,89	7,15	0,94	1,39	10,12	1,84	0,84
Камедь	слѣды	2,07	0,27	0,22	2,55	0,34	0,66	4,65	0,77	0,71
Крахмалъ	0	7,83	0,68	0,88	14,63	1,23	1,64	5,19	0,79	0,65
Клѣтковина	8,34	7,05	1,06	1,22	7,32	1,63	3,28	12,34	3,34	5,52
Бѣлковыя вещества .	110,07	100,73	4,80	4,07	84,14	6,42	7,77	69,50	11,61	13,51
Зола	14,08	12,12	1,20	0,82	11,20	1,73	1,64	12,25	2,98	2,83
Неопредѣл. вещества	6,86	18,43	2,52	2,01	26,83	3,18	3,00	32,76	4,85	5,87
	276,00	252,60	12,10	10,10	209,00	16,10	20,00	158,20	26,90	30,80

Я вполнѣ воспользуюсь этими числами, когда буду разсматривать перемѣненіе веществъ въ тканяхъ, здѣсь же только укажу на увеличеніе клѣтковины: въ первый періодъ корень содержитъ клѣтковины 1,22, во второй періодъ 3,28, въ третій 5,52; несмотря на это, въ ткани его количество масла, сахара, камеди

¹⁾ У сѣмянъ предъ прорастаніемъ сбрасываются оболочки, слѣдовательно анализируется только самый покоящийся зародышъ; точно также у проростковъ сѣменные шелухи не считаются.

²⁾ При продолжительномъ прорастаніи подъ вліяніемъ низшихъ температуръ, потери твердыхъ веществъ были больше, чѣмъ при быстромъ ходѣ роста.

и крахмала не уменьшается, но даже увеличивается, очевидно, вслѣдствіе того, что притокъ этихъ веществъ изъ сѣмядолей сильнѣе, чѣмъ ихъ потребление.

Содержаніе крахмала въ корнѣ сперва увеличивается отъ 0,38 до 1,64, потомъ понижается до 0,65; т. е. крахмаль, необходимый для роста, образуется во второй періодъ въ тканяхъ корня на счетъ притекающаго изъ сѣмядолей вещества быстрѣе, чѣмъ онъ потребляется, но затѣмъ потребление идетъ быстрѣе. Въ подсѣмядномъ членикѣ содержаніе клѣтчатки возрастаетъ съ 1,06 до 1,63 п, наконецъ, до 3,34, а содержаніе крахмала увеличивается отъ 0,68 до 1,23, но затѣмъ уменьшается до 0,79, т. е. во второмъ періодѣ, когда ростъ клѣточныхъ стѣнокъ еще медленный, клѣточки временно наполняются крахмаломъ, потребление котораго въ это время еще незначительно, но затѣмъ начинается быстрый ростъ клѣточныхъ стѣнокъ и содержаніе крахмала уменьшается вслѣдствіе перевѣса потребления крахмала надъ его образованіемъ. Сахаръ во всѣ три періода постоянно увеличивается въ количествѣ; онъ образуется на счетъ масла сѣмядолей и доставляется подсѣмядольному членику быстрѣе, чѣмъ идетъ его потребление на образованіе крахмала и клѣтчатки. Содержаніе масла въ подсѣмядольномъ членикѣ остается почти неизмѣннымъ, притокъ его изъ сѣмядолей повидимому нѣсколько быстрѣе, чѣмъ потребление его на образованіе сахара, декстрина, крахмала и, наконецъ, клѣтчатки. Въ сѣмядоляхъ, растущихъ вначалѣ очень незначительно, содержаніе клѣтчатки увеличивается также только съ 7,05 до 7,32, но потомъ быстро до 12,34; содержаніе крахмала увеличивается въ продолженіи медленнаго роста вначалѣ отъ 7,83 до 14,63, потому что крахмаль въ это время потребляется медленнѣе, чѣмъ образуется, но потомъ оно уменьшается до 5,19, потому что при быстромъ ростѣ клѣточныхъ стѣнокъ его потребление идетъ быстрѣе образованія. Сахаръ же постоянно увеличивается, потому что онъ быстрѣе образуется, чѣмъ потребляется, на образованіе крахмала и клѣтчатки; масло сѣмядолей уменьшается съ 102,25 до 55,18 и, наконецъ, до 11,39, потому что оно постоянно потребляется, притока же или образованія его вновь въ этомъ случаѣ не бываетъ. Наиболѣе ясное понятіе объ обмѣнѣ веществъ проростковъ, безъ указанія на отдѣльныя части растеньица представляетъ слѣдующая таблица:

1000 проростковъ *Cucurbita Pepo* по Эд. Петерсу.

Составныя части.	Покоившіяся зародышъ.	Періоды.		
		I. Періодъ.	II. Періодъ.	III. Періодъ.
Масло	106,65	103,51	56,43	12,98
Сахаръ	слѣды	3,81	9,48	12,80
Камедь	слѣды	2,56	3,55	6,13
Крахмаль	0	8,89	17,50	6,63
Клѣтчатка	8,34	9,33	12,23	21,20
Вѣлковыя вещества .	110,07	109,60	93,33	94,62
Зола	14,08	14,14	14,57	18,06
Неопредѣл. вещества	6,86	22,96	33,01	43,48
	276,00	274,80	245,10	215,90

Въ оба первые періода содержаніе крахмала увеличивается съ 0 до 8,89 и 17,50, уменьшаясь затѣмъ до 6,63, между тѣмъ какъ клѣтчатка увеличивается вначалѣ только съ 8,34 до 9,33 и 12,23, потомъ же до 21,2; общее содержаніе

сахара постоянно увеличивается, потому что его образованіе постоянно идетъ быстрѣе потребленія; масло, на счетъ котораго постоянно происходитъ образованіе веществъ, естественно постепенно уменьшается.

Явленія, представляемая камедью, которую на основаніи показаній Петерса должно принять за декстринъ, не совсѣмъ понятны, если ее дѣйствительно при-нять за декстринъ; напротивъ, постоянное ея увеличеніе, какъ въ отдѣльныхъ органахъ, такъ и въ цѣломъ растеніи, дѣлается понятнымъ если принимать ее за настоящую камедь, т. е. за продуктъ разрушенія, деградаціи (клѣточныхъ оболочекъ?); вещество это постоянно должно увеличиваться, потому что разъ образовавшись остается за тѣмъ безъ дальнѣйшаго потребленія.

Значительное уменьшеніе бѣлковыхъ веществъ во время прорастанія, нельзя объяснять увеличеніемъ клѣтковины и другихъ соединений. Оно вѣроятно зави-сѣтъ отъ того, что при выниманіи проростковъ изъ земли у многочисленныхъ корешковъ неизбѣжно обрываются верхинки и корневые волоски, сросшіеся съ опилками; это подтверждается тѣмъ, что потеря тѣмъ значительнѣе, чѣмъ стар-ше корешки, т. е. чѣмъ сильнѣе ихъ срастаніе съ окружающею средою. Такое обрываніе должно обуславливать относительно большую потерю бѣлковыхъ ве-ществъ, такъ какъ корневые верхинки и волоски изобилуютъ протоплазмой.

Съ показаніями Буессенго, не замѣчавшаго у здороваго проростка уменьшенія въ содержаніи азота, согласны также изслѣдованія Удемана и Рауэнгофа¹⁾

Послѣ всего изложеннаго въ предыдущемъ параграфѣ, особенно же послѣ изслѣдованій Петерса, было бы излишне вступать въ споръ съ Гри о происхожденіи крахмала въ масляни-стыхъ сѣменахъ, о возможности образованія крахмала изъ сахара, и т. д.; то что Гри называетъ моими «гипотезами», уже достаточно доказано моими прежними работами и его возраженіе осно-вано очевидно на рѣшительномъ непониманіи нѣкоторыхъ мѣстъ въ моихъ статьяхъ. Онъ въ своей, весьма важной, работѣ, повсюду имѣетъ въ виду только непосредственно видимыя подъ микроскопомъ явленія, не задавая себѣ вопроса, откуда могъ взяться матеріалъ для образованія тѣхъ веществъ, которыя онъ видитъ. Ср. A. Gris, Recherches anat. et phys. sur la germina-tion, Paris, 1864, стр. 105—110.

§ 99. Метаморфозы клѣтковины. Рядъ химическихъ превращеній, вслѣд-ствіе которыхъ часть углеводовъ и жировъ растенія, при содѣйствіи прото-плазмы, наконецъ потребляется на образованіе клѣтковины, во многихъ случаяхъ этимъ и заканчивается. Но въ другихъ случаяхъ, смотря по требованіямъ эконо-міи растенія, метаморфозъ идетъ еще далѣе, сама клѣтковина даетъ тогда мате-ріалъ для образованія новыхъ химическихъ соединений, которыя съ своей сторо-ны или снова поступаютъ въ соки тканей и потребляются на образованіе клѣ-токъ, или придаютъ клѣточной оболочкѣ особенныя физиологическія свойства, или, наконецъ, остаются безъ дальнѣйшаго потребленія, какъ выдѣленія. Часть этихъ превращеній на столько изслѣдована, что съ положительностію можно ска-зать, что новые продукты дѣйствительно происходятъ вслѣдствіе превращенія клѣтковины; относительно же другихъ съ ними сходныхъ процессовъ превраще-нія, этого еще нельзя сказать съ положительностію, но они имѣютъ наибольшую

¹⁾ См. Gris. Rech. anat. et physiol. sur la germination, 1864, стр. 15. Оригинальной работы названныхъ изслѣдователей у меня не было. Работа Флѣри (Ann. de Chim. et de Phys. 1865. t. IV, стр. 51) объ измѣненіяхъ при прорастаніи составныхъ частей различныхъ маслянистыхъ сѣмянъ, кажется мнѣ безъ всякаго значенія по запутанному изложенію, вслѣдствіе котораго статья почти совершенно непонятна. Флѣри не обратилъ даже вниманія на образова-ніе крахмала во время прорастанія, описанное мною уже за 5 лѣтъ тому назадъ.

аналогію съ первыми и объясняются проще всего предположеніемъ, что появляющіеся продукты образуются превращеніемъ клѣтковины.

Примѣромъ процессовъ, при которыхъ продукты растворенія и химическаго превращенія клѣточной оболочки снова поступаютъ въ питательные соки и служатъ для построенія новыхъ клѣточекъ, можетъ служить прорастающій финикъ¹⁾; клѣточные стѣнки бѣлка, за исключеніемъ ихъ первичныхъ оболочекъ, при проростаніи размягчаются, растворяются и превращаются въ глюкозу, которая переходитъ въ всасывающій органъ зародыша. Въ тканяхъ зародыша глюкоза потребляется на временное образованіе крахмала, который съ своей стороны служитъ матеріаломъ для построенія клѣточныхъ оболочекъ проростка. Подобный же процессъ происходитъ, можетъ быть, при раствореніи и такъ называемомъ всасываніи оболочекъ маточныхъ клѣточекъ цвѣтени и споръ многихъ растений²⁾, но образующіеся при этомъ продукты растворенія клѣтковины не извѣстны.

Между метаморфозами клѣтковины, продукты которыхъ не поступаютъ въ составъ питательныхъ соковъ, но выделяются какъ вещества непотребляемыя растеніемъ для построенія новыхъ клѣточекъ, наиболѣе извѣстно образованіе адрагантовой камеди, изученное Модемъ³⁾. Сердцевина и сердцевинные лучи видовъ *Astragalus*, дающихъ адрагантовую камедь, сначала имѣютъ видъ обыкновенной паренхимы; ихъ клѣточные стѣнки состоятъ изъ клѣтковины; затѣмъ наступаетъ ихъ превращеніе въ адрагантовую камедь, начиная съ наружныхъ наиболѣе удаленныхъ отъ протоплазмы слоевъ клѣточной оболочки и идетъ въ центростремительномъ направленіи во внутрь клѣточки, причемъ не всѣ слои одной и той же оболочки подвергаются этимъ превращеніямъ въ равной степени. По мѣрѣ исчезновенія реакціи клѣтковины, утрачивается явственность наслоенія и вся масса принимаетъ свойства адрагантовой камеди, между которыми самое характерное есть сильная способность разбуханія въ водѣ. Вслѣдствіе такого разбуханія масса, представляющая еще болѣе или менѣе явственное клѣтчатое строеніе, выступаетъ изъ трещинъ стебля и такимъ образомъ сама собою устраняется возможность⁴⁾ дальнѣйшаго потребленія ея для питанія растенія. Подобнымъ же образомъ происходитъ по Виганду образованіе бассорина и арабина, который, по его мнѣнію, есть только дальнѣйшее превращеніе бассорина. Въ стволѣ *Rhus* каждая изъ тканей, по словамъ Виганда, можетъ на большемъ или меньшемъ протяженіи подвергнуться такому превращенію и даже мякоть плодовъ и твердый внутреплодникъ сливъ можетъ мѣстами превращаться въ бассоринъ; тутъ онъ встрѣчалъ клѣточки, стѣнки которыхъ съ одной стороны были еще въ нормальномъ состояніи, а съ другой уже превратились въ камедь. Вигандъ находилъ также въ кускахъ сенегальской камеди (*Senegalgummi*), еще клѣточки коры акаціи, оболочки которыхъ ясно обнаруживаютъ переходъ въ арабинъ, а у камеди аммоніака (*Ammoniacum*) онъ находилъ мѣста, гдѣ клѣточная стѣнка состояла на половину изъ клѣтковины, а остальная ея часть была уже превращена въ камедь.

¹⁾ Sachs: Zur Keimungsgeschichte der Dattel. Bot. Zeitg, 1862, стр. 241.

²⁾ Hofmeister: Сравн. Untersuchungen и т. д., стр. 74, 104, 128, и Neue Beiträge (Abh. der k. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. VII), 640.

³⁾ Моль: Bot. Zeitg. 1857, стр. 33.

⁴⁾ A Wigand: «Ueber die Deorganisation der Pflanzenzelle» въ Jahrbücher f. wiss. Bot. 1861, III, 117.

Слизь видовъ кактуса, сходная съ камедью, образуетъ, по Крамеру, слои утолщенія кліточной стѣнки, въ которыхъ при употребленіи алкооля еще можно узнать первоначальную слоистость и даже поры.

Эти наблюденія доказываютъ, что адрагантовая камедь, бассоринъ и арабинъ, суть продукты превращенія клітковины и нѣтъ основанія принимать, что они кромѣ того происходятъ въ растеніяхъ еще и другимъ образомъ; точно также ни одно изъ наблюденій не говоритъ въ пользу того, что какой либо изъ этихъ родовъ камеди когда либо снова всасывался тканью для дальнѣйшаго потребленія организмомъ; это суть выдѣленія, которыя не слѣдуетъ разматривать какъ пластическія вещества, какъ это дѣлали прежде а иногда и теперь.

Превращеніе клітковины, сходное съ образованіемъ адрагантовой камеди, встрѣчается въ кліточкахъ эпидермиса многихъ сѣмянъ, околоплодниковъ губоцвѣтныхъ, въ волоскахъ на сѣмянкахъ сложцоцвѣтныхъ и т. д.¹⁾ Обыкновенно чрезвычайно сильно утолщенныя кліточные стѣнки, выполняющія почти всю полость клітки, еще явственно обнаруживаютъ нормальное строеніе стѣнокъ, но представляютъ химическое превращеніе, обнаруживающееся въ томъ, что всасываютъ большое количество воды, разбухая при этомъ необыкновенно сильно, такъ что разрываютъ наружные (кутикулярные) неразбухающіе слои и выступаютъ въ видѣ прозрачной слизи, расплывающейся въ водѣ, но нерастворяющейся въ ней. Эти слизистыя стѣнки, свойственныя особенно сѣменамъ льна, клевера и айвы, окрашивались, по Гофмейстеру, растворомъ іода въ голубой цвѣтъ, а иногда (какъ у *Salvia Horminum*, *Teesdalia nudicaulis*) иногда уже отъ воднаго раствора іода и всегда отъ іода съ сѣрной кислотой. Подобнымъ образомъ кліточные оболочки у *Palmellaceae*, *Chroococcaceae*, *Nostochineae* и т. д., пріобрѣтаютъ мало по малу возрастающую способность разбуханія, которая очевидно должна быть слѣдствіемъ какого либо химическаго измѣненія клітковины; онѣ наконецъ преобразовываются въ очень неплотную слизь и, наконецъ, расплываются.

Наружные слои кліточныхъ стѣнокъ, при образованіи такъ называемаго межклетнаго вещества, претерпѣваютъ химическое измѣненіе, еще не опредѣленное точно. Гуго Моль указалъ уже на то, что у *Fucoideae* и въ бѣлкѣ бобовыхъ, это межклетное вещество образуется подобнымъ же путемъ, какъ адрагантовая камедь и нѣтъ причины полагать, что межклетное вещество древесной ткани, явственно состоящее изъ паружныхъ соприкасающихся слоевъ сосѣднихъ кліточекъ, образуется не путемъ превращенія кліточного вещества²⁾.

Висцинь ягодъ омелы образуется, по Виганду³⁾, превращеніемъ кліточныхъ оболочекъ; такимъ же образомъ происходитъ и вещество, связывающее массы цвѣтени у *Orchideae*, *Onagraceae* и друг. Къ химическому превращенію клітковины вѣроятнo относится и большая часть (не всѣ) тѣхъ измѣненій кліточной оболочки, которыя до настоящаго времени безъ всякаго доказательства принима-

¹⁾ Hofmeister: «Ueber die zu Gallert aufquellenden Zellen der Aussenfläche von Samen und Pericarpien» въ *Berichte d. k. Sächs. Gesellsch. d. Wiss.* 1858, 20. Februar, стр. 99 и 30. — Nägeli въ *Sitzungsber. der k. bayerischen Akad. d. Wiss.* 1864, am 9 Juli. — Cramer: «Ueber das Vorkommen und die Entstehung einiger Pflanzenschleime» въ *Pflanzenphysiol. Unters.* (3 тер. Нерел и Крамера).

²⁾ Сравни. Wigand: «Ueber Intercellularsubstanz und Cuticula» въ «*Botanische Untersuchungen*» Braunschweig. 1854.

³⁾ *Jahrb. f. wiss. Bot.* III. стр. 171.

лись за инфильтрацію, т. е. за отложеніе между частицами клѣтковины вещества, отличающагося отъ нее по химическимъ свойствамъ. Сюда относятся одеревенѣніе, отложеніе пробкового вещества, пленкового вещества (*Cuticular-substanz*) и, наконецъ, также и окрашиваніе клѣточныхъ стѣнокъ. Такъ какъ, сколько мнѣ извѣстно, въ пользу гипотезы объ инфильтраціи никогда не было приведено доказательствъ, то было бы излишне ее опровергать; я однако изложу тѣ доводы, на основаніи которыхъ дѣлается вѣроятнымъ, что эти измѣненія обусловливаются химическимъ превращеніемъ самыхъ частицъ клѣтковины, исходя изъ положенія, достаточно доказаннаго Пайэномъ (Payen) и Модемъ, что органическое вещество, составляющее основной матеріалъ для построенія каждой клѣточной оболочки, есть клѣтковина¹⁾.

Гипотеза, предполагающая инфильтрацію, принимаетъ, что частицы лигнина, пробкового вещества, жиробразнаго пленкового вещества и красящихъ веществъ, вставляются между частицами клѣтковины, откуда ихъ можно снова выдѣлать помощію растворяющихъ средствъ, напр. мацерированіемъ по способу Шульца, причемъ чистая клѣтковина сохраняется. Я, напротивъ, думаю, что частицы лигнина, пробкового и пленкового²⁾ веществъ, также какъ и частицы красящихъ веществъ (клѣточныхъ стѣнокъ), образуются на томъ же мѣстѣ, гдѣ мы ихъ находимъ, вслѣдствіе химическаго превращенія самыхъ частицъ клѣточного вещества, оставаясь на томъ же мѣстѣ гдѣ образовались, но не переходятъ въ клѣточную стѣнку изъ клѣточного сока или протоплазмы; мое мнѣніе— что онѣ съ самаго начала входили въ составъ клѣточныхъ стѣнокъ. Исключеніе составляютъ только вещества, въ составъ которыхъ входитъ азотъ; эти вещества я считаю за инфильтрацію³⁾, также какъ и минеральныя вещества, напр. кремнекислоту, что впрочемъ разумѣется само собою.

Если бы названныя вещества, отложенныя въ клѣточной оболочкѣ, перешли въ нее изъ клѣточного сока или вообще изъ содержимаго, то ихъ должно бы было находить⁴⁾ въ какой либо формѣ въ содержимомъ, если не предположить, что онѣ помѣръ своего образованія въ клѣточномъ сокѣ, тотчасъ же переходятъ въ клѣточную оболочку, или если не прибѣгнуть къ той гипотезѣ, что какія-либо изъ извѣстныхъ веществъ перейдя изъ содержимаго въ оболочку, внутри послѣдней уже превращаются въ лигнинъ, пробковое вещество и т. д., такъ какъ вещества эти никогда не были находимы въ содержимомъ клѣточки, но всегда только въ самыхъ оболочкахъ. На это можно возразить, что сама клѣтковина выдѣляется на поверхности содержимаго, но никогда не замѣчается въ немъ какъ составное вещество. Но такое возраженіе опровергается тѣмъ, что 1) для образованія клѣтковины немислимо другое происхожденіе, тогда какъ для такъ называемыхъ инфильтрированныхъ веществъ это возможно и 2) доказано, что крахмаль-

¹⁾ Payen: *Ann. des sc. nat.* 1840, t. XIV, стр. 99. *ibid.* 1841, t. XVI, стр. 321. Н. v. Mohl: *Bot. Zeit.* 1847. Nr. 29, 30, 31; и *vegetabil. Zelle*, стр. 189. 193. Новѣйшія показанія Фреми были достаточно опровергнуты Кабшемъ: *Kabsch: Jahrbüch. für wiss. Botanik.* III, стр. 357. ff.

²⁾ О лигнинѣ и веществѣ пленки см. Franz Schulze: *Lehrbuch der Chemie f. Landwirthe*, Leipzig, II, 2 Abth. 26. ff.

³⁾ Хлоринъ и цинхонинъ отлагаются въ веществѣ клѣточныхъ стѣнокъ, особенно луба; Wiggand: *Bot. Zeitg.* 1862, стр. 142.

⁴⁾ Аналогичное явленіе представляетъ кремнекислота; она точно также располагается обыкновенно въ клѣточной оболочкѣ, однако часто встрѣчается также и въ содержимомъ.

ния зерна и другіе углеводы дѣйствительно составляютъ матеріалъ, изъ котораго образуется клетковина, тогда какъ невозможно указать вещества, которыя, входя въ составъ содержимаго клеточки, могли бы образовать лигнинъ, пробковое и плѣнковое вещества.

Другой доводъ въ пользу моего взгляда состоитъ въ томъ, что слои клеточной оболочки тѣмъ болѣе деревенеютъ или тѣмъ болѣе изобилуютъ пробковымъ или плѣнковымъ веществомъ, чѣмъ ближе они къ поверхности, т. е. чѣмъ далѣе находятся отъ протоплазмы, слѣдовательно чѣмъ болѣе удалены отъ обмѣна веществъ, происходящаго въ содержимомъ клеточки. Слой клеточной оболочки, непосредственно прилегающій къ протоплазмѣ, состоитъ всегда изъ самой чистой клетковины и почти вездѣ даетъ реакцію клетковины даже и въ томъ случаѣ, когда наружные слои той же оболочки такъ значительно измѣнены, что, по видимому, не содержатъ болѣе клетковины ¹⁾). Такъ называемая инфильтрація обыкновенно усиливается по мѣрѣ удаленія отъ протоплазмы и приближенія къ поверхности клеточной стѣнки. Если бы эти вещества выдѣлялись изъ содержимаго клеточки снаружѣ при посредствѣ протоплазмы и располагались бы между частицами клеточнаго вещества, то указанное ихъ распредѣленіе могло бы быть объяснено только прибѣгая къ новымъ гипотезамъ, тогда какъ если принять ихъ образованіе превращеніемъ частицъ клетковины, то такое распредѣленіе не будетъ заключать въ себѣ ничего неестественнаго, такъ какъ съ удаленіемъ слоевъ клеточной оболочки отъ протоплазмы, ихъ самостоятельность и независимость ихъ превращеній отъ протоплазмы естественно можетъ возрастать ²⁾). Аналогія въ расположеніи кремнекислоты могла бы и здѣсь служить возраженіемъ моему взгляду, такъ какъ послѣдняя встрѣчается, подобно разсмотрѣннымъ веществамъ, преимущественно въ наружныхъ слояхъ оболочки, въ которые навѣрно проникла вслѣдствіе инфильтраціи. Это возраженіе однако не имѣетъ значенія, ибо еще не рѣшено, переходитъ ли кремнекислота въ оболочку клеточки изъ клеточнаго сока, такъ какъ она могла бы двигаться изъ корня по веществу клеточныхъ оболочекъ и накопиться въ извѣстныхъ частяхъ послѣднихъ. Впрочемъ если способъ отложенія и былъ бы иной, если бы кремнекислота дѣйствительно проникала въ оболочки изъ содержимаго, то это можетъ произойти и безъ какого либо участія химическаго обмѣна веществъ, такъ какъ по крайней мѣрѣ у многихъ растений кремнекислота можетъ совершенно отсутствовать безъ ущерба для образованія органическихъ веществъ.

Фактъ, что одеревенѣніе и образованіе плѣнковаго вещества преимущественно происходитъ въ слояхъ оболочекъ болѣе отдаленныхъ отъ протоплазмы, можетъ быть сравниваемъ съ образованіемъ камеди, которое точно также начинается во

¹⁾ Настоящая плѣнка (*Cuticula*) въ смыслѣ Моля очевидно представляетъ собою, подобно такъ называемому межклеточному веществу, только наружный слой клеточной оболочки и состоитъ первоначально изъ клетковины. Гофмейстеръ доказалъ присутствіе послѣдней въ плѣнкѣ сѣмянъ льна, листьевъ *Noxa carnosa*, *Orchis Morio*, мацерирова ихъ впродолженіи нѣсколькихъ недѣль въ водѣ кали и подвергая ихъ затѣмъ дѣйствию іода и сѣрной кислоты. *Ver. d. k. Sachs Ges. d. Wiss.* 1858, стр. 21.

²⁾ На образованіе плѣнковаго и пробковаго веществъ имѣетъ, по видимому, вліяніе непосредственное дѣйствіе воздуха, а можетъ быть и свѣта; это могло бы по крайней мѣрѣ быть ближайшей причиной того общаго явленія, что поврежденныя ткани на пораненной поверхности, обращенной къ воздуху, образуютъ пробковую ткань, защищающую здоровую часть отъ вѣшнихъ вліаній.

виѣншихъ слояхъ и распространяется во внутрь. Эта аналогія говоритъ въ пользу превращенія, но не за инфильтрацію.

Со стороны теоретической химіи можно привести столько же доводовъ за и противъ моего воззрѣнія, сколько и относительно инфильтраціи, такъ какъ химическая природа названныхъ веществъ, на основаніи которой можно было бы судить о ихъ происхожденіи, еще не достаточно извѣстна. Но въ мою пользу говоритъ, можетъ быть, то, что какъ лигнитъ, такъ пробковое и пленковое вещества по содержанію кислорода бѣднѣе клѣтковины, а потому происхожденіе ихъ можно приписать особому роду разложенія ¹⁾ клѣточного вещества, при содѣйствіи атмосфернаго кислорода, причемъ, образуются углекислота и вода, и получается соединеніе болѣе богатое углеродомъ. Весьма возможно, что азотистыя (настояція) инфильтрованные вещества при этомъ до нѣкоторой степени имѣютъ значеніе фермента. Особенно лигнитъ можно бы разсматривать какъ начинающееся образованіе перегноя внутри клѣточной оболочки.

Образованіе воска и другихъ жиробразныхъ соединеній вслѣдствіе превращенія клѣтковины хотя принимается Карстеномъ (Karsten) ²⁾ и Вигандомъ, но не доказывается ими, такъ какъ они не прослѣдили шагъ за шагомъ самаго процесса преобразованія, но вывели свои заключенія изъ распредѣленія названныхъ веществъ. По Карстену, перепонка, облекающая стебель *Ceroxylon* и *Klopslockia*, состоитъ изъ смѣси воска и смолы и образуется, подобно воску, облекающему плоды *Murica*, чрезъ непосредственное измѣненіе плѣнковыхъ слоевъ кожицы, происходящихъ съ своей стороны, согласно нашему предположенію, изъ клѣтковины; при этомъ плѣнка (*Cuticula*) сперва обладаетъ свойствами пробкового вещества, но потомъ дѣлается растворимою въ алкоолѣ и плавится отъ теплоты. Однако, кажется, Карстенъ не обратилъ должнаго вниманія на то, достаточно ли одной массы плѣнки для того, чтобы доставить матеріалъ для весьма значительнаго количества образующагося тутъ воска. Непроницаемость клѣточныхъ оболочекъ для воска, приводимая въ доказательство противъ его прониканія изъ содержимаго, не имѣетъ значенія, такъ какъ мы слишкомъ мало знакомы съ законами диффузіи, особенно оболочекъ, содержащихъ плѣнковое вещество. Еще менѣе доказательными кажутся мнѣ доводы Виганда, на которыхъ онъ основываетъ свое мнѣніе. Несмотря однако на недостаточность этихъ доказательствъ, возможность преобразованія клѣтковины

¹⁾ Лигнину соотвѣтствуетъ, по Шульцу, эмпирическая формула $C_{34} H_{24} O_{20}$, дубовому перегною по Вилю — $C_{34} H_{18} O_{18}$ (F. Schulze: Lehrb. der Chem. f. Landw. II. 234 и 2 Abth. 28). Пленковое вещество представляетъ, по Фреми, жиробразное соединеніе. Кожица листьевъ *Iris*, лепестковъ *Samellia*, яблоковъ, очищенная соляной кислотой, амміачною мѣлкой, кали, алкоолемъ, эфиромъ, и водою, оставляетъ перепонку, соотвѣтствующую плѣнкѣ (*Cuticula*), составъ которой онъ выражаетъ формулою:

$$C = 73,66,$$

$$H = 11,37,$$

$$O = 14,97.$$

При нагреваніи вещество это даетъ жирныя кислоты, съ кипящею азотною кислотою образуется пробковая кислота; оно обмыливается при дѣйствіи кали (Ann. des sc. nat. 1859, XII, стр. 334). Уже Пазанъ (Ann. des sc. nat. 1856, V.) нашелъ въ кожицѣ (*Cuticula*?) *Cactus peruvianus* 9,09% жира (кромѣ того 13% азотистыхъ веществъ, 2,66 кремнекислоты, 6,67 солей, и 68,58 клѣтковины).

²⁾ Karsten: Bot. Zeitg. 1857, стр. 313 и Wigand: loc. cit. 170, также Bot. Zeitg. 1850, стр. 426.

въ поименованныя вещества должна быть допущена. Во всякомъ случаѣ нѣтъ основанія предполагать, что воскъ, находящійся на поверхности названныхъ растений, также какъ и воскообразный налѣтъ многихъ растений, выдѣлились изнутри.

Карстенъ и Вигандъ ¹⁾ принимаютъ также превращеніе кліточной оболочки въ смолу. По Виганду, кліточные оболочки самыхъ разнообразныхъ тканей могутъ превращаться въ смолу, что, по крайней мѣрѣ для *Abies pectinata*, опровергается Диппелемъ ²⁾; но такъ какъ послѣдній самъ (однако безъ достаточнаго основанія) принимаетъ, что крахмальные зерна доставляютъ матеріалъ для образованія смолы и что кліточные оболочки принимаютъ но крайней мѣрѣ вторичное участіе въ образованіи смолы, то возраженія его утрачиваютъ то значеніе, которое имѣютъ съ перваго взгляда. Дѣйствительно, если принять превращеніе крахмала въ смолу ³⁾, то смѣло можно допустить это и для клітковины, пока нѣтъ убѣдительныхъ доказательствъ въ противномъ. Впрочемъ, наблюденія Виганда надъ исчезающимъ кліточнымъ оболочекъ при образованіи смолы, не опровергаются еще изслѣдованіями Диппеля надъ *Abies pectinata* ⁴⁾, такъ какъ Вигандъ производилъ свои наблюденія надъ другими растениями.

Мы заключимъ рядъ этихъ мало изслѣдованныхъ процессовъ разсмотрѣнемъ пектиновыхъ веществъ ⁵⁾. Пектозъ, изъ котораго образуются остальные пектиновые вещества, входитъ въ составъ кліточныхъ оболочекъ, хотя это и не вполне доказано, но можетъ быть принято за весьма вѣроятное. Физическія свойства пектина, ближайшаго производнаго (гипотетическаго) пектоза, а также и его химическая формула, не противорѣчаютъ предположенію объ образованіи ихъ изъ клітковины. Въ пользу происхожденія ихъ изъ клітковины, кажется, говорятъ еще прежнія показанія Фреми, что при созрѣваніи плодовъ, во время образованія пектина, содержаніе клітковины уменьшается у зимнихъ грушъ, напр., отъ 17,7% до 3,4% ⁶⁾. По Мульдеру ⁷⁾, пектозъ, тѣсно соединенный съ клітковиной, образуетъ кліточную стѣнку кожицы колленхиматическихъ и паренхиматическихъ кліточекъ *Opuntia brasiliensis*, наружную стѣнку млечныхъ сосудовъ *Euphorbia Caput Medusæ*, колленхимы *Sambucus nigra* и т. д. По Фреми, пектозъ, въ корняхъ дающихъ пектинъ, образуетъ внутренніе слои кліточной стѣнки, между тѣмъ какъ Кабий ⁸⁾ принимаетъ, что у *Daucus Carota* наружные слои кліточныхъ оболочекъ вѣроятно состоятъ изъ пектоза, и что вещество это образуется чрезъ превращеніе первичныхъ слоевъ кліточныхъ стѣнокъ. Наконецъ, Августъ Фогль (*August Vogl*) ⁹⁾ положительно утверждаетъ, что «межклеточное вещество корней

¹⁾ См. прежде названныя мѣста. Объ образованіи смолы см. Н. v. Mohl: Bot. Zeitg., 1859, Nr 39—40.

²⁾ Dippel: Bot. Zeitg. 1863, стр. 256 ff.

³⁾ Это превращеніе впрочемъ наврядъ ли происходитъ столь просто, какъ представлено Диппелемъ; во всякомъ случаѣ подобными вычисленіями, въ которыхъ безъ подтвержденій со стороны теоретической химіи изъ (нераціональной) формулы крахмала получаютъ скипидаръ, воду и кислородъ, ничего не доказывается.

⁴⁾ Wigand: Jahrb. f. wiss. Bot. III, стр. 164.

⁵⁾ Срав. Franz Schulze: Lehrb. d. Chem. f. Landw. II, 191. Пектинъ состоитъ, по Фреми, изъ $C_{64}H_{118}O_{64}$ (или $C_4H_3O_4$).

⁶⁾ Frémy: Comptes rendus XLVIII, стр. 203.

⁷⁾ Mulder: Versuch einer allgem. physiol. Chem. 1844, стр. 498 и 514.

⁸⁾ Kabsch: Jahrb. f. wiss. Bot. III, стр. 368.

⁹⁾ Sitzungsber. p. kais. Akad. der Wiss. 1863, Bd. XLVIII, стр. 689.

Tagetes officinale и *Podospermum Jacquinianum* образуется чрезъ постепенное, отъ наружи кнутри распространяющееся, превращеніе клѣточныхъ оболочекъ; продуктъ этого превращенія есть пектозъ». Далѣе, что «млечные сосуды обоихъ растений происходятъ слияніемъ рядовъ проводящихъ клѣточекъ (камбиформа, рѣшетчатыхъ клѣточекъ), обуславливающимся превращеніемъ оболочекъ этихъ клѣточекъ въ пектозъ». Однако, въ статьѣ его я не нахожу доказательствъ въ пользу этого положенія; приведенныя имъ реакціи не доказываютъ того, что въ названныхъ мѣстахъ находится пектозъ, хотя и указываютъ на то, что клѣтковина подверглась неизвѣстному еще измѣненію. Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что для достиженія положительнаго рѣшенія вопроса относительно подобныхъ превращеній клѣточныхъ стѣнокъ необходимы новыя изслѣдованія и усовершенствованные микрохимическіе приемы.

XI.

ПЕРЕДВИЖЕНІЕ ВЕЩЕСТВЪ.

Одиннадцатый отдѣлъ.

Перемѣщеніе пластическихъ веществъ въ тканяхъ.

§ 100. Введеніе. Жизненные процессы, даже въ наипростейшей клѣточкѣ, немислимы безъ постояннаго передвиженія вещественныхъ частицъ, поддерживающихъ жизнь. Когда спора или цвѣтецъ пускаютъ ростокъ, то протоплазма устремляется къ разрастающемуся концу, гдѣ постоянно выдѣляетъ новыя частицы клѣткотины, между тѣмъ какъ полость споры или цвѣтени опоражнивается. Въ этомъ случаѣ ростъ есть ни что иное, какъ перемѣщеніе по опредѣленному направленію и разбѣдшеніе смѣшанныхъ частицъ. Эта простая схема приложима и къ прорастанію сѣмянъ; и здѣсь протоплазма изъ сѣмяподлей и бѣлка переходитъ въ конецъ корешка и въ стеблевую почку, гдѣ выдѣляетъ клѣточные оболочки; остальные запасныя вещества слѣдуютъ этому движенію протоплазмы.

Развившійся проростокъ, подобно развившемуся ростку споры, состоитъ изъ тѣхъ же веществъ, которыя имѣлись (въ сѣмени) и до прорастанія.

Въ обоихъ случаяхъ ростъ въ сущности представляетъ собою только передвиженіе веществъ и размѣщеніе первоначально между собою перемѣшанныхъ химически различныхъ частицъ. Подобное же происходитъ при развитіи ростковъ клубней, луковницъ и древесныхъ почекъ весною. Вещества, заключавшіяся до этого въ запасныхъ вмѣстителяхъ, выступаютъ изъ нихъ, вмѣстители опоражниваются, а новыя органы являются результатомъ новой относительной группировки запасныхъ веществъ.

Когда отдѣльная, содержащая хлорофиллъ, клѣточка водоросли ассимилируетъ подъ вліяніемъ свѣта, то въ нее вступаютъ растворенныя въ водѣ частицы углекислоты и солей. Выдѣлившіяся изъ клѣточки частицы кислорода частью растворяются въ водѣ, а частью поднимаются на ея поверхность въ видѣ пузырьковъ. Между тѣмъ въ хлорофиллѣ клѣточки образуется крахмалъ, частицы котораго скопляются внутри зеленого вещества около извѣстныхъ центровъ, образуя

зерна, сохраняющіяся въ этомъ видѣ только временно. Когда клѣточка дѣлится, то зерна растворяются въ протоплазмѣ или превращаются въ масло, или же, сохраняя свою форму, перемѣщаются на другія мѣста. Но и въ послѣднемъ случаѣ они рано или поздно растворяются и продуктъ ихъ растворенія принимается протоплазмой и отлагается на ея поверхности въ формѣ клѣтковины. Такимъ образомъ уже внутри отдѣльной клѣточки физиологическая работа распределяется между различными элементарными органами. У высшихъ таинобрачныхъ и явнобрачныхъ это распределеніе работы еще яснѣе, потому что отдѣльные и представляющіе различныя отправленія органы другъ отъ друга болѣе удалены и разграничены; принятіе воды и растворенныхъ въ ней минеральныхъ веществъ предоставлено корнямъ, передача ихъ листьямъ — стеблю и его развѣтвленіямъ, черешкамъ и листовымъ нервамъ; зеленые листья принимаютъ на солнечномъ свѣтѣ углекислоту и въ ихъ хлорофилловыхъ зернахъ образуется крахмалъ, между тѣмъ какъ излишекъ кислорода снова выдѣляется. Продукты усвоенія, образовавшіеся въ зеленыхъ листьяхъ, не потребляются послѣдними, такъ какъ готовые усвоющіе листья болѣе не растутъ; поэтому образованныя ими вещества потребляются совершенно другими частями того же растения. Продукты усвоенія доставляются листовымъ нервами и черешками стеблю, и отсюда проникаютъ въ почки и вершины корней, чтобы образовать новые органы, или же они скопляются въ опредѣленныхъ тканяхъ, для того чтобы впоследствии принять участіе въ развитіи новыхъ органовъ.

Если отвергать постоянное передвиженіе веществъ въ растеніи, то должно допустить, что вещество образовалось на мѣстѣ своего появленія изъ ничего, а потому излишекъ приводитъ дальнѣйшія доказательства въ пользу передвиженія веществъ какъ въ отдѣльной клѣточкѣ, такъ и въ многоклеточномъ растеніи. Какъ только признали, что вода и минеральныя вещества не образуются въ самомъ растеніи, но проникаютъ въ него извнѣ, должны были допустить и то, что отложившіяся въ верхнѣйшій стебля частицы пзвести и кали, какъ и выдѣляемая листьями вода, перешли въ нихъ по стеблю. Открытіе этого факта принадлежитъ къ первымъ результатамъ, добытымъ растительною физиологіею. Гораздо менѣе ясными оставались до послѣдняго времени мнѣнія относительно причинъ, обуславливающихъ опредѣленное передвиженіе усвоенныхъ веществъ, какъ въ отдѣльной клѣточкѣ, такъ и въ цѣломъ растеніи. При настоящемъ состояніи науки было бы неумѣстно выводить необходимость передвиженія усвоенныхъ веществъ изъ такихъ одиночныхъ фактовъ, какъ кольцеобразная вырѣзка коры ¹⁾ съ ея послѣдствіями, такъ какъ мы вмѣсто этого доказательства, имѣющаго значеніе только для совершенно опредѣленныхъ случаевъ и допускающаго притомъ различныя толкованія, имѣемъ другія общія доказательства, опирающіяся притомъ на основныя явленія растительной жизни. Необходимость въ передвиженіи усвоенныхъ веществъ по тканямъ, вытекаетъ естественно и рѣшительно изъ того, что углеродистыя органическія соединенія не вездѣ могли образоваться на томъ мѣстѣ, гдѣ мы ихъ находимъ, такъ какъ для ихъ образованія необходимы углекислота и вода, и выдѣленіе извѣстнаго количества кислорода. Но это отправление свойственно единственно клѣточкамъ, содержащимъ хлорофиллъ и требуетъ содѣйствія свѣта; изъ этого слѣдуетъ, что всѣ клѣточки не содержащія хлорофилла и всѣ ткани, не подлежащія дѣйствію свѣта, не могутъ сами усвоить углеродистыхъ соединеній, необходимыхъ для ихъ построения, но должны получать ихъ изъ освѣщенныхъ зеленыхъ частей, и этимъ вообще

¹⁾ Слѣдствія кольцеобразнаго вырѣзыванія коры двусѣмянодныхъ древесныхъ растеній, играющія такую важную роль въ исторіи растительной физиологіи, можетъ быть и послужили первымъ доводомъ въ пользу движенія веществъ изъ листьевъ. Теперь же, когда наука въ пользу движенія веществъ можетъ привести болѣе основательные доводы, это недостаточное доказательство должно быть оставлено въ сторонѣ. Впрочемъ, слѣдствія кольцеобразнаго надрѣза представляютъ и для насъ большой интересъ, потому что разъясняютъ нѣкоторыя другія явленія въ физиологіи растеній.

опредѣляется дѣйствительность передвиженія усвоенныхъ веществъ. Само собою разумѣется, что это приложимо и къ паразитамъ не содержащимъ хлорофилла, такъ какъ они, съ этой общей точки зрѣнія, относятся къ питающему ихъ растенію, какъ незеленые органы растенія, содержащаго хлорофилл, а также и къ не паразитнымъ растеніямъ, лишеннымъ хлорофилла, которые получаютъ свои углеродистыя соединенія изъ остатковъ другихъ растеній. Необходимость въ передвиженіи усвоенныхъ веществъ обуславливается, слѣдовательно, тѣмъ, что не всякая кѣлочка способна образовать всѣ тѣ усвоенныя вещества, которыя она временно содержитъ.

§ 101. Направленіе, по которому движутся усвоенныя пластическія вещества, различно, смотря по обстоятельствамъ. Если мы обобщимъ эти явленія, то могутъ быть три случая: а) пластическія вещества движутся отъ мѣста ихъ образованія къ мѣсту потребленія; в) отъ мѣста ихъ образованія къ мѣсту накопленія (покой); с) отъ мѣста накопленія къ мѣсту ихъ потребленія. Все сводится только на относительное положеніе мѣстъ образованія, потребленія и накопленія, и на то, будетъ ли это движеніе направлено преимущественно вверхъ, внизъ или горизонтально. У деревьевъ и растеній съ подземными складами запасныхъ веществъ (луковицы, клубни, корневища и т. д.) главная масса продуктовъ усвоенія будетъ для скопленія двигаться внизъ; весною, при потребленіи для распусканія почекъ, движеніе ихъ бываетъ направлено преимущественно вверхъ. У однолѣтнихъ растеній, напротивъ того, большая часть продуктовъ усвоенія стремится вверхъ, чтобы скопиться въ плодахъ. Въ горизонтальныхъ вѣтвяхъ деревьевъ, побѣгахъ и корневыхъ развѣтвленіяхъ, движеніе бываетъ горизонтально по направленію къ органической вершинѣ, или па оборотъ. Обыкновенно движеніе усвоенныхъ веществъ происходитъ въ одномъ и томъ же растеніи одновременно по различнымъ направленіямъ. Такъ напр. въ созрѣвающимъ картофелѣ часть этихъ веществъ направляется къ ягодамъ, наполняющимся подобно клубнямъ крахмаломъ, который для перехода въ клубень долженъ двигаться внизъ. Подобное же происходитъ въ деревьяхъ, когда они въ одно и то же время приносятъ плоды и накаплиютъ въ стеблѣ запасныя вещества. У прорастающихъ растеній, которымъ нища доставляется бѣлкомъ или толстыми сѣмядолями, остающимися въ почвѣ, движеніе веществъ совершается сперва преимущественно внизъ, соотвѣтственно росту корня, но потомъ, при распусканіи листьевъ, оно бываетъ направлено преимущественно вверхъ.

Эти положенія вытекаютъ сами собою изъ того, что усвоеніе, т. е. образованіе углеродистыхъ соединеній изъ углекислоты и воды, происходитъ только въ органахъ освѣщенныхъ и содержащихъ хлорофилл, потребленіе же продуктовъ усвоенія происходитъ только въ органахъ, въ которыхъ происходитъ образованіе кѣлочекъ (въ оконечности корней, въ почкахъ, въ камбіѣ). Причины, обуславливающія движеніе продуктовъ усвоенія, опредѣляютъ въ тоже время и направленіе этого движенія. Поэтому, прежнее воззрѣніе о «нисходящемъ сокѣ», основанное на наблюденіяхъ надъ деревьями и нѣкоторыми древесными двусѣмядольными растеніями, неудовлетворительно, на сколько оно касается направленія, и мы сейчасъ увидимъ, что не можетъ быть рѣчи о «движеніи соковъ» въ прежнемъ смыслѣ.

§ 102. Химическая природа веществъ, проводимыхъ тканями, опредѣляется изъ описанныхъ въ предъидущемъ отдѣлѣ фактовъ¹⁾. Первое мѣсто, по

¹⁾ Наблюденія, на которыхъ основано нижеизложенное, находятся въ статьяхъ моихъ о прорастаніи, о веществахъ доставляющихъ матеріалъ для образованія кѣлочныхъ оболочекъ, и о микрохимическихъ реакціяхъ; всѣ эти статьи уже были мною неоднократно цитируемы.

значенію, занимаютъ бѣлковыя вещества, представляющія собою матеріалъ, изъ котораго образуется протоплазма новыхъ органовъ, и углеводы и жиры, доставляющіе матеріалъ для образованія клѣточныхъ оболочекъ. Можетъ быть, что вмѣстѣ съ ними двѣдутся и другія соединенія, особенно минеральныя основанія и кислоты, отношеніе которыхъ къ росту впрочемъ еще неизвѣстно, такъ какъ, по видимому, фосфорная кислота представляетъ собою нераздѣльнаго спутника бѣлковыхъ веществъ, а кали находится точно также въ тѣсной связи съ образованіемъ крахмала; очевидно, что всѣ эти вещества должны представлять нѣкоторое сходство по передвиженію.

Если мы въ опоражнивающихся сѣмядоляхъ прорастающаго боба, или исчезающемъ бѣлкѣ прорастающаго злака замѣчаемъ уменьшеніе количества отложившихся бѣлковыхъ веществъ и крахмала, между тѣмъ какъ эти же вещества мало по малу наполняютъ клѣточки растущихъ корешковъ, развивающихся междоузлій и листьевъ, если мы во все время прорастанія находимъ названныя вещества въ опредѣленныхъ рядахъ клѣточекъ, находящихся въ связи съ первоначальными мѣстами ихъ отложенія, и если они изъ этихъ рядовъ исчезаютъ лишь по окончательномъ истощеніи складовъ запасныхъ веществъ, то изъ всего этого ясно слѣдуетъ, что названныя вещества, значеніе которыхъ намъ извѣстно, двѣдутся изъ сѣмядолей и бѣлка къ отдаленнѣйшимъ мѣстамъ ихъ потребленія. У прорастающихъ клубней картофеля, отложившіяся въ нихъ бѣлковыя вещества и крахмалъ, проходя по опредѣленнымъ слоямъ клѣточекъ, достигаютъ до почекъ. Мы знаемъ, что клубень при этомъ опоражнивается; что вещества, находимыя въ прорастающихъ побѣгахъ, могутъ быть заимствованы только изъ клубня и что они постоянно потребляются листовыми почками и растущими корнями. Изъ этого очевидно слѣдуетъ, что эти вещества двѣдутся по проводящимъ слоямъ клѣточекъ, соединяющихъ мѣста потребленія съ клубнемъ; они, слѣдовательно, въ этихъ слояхъ находятся не въ состояніи покоя, но двѣдутся. Очевидно, что это движеніе при изготовленіи препарата прерывается, да оно и безъ того вѣроятно столь медленно, что не можетъ быть непосредственно наблюдаемо. Мы не имѣемъ даже никакой причины сомнѣваться въ томъ, что частицы бѣлковыхъ веществъ и крахмальныхъ зернышекъ, находимыхъ въ оконечностяхъ прорастающихъ побѣговъ и корней, не суть тѣ же частицы, которыя находились прежде въ сѣмядоляхъ, бѣлкѣ и клубняхъ. Онѣ только перемѣстились, а бѣлковыя вещества и крахмалъ, замѣчаемыя на протяженіи между мѣстами первоначальнаго склада и мѣстами ихъ потребленія, находятся на пути къ послѣднимъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда сѣмядоли, блокъ или клубни, содержатъ жирное масло, объясненіе процессовъ дѣлается затруднительнѣе, такъ какъ жиры на своемъ пути превращаются въ крахмалъ и глюкозу, хотя, можетъ быть, частью и двѣдутся по клѣточкамъ въ видѣ жирнаго масла. Если мы въ оконечностяхъ прорастающихъ корней и въ увеличивающихся частяхъ почекъ подобныхъ зародышей, какъ напр. *Ricinus* или тыквы, находимъ крахмалъ и сахаръ, то вещества эти могли образоваться только изъ соединеній, отложившихся во вмѣстиплщахъ запасныхъ веществъ. Такъ какъ жиръ одновременно убываетъ изъ послѣднихъ, то проще всего объяснить это тѣмъ, что матеріалъ для этихъ веществъ доставляется жиромъ сѣмядолей и бѣлка, и что такимъ образомъ съ передвиженіемъ веществъ, служащихъ для образованія органовъ, связаны химическія ихъ превращенія.

Впрочемъ, и само жирное масло, по видимому, въ состояніи двигаться по тканямъ не измѣняясь. Къ такому заключенію приводитъ то обстоятельство, что въ корняхъ, особенно уже значительно увеличившихся въ объемъ, находится такъ много масла, что его нельзя принять за масло, первоначально въ нихъ заключавшееся, что вытекаетъ какъ изъ микрoхимическихъ изслѣдованій, такъ и изъ анализовъ, произведенныхъ Петерсомъ (см. предъидущій отдѣлъ). Числа, выставленныя тамъ во второй таблицѣ, показываютъ, что абсолютное количество жирнаго масла въ прорастающемъ корнѣ, отъ начала до конца прорастанія, постоянно увеличивается, несмотря на то, что происходитъ постоянное потребленіе этого вещества для образованія крахмала и сахара. Я указалъ на подобное же явленіе въ прорастающихъ сѣменахъ лука. Если и можно оспаривать этотъ взглядъ, то несомнѣнно по крайней мѣрѣ то, что и при такихъ прорастаніяхъ, въ которыхъ безазотистыя запасныя вещества отложены въ видѣ жирнаго масла, крахмалъ и сахаръ распределены въ тканяхъ прорастающихъ частей такимъ образомъ, что ихъ по необходимости должно принять за вещества, находящіяся въ состояніи передвиженія; образоваться же эти вещества могли только изъ жирнаго масла. Подобныя усложненія имѣютъ мѣсто и при передвиженіи безазотистыхъ веществъ въ тѣхъ случаяхъ, когда они отложены въ видѣ тростниковаго сахара, или въ видѣ инулина. У свекловицы, которая въ состояніи покоя не содержитъ и слѣда крахмала, молодые листья и паренхима стебля развивающихся побѣговъ наполняются крахмальными зернами, которыя впоследствии, при развитіи клѣточекъ, снова исчезаютъ. Крахмалъ этотъ могъ образоваться только изъ тростниковаго сахара, заключавшагося въ паренхимѣ корня свекловицы. Слѣдовательно и здѣсь передвиженіе запаснаго вещества связано съ химическимъ превращеніемъ. Такимъ же образомъ, при развитіи побѣговъ въ клубняхъ *Dahlia*, въ почкахъ образуется крахмалъ, который въ увеличивающихся частяхъ, при развитіи глюкозы, пропадаетъ, между тѣмъ какъ количество инулина клубневой ткани уменьшается и, наконецъ, окончательно исчерпывается. Частицы крахмала и сахара, встрѣчающіяся въ почкахъ вдали отъ клубней, суть тѣ же, но химически измѣненныя частицы, которыя находились прежде въ клубняхъ въ видѣ инулина. Частицы клѣточного вещества, образующаго толстѣя клѣточные стѣнки бѣлка финика, при прорастаніи разъединяются, переходятъ во всасывающій органъ проростка и здѣсь являются снова уже въ видѣ глюкозы; затѣмъ въ этой ткани образуется крахмалъ, количество котораго значительно увеличивается въ болѣе удаленныхъ частяхъ почки и наполняетъ туть всѣ паренхиматическія клѣточки; мы очевидно принуждены принять, что этотъ крахмалъ состоитъ изъ тѣхъ же, но химически измѣненныхъ частицъ, которыя находились первоначально въ бѣлкѣ въ видѣ клѣтковины.

Подобныя же явленія, какъ въ проросткахъ, замѣчаются и у растеній покрытыхъ листьями. Если, при окончаніи прорастанія, вмѣстѣлища питательныхъ веществъ иссякли, то мѣсто ихъ заступаютъ усвояющіе листья, лишь съ тою разницею, что они не только содержатъ образовательныя вещества, но и постоянно образуютъ ихъ вновь. Для проростка единственнымъ источникомъ веществъ, потребляемыхъ для образованія его органовъ, служатъ бѣлокъ, сѣмядоли, клубни и т. д., но въ растеніи съ листьями (послѣ окончаннаго прорастанія) для почки и корня единственный источникъ, изъ котораго они могутъ заимствовать образовательныя вещества, суть зеленые листья, которые

(если они только не замѣняются другими зелеными органами) представляютъ собою единственные органы, способные производить изъ углекислоты, воды и т. д. органическія соединенія. Части почекъ и оконечности корней растений вполнѣ покрытыхъ листьями, всегда содержатъ на ряду съ крахмаломъ и сахаромъ бѣлковыя вещества — соединенія, которыя положительно не образовались въ нихъ самихъ. Начиная отъ почекъ, бѣлковыя вещества можно прослѣдить по сплошному слою клѣточекъ внизъ до стебля и далѣе до листьевъ. Такимъ же образомъ ткани почекъ и оконечностей корней, содержащія крахмалъ, связаны при посредствѣ тканей, проводящихъ крахмалъ, съ несущими листья междуузліями, и при посредствѣ этихъ междуузлій сообщаются съ паренхиматическими слоями листовыхъ черешковъ и нервовъ, содержащими крахмалъ. Если принять еще во вниманіе, что клѣточки листовой мякоти постоянно образуютъ крахмалъ, то не покажется слишкомъ смѣлымъ тотъ взглядъ, что образовавшійся здѣсь крахмалъ движется по паренхиматическимъ слоямъ нервовъ, листовыхъ черешковъ и междуузлій къ мѣстамъ потребленія — почкамъ и корнямъ, также какъ и къ мѣстамъ отложенія, напр. клубнямъ и корневищамъ; при этихъ передвиженіяхъ могутъ происходить химическія превращенія. Такое предположеніе крайней мѣрѣ даетъ простое объясненіе процессовъ, замѣчаемыхъ при микрохимическихъ наблюденіяхъ. Такъ, крахмалъ, образовавшійся въ мякоти листьевъ, при переходѣ въ листовые черешки свекловицы, превращается по видимому въ глюкозу, а при вхожденіи въ паренхиму свекловицы переходитъ въ тростниковый сахаръ. Крахмалъ, образующійся въ зернахъ хлорофилла листьевъ *Dahlia* и топи-намбура, превращается, при переходѣ въ стебель, въ инулинъ, въ видѣ котораго (частію въ видѣ глюкозы) нисходитъ къ клубнямъ. У маиса продуктъ усвоенія листьями входитъ въ стебель въ видѣ крахмала, особенно при началѣ развитія; впоследствии крахмалъ по видимому часто превращается въ тростниковый и виноградный сахаръ, и, проходя по оси початка, отлагается наконецъ въ бѣлкъ созрѣвающихъ зеренъ снова въ видѣ крахмала. Масло стебля листовыхъ мховъ можно точно также разсматривать какъ вещество, развившееся изъ передшаго въ нихъ крахмала усвояющихъ листьевъ. По вышеприведеннымъ изслѣдованіямъ де-Люка, въ листьяхъ оливковаго дерева образуется маннитъ, который переходитъ въ цвѣтковыя почки, а въ созрѣвающихъ плодахъ превращается въ масло. Образуется ли здѣсь въ хлорофиллѣ листьевъ крахмалъ, мнѣ неизвѣстно: изслѣдованные мною во время зимы оранжерейные экземпляры не содержали въ листьяхъ крахмала. Тутъ мы, слѣдовательно, встрѣчаемъ то же явленіе, что и у обыкновеннаго лука, у котораго зеленныя ткани листьевъ точно также не производятъ крахмала, но у котораго зато листовая ткань изобилуетъ глюкозою, скопляющеюся наконецъ въ чешуйкахъ луковицы, чтобы при развитіи новыхъ листьевъ перейти въ нихъ.

Послѣ всего этого нѣтъ основанія принимать, что, какъ полагаетъ Т. Гартигъ, въ усвояющихъ листьяхъ образуется родъ химически неопредѣленной «первобытной слизи», представляющей собою «образовательный сокъ» или органическое вещество на его первой, еще жидкой, степени развитія. Взглядъ этотъ при современномъ состояніи органической химіи не имѣетъ никакого значенія, и совершенно излишенъ, если согласиться съ тѣмъ значеніемъ, которое я придаю веществамъ, дѣйствительно встрѣчающимся въ листьяхъ, и въ то же время принять,

что вещества эти, при переходѣ въ другія части растений, могутъ претерпѣвать различныя превращенія, которыя съ одной стороны разъясняютъ результаты микрхимическихъ изысканій, а съ другой непротиворѣчатъ извѣстнымъ фактамъ органической химіи.

Гуго Моль принималъ уже ¹⁾, что крахмалъ, образующійся въ зернахъ хлорофилла и впервыи тамъ открытый, переходитъ впослѣдствіи въ другіе органы. Онъ говоритъ: «если спросить о физиологической цѣли, достигаемой природою этимъ отложеніемъ крахмала въ листьяхъ, то можно бы отвѣтить, что это есть запасъ нищи, назначенной у однолѣтнихъ растений для развитія плода, а у многолѣтнихъ растений, теряющихъ на зиму листья, къ переходу осенью въ стебель, гдѣ онъ отлагается въ видѣ матеріала, на счетъ котораго слѣдующею весною должны развиваться почки. Если взять во вниманіе массу листьевъ на деревѣ и число заключающихся въ нихъ зеренъ хлорофилла, то ясно, что количество содержащагося въ нихъ крахмала должно быть очень значительно», и т. д. Изъ вышеизложеннаго слѣдуетъ, что я принимаю не однократное, но постоянное передвиженіе крахмала изъ листьевъ въ стебель, доказательства чему я представилъ въ §§ 90 и 91. Пайэиъ ²⁾ тоже былъ того мнѣнія, что крахмалъ не вездѣ образуется на томъ самомъ мѣстѣ, гдѣ мы его находимъ, но что онъ подвергается внутри тканей перемѣщеніямъ. Онъ говоритъ, что «крахмалъ заключается въ большомъ количествѣ въ молодыхъ плодахъ гороха и полевого боба, въ то время, когда его еще нѣтъ въ сѣменныхъ почечкахъ, по потомъ постепенно переходитъ въ послѣднія, и наконецъ почти вся масса крахмала скопляется въ сѣмядоляхъ». Точно также онъ разсматриваетъ и крахмалъ, скопившійся въ зернахъ маиса, какъ передній изъ оси колоса и покрововъ; впослѣдствіи крахмалъ переходитъ въ развивающіяся части проростка. Негели, который при своихъ замѣчательныхъ работахъ надъ крахмаломъ не могъ замѣтить, что въ одномъ и томъ же растеніи крахмалъ постепенно встрѣчается на различныхъ мѣстахъ, повидимому также принимаетъ передвиженіе крахмала въ томъ же смыслѣ ³⁾, какъ и я. Т. Гартигъ ⁴⁾ напротивъ, полагаетъ, что его первобытная органическая слизь, образующаяся въ листьяхъ, проводится лубомъ и превращается только на мѣстахъ отложенія въ крахмалъ, инулинъ и алейронъ, но такой взглядъ вполнѣ противорѣчитъ размѣщенію этихъ веществъ въ тканяхъ.

§ 103. Проводящія ткани. Во всѣхъ болѣе сложныхъ растеніяхъ, начиная отъ мховъ, встрѣчаются по крайней мѣрѣ двѣ формы тканей, назначенныя для проведенія усвоенныхъ пластическихъ веществъ. Тонкостѣбныя, вытянутыя клѣточки сосудистыхъ пучковъ (камбій, рѣшетчатая клѣточки, рѣшетчатые сосуды), представляютъ собою преимущественно органы перемѣщенія бѣлковыхъ соединений. Паренхима, какъ коры такъ и сердцевины, особенно слои непосредственно окружающіе и сопровождающіе сосудистые пучки, служитъ къ проведенію безазотистыхъ соединений, крахмала, сахара, инулина, жирныхъ маселъ и кислотъ (вѣроятно также и маннита). Если сосудистые пучки достигаютъ болѣе высокаго развитія, то къ этимъ двумъ формамъ тканей присоединяется еще третья ткань—древесина, у которой элементы, сходные съ паренхимой, служатъ вмѣстилищами запасныхъ веществъ въ періодъ покоя, а по возобновленіи развитія представляютъ свое (повидимому преимущественно безазотистое) содержаніе въ распоряженіе распускающимся почкамъ. Если въ растеніяхъ находятся млечные сосуды, то послѣдніе, на сколько показываютъ наблюденія, во всякое время содержатъ бѣлковыя соединения на ряду съ углеводами и жирами, и допускаютъ болѣе свободное движеніе этихъ веществъ отъ мѣстъ усвоенія и отложенія къ мѣстамъ ихъ потребленія.

¹⁾ Mohl: Vermischte Schriften, стр. 360.

²⁾ Payen: Sur l'amidon: Ann. des sc. nat. 1838, стр. 212.

³⁾ Nägeli: Stärkekörner, стр. 290.

⁴⁾ Botanische Zeitg. 1862, стр. 82, 83.

Въ статьѣ моей: «О проведеніи пластическихъ веществъ различными тканями» (Flora, 1863, № 3), я старался критически разобрать относящуюся до этого предмета новую литературу¹⁾. Теперь я не придаю такого значенія, какъ прежде, результатамъ, получаемымъ при кольцеобразномъ надрѣзываніи коры у двусѣмядныхъ съ плотной древесиной и полагаю, что распредѣленіе веществъ въ тканяхъ, ихъ появленіе и исчезаніе изъ опредѣленныхъ кѣлочекъ, даѣе тотъ фактъ, что вещества (за исключеніемъ тѣхъ, которыя заключены въ усвояющихъ зеленыхъ кѣлочекъ) первоначально не образуются въ томъ самомъ мѣстѣ, гдѣ мы ихъ находимъ, но проведены туда (если и въ другомъ химическомъ видѣ), изъ другихъ мѣстъ, что всего этого вполне достаточно для доказательства, что вышеназванная ткань слѣдуетъ разсматривать какъ пути, по которымъ перемѣщаются усвоенныя вещества. Предложенное мною воззрѣніе согласуется со всеми известными фактами и предполагаетъ только знаніе распредѣленія веществъ въ тканяхъ и вѣрное понятіе объ основныхъ условіяхъ усвоенія. Старые опыты надъ такъ называемымъ «возвратнымъ» или «нисходящимъ» сокомъ, ограничивались въ своихъ выводахъ только двусѣмядными растеніями съ плотной древесиной. Выводы, основанные на результатахъ такъ называемаго «кольцеобразнаго надрѣзыванія коры», были неопредѣленны, ибо при перерѣзываніи коры нарушаются отравленія самыхъ различныхъ тканей, причемъ было не извѣстно, какіе роды кѣлочекъ коры служатъ для передачи веществъ, такъ что изъ этихъ опытовъ нельзя было дѣлать заключенія относительно другихъ растеній, у которыхъ хотя и встрѣчаются тѣ же роды кѣлочекъ, но въ другихъ относительныхъ положеніяхъ, чѣмъ въ корѣ двусѣмядныхъ древесныхъ растеній. Моля²⁾ указалъ впервые на опредѣленную ткань, какъ на органъ предназначенный для проведенія усвоенныхъ веществъ; онъ принялъ, что тонкостѣнные элементы сосудистыхъ пучковъ (*vasa propria* односѣмядныхъ, рѣшетчатая кѣлочка (*Siebzellen* Гартига, *Gitterzellen* Моля) проводятъ «нисходящій питательный сокъ». Согласно съ этимъ онъ нашелъ, что эти элементы «богаты слизистыми веществами и протеиновыми соединеніями». Каспари (*Caspary*)³⁾ впервые обратилъ вниманіе на то, что у многихъ явнотрачныхъ вмѣсто *vasa propria* или рѣшетчатыхъ кѣлочекъ находятся только гладкостѣнные вытянутыя кѣлочка, (онъ перечислилъ рядъ водныхъ растеній), содержимое которыхъ состоитъ изъ «протеиновыхъ веществъ». По вытянутой формѣ онъ считаетъ эти кѣлочка особенно приспособленными къ проведенію такихъ веществъ, которыя навѣрно не образовались въ нихъ самихъ, чѣмъ подтверждаетъ гипотезу Моля, по которой эти кѣлочка принадлежатъ къ системѣ нисходящаго сока, почему онъ и называетъ ихъ «проводящими кѣлочками» (*Leitzellen*). Я придаю это названіе всемъ гомологическимъ элементамъ и употреблялъ его въ цѣломъ рядѣ работъ. Каспари, къ сожалѣнію, впоследствии придалъ это же названіе, безъ всякаго на то основанія, сосудистымъ пучкамъ⁴⁾, которымъ Негели уже ранѣе далъ названіе волокнисто-сосудныхъ пучковъ (*Fibrovasalstränge*), такъ что названіе «проводящія кѣлочка» въ смыслѣ Каспари есть излишній синонимъ для уже давно принятаго названія «сосудистый пучокъ». Я считаю полемику о словахъ бесполезною, а только замѣчу, что если еще продолжать (по Каспари) называть рѣшетчатая кѣлочка, рѣшетчатые сосуды и гомологическія тонкостѣнные кѣлочка—проводящими кѣлочками, то эта полая и пригомъ совершенно излишняя номенклатура неизбежно поведетъ къ смѣшенію понятій, для избѣжанія чего я совершенно оставляю отнынѣ употребленіе этого назва-

¹⁾ Въ статьѣ «Наблюденія и взгляды относительно нисходящаго сока» (въ *Nordlinger's Kritische Blätter*, 45 Bd., I тетр., 1862), я представилъ изложеніе фактовъ, болѣе согласное со старыми воззрѣніями и составляющее переходъ къ теперешнимъ моимъ воззрѣніямъ, причемъ я обратилъ вниманіе на литературу, относящуюся до кольцеобразнаго надрѣза коры. Въ статьѣ Ганштейна «Опыты надъ проведеніемъ сока корою» (*Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.* II, 1860) представлено, кромѣ самостоятельныхъ изслѣдованій, также хорошій сборникъ литературы.

²⁾ H. v. Mohl: *Bot. Zeitg.* 1855, стр. 897.

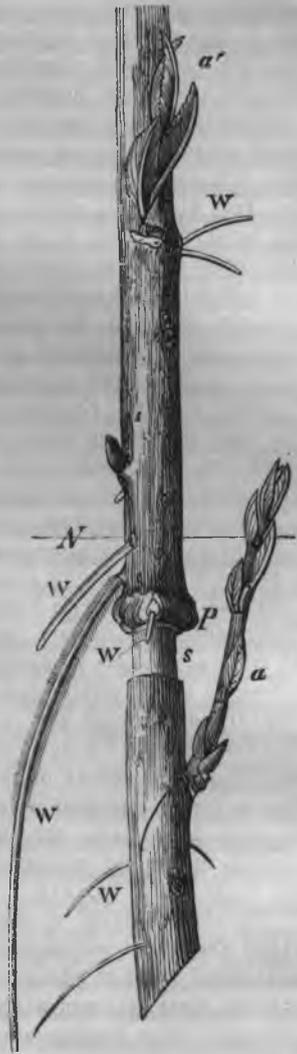
³⁾ *Caspary: Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. I, стр. 381.

⁴⁾ Каспари (*Monatsberichte der k. Akad. der wiss. zu Berlin* 10 juli, 1862) видитъ преимущество въ предложенной имъ номенклатурѣ въ томъ, что сосуды тоже вѣдо «проводятъ», именно газы. Что же проводить тогда прозенхиматическія кѣлочка луба, также принадлежащія къ «проводящему пучку», и почему не нельзя и паренхиматическія кѣлочка причислить къ «проводящему пучку» въ смыслѣ Каспари, такъ какъ и онѣ тоже проводятъ различныя вещества.

ния и вместо него буду пользоваться более точными обозначениями, каковы камбий (Негели рѣшетчатая клеточки (Gitterzellen Моь) и рѣшетчатые сосуды (Siebröhren Гартигъ)¹⁾.

Ганштейнъ первый старался путемъ опыта доказать, что названныя формы тканей служатъ для проведения «пластического сока»²⁾. Когда онъ у отрѣзанныхъ вѣтвей различныхъ двусѣмядныхъ снималъ кольцомъ кору выше перерѣза и погружалъ ихъ въ воду, то смотря по строенію междоузлій, проявлялось большое различіе въ отношеніи развитія новыхъ частей. У тѣхъ породъ, въ сердцевинѣ которыхъ нѣтъ разбросанныхъ сосудистыхъ пучковъ, или разбросанныхъ камбиальныхъ и рѣшетчатыхъ клеточекъ, или рѣшетчатыхъ сосудовъ, новыхъ корней у нижняго перерѣза или вовсе не образовалось, или же происходило только незначительное образование, соответствовавшее величинѣ нижняго изолированного куска коры, между тѣмъ какъ выше кольцеобразнаго надрѣза коры (S) замѣчалось сильное развитіе корней, какъ показываетъ фиг. 41 (гдѣ N обозначаетъ поверхность воды, въ которую погруженъ стебель)³⁾.

Изъ этого слѣдуетъ, что въ подобныхъ случаяхъ вещества, необходимыя для образованія корней, удерживались на нисходящемъ пути единственно перерывомъ коры, и что въ послѣдней слѣдуетъ искать проводящую ткань. Совершенно другой результатъ далъ опытъ съ такими вѣтвями, въ междоузліяхъ которыхъ по сердцевинѣ проходятъ сосудистые пучки, какъ у *Piper medium*, *Peperomia blanda*, *Mirabilis Jalappa*, *Anaganthus sanguineus*. Въ этихъ растенияхъ, кольцевыя вырѣзки коры не задерживали нисходящаго сока, необходимаго для образованія корней, которые развивались въ большомъ количествѣ ниже вырѣзки; напротивъ, выше вырѣзки ихъ или совершенно не было, или они развивались только въ незначительномъ количествѣ. Вещества, необходимыя для образованія корней, въ этомъ случаѣ очевидно нисходили по сосудистымъ пучкамъ сердцевины. Къ такому же результату привели также опыты съ односѣмядными: *Dracaena purpurea*, *Philodendron*, *Stenotaphrium glaucum*, *Tradescantia Selloi*. Еще болѣе опредѣленные результаты дали подобныя же опыты со стеблями *Nerium Oleander*, *Cestrum nocturnum*, *Solanum Dulcamara*, *Vinca minor* и *Hoja carnosa*. У этихъ растений въ сердцевинѣ находятся не настоящіе сосудистые пучки, но пучки камбиформа или рѣшетчатыхъ клеточекъ. Корни и здѣсь развивались ниже перерыва коры. Слѣдовательно ясно, что проведение веществъ, служащихъ для образованія корней, зависитъ отъ камбиформныхъ и рѣшетчатыхъ клеточекъ, и такъ какъ это относится до сердцевинныхъ пучковъ, то примѣнимо и къ пучкамъ коры, т. е. если въ стебляхъ безъ сердцевинныхъ пучковъ, перерывъ коры препятствуетъ притоку веществъ, то это происходитъ вслѣдствіе перерыва камбиформныхъ и рѣшетчатыхъ клеточекъ. Ганштейнъ высказался въ названной работѣ въ пользу того мнѣнія, что эти формы тканей суть единственныя, проводящія образовательныя вещества, и что паренхима не принимаетъ участія въ ихъ проведеніи. Въ упомянутой моей работѣ (*Flora*, 1863, стр. 41) я высказался противъ этого вывода, указывая на то, что если бы эти пучки клеточекъ были единственными органами пере-



ф. 41.

1) Быть можетъ возможно было бы соединить эти формы подъ общимъ названіемъ «клеточекъ содержащихъ слизи».

2) *Jahrb. fur. Wiss. Bot. II* и *Die Milch sagtgefäße* и т. д. Berlin, 1864. стр. 56, ff.

3) Возвышеніе P здѣсь происходитъ не вслѣдствіе усиленнаго развитія древесины, но обусловливается зачатками корней, которые болѣею частью скрыты еще въ корѣ.

движенія усвоенныхъ веществъ, то въ нихъ слѣдовало бы находить не только бѣлковую слизь, но и крахмалъ. На томъ же основаніи, на какомъ Моль и Ганштейнъ изъ присутствія азотистыхъ веществъ въ этихъ кѣлочкахъ, заключили о ихъ передвиженіи въ послѣднихъ, слѣдовало бы доказать присутствіе въ нихъ и другихъ веществъ, если эти кѣлочки считать единственными проводящими органами. Однако въ этихъ пучкахъ кѣлочекъ вѣсть съ бѣлковыми веществами крахмалъ встрѣчается только въ видѣ исключенія и въ весьма небольшомъ количествѣ, между тѣмъ какъ въ опредѣленныхъ паренхиматическихъ слояхъ онъ содержится въ большихъ массахъ, и если азотистую слизь камбиформныхъ пучковъ разсматриваютъ какъ находящуюся въ движеніи, то слѣдовало бы тоже самое допустить и для крахмала окружающихъ ихъ паренхиматическихъ слоевъ. Я поставилъ общимъ закономъ, что для образованія органовъ (въ послѣднемъ разсмотрѣнномъ случаѣ, слѣдовательно, для развитія корней), необходимъ во всякомъ случаѣ вещества двухъ родовъ: безазотистое соединеніе (крахмалъ, сахаръ, жиръ, инулинъ) и азотистое бѣлковое вещество. Такъ какъ пучки камбиформа въ сердцевинѣ *Regium* и *Solanum* содержатъ только вещества послѣдняго рода, то въ опытахъ Ганштейна въ проведеніи усвоенныхъ веществъ должна была одновременно принимать участіе еще другая ткань. И дѣйствительно, сердцевинная паренхима названныхъ растений, вособенности въ сосѣдствѣ пучковъ камбиформа, содержитъ большое количество крахмала. Весьма поучительные опыты Ганштейна допускаютъ поэтому слѣдующіе выводы: если по сердцевинѣ не проходитъ камбиформная и рѣшетчатая кѣлочки и рѣшетчатые сосуды, то образованіи корней ниже вырѣзки коры не происходитъ, вслѣдствіе недостатка притока бѣлковыхъ веществъ. Если же эти кѣлочки входятъ въ составъ сердцевины, то образованіе корней ниже вырѣзки есть не только слѣдствіе притока бѣловыхъ веществъ по этимъ кѣлочкамъ, но зависитъ въ то же время и отъ проведенія крахмала окружающею пучки паренхимой. Такъ какъ у двусѣмядныхъ, не имѣющихъ сердцевинныхъ пучковъ, кольцевая вырѣзка коры, доходящая до древесины, одновременно перерываетъ связь между паренхиматическими кѣлочками, содержащими крахмалъ и камбиформными и рѣшетчатыми кѣлочками, проводящими бѣловыя вещества, то съ вырѣзкою прекращается притокъ обоихъ веществъ и результаты вырѣзки не рѣшаютъ вопроса о значеніи для проведенія веществъ каждой изъ обѣихъ тканей въ отдѣльности. Слѣдовательно, существеннѣйшій результатъ опытовъ Ганштейна заключается въ опытномъ доказательствѣ того, что пучки камбиформа и подобныхъ имъ элементовъ, должны принять участіе, если потребуются доставленіе всѣхъ питательныхъ веществъ, необходимыхъ для образованія корней; паренхима содержитъ пластическія вещества одного рода, а пучки тонокѣстныхъ кѣлочекъ — другого, и оба рода веществъ взаимно дополняются, такъ что гдѣ недостаетъ одного изъ обѣихъ родовъ, тамъ и другой не можетъ оказать своего дѣйствія. Если по опытамъ Найта, кольцевая вырѣзка коры на стеблѣ картофеля не вполне приостанавливаетъ образованіе клубней ниже вырѣзки, то изъ этого не слѣдуетъ, что камбиформные пучки сердцевины одни проводятъ образовательныя вещества, но что они содержатъ одно или нѣкоторыя изъ необходимыхъ веществъ, между тѣмъ какъ другія (зѣсь, крахмалъ и глюкоза) нисходятъ по паренхиматическимъ слоямъ сердцевины.

Подобный способъ проведенія веществъ свойственъ всѣмъ односѣмяднымъ. Если въ початкѣ *Zea Mnis* одновременно скопляются большія количества крахмала и бѣловыхъ веществъ, и если въ это время въ рѣшетчатыхъ элементахъ сосудистыхъ пучковъ стебли замѣчаются только послѣднія, тогда какъ окружающіе паренхиматическіе слои наполнены крахмаломъ и сахаромъ, представляя собою непрерывные ряды кѣлочекъ проводящихъ крахмалъ отъ органовъ усвоенія, по междоузлію, до мѣстъ его отложенія въ початкѣ, то этотъ фактъ проще всего объясняется тѣмъ, что сосудистые пучки своими рѣшетчатыми кѣлочками проводятъ въ початокъ бѣловыя вещества, а паренхиматическіе слои проводятъ углеводы. Подобно тому, какъ въ болѣе старыхъ частяхъ пучковъ рѣшетчатыхъ кѣлочекъ стебля, по мѣрѣ созрѣванія початка исчезаютъ бѣловыя вещества, въ окружающей ихъ паренхимѣ исчезаетъ крахмалъ по мѣрѣ скопленія его въ початкѣ. Если считать благоприятнымъ для проведенія веществъ непрерывность сосудистыхъ пучковъ и рядовъ проводящихъ кѣлочекъ, то такая непрерывность не менѣе важна и для проведенія питательныхъ веществъ паренхиматическими слоями ¹⁾.

¹⁾ Камбиформъ и рѣшетчатые элементы участъ вуютъ въ передвиженіи крахмала (и сахара?) кажется, только въ то время, когда необходимо проведеніе въ короткое время большихъ количествъ его. Такимъ образомъ я находилъ, что ткани эти въ листовыхъ черешкахъ *Aesculus Hippocastanum*, *Morus alba*, *Vitis vinifera*, въ октябрѣ, при удаленіи листьевъ, содержатъ до-

Во всѣхъ случаяхъ (Плога, 1863, стр. 51), когда мы въ паренхиматическихъ клѣточкахъ, отдѣленныхъ отъ камбиформа и рѣшетчатыхъ элементовъ нѣсколькими слоями клѣточекъ, находимъ крахмалъ, сахаръ, жиръ, инулинъ и т. д., то мы необходимо должны принять прохожденіе этихъ веществъ черезъ паренхиму, даже при томъ предположеніи, что эти вещества двигались первоначально по камбиформу, и, достигнувъ высоты разсматриваемыхъ паренхиматическихъ клѣточекъ, отложились въ нихъ въ видѣ крахмала и т. д. Если держаться этой гипотезы, то предполагаемый общій образовательный сокъ проводящихъ клѣточекъ или долженъ быть самъ двигаться поперегъ паренхимы, чтобы въ ней превратиться въ крахмалъ, сахаръ и т. д., или же вещества эти должны были бы нѣ оторваннымъ образомъ выдѣлиться изъ сока пучковыхъ клѣточекъ, проводящихъ слизь, и перейти по паренхимѣ въ самые отдаленные слои послѣдней, гдѣ мы ихъ дѣйствительно и находимъ. Въ обоихъ случаяхъ, представляющихъ съ своей стороны необходимыя слѣдствія предположенія о непроводимости паренхимы, мы все-таки принуждены приписать послѣдней это свойство. Представимъ себѣ паренхиматическую клѣточку, наполненную крахмаломъ и отдѣленную отъ сосудистаго пучка 10-ью другими паренхиматическими клѣточками; если приписать проводимость только сосудистому пучку, то все-таки матеріалъ, образующій крахмалъ, долженъ былъ бы пройти черезъ 9 паренхиматическихъ клѣточекъ, чтобы отложиться въ десятой, но въ такомъ случаѣ клѣточки сосудистыхъ пучковъ, содержащія слизь, не суть болѣе единственные проводники веществъ. Если принять проводимость пучками только по длинѣ послѣднихъ, а углеводы паренхимы разсматривать выступившими изъ пучковъ по направленію поперечному, отвергая въ паренхимѣ проводимость крахмала по направленію длины, то это повело бы къ большой запутанности. Въ отпрыскахъ картофельнаго клубня, въ междоузліяхъ проростающаго боба, также и въ растущихъ побѣгахъ олеандера, въ стеблѣ маиса и т. д. паренхиматическіе слои, содержащіе крахмалъ и окружающіе сосудистые пучки, образуютъ непрерывные ряды. На основаніи послѣдней гипотезы крахмалъ этихъ клѣточекъ долженъ былъ бы каждый разъ проходить въ нихъ поперегъ изъ сосудистаго пучка, и, чтобы передвинуться далѣе по направленію длины, долженъ былъ бы снова возвратиться въ поперечномъ направленіи въ сосудистый пучокъ и снова пройти въ немъ (гдѣ присутствіе его не доказано) нѣкоторое разстояніе. Такимъ образомъ взглядъ, что клѣточки содержащія слизь щелочнаго свойства (камбиформъ и рѣшетчатые элементы сосудистыхъ пучковъ) суть единственные проводящіе органы, самъ себя опровергаетъ и приводитъ къ запутанности, если его въ строгой послѣдовательности примѣнить къ дѣлу.

Все что здѣсь говорилось о крахмалѣ, относится точно также до сахара, инулина и жира¹⁾.

Если послѣ всего вышесказаннаго можно считать рѣшеннымъ, что передача образовательныхъ веществъ совершается посредствомъ двухъ формъ тканей, именно: азотистыхъ—клѣточками сосудистаго пучка содержащими слизь, безазотистыхъ—паренхимы, то изъ этого еще никакъ не слѣдуетъ, что такое раздѣленіе путей соблюдается съ абсолютною строгостью. Напротивъ, паренхиматическія клѣточки содержатъ доставленные имъ бѣлковыя вещества, которыя затѣмъ при случаѣ исчезаютъ изъ нихъ; съ другой стороны клѣточки волокнистососудистаго пучка содержащія слизистый сокъ, проводятъ часто небольшія количества крахмала, а въ болѣе старыхъ частяхъ, повидимому иногда (маисъ) сахаръ; указанное распределеніе проводимости слѣдуетъ поэтому понимать такъ, что бѣлковыя вещества преимущественно, но не исключительно, проводятся клѣточками со слизистымъ содержимымъ (камбиформомъ, рѣшетчатую тканью) точно также крахмалъ, сахаръ, инулинъ передаются преимущественно, но не исключительно, паренхиматическими клѣточками.

Древесина, какъ ткань проводящая усвоенныя вещества, имѣетъ очевидно значеніе только для древесныхъ породъ. Это значеніе древесины доказывается съ одной стороны тѣмъ, что въ многолѣтнихъ растенияхъ передъ каждымъ періодомъ покоя она наполняется усвоенными

полно значительное количество мелкозернистаго крахмала, причемъ однако количество его въ паренхимѣ во всякомъ случаѣ гораздо значительнѣе. У *Dahlia* и *Helianthus tuberosus* въ большихъ рѣшетчатыхъ сосудахъ находится обыкновенно не много крахмала, заключеннаго въ густой слизи.

¹⁾ Я считаю себя вправѣ далѣе не касаться теоріи движенія соковъ Гартига, такъ какъ я ее опровергъ, въ журналѣ «Плога, 1863, стр. 54 II, да и все, до сихъ поръ приведенное, говорить противъ нее.

веществами, напр. крахмаломъ ¹⁾, тростниковымъ сахаромъ (кленъ), что возможно очевидно только вслѣдствіе того, что эти вещества проводятся въ клѣточки древесины, такъ какъ онѣ не могутъ образоваться здѣсь путемъ усвоенія; проводимость древесиною доказывается также исчезновеніемъ этихъ запасныхъ веществъ весною во время развитія побѣговъ. Что дѣйствительно сама древесина проводитъ эти вещества, доказывается тѣмъ наблюденіемъ Гартига, что снятіе у двусѣмядольныхъ стеблей широкаго кольца коры до древесины, не препятствуетъ исчезновенію запасныхъ веществъ ниже раны; послѣдній, очевидно, передаются вверхъ обнаженною древесиною. Гартигъ ²⁾ говоритъ: «во всѣхъ деревьяхъ, съ которыхъ была снята кора въ видѣ колецъ до 30 іюня, крахмалъ, находившійся въ изобиліи въ корнѣ и нижнихъ стеблевыхъ частяхъ (ниже снѣтаго кольца) совершенно исчезъ. Такъ какъ корни и лни одновременно срубленныхъ деревьевъ не теряли крахмала, содержавшагося въ нихъ зимою (исключая того случая, когда послѣ рубки образуются сильныя корневые отпрыски), то можно заключить, что въ деревьяхъ, съ которыхъ кольцеобразно снята кора, запасныя вещества, растворенныя въ восходящемъ сыромъ сокѣ и преобразовавшіеся во вторичный образовательный сокъ, передаются посредствомъ обнаженной отъ коры древесины, вмѣстѣ съ восходящимъ весеннимъ сокомъ, верхнимъ частямъ дерева и потребляются на ихъ ростъ». Уже микроскопическое наблюденіе показываетъ, что древесинныя клѣтки, наполненныя запасными веществами, мало содержатъ бѣлковыхъ веществъ, точно также и соки, вытекающіе весною изъ древесины, содержатъ только незначительныя количества этихъ веществъ. Поэтому, кажется, что древесина подобно паренхимѣ назначена главнымъ образомъ для проведенія безазотистыхъ соединений. Съ этимъ согласны также нѣкоторые опыты Ганштейна, доказывающіе, что сока, проводимаго одной древесиной, недостаточно для питанія вѣтвей, что необходимо участіе сока внутренней коры, камбиформа и рѣшетчатыхъ элементовъ, отличающагося большимъ содержаніемъ бѣлковыхъ веществъ. «Если весною до развитія почекъ снять ³⁾ кольцо коры съ молодыхъ вѣтвей, то почки непосредственно подъ раною растутъ сильнѣе, нежели посредственно выше раны. Но если кольцо снято очень близко (на 1 — 2 дюйма) отъ вершины вѣтви, то почки выше кольца отмираютъ вскорѣ послѣ своего распусканія. Изъ этого слѣдуетъ, что даже сокъ, восходящій весною по древесинѣ и передающій верхнимъ частямъ вмѣстѣ съ сырмъ сокомъ, принятымъ корнями, также и растворившійся въ немъ запасныя вещества древесины, не достаточенъ для развитія молодыхъ побѣговъ, что для этого необходимо также сокъ, который въ это время содержится только въ корѣ, и только корою проводится до мѣстъ потребленія въ растущихъ почкахъ, слѣдовательно преимущественно по направленію вверхъ»; и далѣе. «Какъ слѣдствіе изъ послѣднихъ приведенныхъ опытовъ вытекаетъ, что и содержаніе сахара, камеди (?) или вообще веществъ, сходныхъ съ крахмаломъ, входящихъ весною въ составъ древеснаго сока, еще не дѣлаетъ послѣдній способнымъ къ образованіямъ новыхъ частей и едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что необходимое вещество, доставляемою корою, есть протеиновый сокъ, обильно наполняющій клѣточки внутренней коры, но никогда не встрѣчающійся въ значительномъ количествѣ въ развитыхъ проводящихъ сокъ клѣточкахъ древесины. Для начальнаго распусканія почекъ достаточно такого количества протеиновыхъ веществъ, которое отложено въ паренхимѣ, лежащей непосредственно подъ почками».

Нельзя отрицать значенія млечныхъ сосудовъ ⁴⁾ и съ ними морфологически сходныхъ образований (трубчатые сосуды (Schlauchgefäße) Ганштейна) для передачи усвоенныхъ образова-

¹⁾ Карль Саніо: Исслѣдованія надъ клѣточками древесины двусѣмядольныхъ древесныхъ растений, содержащими зимою крахмалъ. Halle, 1858.

²⁾ Hartig. Bot. Zeitg. 1858, стр. 338.

³⁾ Hanstein: Die Milchsaffgefäße и т. д. Berlin 1864, стр. 5б.

⁴⁾ Если къ млечнымъ сосудамъ, изъ листовой ткани, а можетъ быть и изъ паренхимы и проводящей слизистый сокъ ткани сосудистаго лучка, притекаютъ бѣлковыя вещества, углеводы и жиры, и если млечные сосуды доставляютъ эти вещества почкамъ, гдѣ они потребляются, то послѣднія могутъ въ тоже время принимать и побочные продукты обмѣна веществъ, каучукъ, воскъ и смолу, неизмѣнчивѣе дальнѣйшаго примѣненія. Питательныя образовательныя вещества при быстромъ ихъ погребленіи не могутъ слишкомъ накопиться, но могутъ даже уменьшаться; напротивъ, побочные продукты должны накопиться, потому что они постоянно образуются, но не потребляются. Такимъ образомъ ихъ присутствіе не можетъ служить доказательствомъ противъ указаннаго здѣсь значенія млечныхъ сосудовъ.

тельныхъ веществъ, такъ какъ извѣстно, что эти элементы содержатъ ихъ и что они представляютъ собою непрерывныя перегородками пути сообщенія между мѣстами отложенія и усвоенія, и мѣстами потребленія.

Почти излишне упоминать, что въ этихъ сосудахъ не бываетъ непрерывнаго теченія ихъ содержимаго, какъ полагаетъ Шульцъ и что Моль рѣшительно опровергъ. Если млечные сосуды, кромѣ бѣловыхъ веществъ, углеводовъ и жировъ, содержатъ также выдѣлительныя вещества, какъ напр. каучукъ, дубильное вещество и т. д., то это ни въ какомъ случаѣ не противорѣчитъ предположенію, что вещества, имѣющія значеніе для питанія растенія, притекаютъ посредствомъ названныхъ сосудовъ къ мѣстамъ потребленія.

По Вуссенго¹⁾ млечный сокъ *Carica Papaya* на воздухѣ свертывается и содержитъ, кромѣ сахара, въ значительномъ количествѣ азотистое вещество, похожее на фибринъ (затѣмъ воскъ и смола).

Сокъ *Galactodendron dulce* похожъ на коровье молоко, но не свертывается отъ кислотъ, при нагреваніи образуетъ на поверхности пленку и по выпариваніи оставляетъ похожее на фибринъ вещество съ маслянистыми каплями и жиръ, плавящійся при 60° Ц. (кромѣ того обыкновенныя составныя части золь и свободныя кислоты). Слегка желтый, кислый ядовитый млечный сокъ *Nuca crepitans* даетъ съ минеральными кислотами бѣлый липкій осадокъ, продукты гніенія казенна и содержитъ нарвное масло (кромѣ того яблочнокислота кали, известь и селитру). Вейсъ и Виснеръ²⁾ нашли въ млечномъ сокѣ *Euphorbia platyphyllos*, который на воздухѣ свертывается самъ по себѣ, не менѣе 2,02% нераствореннаго и 0,51% раствореннаго бѣловаго вещества, крахмала, 1,33% жира, 6,41% сахара и экстрактивныхъ веществъ (2,15% камеди, 8,12% смолы, 1,51% золь³⁾).

Faivre⁴⁾ искусно выполненнымъ опытомъ доказалъ, что млечный сокъ *Ficus elastica* вырабатывается листьями и необходимъ для развитія почекъ. По обрѣзываніи всѣхъ листьевъ и почекъ развиваются новыя почки, причемъ млечный сокъ обращается въ свѣтлую лимфу, водянистый видъ которой указываетъ на бѣдность въ зернистыхъ и свертывающемся веществахъ, и на то, что содержащіяся въ немъ вещества потребляются при образованіи новыхъ побѣговъ, но не замѣнены по недостатку листьевъ. Эти опыты показываютъ также, что млечный сокъ передаетъ вещества по срединѣ и окружности стебля какъ вверхъ, такъ и внизъ. У *Iromaea rugosa*, у которой листья вмѣстѣ съ нижней частью стебля находились на свѣтѣ и питали цвѣтовой побѣгъ, находившійся въ темнотѣ, я нашелъ млечный сокъ въ нижней части бѣлымъ и молочнымъ, сокъ же этиолованныхъ органовъ водянистымъ; очевидно, что содержаніе питательныхъ веществъ истощилось вслѣдствіе потребленія ихъ не усваиваемыми этиолованными органами⁵⁾.

Какъ крахмалъ и другія образовательныя вещества, такъ повидимому и млечный сокъ мало по малу перемѣщаются къ мѣстамъ, гдѣ происходитъ образованіе новыхъ частей, покидая болѣе старыя непронизательныя части растенія.

Гёппертъ на основаніи чужихъ и собственныхъ наблюденій показалъ⁶⁾, что поздней осенью въ большей части однолѣтнихъ *Euphorbiae* и нѣкоторыхъ многолѣтнихъ, млечный сокъ содержится еще только въ болѣе крайнихъ лучахъ зонтика и въ самыхъ цвѣткахъ, а у листовыхъ побѣговъ только въ самыхъ молодыхъ листьяхъ. Такъ по Бернгарди млечный сокъ исчезаетъ также изъ старыхъ стеблевыхъ частей *Asclepias*, между тѣмъ какъ еще находится въ молодыхъ вѣтвяхъ. Подобнымъ же образомъ исчезаетъ также въ болѣе старыхъ истощенныхъ органахъ бѣловое вещество изъ кѣлочекъ сосудистаго пучка, содержащихъ слизистый сокъ. Уже Негели⁷⁾, изслѣдуя рѣшетчатые сосуды *Cucurbita*, выразилъ ту мысль, что они, подобно млечнымъ сосудамъ, имѣютъ то физиологическое значеніе, что съ помощью ихъ растеніе съ легкостью можетъ

¹⁾ Boussingault: Die Landwirthschaft. I, стр. 78.

²⁾ Bot. Zeitg. 1862, стр. 125.

³⁾ Карстенъ (Pogg. Ann. 1860, стр. 516) нашелъ въ млечномъ сокѣ *Jatropha Curcas* кромѣ дубильнаго вещества еще бѣловое вещество и вещество принадлежащее къ «ряду кѣтвовины».

⁴⁾ Faivre: Comptes rendus, 1864, LXIII, стр. 959 ff.

⁵⁾ Срав. необдуманнаго указанія Лестибудуа о количествѣ и густотѣ млечнаго сока въ различныхъ частяхъ одного и того же растенія. Comptes rendus 1863, LVI, стр. 421.

⁶⁾ Göppert, Wärmeentwicklung. 1830, стр. 14.

⁷⁾ Botanische Mittheilungen: Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 1861.

передать неразстворимыя вещества на значительныя протяженія, и что временныя токи, происходящія вслѣдствіе механическихъ причинъ, суть причина такого движенія. Ганштейнъ, которому мы въ настоящее время обязаны самой точной анатомической работой ¹⁾ о млечныхъ сосудахъ, также сравниваетъ ихъ отправленія съ отправленіемъ рѣшетчатыхъ сосудовъ. Рѣшетчатые сосуды, говоритъ онъ, появляются лишь во вторичной системѣ стебля, между тѣмъ какъ млечные и трубчатые сосуды появляются уже гораздо ранѣе въ первичной паренхимѣ. Въ это время млечные сосуды еще не содержатъ млечнаго сока, но трубчатые сосуды обнаруживаютъ уже большую дѣятельность, выделяя многочисленныя рафиды, имѣющія значеніе выдѣленій, образующихся при процессѣ усвоенія. Вслѣдствіе этого невольно возникаетъ мысль, что въ молодомъ стеблѣ млечные и трубчатые сосуды проводятъ образовательный сокъ по дѣятельно растущей молодой клѣтчатой ткани, по которой проходятъ, и что рѣшетчатые сосуды начинаютъ свою дѣятельность позже. Трубчатые сосуды, если встрѣчаются, можетъ быть и впоследствии еще продолжаютъ содѣйствовать въ этомъ отношеніи рѣшетчатымъ сосудамъ, такъ какъ въ нихъ почти всегда видны свѣтлыя, по свертывающей отъ реактивнаго сока; они образуютъ широкіе и удобные каналы, идущіе отъ ткани листьевъ, отправляющей процессъ дыханія, къ отдаленнымъ частямъ стебля и корня, и сверхъ того иногда, особенно въ нижнихъ концахъ, содержатъ даже млечный сокъ и въ ихъ содѣйствіи встрѣчаются скопленія кристалловъ. Напротивъ, млечные сосуды, говоритъ Ганштейнъ, въ старости не служатъ для проведенія образовательныхъ веществъ, и мнѣніе Трекюле, по которому млечный сокъ есть родъ запаснаго питательнаго вещества, потребляемаго снова по мѣрѣ надобности, справедливо.

§ 104. Направленіе, въ которомъ каждая изъ проводящихъ тканей проводитъ заключающіяся въ ней вещества, повидному не столько зависитъ отъ строенія ткани, сколько отъ того, какое направленіе движенія требуется и обуславливается взаимнымъ положеніемъ мѣста потребленія и мѣста отложенія или образованія вещества. Если изъ фактовъ, приведенныхъ въ предъидущемъ параграфѣ, слѣдуетъ, что часть сосудистаго пучка содержащая слизистый сокъ проводитъ бѣлковыя вещества, а паренхима—углеводы, то само собою слѣдуетъ, что каждая изъ этихъ тканей проводитъ названныя вещества какъ вверхъ, такъ и внизъ. Въ прорастающемъ бобѣ, напр., запасныя вещества должны восходить отъ сѣмядолей къ развивающимся первымъ листьямъ; въ то же время часть сосудистаго пучка, проходящая по молодому черешку и содержащая слизистыя вещества, очевидно проводитъ ихъ вверхъ; точно также крахмалъ движется вверхъ въ паренхимѣ черешка. Но какъ скоро листъ выростетъ и самъ начнетъ вырабатывать эти вещества для развитія почекъ, то они должны притекать къ стеблю по названнымъ тканямъ черешка въ противоположномъ направленіи. Точно также въ междоузліяхъ отпрыска картофеля, эти вещества двигаются, очевидно, вверхъ къ почкамъ; но если побѣгъ покроется листьями и самъ при своемъ основаніи начнетъ производить клубни, то крахмалъ, глюкоза и бѣлковыя вещества принуждены будутъ двигаться внизъ по тѣмъ же самымъ тканямъ, по которымъ они предъ тѣмъ восходили. Но во время вызрѣванія плодовъ названныя вещества одновременно восходятъ по верхнимъ междоузліямъ. Фактъ, что отрѣзанныя вѣтви, снабженныя зимними почками, образуютъ на нижнемъ концѣ корни, на верхнемъ преимущественно листовые побѣги, доказываетъ, что и здѣсь образовательныя вещества въ проводящихъ тканяхъ двигаются одновременно внизъ и вверхъ; вещества, назначенныя для образованія корня, главнымъ образомъ нисходятъ, а вещества назначенныя для образованія вѣтвей восходятъ. Изъ этого можно бы вывести, что направленіе въ обоихъ случаяхъ обуславливается строеніемъ тканей, но это предположеніе опровергается черенками, посаженными верхнимъ концомъ

¹⁾ Hanstein: Die Milchsaffgefäße. 1864, стр. 59.

внизъ: верхній конецъ, теперь обращенный внизъ, пускаетъ корни, изъ чего слѣдуетъ, что необходимыя для нихъ образовательныя вещества идутъ по проводящей ткани въ обратномъ направленіи. Точно также изъ образованія наплыва на верхнемъ краѣ кольцеобразной вырѣзки коры двухъягодныхъ стволовъ съ плотной древесной, можно было бы вывести, что вещества образующія древесину двигаются въ проводящихъ тканяхъ только внизъ, т. е. отъ органической вершины къ органическому основанію; но опытъ Найта ¹⁾ опровергаетъ это предположеніе; онъ снялъ кольцомъ кору съ стебля смородины, посадилъ его въ обратномъ положеніи, послѣ чего наплывъ образовался все-таки на верхнемъ краѣ раны. Въ послѣднемъ случаѣ вещества, образующія наплывъ (древесину), слѣдовали въ тканяхъ пути, противоположному прежнему, но направленіе это по отношенію къ землѣ осталось прежнее, чтó было и при развитіи корней у черенковъ, посаженныхъ въ обратномъ положеніи; это указываетъ на то, что при передвиженіи веществъ обнаруживается вліяніе силы тяжести. Съ другой стороны образованіе наплыва на поверхности сруба пня гребенчатой ели (*Weisstanne*) ²⁾, корни которой срослись съ корнями дерева той же породы, покрытаго листьями, доказываетъ, что у нихъ вещества, образующія древесину и обыкновенно главнымъ образомъ нисходящія, въ этомъ случаѣ восходятъ по пню для образованія наплыва на мѣстѣ сруба, и нѣтъ причинъ предполагать, чтобы они при этомъ двигались по другимъ тканямъ, чѣмъ прежде. То же самое впрочемъ доказываютъ основанія перешпеленныхъ и кверху направленныхъ вѣтвей; на нихъ наплывъ разрастается кверху и часто совершенно затягиваетъ поверхность разрѣза. При этомъ наплывъ древесины идетъ кверху ³⁾.

Эти факты доказываютъ, что если происходитъ случайное образованіе новыхъ частей на мѣстахъ, на которыхъ онѣ обыкновенно не проявляются, то въ такихъ случаяхъ и образовательныя вещества движутся по иному направленію, чѣмъ обыкновенно. Если полоску коры отдѣлать отъ древесины снизу и съ боковъ, оставивъ ее въ соединеніи съ древесиною сверху, то въ этой полоскѣ образуется древесина; но если отдѣлать кору сверху и съ боковъ, то древесина образуется въ ней въ восходящемъ направленіи, причѣмъ слой образовавшейся древесины внизу толще, чѣмъ вверху. Такъ какъ въ этомъ случаѣ древесина, образующаяся въ корѣ, слишкомъ объемиста для того, чтобы произойти насчетъ веществъ, содержащихся въ самой полоскѣ коры, то ясно, что необходимыя для этого вещества должны были двигаться въ одномъ случаѣ внизъ, въ другомъ вверхъ, проходя по однимъ и тѣмъ же тканямъ.

¹⁾ Knight, *Philosophical transactions* 1804, стр. 183.

²⁾ Goppert, *Bot. Zeitz.* 1846, стр. 506. Dubreuil указываетъ тоже самое для *Pinus maritima* въ *Comptes rendus*, XXVII, 387.

³⁾ Мы не будемъ останавливаться на разсмотрѣваніи причинъ изгибовъ слоевъ древесины такихъ наплывовъ къ центру; направленіе ихъ внизъ, вслѣдствіе чего они въ долевымъ разрѣзѣ пня или срубленной вѣтви образуютъ линію, обращенную вогнутостію внизъ, можетъ быть приписано силѣ тяжести. Обрастанія снѣжеекъ и камней, замѣчаемая часто въ значительномъ развитіи при основаніи садовыхъ деревьевъ, напр. въ саду близъ Бреслау имѣетъ видъ стекавшаго внизъ тѣста, слѣдовательно массы, распространявшейся подъ вліяніемъ силы тяжести. Еще мягкія камбіальныя клѣточки древесины, повидимому подчиняются вліянію тяжести подобнымъ же образомъ, какъ вершины корней и пелена шляпочныхъ грибовъ.

Результаты, получаемые при кольцеобразной вырѣзкѣ коры доказываютъ, что запасныя вещества, отложенныя въ древесинѣ, могутъ безъ труда двигаться вверхъ по древесинѣ, когда они весною служатъ для развитія почекъ; но они могутъ также двигаться горизонтально изнутри кнаружи, какъ это слѣдуетъ изъ образованія новыхъ тканей на поверхности обнаженной заболони ¹⁾. Пластическія вещества приимаютъ въ проводящихъ тканяхъ коры тангенціально косвенное направленіе въ томъ случаѣ, когда изъ коры двусѣмядольныхъ деревянистыхъ породъ вырѣзываются винтообразныя полоски, или если на различныхъ высотахъ ствола перепилить кору и древесину поперегъ до сердцевины. Что образовательныя вещества въ такихъ случаяхъ должны слѣдовать косвенному направленію, слѣдуетъ изъ способа наростанія ²⁾, разъясненіе чего здѣсь потребовало бы слишкомъ много мѣста.

Наконецъ изъ анатомическаго строенія млечныхъ сосудовъ очевидно, что содержимое ихъ можетъ двигаться вверхъ, внизъ и въ сторону.

Приведенные факты достаточно опровергаютъ положеніе ³⁾ Гартига, что кѣточки сосудистаго пучка, содержащія слизь (дубовая ткань (Bastkörper) Гартига) проводятъ «образовательный сокъ» исключительно внизъ, древесина же исключительно вверхъ; это положеніе Гартигъ распространяетъ даже на проростки. Такой взглядъ влечетъ за собою ужасную запутанность въ движеніи веществъ, которой, къ счастью, можно избѣгнуть. Очевидно, что въ проросткахъ и въ оконечностяхъ молодыхъ побѣговъ перемѣщеніе веществъ начинается задолго до образованія древесины. Древесина деревянистыхъ растений прекращается далеко ниже той почки, которая постоянно производитъ новыя части, а притокъ вещества всего нужнѣе именно тамъ, куда древесина не доходитъ; кромѣ того въ древесинѣ молодыхъ побѣговъ, въ то время, когда они растутъ всего сильнѣе, еще нѣтъ усвоенныхъ веществъ, между тѣмъ какъ въ рѣшетчатой ткани и въ паренхимѣ они находятся въ изобиліи. Взглядъ Гартига на этомъ основаніи также совершенно непримѣнимъ къ односѣмядольнымъ и не имѣетъ никакого значенія для тѣхъ растений, у которыхъ нѣтъ и слѣдовъ древесины (мхи, Hytrillen, Ceratophyteen и у многихъ другихъ). Кромѣ того опыты Ганштейна положительно доказываютъ, что однихъ веществъ, проводимыхъ по древесинѣ двусѣмядольныхъ породъ вверхъ къ почкамъ, не достаточно для развитія послѣднихъ; также изъ этихъ опытовъ слѣдуетъ, что рѣшетчатые сосуды и сходныя съ ними формы кѣточекъ проводятъ сокъ не только внизъ, но и вверхъ. Нѣтъ сомнѣній, что многочисленныя и крупныя рѣшетчатые сосуды вмѣстѣ съ камбиформомъ сосудистыхъ пучковъ *Cucurbita*, назначены для передачи бѣлковыхъ веществъ, между тѣмъ какъ окружающая ихъ паренхима проводитъ крахмалъ и сахаръ. Нѣтъ сомнѣній, что огромныя количества бѣлковыхъ веществъ и углеводовъ, скопляющіяся въ громадномъ плодѣ тыквы втеченіи 6—8 недѣль, проводятся указанными тканями плодовой ножки и что эта передача, какъ рѣшетчатыми элементами и камбиформомъ (дубовую тканью *Bastkörper* Гартига), такъ и паренхимой, идетъ по направленію отъ органическаго основанія вверхъ.

Въ заключеніе я приведу мои опыты относительно образованія цвѣтовъ и плодовъ въ темныхъ пріемникахъ, причемъ усваивающіе листья находились на свѣтѣ ⁴⁾. Такъ какъ находившіяся въ темнотѣ и слѣдовательно не усвоившіе, почки, цвѣты, плоды, сидѣли на продолженіи того же стебля, у котораго листья нижней части были освѣщены солнцемъ, то всѣ образовательныя вещества должны были двигаться отъ зеленыхъ листьевъ по стеблю вверхъ къ частямъ находившимся въ темнотѣ, и такъ какъ передача въ этихъ случаяхъ производилась кѣточками сосудистаго пучка содержащими слизь и паренхимой, то этимъ устраняется всякая возможность предположенія Гартига, что соки проводятся вверхъ только древесиною. Въ пользу мнѣнія Гартига, на основаніи котораго камбиформъ и рѣшетчатая ткань составляютъ единственный путь, по

¹⁾ Duhamel, *Physique des arbres*. 1758 II стр. 42 и Trécul, *Ann. des sc. nat.* 1853, стр. 196.

²⁾ Trécul, *Ann. des sc. nat.* 1854, t. I.

³⁾ Hartig: *Bot. Zeitg.* 1862, стр. 75, 76 и 83.

⁴⁾ См. отдѣлъ: Вліяніе свѣта, § 15, и *Bot. Zeitg.* 1865, № 15 и 17.

которому нисходятъ образовательныя вещества, между тѣмъ какъ древесина этого не въ состояніи выполнять, можно бы указать на прежде имъ приведенное наблюденіе, по которому во всѣхъ деревьяхъ, у которыхъ кольцевая вырѣзка коры была произведена до 30 іюня, крахмалъ исчезалъ ниже вырѣзки коры и не появлялся вновь въ этой части растенія, между тѣмъ какъ во всѣхъ деревьяхъ, съ которыхъ кора была снята послѣ 30 іюня, крахмалъ также посходилъ вверхъ, изъ частей лежащихъ ниже раны, и появлялся въ тѣхъ болѣе значительныхъ массахъ, чѣмъ позже была сдѣлана рана; «количество и размѣръ зеренъ крахмала самымъ определеннымъ образомъ доказываютъ, что вслѣдствіе кольцеобразнаго снятія коры онъ сохранился на той степени развитія, на которой онъ находился во время снятія коры». Если Гартигъ изъ этого выводитъ: «что запасныя вещества древесины образуются изъ нисходящаго по лубовой ткани первичнаго образовательнаго сока», то такое заключеніе лишено должнаго основанія. Паренхима коры также была прервана вслѣдствіе кольцеобразнаго снятія коры, и если «аятъ, приведенный Гартигомъ вѣрнѣе, то этому перерыву паренхимы слѣдуетъ приписать то, что крахмалъ въ древесинѣ не скоплялся ниже раны.

§ 105. Движущія силы. Если, съ помощію извѣстныхъ намъ физиологическихъ свойствъ тканей и веществъ, составить себѣ подробное представленіе о причинахъ, вслѣдствіе которыхъ различныя усвоенныя образовательныя вещества перемѣщаются изъ одного органа въ другой часто на большія разстоянія, то прежде всего необходимо отказаться отъ предразсудка, будто бы общій образовательный сокъ пропитываетъ ткани, и что вопросъ состоитъ только въ томъ, какимъ образомъ передвигается этотъ сокъ всею своею массою и, что всѣ столь различныя вещества движутся въ совокупности, подчиняясь одной общей причинѣ. Неправедность этого еще распространеннаго воззрѣнія достаточно доказывается всѣмъ вышесказаннымъ; подобно тому, какъ нельзя допустить, что неорганическія питательныя вещества почвы, принимаемая корнемъ, образуютъ сокъ, вступающій въ корень всѣмъ своимъ составомъ въ цѣлости, какъ нельзя допустить, что этотъ такъ называемый «сырой сокъ» распространяется по растенію равномѣрно всею своею массою, точно также невозможно допустить, что такъ называемый нисходящій сокъ движется по растенію, какъ особенная самостоятельная жидкость. Подобно тому какъ корни поглощаютъ обмывающую ихъ воду вслѣдствіе особенныхъ силъ, независимо отъ поглощенія селитры, сѣрнокислой магнезіи, фосфорнокислыхъ солей, сила поглощенія которыхъ и направленіе движенія зависятъ отъ свойства диффузіи каждаго вещества и его потребленія въ растеніи, такъ и бѣлковыя вещества сахаръ, инулинъ, крахмалъ, жиры, различныя растительныя кислоты и основанія подчиняются каждое своимъ частнымъ законамъ; молекула каждаго изъ нихъ обнаруживаетъ особенныя силы диффузіи, ихъ молекулярное отношеніе къ различнымъ клѣточнымъ стѣнкамъ должно быть весьма различно, такъ что причины движенія будутъ измѣняться смотря по природѣ веществъ и по свойствамъ тканей. Потребленіе одного изъ веществъ нарушитъ молекулярное равновѣсіе въ содержимомъ тканей и подастъ поводъ къ передвиженію его; такое же вліяніе будетъ имѣть образованіе новыхъ частицъ одного изъ этихъ веществъ. Мы далеки отъ возможности объяснить каждое частное явленіе; мы, при переходѣ веществъ изъ клѣточки въ клѣточку, не въ состояніи опредѣлить степень участія протоплазмы, паразительныя свойства которой лишаютъ насъ возможности примѣнить къ ней результаты, получаемые при опытахъ надъ диффузіею извѣстныхъ намъ веществъ черезъ мертвыя оболочки. Но аналогія съ явленіями, замѣчаемыми при этихъ опытахъ, должна быть допущена, и законы выводимые изъ этихъ опытовъ

должны имѣть примѣненіе къ растеніямъ по крайней мѣрѣ въ самыхъ общихъ чертахъ, причѣмъ должно имѣть въ виду, что аналогичныя явленія въ растеніяхъ зависятъ отъ многочисленныхъ условій, которыя намъ частью совершенно неизвѣстны, частью не могутъ быть изслѣдованы путемъ опыта. Изслѣдованія надъ диффузіей показываютъ (въ видѣ общаго закона), что скорость ея зависитъ отъ химической природы диффундирующихъ молекулъ и свойствъ перепонки, и очевидно, что этотъ общій законъ въ общемъ его значеніи примѣнимъ и къ растительной ткани; опыты далѣе доказываютъ, что сила диффузіи измѣняется съ давленіемъ, подъ которымъ находятся перепонка и жидкость, и очевидно, что эти причины должны обнаруживать свое вліяніе и на диффузію сока чрезъ клѣточные оболочки живаго растенія. Если далѣе діализъ даетъ искусственное средство къ разведенію растворенныхъ и смѣшанныхъ веществъ при помощи имъ свойственныхъ силъ, то мы вправѣ допустить въ растеніяхъ, состоящихъ изъ множества клѣточекъ, содержащихъ смѣшанные соки, діалитическіе процессы, вслѣдствіе которыхъ вещества, временно перемѣшанныя въ одной и той же клѣточкѣ, раздѣляются и распредѣляются по различнымъ, между собою смежнымъ, клѣточкамъ. Вмѣсто того чтобы (какъ еще теперь нерѣдко дѣлается) каждой клѣточкѣ приписывать способность производить самой каждое изъ веществъ, въ ней временно содержащихся (предположеніе ведущее къ самымъ нелѣпымъ выводамъ), мы, напротивъ, можемъ объяснить правильное распредѣленіе веществъ въ растеніяхъ, подчиняющееся опредѣленнымъ законамъ, скорѣе какъ результатъ многочисленныхъ и запутанныхъ движеній, которыя хотя и не объясняются вполне явленіями діализа, по все-таки съ ними аналогичны. Движеніе веществъ по замкнутымъ клѣточкамъ есть наиболѣе распространенное явленіе, но объясненіе подобныхъ движеній болѣе трудное. Легче, повидимому, составить себѣ понятіе о движеніи веществъ въ сообщающихся млечныхъ сосудахъ и сквозныхъ рѣшетчатыхъ сосудахъ.

Движеніе веществъ въ млечныхъ сосудахъ можетъ происходить или всею массою содержаемаго, или оно обусловливается молекулярными силами, дѣйствующими различно на каждое изъ веществъ растворенныхъ, или просто заключенныхъ въ сокѣ. Движенія всею массою могутъ и должны проявляться: 1) вслѣдствіе изгибанія и сдавливанія стеблевыхъ частей, листьевъ, цвѣтговъ отъ вѣтра, какъ это почти постоянно бываетъ; при этомъ млечный сокъ всею массою вытѣсняется изъ одного органа въ другой, возвращаясь затѣмъ опять въ суженную на время часть. Если на разныхъ мѣстахъ млечнаго сосуда составъ сока былъ не одинаковый, то это различіе при подобномъ движеніи устраняется, подобно тому какъ это бываетъ, когда смѣсь жидкостей взбалтываютъ или перегоняютъ съ одного конца упругой трубки въ другой. 2) Вслѣдствіе колебаній въ давленіи, производимомъ на млечные сосуды окружающими клѣточками: при сильномъ испареніи и недостаточномъ притокѣ воды, напряженіе тканей ослабѣваетъ, млечные сосуды могутъ въ такихъ мѣстахъ расширяться и принять новое количество сока, притекающее изъ млечныхъ сосудовъ другихъ частей; напротивъ, усиленное поглощеніе воды при уменьшенномъ испареніи должно производить обратное дѣйствіе. Въ самыхъ молодыхъ частяхъ почки, потребляющихъ вещества, содержащіяся въ млечномъ сокѣ, напряженія тканей не существуетъ, клѣточки лежатъ пассивно одна подлѣ другой. Въ болѣе старыхъ междоузліяхъ и въ листьяхъ,

вырабатывающихъ вещества млечнаго сока, напротивъ того, существуетъ напряженіе, вслѣдствіе котораго паренхима встрѣчаетъ препятствіе въ стремленіи расшириться и, слѣдовательно, должна обнаружить явленіе, какъ будто бы она сама пассивно сжимается окружающими тканями. Вслѣдствіе такого давленія млечный сокъ долженъ выдавливаться изъ этихъ частей по направленію къ молодымъ органамъ, лишеннымъ всякаго напряженія и требующимъ питанія. 3) Вслѣдствіе различія въ нагрѣваніи разныхъ частей растенія, какъ это показало на опытѣ Амичи¹⁾. Уже незначительное нагрѣваніе отъ приближенія руки на нѣсколько дюймовъ производитъ, по его указанію, микроскопически замѣтное движеніе млечнаго сока *Chelidonium* по направленію къ болѣе холоднымъ частямъ. Такъ какъ колебанія температуры въ растеніяхъ столь же постоянны, какъ и сжиманія тканей принимаемыя вѣтромъ, то первыя должны подобно послѣднимъ производить постоянные токи млечнаго сока, направленные то въ ту, то въ другую сторону.

При столь сильныхъ и вѣроятно непрерывныхъ движеніяхъ млечнаго сока всею массою, едва ли нужно прибѣгать къ содѣйствию силъ диффузіи растворенныхъ въ немъ молекулъ, для того чтобы объяснить ихъ движенія на болѣе значительныхъ протяженіяхъ. Въ корневищахъ, клубняхъ и корняхъ, гдѣ колебанія температуры медленны и незначительны и на которые вѣтеръ не оказываетъ прямого вліянія, — силы диффузіи, можетъ быть, имѣютъ большее значеніе; по нѣтъ сомнѣнія, что причины заставляющія млечный сокъ приходить въ движеніе всею массою въ надземныхъ частяхъ, будутъ вліять и на подземныя части.

Въ рѣшетчатыхъ сосудахъ подвижность содержащихся въ нихъ бѣлковыхъ веществъ едва ли бываетъ такъ велика, какъ подвижность содержаемаго млечныхъ сосудовъ. Очень узкія отверстія рѣшетчатыхъ стѣнокъ очевидно допускаютъ только медленное прохожденіе густой липкой слизи, если разница въ давленіи заставляетъ эту слизь двигаться въ какую либо сторону. Это различіе обнаруживается также на разрѣзахъ стеблей, корней и т. д. Млечный сокъ тотчасъ выступаетъ изъ разрѣза въ видѣ густыхъ капель, бѣлковая же слизь рѣшетчатыхъ сосудовъ выступаетъ медленно и скопляется на до-суха вытертомъ разрѣзѣ втеченіи нѣсколькихъ часовъ часто (корень свекловичи, плодъ тыквы) въ видѣ капель, величиною отъ горошины до орѣха, которыя иногда сами собою свертываются (тыква). Причина вытеканія очевидно, какъ и у млечныхъ сосудовъ, есть напряженіе тканей; сокъ въ сосудахъ находится подъ давленіемъ, производимымъ паренхимой на стѣнки сосудовъ, потому что паренхима, задержанная въ стремленіи расшириться древесной и эпидермисомъ, сдавливается послѣднимъ. Съ этимъ предположеніемъ согласно и то, что въ болѣе старыхъ органахъ, въ которыхъ это напряженіе тканей уже прекратилось (напр. нижнія стеблевая части болѣе старыхъ маисовыхъ растеній), вытеканія изъ разрѣзовъ почти совсѣмъ не бываетъ.

Соки, вытекающіе какъ изъ рѣшетчатыхъ сосудовъ, такъ и изъ рѣшетчатыхъ вѣточекъ и камбиформа, обыкновенно совершенно свѣтлы какъ вода, и въ сильно растущихъ органахъ (какъ я впервые описалъ²⁾) обнаруживаютъ болѣею частью явственно щелочную реакцію, между тѣмъ

¹⁾ Giambattista Amici von. H. v. Mohl: Beilage zur Botan. Zeitg. 1863, стр. 6.

²⁾ Sachs: Ueber saure, alkalische u. neutrale Reaction der Säfte lebender Pflanzenzellen, вь Bot. Zeitg., 1862, Nr. : 3.

какъ сокъ паренхиматическихъ кѣлочекъ и млечныхъ сосудовъ обыкновенно кисель. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ щелочная реакція въ болѣе старыхъ органахъ исчезаетъ, какъ кажется, одновременно съ присутствіемъ въ этихъ тканяхъ бѣлковыхъ веществъ, такъ напр. въ нижнихъ стеблевыхъ частяхъ взрослыхъ маисовыхъ растений и въ болѣе старыхъ луковичныхъ чешуйкахъ *Allium Cera*. У Тыквинныхъ сокъ рѣшетчатыхъ сосудовъ, обильно вытекающій изъ всѣхъ частей, повидному навсегда остается щелочнымъ. Эту реакцію можно прослѣдить на удобныхъ для этого *Cucurbita*, *Zea Mais*, *Allium Cera* до самыхъ молодыхъ окончаній сосудистаго пучка; въ вершинѣ корня и почкахъ самая молодая паренхима оказывается также слабо щелочной, что также вѣроятно связано съ преобладаніемъ бѣлковыхъ веществъ (протоплазма)¹⁾.

При передвиженіи веществъ черезъ замкнутыя со всѣхъ сторонъ кѣлочки, каковы древесинная паренхима, камбиформа, можно представить себѣ главнымъ образомъ двоякаго рода причины движенія: во-первыхъ — напряженіе тканей и во-вторыхъ — силы диффузіи. Напряженіе тканей можетъ при этомъ заставлять растворенныя вещества фильтроваться сквозь кѣлочную оболочку, выдавливая ихъ механически.

Что это дѣйствительно происходитъ, доказываетъ каждый разрѣзъ черезъ сочный стебель и корни. Какъ щелочной, такъ и кислый сокъ, содержащійся въ замкнутыхъ кѣлочкахъ паренхимы и камбиформа (*Beta*, *Brassica*, *Allium Cera*) выступаетъ въ очень значительномъ количествѣ, что показываетъ, что онъ не происходитъ только изъ случайно перерѣзанныхъ кѣлочекъ; ясно, что болѣе большая часть вытекающаго сока выходитъ изъ кѣлочекъ болѣе удаленныхъ отъ разрѣза; но такъ какъ эти кѣлочки замкнутыя, то выступаніе сока возможно только вслѣдствіе фильтраціи; необходимое для этого давленіе производится паренхимой, стремящеюся расшириться, но встрѣчающею препятствіе со стороны кожицы, древесины, и вообще упругихъ пассивныхъ тканей. Каждая кѣлочка паренхимы и камбиформа находится въ состояніи, какъ будто бы она сжата извнѣ, и этого давленія достаточно для того, чтобы выжать сокъ черезъ замкнутую кѣлочную оболочку. Выступаніе происходитъ въ направленіи наименьшаго сопротивленія, которое очевидно находится со стороны разрѣза. Въ неповрежденномъ растеніи, пока оно растетъ, наименьшее сопротивленіе представляютъ почки и верхушки корней, т. е. части потребляющія вещество. Здѣсь нѣтъ напряженія тканей, здѣсь расширяются кѣлочки всѣхъ тканей, и дается мѣсто поглощаемымъ веществамъ. Давленіе, существующее въ болѣе старыхъ дифференцированныхъ тканяхъ, должно необходимо заставлять содержащуюся въ нихъ жидкость двигаться къ этимъ мѣстамъ

¹⁾ Для подобнаго рода изслѣдованій необходима вполнѣ чистая средняя лакмусовая тинктура. Ею окрашиваютъ самую тонкую шведскую пропускную бумагу по возможности ярко, тщательно высушиваютъ и затѣмъ съ одной стороны лопатъ, такъ чтобы она сильно блестяла. Бумагу кладутъ на толстый слой другой бумаги, гладкой поверхностью вверхъ. Разрѣзавъ затѣмъ свѣжую часть растенія ровно поперекъ, удаляютъ пропускной бумагой сокъ вытекающій сначала изъ паренхимы и сосудистыхъ пучковъ и между собою смѣшивающійся. Когда пропускная бумага сдѣлается совершенно сухою, то эту часть растенія оставляютъ на нѣсколько минутъ лежать въ покоѣ. Изъ рѣшетчатыхъ сосудовъ, рѣшетчатыхъ кѣлочекъ и камбиформа выступаетъ тогда сокъ въ видѣ хорошо ограниченныхъ капель, въ этотъ моментъ поверхность разрѣза прижимаютъ на $\frac{1}{2}$ —1 минуту къ реактивной бумагѣ, послѣ чего бумага представляетъ изображеніе разрѣза: всѣ мѣста соответствующія паренхимѣ — краснѣютъ, мѣста же кѣлочекъ содержащихъ слизь, соответствующія сосудистымъ пучкамъ, дѣлаются голубыми, если сокъ кѣлочекъ, содержащихъ слизь, щелочной.

наименьшаго сопротивленія ¹⁾). Но въ томъ же самомъ направленіи должна преимущественно быть и диффузія веществъ. Здѣсь, какъ и вездѣ, диффузія можетъ быть только слѣдствіемъ нарушеннаго, молекулярнаго равновѣсія; это нарушение происходитъ въ двухъ мѣстахъ, въ почкахъ (и вершинахъ корней) съ одной стороны, и въ усвояющихъ листьяхъ съ другой; въ первыхъ вещества постоянно потребляются: сахаръ и другія растворимыя соединенія переходятъ въ клѣтковину, бѣлковыя вещества, преобразуясь въ протоплазму, зерна хлорофилла и клѣточные ядра, дѣлаются нерастворимыми, вслѣдствіе чего по направленію къ этимъ мѣстамъ долженъ происходить диффузионный токъ растворенныхъ молекулей до тѣхъ поръ, пока вообще продолжается образованіе и ростъ клѣточекъ. Въ усвояющихъ листьяхъ (или органахъ замѣняющихъ ихъ) постоянно образуются растворимыя вещества, концентрація соковъ здѣсь увеличивается, и молекулы растворенныхъ веществъ должны отсюда притекать къ мѣстамъ меньшей концентраціи ²⁾), т. е. опять къ почкамъ и вершинамъ корней.

То же самое должно происходить, когда запасныя вещества въ сѣмянодоляхъ или какихъ нибудь другихъ органахъ ихъ накопленія растворяются во время прорастанія, распусканія почекъ и т. д.

Передача крахмала замкнутыми клѣточками тканей требуетъ особеннаго объясненія. Въ рядахъ паренхиматическихъ клѣточекъ, по которымъ движется крахмалъ, мы находимъ въ каждой изъ клѣточекъ маленькія зерна крахмала, обыкновенно лежація при одной изъ поперечныхъ стѣнокъ, пересѣкающихъ поперегъ направленіе движенія, что особенно ясно можно видѣть въ цвѣточныхъ ножкахъ. Эти зерна, по моему мнѣнію, находятся въ состояніи перемѣщенія; понятно самою собою, что они не могутъ проникнуть черезъ клѣточную оболочку въ видѣ зеренъ. Я уже въ первой моей работѣ, касающейся этого предмета, принялъ ³⁾), что каждое зерно растворяется въ этихъ проводящихъ слояхъ паренхимы. Растворенныя молекулы проникаютъ ближайшую клѣточную стѣнку и отлагаются здѣсь въ видѣ маленькаго крахмального зерна, чтобы затѣмъ вторично раствориться и проникнуть черезъ слѣдующую поперечную стѣнку. И здѣсь это движеніе растворенныхъ молекулей, прерываемое временнымъ преобразованиемъ ихъ въ зерно, должно происходить по направленію къ мѣсту потребленія. Нашему предположенію не противорѣчитъ то обстоятельство, что растворенныхъ крахмальныхъ молекулъ нельзя доказать въ данныхъ клѣточкахъ; можетъ быть, что зернышки крахмала при каждомъ ихъ раствореніи переходятъ въ глюкозу, которая не скопляется на столько, чтобы можно было доказать ея присутствіе микрохимическими средствами, потому именно, что она переходитъ въ ближайшую клѣточку, гдѣ опять отлагается въ видѣ крахмала. Невозможность доказать существованіе продукта растворенія не можетъ служить опроверженіемъ, такъ какъ мы во многихъ клѣ-

¹⁾ Эти соображенія, на которыя до сихъ поръ не было обращено вниманія, но которымъ я придаю большое значеніе, я изложилъ въ первый разъ въ *Flora* 1863, стр. 67. Они основываются на теоріи напряженія тканей Гофмейстера.

²⁾ Бѣлковыя вещества въ самихъ молодыхъ клѣточкахъ, находятся въ видѣ протоплазмы и постоянно потребляются на образованіе ея; они, слѣдовательно, не растворены, потому что протоплазма не есть растворъ.

³⁾ Sachs: «Ueber die Stoffe, welche das Material zur Bildung der Zellhäute liefern»: *Jahrbücher. f. wiss. Bot.* III, 249. продолженіе въ *Flora* 1863, стр. 72, ff.

точкахъ, въ которыхъ крахмалъ отлагается на продолжительное время, не можемъ доказать присутствія раствореннаго матеріала, изъ котораго образуются зерна или же должны принимать за такой матеріалъ глюкозу. Въ пользу изложеннаго взгляда говоритъ постоянная незначительность размѣра этихъ передвигающихся крахмальныхъ зеренъ¹⁾, что особенно ясно обнаруживается у прорастающихъ бобовъ, клубней картофеля и т. д. Въ сѣмядоляхъ и клубняхъ зерна очень велики, но въ проводящей паренхимѣ молодыхъ междоузлій крахмалъ встрѣчается только въ очень мелкихъ зернахъ, которыя по причинѣ повторяющагося растворенія и образованія не имѣютъ времени расти и увеличивать свой объемъ.

Отложеніе крахмалообразовательныхъ веществъ въ видѣ зеренъ, даетъ возможность накопляться большимъ массамъ этого вещества въ небольшомъ пространствѣ. Представимъ себѣ, напр., двѣ соприкасающіяся паренхиматическія кѣлочечки, изъ которыхъ А содержитъ сахаръ, В же его не содержитъ; очевидно диффузія въ этомъ случаѣ прекращается, какъ скоро въ А и В будетъ одна и та же концентрація сахара; и если кѣлочечки одинаковой величины, то В получаетъ половину количества сахара, находящагося въ А. Но если предположимъ, что сахаръ, перейдя въ В, отлагается тамъ въ видѣ крахмальныхъ зеренъ, то результатъ будетъ тотъ же, какъ будто сахаръ въ В совсѣмъ не переходилъ и новыя количества сахара изъ А будутъ постоянно поступать въ В и превращаться тамъ снова въ крахмалъ. Ясно, что при этомъ послѣдній атомъ сахара можетъ перейти изъ А въ В, и превратиться въ крахмалъ. Такимъ образомъ легко представить себѣ, какъ большое количество сахара, образующееся напр. мало по малу въ стеблѣ картофеля изъ продуктовъ усвоенія листьями, скопляется въ клубняхъ, превращаясь тамъ въ крахмалъ. Если бы сахаръ, мало по малу вырабатываемый въ стеблѣ, скоплялся въ клубняхъ картофеля въ видѣ раствора, не измѣняясь, то концентрація раствора постоянно должна была бы увеличиваться, и было бы невозможно объяснить, какимъ способомъ весь сахаръ (противно законамъ диффузіи) могъ бы перейти въ клубни; но при образованіи въ послѣднихъ крахмала понятно, какимъ образомъ послѣдній атомъ сахара переходитъ изъ стебля въ клубни, такъ какъ въ этомъ случаѣ въ послѣднемъ происходитъ не накопленіе, а постоянное потребленіе сахара вслѣдствіе превращенія его въ зерна крахмала. Очень можетъ быть, что существуетъ рядъ подобныхъ же процессовъ, въ силу которыхъ жирное масло проникаетъ черезъ замкнутыя кѣлочечныя стѣпки и передается по паренхимѣ; его накопленіе въ сѣмени можетъ быть представлено по схемѣ данной для крахмала.

Вышеизложенный способъ накопленія крахмала въ окончательно развитой ткани можетъ быть предположенъ съ незначительнымъ измѣненіемъ и для накопленія тростниковаго сахара въ свекловичномъ корнѣ. Если бы въ листьяхъ этого растенія вырабатывался тростниковый сахаръ и передавался черешками корню, то въ концѣ періода вегетаціи, растворъ тростниковаго сахара одной и той же концентраціи долженъ бы былъ находиться и въ листьяхъ и въ корнѣ, чего однако не бываетъ. Накопленіе раствора тростниковаго сахара въ тканяхъ свекловичнаго корня, т. е. постоянное увеличеніе концентраціи этого раствора въ корнѣ,

¹⁾ Подробнѣе въ моей исторіи прорастанія турецкаго боба, въ *Sitzungsber. d. kais. Akad. d. wiss.* 1859, XXXVII.

безъ еще большаго увеличенія концентраціи въ листьяхъ, можетъ быть объяснено тѣмъ, что накопленіе сахара въ корнѣ происходитъ при посредствѣ химическаго его превращенія. На основаніи микрохимическихъ реакцій есть вѣроятность принять, что въ листьяхъ образуется крахмалъ, переходящій въ листовомъ черешкѣ въ глюкозу, поступающую въ корень и тамъ превращающуюся въ тростниковый сахаръ. Если бы глюкоза листового черешка оставалась въ корнѣ глюкозой же, то скопленіе должно бы прекратиться, когда растворъ въ обоихъ органахъ сдѣлался одинаково концентрированнымъ; но если каждая частица глюкозы, поступающая въ корень, тотчасъ превращается въ тростниковый сахаръ, результатъ тотъ же, какъ если бы первая уничтожилась или осѣла. Такимъ образомъ новая частица глюкозы можетъ замѣнить ее изъ черешка, которая съ своей стороны точно также превратится въ тростниковый сахаръ и не будетъ препятствовать дальнейшей диффузіи глюкозы.

Химическій метаморфозъ въ этомъ смыслѣ вообще могъ бы сдѣлаться существенной причиной молекулярнаго движенія веществъ, т. е. диффузіи въ растеніи. Всякое движеніе диффузіи прекращается, какъ скоро наступаетъ равномерность распределенія вещества; но если въ одномъ мѣстѣ это вещество химически измѣняется, то это послужитъ къ нарушенію равновѣсія, которое необходимо повлечетъ за собой движеніе еще неизмѣненныхъ молекулъ къ мѣсту измѣненія.

XII

МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ.

Двѣнадцатый отдѣлъ.

О молекулярномъ строеніи организованныхъ частей клѣточекъ.

§ 106. Теорія Негели. Негели на основаніи свойствъ крахмальныхъ зеренъ, клѣточной оболочки и кристалловидныхъ образованій бѣлковыхъ веществъ по отпосленію ихъ къ поляризованному свѣту, и на основаніи явленій диффузій, ими представляемыхъ, предложилъ свое ученіе о молекулярномъ строеніи этихъ образованій, которое безспорно принадлежитъ къ наиболѣе замѣчательнымъ и плодотворнымъ ученіямъ въ области растительной физиологіи.

«Организованныя вещества», говоритъ Негели ¹⁾ въ повѣйшей своей работѣ, «состоятъ изъ кристаллическихъ, двояко преломляющихъ (составленныхъ изъ многочисленныхъ атомовъ) молекулъ, которыя лежатъ одна подлѣ другой свободно, но въ опредѣленномъ, правильномъ распредѣленіи; въ влажномъ состояніи, вслѣдствіе преобладающаго притяженія, каждая молекула окружена водяной оболочкой; въ сухомъ состояніи онѣ взаимно соприкасаются ²⁾. Поэтому въ организованномъ веществѣ должно принять двоякое притяженіе: одно связываетъ атомы, образуя молекулы, такимъ же образомъ, какъ при соединеніи ихъ для образованія кристалла; другое соединяетъ между собою молекулы». Для вѣрнаго пониманія этого ученія, прежде всего необходимо обратить вниманіе на то, что каждая отдѣльная изъ этихъ кристаллическихъ молекулъ ³⁾ сама по себѣ уже представляетъ очень сложное тѣло, такъ какъ она состоитъ изъ многочисленныхъ составныхъ частей, которыя Негели называетъ «атомами». Но и каждый изъ этихъ ато-

¹⁾ «Botanische Mittheilungen», von. C. Nägeli въ Sitzungsber. d. k. baier. Akad. d. wiss. 1862, 8 März, стр. 203.

²⁾ т. е. въ смыслѣ принятаго здѣсь въ основаніе атомистическаго ученія, по которому между кристаллическими молекулами не находится никакого другаго вѣсимаго вещества, по только свѣтовой эфиръ.

³⁾ Едва ли пужно упоминать, что сообразно обозначенію, употребляемому въ физикѣ, здѣсь и въ послѣдующемъ подъ молекулами надо постоянно понимать частицы столь незначительнаго размѣра, что ихъ невозможно видѣть даже при самыхъ сильныхъ увеличеніяхъ.

мовъ есть химически сложное образованіе; напр. въ крахмальномъ зернѣ или чистой клетчатой оболочкѣ каждый атомъ состоитъ¹⁾ по крайней мѣрѣ изъ $C_6H_{10}O_5$. «Атомъ», въ смыслѣ Негели, слѣдовательно, соответствуетъ тому, что новейшая теоретическая химія называетъ частицею.

1) Негели уже ранѣе²⁾ нашелъ что форма частицъ вещества, изъ которыхъ составляется крахмальное зерно, не можетъ быть шарообразная или эллиптическая; онъ заключилъ это изъ явленій пропитыванія жидкостями (Imbibition), сцепленія (Cohäsion) и роста зеренъ³⁾. Хотя онъ этимъ путемъ дошелъ до того, что сталъ считать эти крахмальные частицы многогранными, однакоже не рѣшался еще принять ихъ за кристаллическія; но изслѣдовавши ихъ дѣйствія на поляризованный свѣтъ, онъ рѣшился принять ихъ за кристаллическія и не только частицы крахмала, но также оболочки клеточки и кристаллоидовъ. Сравнивая дѣйствія, оказываемыя на поляризованный лучъ сжатымъ или расширеннымъ (expandirt) стекломъ, съ дѣйствіемъ на него крахмальныхъ зеренъ, клеточныхъ оболочекъ или кристаллоидовъ, Негели заключилъ, «что оптически дѣйствующіе элементы безъ исключенія распределены такимъ образомъ, что одна изъ осей упругости или плотности (ээпра въ нихъ) вертикальна къ (видимому) наслоенію; обѣ же остальные оси лежатъ въ плоскости каждаго отдѣльнаго слоя»⁴⁾. Основываясь на цвѣтахъ интерференціи въ поляризованномъ свѣтѣ, Негели заключилъ, что оптически дѣйствующіе элементы клеточной оболочки и вѣроятно также крахмальныхъ зеренъ, имѣютъ три различныя оси упругости или плотности, что они, слѣдовательно, принадлежатъ къ оптически двусоснымъ кристалламъ, и при этомъ бываетъ почти безъ исключенія, что или наименьшая или наибольшая ось плотности вертикальна къ видимому наслоенію. «Въ неизмѣненныхъ крахмальныхъ зернахъ, въ кутигуляризованныхъ клеточныхъ оболочкахъ (кутигуля и пробка), въ немногихъ одноклеточныхъ водоросляхъ наименьшая плотность ээпра (наибольшая упругость) находится въ вертикальномъ направленіи къ наслоенію. Въ обыкновенныхъ клеточныхъ оболочкахъ, напротивъ того, къ наслоенію перпендикулярна ось наибольшей плотности ээпра (наименьшей упругости). Изъ числа первыхъ, у крахмальныхъ зеренъ ось наименьшей плотности делитъ въ поперечномъ, у клеточекъ водорослей въ продольномъ тангенціальномъ направленіи. У вторыхъ ось наибольшая

¹⁾ Сложная частица, представляемая формулой $C_6H_{10}O_5$, во всякомъ случаѣ можетъ быть названа атомомъ, на сколько она по составу неѣдлима, ибо составныя части ея не могутъ быть раздѣлены безъ уничтоженія химическаго характера цѣлаго. «Атомы» въ смыслѣ Негели, слѣдовательно, не надо смѣшивать съ дѣйствительными простыми безпространственными атомами, какъ ихъ впервые понималъ Boscovich (ср. Fechner, Atomenlehre, Leipzig, 1864).

²⁾ Stärkeköerner, 1858, стр. 333 ff.

³⁾ Шарообразная форма молекулъ крахмальнаго зерна, пропитаннаго водой, при ихъ благоприятномъ расположеніи и непосредственномъ соприкосновеніи, требовала бы содержанія воды minimum 26% на 74% крахмала, тогда какъ опытъ показываетъ, что въ болѣе плотныхъ слояхъ крахмальнаго зерна содержаніе воды понижается до 14% (при 86% крахмала). Различіе въ сцепленіи молекулъ по разнымъ направленіямъ и сходство въ ихъ расположеніи доказываются тѣмъ, что при давленіи, высуханіи и разбуханіи образуются трещины, которыя исходятъ изъ органическаго центра, переѣкаютъ слои поперегъ и подъ прямымъ угломъ.

⁴⁾ Botanische Mitth., стр. 190 ff. Взглядъ Негели объ отношеніи плоскости поляризаціи къ плоскости колебанія и объ отношеніи этихъ плоскостей къ плотности ээпра изложенъ въ указанной статьѣ и въ «Beiträge zur wiss. Botanik, Leipzig, III, 1863».

шей плотности лежитъ чаще въ продольномъ направленіи, рѣже въ поперечномъ.» Эти оптическія дѣйствія не могутъ зависѣть отъ химической природы самаго вещества ¹⁾, но только отъ его строенія. При этомъ возникаетъ вопросъ, не могутъ ли быть причинами этого напряженія, подобныя тѣмъ, какія напр. проявляются въ накаленномъ стеклѣ, что утверждалъ Шульцъ. Негели положительно доказываетъ неосновательность этого мнѣнія, и его доказательство особенно важно, потому что ведетъ непосредственно къ положенію, приведенному въ началѣ этого отдѣла и совпадаетъ съ результатами, полученными Негели уже задолго прежде и совершенно другимъ путемъ. Въ крахмальныхъ зернахъ дѣйствительно существуютъ напряженія, какія должны проявиться, если оптическія дѣйствія сходны съ дѣйствіями накаленного стекла, но кутикула представляетъ въ слояхъ противоположныя напряженія, а между тѣмъ эллипсоидъ плотности ээира въ обоихъ случаяхъ имѣетъ одинаковое положеніе. Если бы вообще напряженія, зависящія отъ слоистаго строенія и роста крахмальныхъ зеренъ и кѣлочной оболочки, были причиной оптическаго дѣйствія, то они должны были бы или болѣею частью, или совершенно уничтожиться, когда эти тѣла разрѣзать на мелкіе куски, потому что тогда подобнаго рода напряженія уравниваются; этого однако не бываетъ. «Малѣйшіе кусочки ²⁾» оболочекъ имѣютъ тѣ же самыя оптическія свойства, какъ и въ томъ случаѣ, когда они входятъ въ составъ цѣльной кѣлочки.»

Предположеніе, что двойное лучепреломленіе кѣлочныхъ оболочекъ и крахмальныхъ зеренъ зависитъ отъ напряженія ихъ слоевъ, Негели опровергаетъ еще разительнѣе слѣдующимъ образомъ:

¹⁾ Г. ф. Моля (Bot. Zeitg., 1858, стр. 1), первый примѣнившій поляризационный микроскопъ къ правильному изслѣдованію внутренняго строенія организованныхъ образований и снабдившій инструментъ новыми полезными измѣненіями, предположилъ, что оптическая реакція зависитъ отъ самаго вещества, и что эта реакція можетъ указывать на химическое различіе тѣлъ. Негели приводитъ противъ такого взгляда прежде всего оптическіе доводы, а затѣмъ и слѣдующія наблюденія: 1) Есть кѣлочныя оболочки (*Bryopsis*, *Udotea*, *Halimeda*), которыя по всѣмъ прочимъ реакціямъ сходны съ обыкновенною кѣлочвиною, уклоняясь отъ нея только по положенію эллипсоида плотности. 2) Въ кѣлочныхъ оболочкахъ *Bryopsis* и *Caulerpa*, которыя въ оптическомъ отношеніи сходны съ кутикулою, иногда наружный слой бываетъ сходенъ съ обыкновенною кѣлочвиною оболочкою по отношенію къ цвѣтамъ интерференціи. 3) Оболочки *Caulerpa* и *Acetabularia*, разсматриваемыя съ поверхности, даютъ мѣстами «положительные» и мѣстами «отрицательные» цвѣта. 4) У *Nitella syncarpa* членики корневыхъ волосковъ и нижнее стеблевое междоузліе представляютъ подобное же отличіе отъ стеблей и вѣтвей. 5) Старая древесина *Abies excelsa* и *pectinata* на поперечномъ разрѣзѣ представляетъ ту же реакцію (положительную въ смыслѣ Моля), какъ и крахмальныя зерна, между тѣмъ какъ первичный слой этихъ кѣлочекъ сходенъ по реакціи съ обыкновенною кѣлочной оболочкою, что свойственно и продольному разрѣзу. 6) Кѣлочвиный скелетъ, остающійся по извлеченіи изъ крахмальнаго зерна гранулѣзы и въ химическомъ отношеніи сходный съ целлюлозою кѣлочной оболочки, оптически отличается отъ послѣдней и сходенъ съ крахмаломъ. Образъ возрѣнія Моля вообще существенно отличался отъ образа возрѣнія Негели. Моля намѣлъ, что если поляризованный лучъ проходитъ черезъ тонкую пластинку гипса или слюды, то лежащія на пластинкѣ крахмальныя зерна и кѣлочныя оболочки отличаются другъ отъ друга подобнымъ же образомъ, какъ такъ называемые положительныя и отрицательныя кристаллы. Негели однако показалъ, что этого различія провести нельзя и что прежде всего нужно только опредѣлить положеніе и относительную величину осей плотности ээира (Nägeli, Mittheilungen, loc. cit., стр. 198).

²⁾ Nägeli, Bot. Mitth., loc. cit., стр. 209.

«Слоистую оболочку *Caulegra*, проникнутую водой, можно посредствомъ сгибания и складывания растягивать и укорачивать, такъ что различіе между обоими предѣлами равно удлинненію на 42 %, или укорачиванію на 30 %, причемъ въ цвѣтахъ интерференціи не происходитъ замѣтнаго глазу измѣненія, между тѣмъ какъ въ анизотропической стеклянной нити ¹⁾, достаточно расширенія на 0,001 (слѣдовательно $\frac{1}{10}$ %), чтобы замѣтнымъ образомъ измѣнить цвѣтъ». Различныя другія кѣлочныя оболочки представляютъ совершенно подобное же явленіе и Негели приводитъ какъ вполне характеристическій признакъ для организованныхъ тѣлъ, проникнутыхъ водой, что они могутъ подвергаться относительно весьма значительнымъ механическимъ измѣненіямъ, безъ проявленія соотвѣстныхъ оптическихъ реакцій. Что это свойство не обуславливается химическимъ составомъ, онъ выводитъ изъ того, что камедь, декстрины и сахаръ, въ оптическомъ отношеніи представляютъ такія же явленія, какъ стекло и кристаллы, между тѣмъ какъ по химическому составу они сходны съ кѣлковиною. «Если прямую кѣлочную оболочку, по Негели ²⁾, согнуть до извѣстной степени, или согнутую оболочку выпрямить, то она затѣмъ опять принимаетъ прежнюю форму и положеніе, изъ чего слѣдуетъ, что она въ извѣстныхъ границахъ упруга, т. е. въ ней не бываетъ такого перемѣщенія мельчайшихъ частей, которое бы затѣмъ сохранилось. Согнутая оболочка, бывшая первоначально прямою, представляетъ, какъ выше было упомянуто, тѣ же цвѣта интерференціи, что и до сгибания; но тѣ оси плотности ээира, которыя между собою были параллельны, принимаютъ теперь положеніе радіусовъ. Это доказываетъ, что въ предѣлахъ упругости оптически дѣйствующіе элементы не подвергаются ни какому другому перемѣщеніямъ, кромѣ крайне незначительнаго вращенія соотвѣствующаго изгибу. Органическимъ тѣламъ свойственна слѣдовательно упругость, болѣею частью независимая отъ упругости или плотности ээира оптически дѣйствующихъ элементовъ.» Эти элементы въ кѣлочной оболочкѣ лежатъ такъ же свободно, какъ зерна несчаной кучки ³⁾, потому что если бы они были связаны какъ бревна въ строеніи, или какъ стѣнки сотъ, то сдавливаніе и растягиваніе необходимо бы измѣняли ихъ оптическія свойства. Упругость, вызываемая сгибаніемъ кѣлочной оболочки, остается безъ всякаго вліянія на плотность ээира въ двоякопреломляющихъ элементахъ. До подобнаго результата Негели дошелъ уже въ своемъ сочиненіи о крахмальныхъ зернахъ (стр. 342), указавъ на то, что увеличеніе объема органическихъ тѣлъ вслѣдствіе принятія воды только тогда возможно объяснить, если допустить, что каждая молекула вещества облекается водяной оболочкой, которая ея притяги-

¹⁾ Если согнуть стеклянную нить, то достаточно весьма незначительнаго растяженія или сжатія, чтобы вызвать явственные оптическія измѣненія. Если стекло, имѣющее толщину въ 20 мик. (0,020 мм.), вытянуть или сжать на 0,012 первоначальной длины, то на темномъ полѣ зрѣнія поляризаціоннаго микроскопа оно будетъ свѣтло-голубоватымъ и красный цвѣтъ перваго порядка гипсовой пластинки понизится до желтаго I-го порядка или повысится до голубаго II-го и т. д., Негели, I. с., стр. 201.

²⁾ *Loc. cit.*, стр. 202.

³⁾ Брже доказать, что и мускульныя волокна вѣроятно имѣютъ подобное же строеніе; по его мнѣнію, анизотропія этихъ волоконцевъ зависитъ отъ маленькихъ твердыхъ изолированныхъ тѣлъ, которыя преломляютъ свѣтъ сильнѣе, чѣмъ изотропическая основная масса, въ которой они заключены. Кристаллическія молекулы Негели соотвѣствуютъ этимъ дисдиакластамъ Брюе, но вмѣсто основнаго вещества мускульныхъ волоконцевъ въ пропитанныхъ жидкостью растительныхъ тѣлахъ находится изотропическая вода.

вается съ такую силою, что преодолевается взаимное притяженіе сосѣднихъ молекулей, такъ что разстояніе между послѣдними увеличивается. Если бы молекулярное строеніе походило на губку, такъ что молекулы образовали бы крѣпко связанный остовъ съ промежутками, которые въ безводномъ состояніи содержатъ воздухъ, а при пропитываніи водою наполняются послѣднею, то объемъ при пропитываніи оставался бы безъ измѣненія. Крахмалъ можетъ при разбуханіи увеличить свой объемъ до 27-ми разъ и тогда, по Негели, содержитъ 90—98 % воды; целлюлёза, разбухнувшая въ видѣ студени, можетъ принять даже до 200 объемовъ воды. Если бы при этомъ твердыя частицы были соединены въ видѣ «петлеобразнаго скелета (maschiges Gerippe), промежутки котораго наполняются жидкостью, то крахмалъ и целлюлёза должны бы были обладать очень высокой степенью расширяемости, чего имъ (въ сухомъ состояніи) почти совсѣмъ недостаетъ.» Предположеніе, что при пропитываніи жидкостью сухихъ крахмальныхъ зеренъ, клеточныхъ оболочекъ и кристаллоидовъ, проникнувшая вода разъединяетъ молекулы и при этомъ производитъ незначительныя измѣненія въ ихъ относительномъ положеніи и направленіи, согласно съ фактомъ, указаннымъ Негели, что органическое вещество, пропитываясь жидкостью, никогда не усиливаетъ своихъ двоякопреломляющихъ свойствъ, но напротивъ, обыкновенно ихъ уменьшаетъ и притомъ въ болѣеи степени, чѣмъ это обусловливается однимъ увеличеніемъ поперечнаго разрѣза ¹⁾.

II. Группировка кристаллическихъ молекулей можетъ быть различная, смотря по природѣ органическаго вещества. Въ кристаллоидахъ ²⁾ бѣлковыхъ веществъ онѣ располагаются одна возлѣ другой подобно тому, какъ въ настоящихъ кристаллахъ, т. е. однородныя оси отдѣльныхъ молекулей находятся въ одномъ направленіи. Отличіе отъ настоящаго кристалла состоитъ только въ томъ, что въ кристаллоидѣ отдѣльныя молекулы могутъ облекаться водою, между тѣмъ какъ настоящій кристаллъ непроницаемъ; кристаллоиды, поэтому вслѣдствіе пропитыванія измѣняютъ объемъ и углы. Плоскій кусокъ клеточной оболочки можетъ быть сравненъ въ этомъ отношеніи съ кристаллоидомъ, у котораго развиты только двѣ плоскости. Напротивъ, въ тѣлахъ съ концентрическимъ наслоеніемъ однѣ однородныя оси всѣхъ кристаллическихъ молекулей расположены радіально, остальные тангенціально.

Кристаллическія молекулы не тождественны съ молекулами химическаго соединенія, а происходятъ изъ соединенія многочисленныхъ молекулей послѣдняго рода; эта нетождественность главнымъ образомъ слѣдуетъ изъ большаго различія въ ихъ величинѣ, а послѣднее Негели ³⁾ остроумно выводитъ изъ различія въ содержаніи воды въ веществахъ сходныхъ по химическому составу. Эти выводы, сдѣланные имъ сначала только относительно крахмальныхъ зеренъ, применимы и къ клеточнымъ оболочкамъ и даже кристаллоидамъ, такъ какъ и въ тѣхъ и въ другихъ встрѣчаются другъ возлѣ друга части богатыя и бѣдныя водою. Если бы двоякопреломляющія кристаллическія молекулы крахмальнаго зерна и т. д., были бы равны между собою по величинѣ, то содержаніе воды въ зер-

¹⁾ Nägeli: Bot. Mitth., loc. cit., стр. 205.

²⁾ Nägeli: «Ueber die aus Proteinsubstanzen bestehenden Krystalloide der Paranuss (Bertholletia excelsa)», Bot. Mitth., loc. cit. 11 іюля 1862, стр. 238.

³⁾ «Stärkekörner», стр. 333 и 344.

нѣ во всѣхъ мѣстахъ должно бы быть одинаковое, потому что вода, содержащаяся въ веществѣ, притягивается молекулами, и если послѣднія одинаковой величины и одинаковаго вѣса, то должны притягивать одинаковое количество воды. Нельзя объяснить различное содержаніе воды въ плотныхъ и мягкихъ слояхъ крахмального зерна (клеточной оболочки, кристаллоида) химическимъ различіемъ молекулъ, въ силу котораго онѣ могли бы удерживать различной толщины водяныя оболочки, потому что тогда безпрѣдѣльному различію въ содержаніи воды разныхъ частей крахмального зерна должно бы было соотвѣтствовать такое же разнообразіе химическаго состава молекулъ. Напротивъ того, различное содержаніе воды въ разныхъ и смежныхъ мѣстахъ крахмального зерна, въ клеточной оболочкѣ или кристаллоидѣ вполне объясняется, если допустить, по Негели, что мѣста богатая водою состоятъ изъ мелкихъ, а бѣдная водою изъ большихъ кристаллическихъ молекулъ, причемъ сами молекулы вполне непроницаемы для воды и скопляютъ ее только на своей поверхности. Если предположить, что химически однородныя молекулы различной величины скопляютъ около себя одинаковой толщины водяныя оболочки, то кубическій миллиметръ самыхъ мелкихъ молекулъ долженъ образовать богатое водою вещество, кубическій миллиметръ самыхъ большихъ — скудное по содержанію воды вещество. Но Негели, вычисленіемъ, основаннымъ на предположеніи, что притяженіе воды зависитъ отъ массы молекулъ, доказалъ, что болѣе крупныя молекулы въ такомъ случаѣ должны имѣть болѣе тонкую водяную оболочку чѣмъ мелкія молекулы; къ тому же результату приводитъ вычисленіе, если допустить, что молекулы притягиваютъ воду только поверхностью. Съ увеличеніемъ объема молекулъ должно, слѣдовательно, уменьшаться содержаніе воды въ слоѣ крахмального зерна, или клеточной оболочки, и, наоборотъ, большее или меньшее содержаніе воды въ слоѣ надо объяснять различной величиной молекулъ.

Если въ химически-однородномъ веществѣ, содержащемъ въ одномъ случаѣ 14, въ другомъ 70, въ третьемъ 98 % воды, молекулы сходны по формѣ и распределены однообразно (что доказывается явленіями поляризаціи), то въ первомъ случаѣ онѣ должны быть въ 1000 и 9000 разъ больше, чѣмъ во второмъ и въ третьемъ. Поэтому, самый плотный крахмалъ состоитъ изъ молекулъ, которыя въ 9000 разъ больше молекулъ самыхъ мягкихъ и самыхъ богатыхъ водою слоевъ крахмала, абсолютное же число молекулъ самаго плотнаго крахмала вѣроятно въ нѣсколько разъ болѣе 9000, потому что молекулы самыхъ мягкихъ слоевъ весьма вѣроятно сами состоятъ изъ нѣсколькихъ простыхъ молекулъ. Для самой плотной и самой богатой водою клеточной оболочки это различіе въ величинѣ молекулъ должно бы быть еще разительнѣе, потому что здѣсь разницы въ содержаніи воды еще гораздо больше. — Величина кристаллическихъ молекулъ можетъ возрастать вслѣдствіе отложенія на нихъ простыхъ молекулъ и тогда вещество дѣлается плотнѣе, какъ это происходитъ при ростѣ крахмальныхъ зеренъ. Маточный растворъ, изъ котораго организованное образованіе извлекаетъ частицы своего вещества, проникаетъ между составными молекулами и на поверхности послѣднихъ отлагается однородное съ ними вещество, подобно тому какъ это происходитъ при наростаніи кристалла, такъ что вся масса взятая въ дѣлности увеличивается вставкою (*Intussusceptio*) новыхъ частицъ между прежними, между тѣмъ какъ каждая отдѣльная молекула

этой массы увеличивается присоединениемъ новыхъ частицъ снаружи (Appositio). — Уменьшение молекулъ можетъ произойти вслѣдствіе растворенія ихъ, причемъ растворяющая среда проникаетъ между молекулами и растворяетъ извѣстную отдѣльную кристаллическую молекулу; такой случай однако еще не извѣстенъ съ точностью. Напротивъ того, по мнѣнію Негели, молекулы могутъ уменьшаться отъ распадѣнія на части. Онъ заключаетъ это изъ явленій разбуханія крахмальныхъ зеренъ. Вещество зерна, окончательно измѣнившееся подъ вліяніемъ среды, обуславливающей разбуханіе, отлагаетъ въ себѣ огромную массу воды и соотвѣтственно этому увеличивается въ объемѣ, что, на основаніи вышеприведеннаго, можетъ произойти только вслѣдствіе того, что молекулы сдѣлались многочисленнѣе и мельче, а это едва ли можетъ произойти иначе какъ черезъ распадѣніе. Каждый кусочекъ молекулы образуетъ около себя водяную оболочку и удаляетъ отъ себя такимъ образомъ другіе кусочки, чѣмъ одновременно объясняется обиліе воды и увеличеніе объема вещества. Съ этимъ предположеніемъ согласно также сообщенное послѣдствіемъ Негели наблюденіе ¹⁾, что крахмальные зерна и клѣточные оболочки, разбухнувшія вслѣдствіе вліянія жара, щелочей и кислотъ, съ увеличеніемъ объема совершенно теряютъ двойкопреломляющія свойства.

III. Пропитываніе ²⁾ организованныхъ образованій жидкостью (Imbibition), т. е. ихъ способность всасывать воду между частицами вещества, увеличивая при этомъ свой объемъ, доказываетъ, что молекулы имѣютъ болѣе сильную притяженію къ водѣ, чѣмъ къ сосѣднимъ молекуламъ вещества, что однако продолжается только до тѣхъ поръ, пока разстояніе между молекулами не достигнетъ извѣстнаго предѣла, послѣ чего дальнѣйшее всасываніе воды прекращается, потому что тогда притяженіе молекулъ вещества между собою столь же велико или даже больше, чѣмъ притяженіе къ водѣ. Этотъ фактъ, по Негели, можно объяснить тѣмъ, что притяженіе воды веществомъ обратно пропорціонально болѣе высокимъ степенямъ разстоянія ³⁾, чѣмъ взаимное притяженіе молекулъ вещества. Если назовемъ притяженіе воды B , взаимное притяженіе молекулъ A , а черезъ D обозначимъ разстояніе между двумя частицами вещества, то пропитываніе прекратилось бы, когда $\frac{B}{D^2 + \nu}$ сдѣлалось равнымъ величинѣ $\frac{A}{D^2}$. Основываясь на этомъ предположеніи, Негели доказалъ, что болѣе крупныя молекулы отдѣляются болѣе тонкими слоями воды, чѣмъ болѣе мелкія молекулы. Вычисленіе приводитъ къ этому результату, какъ при томъ предположеніи, что вода притягивается всею массою молекулъ, такъ и при томъ, что она притягивается только ихъ поверхностью. Но, что даже при постоянномъ ростѣ молекулъ, онѣ не могутъ придти въ соприкосновеніе (если тѣло, способное пропитываться жидкостью, окружено водой), слѣдуетъ точно также изъ предыдущаго, потому что, съ уменьшеніемъ разстоянія, притяженіе къ водѣ увеличивается быстрѣе, чѣмъ взаимное притяженіе вещества. Изъ сдѣланнаго предположенія далѣе слѣдуетъ, что водяныя оболочки кристаллическихъ молекулъ

¹⁾ Bot. Mitth. I. c., стр. 205.

²⁾ Nägeli, «Stärkeköerner», стр. 345, и особенно, стр. 346.

³⁾ О возможности существованія силъ, обратно пропорціональныхъ не квадратамъ, но высшимъ степенямъ разстоянія, сравни Fechner, «Atomenlehre» (Leipzig, 1864), стр. 126 и Cap. XXV.

должны имѣть въ различныхъ мѣстахъ поверхности послѣднихъ различную толщину¹⁾; меньшему поперечнику соотвѣтствуетъ водяная оболочка болѣе толстая, чѣмъ большому поперечнику той же самой молекулы. Поэтому молекулы вещества по направленію длинной оси будутъ сильнѣе сѣплены, чѣмъ по направленію перпендикулярному къ ней. При высыханіи крахмальныхъ зеренъ въ нихъ появляются трещины, исходящія отъ органическаго центра по радіальному направленію и пересѣкающія слои перпендикулярно. Это доказываетъ, что при высыханіи отнимается между молекулами каждаго слоя болѣе воды, чѣмъ между двумя слоями, и что связь между послѣдующими концентрическими молекулярными слоями больше, чѣмъ взаимная связь между молекулами одного и того же слоя. Изъ предъидущаго слѣдуетъ заключить, что длиннѣйшія оси кристаллическихъ молекулей крахмальныхъ зеренъ лежатъ въ радіальномъ направленіи, а это можетъ быть, въ связи съ тѣмъ, что, какъ показалъ Негели, для молекулей крахмальныхъ зеренъ ось наименьшей плотности ээира вертикальна къ наслоенію.

IV. Относительно происхожденія кристаллическихъ молекулей, именно образованія зачатка крахмального зерна или кристаллоида въ маточномъ растворѣ, или зачатка клеточной оболочки на внѣшней поверхности протоплазмы, Негели еще не высказалъ своего мнѣнія²⁾, но за то онъ весьма подробно изложилъ ученіе о молекулярныхъ процессахъ, совершающихся при ростѣ крахмальныхъ зеренъ; это его ученіе имѣетъ значеніе еще и въ настоящее время и въ важнѣйшихъ основныхъ чертахъ можетъ быть приложено къ клеточной оболочкѣ и кристаллоидамъ. При этомъ должно замѣтить, что ученіе о молекулярныхъ процессахъ роста основано на томъ фактѣ, что ростъ во всѣхъ случаяхъ происходитъ посредствомъ вставки (*Inlussusceptio*); этотъ фактъ самъ по себѣ совершенно независимъ отъ молекулярной теоріи и поэтому служить ей опорой. Впрочемъ, я здѣсь долженъ также ограничиться болѣе описаніемъ процессовъ въ общихъ чертахъ, такъ какъ подробное доказательство потребовало бы много мѣста и такъ какъ Негели подробно изложилъ свое ученіе въ своемъ большомъ сочиненіи.

Между кристаллическими молекулами организованнаго и пропитаннаго жидкостью образованія находятся не только водяныя оболочки, но кромѣ того молекулярные промежутки, наполненные жидкостью. Въ эти промежутки проникаетъ маточный растворъ³⁾, изъ котораго образуется крахмальное зерно, клеточная оболочка, или кристаллоидъ. Различныя притяженія, обнаруживающія здѣсь свое вліяніе, обуславливаютъ съ одной стороны образованіе новыхъ кристаллическихъ молекулей и ихъ увеличеніе, съ другой стороны постоянный притокъ раствора въ промежутки. Очень можетъ быть, что при питаніи кристаллоида, молекулы, растворенныя въ маточномъ растворѣ, имѣютъ ту же химическую природу, какая свойственна образующимся изъ нихъ кристаллическимъ молекулямъ. Но при образованіи клеточной оболочки и крахмальныхъ зеренъ, вещество растворенныхъ молекулей маточнаго раствора при своемъ соединеніи въ кристалличе-

1) «Stärkeköerner», стр. 355.

2) Сравни однако «Stärkeköerner», стр. 368.

3) Растворомъ, называемымъ мною здѣсь для краткости маточнымъ, для крахмального зерна можетъ служить клеточный сокъ, или вещество пропитывающее хлорофиллъ; для клеточной оболочки надо себѣ представить растворъ, выдѣляющійся изъ протоплазмы и проникающій въ существующую уже оболочку.

скія молекулы должно претергивать химическое измѣненіе, такъ какъ мы въ живо́й кѣлѣткѣ не находимъ раствореннаго крахмала или растворенной кѣлѣтковины. Негели принимаетъ декстринъ за то вещество, которое, переходя изъ раствора въ твердое состояніе и претергивая химическое превращеніе, даетъ крахмаль. Но столь же основательно, а можетъ быть и болѣе, будетъ принять за такое вещество глюкозу. Притяженіе кристаллическихъ молекулей организованнаго образованія къ водѣ сильнѣе притяженія ихъ къ раствореннымъ молекулямъ маточнаго раствора. Но съ разстояніемъ первое уменьшается быстрѣе послѣдняго. Питательная жидкость, проникающая извнѣ въ крахмальное зерно, должна поэтому представлять слѣдующее распредѣленіе: ¹⁾ «Жидкія оболочки, окружающія молекулы, состоятъ изъ слабаго раствора и притомъ такъ, что ближе всего къ самой поверхности (молекулы) находятся частицы воды, атомы же вещества (молекулы маточнаго раствора) разсѣяны между частицами воды тѣмъ многочисленнѣе, чѣмъ болѣе приближаются къ наружной границѣ (водяной оболочки). Въ промежуткахъ, находящихя между водяными оболочками, содержится болѣе концентрированная жидкость (соотвѣтствующая внѣшней оболочкѣ отдѣльной и свободно плавающей молекулы); болѣе концентрированный растворъ окружаетъ также все зерно (т. е. съ наружной стороны водяныхъ оболочекъ самыхъ крайнихъ молекулей).» Въ такой системѣ равновѣсіе силъ нарушается каждымъ химическимъ и физическимъ измѣненіемъ пропитывающаго или окружающаго раствора. Такъ какъ внутри организованнаго образованія отложеніе растворенныхъ молекулей происходитъ на поверхности уже существующихъ кристаллическихъ молекулей, и такъ какъ растворенныя молекулы служатъ для образованія новыхъ кристаллическихъ молекулей внутри этого организованнаго образованія, то долженъ существовать постоянный токъ по направленію отъ поверхности во внутрь, движущійся преимущественно въ промежуткахъ между молекулами, причемъ ближе къ поверхности каждой кристаллической молекулы токъ долженъ быть медленнѣе. Такъ какъ изъ проникнувшаго маточнаго раствора удерживается гораздо болѣе самаго вещества чѣмъ воды, то часть послѣдней должна опять выступить наружу, что вѣроятно происходитъ ближе къ поверхности молекулей, въ видѣ тока направленнаго кнаружи. Сила этихъ движеній должна быть очень велика ²⁾, и движущіяся молекулы раствора могутъ въ силу инерціи прорываться чрезъ водяныя оболочки кристаллическихъ молекулей и на столько приблизиться къ поверхности послѣднихъ, что подвергаются химическому притяженію, дѣйствующему на гораздо меньшихъ разстояніяхъ, и осѣдаютъ на поверхности кристаллическихъ молекулей. Подобнымъ же образомъ должны образоваться въ промежуткахъ новыя мелкія кристаллическія молекулы. Въ движеніи раствореннаго вещества по промежуткамъ должны проявляться разныя неправильности и двѣ или болѣе изъ растворенныхъ молекулей могутъ такъ сильно столкнуться, что несмотря на толстыя водяныя оболочки сблизятся на столько, что подъ вліяніемъ химической силы соединяются въ одну составную молекулу, облекающуюся одною общою водяною оболочкою. Эта молекула растетъ затѣмъ уже черезъ присоединеніе новыхъ частицъ съ поверхности (Appositio). Нароста-

¹⁾ Nägeli «Stärkekorner», стр. 356.

²⁾ О силѣ дѣйствующихъ при этомъ, можно составить себѣ понятіе, представивъ, что по Жамэну сила пропитыванія крахмала и древесины можетъ уравновѣшивать давленіе болѣе 5—6 атмосферъ.

ние кристаллических молекул идет тем быстрее, чем они крупнее, так как с увеличением их размера утончаются водяные оболочки, и следовательно чрез них легче проникают молекулы раствора. С увеличением их размеров, они все больше и больше сближаются и промежутки между ними постоянно дѣлаются уже, вследствие чего замедляется движение маточного раствора, а вмѣстѣ съ тѣмъ и дальнѣйшее нарастаніе самых молекул. Наростаніе молекул влечет за собою увеличеніе напряженій въ молекулярныхъ слояхъ, вследствие чего увеличиваются промежутки въ извѣстныхъ мѣстахъ, а это содѣйствуетъ образованію новыхъ кристаллическихъ молекул и ихъ нарастанію. Негели весьма подробно изложилъ нарастаніе молекул въ крахмальныхъ зернахъ, но не коснулся нарастанія ихъ въ клеточной оболочкѣ, гдѣ ростъ долженъ обуславливать напряженія иного рода, чѣмъ въ крахмальныхъ зернахъ.

Уже изъ цитатъ видно, что «Теорія Негели», изложена мною въ иной послѣдовательности, чѣмъ имъ самимъ, но я надѣюсь, что мое изложеніе настолько согласно съ его взглядомъ, на сколько это вообще возможно для посторонняго. Затрудненіе для меня состояло особенно въ томъ, что Негели современи появленія своего большаго сочиненія о крахмалѣ, значительно измѣнилъ свой взглядъ относительно формы молекул.

а. Крахмальные зерна.

§ 107. Разложеніе крахмальныхъ зеренъ на ближайшія и болѣе отдаленныя составныя части. При микроскопическомъ изслѣдованіи крахмальныхъ зеренъ въ неизмѣненномъ состояніи, они представляются въ видѣ твердыхъ тѣлъ¹⁾, состоящихъ, при достаточной величинѣ, изъ перемежающихся болѣе и менѣе плотныхъ слоевъ, расположенныхъ концентрически около органическаго центра (болышею частью несовпадающаго съ центромъ всего зерна). Мягкія части кажутся красноватыми, болѣе плотныя бѣловатыми или голубовато-бѣлыми; граница между плотнымъ и мягкимъ слоемъ обыкновенно рѣзко обозначена²⁾.

Каждый изъ этихъ слоевъ состоитъ изъ крахмального вещества и воды; количество послѣдней темъ значительнѣе, чѣмъ мягче и чѣмъ менѣе плотенъ слой; самые плотные слои содержатъ наименьшее количество воды. Само крахмальное вещество состоитъ изъ двухъ химически различныхъ органическихъ соединеній, отличающихся другъ отъ друга растворимостью и реакціей съ іодомъ, но въ каждой видимой точкѣ зерна они такъ тѣсно соединены, что по извлеченіи болѣе растворимаго соединенія (гранулёзы) остается остовъ, состоящій изъ менѣе растворимаго вещества (целлюлёзы), сохраняющаго въ цѣлости строеніе зерна. Однако еще не рѣшено, состоитъ ли каждая изъ двоякопреломляющихъ (кристаллическихъ) молекулъ зерна одновременно изъ обоихъ веществъ, или же все зерно состоитъ изъ смѣшенія различныхъ молекулъ, изъ которыхъ однѣ состоятъ изъ одной «гранулёзы», другія изъ одной «целлюлёзы». Химическая природа этихъ обѣихъ составныхъ частей еще неизвѣстна съ точностію. При помощи химическихъ средствъ, дѣйствующихъ разрушительно за-разъ на всю массу зерна, получается декстринъ и глюкоза (декстроза), что по новѣйшимъ даннымъ происходитъ

¹⁾ Nageli «Stärkekorner», стр. 16.

²⁾ Составныя зерна мы можемъ здѣсь оставить въ егоронѣ, такъ какъ все сказанное примѣнимо и къ каждому изъ вторичныхъ зеренъ.

вслѣдствіе распаденія, такъ что образуется (при поглощеніи воды) одновременно декстрины и декстроза.

Участіе, принимаемое при этомъ превращеніи плотными и мягкими слоями, а также и обоими веществами (изъ которыхъ они состоятъ), еще съ точностью неизвѣстно; впрочемъ средства, вызывающія эти измѣненія, дѣйствуютъ на гранулѣзу быстрѣе, чѣмъ на целлюлѣзу. Часть (раздробленнаго) крахмального зерна растворима въ холодной водѣ и растворъ сохраняетъ одно изъ характеристическихъ свойствъ гранулѣзы, именно одинъ іодъ тотчасъ окрашиваетъ его въ голубой цвѣтъ¹⁾; но еще вопросъ, все ли количество гранулѣзы зерна растворяется въ холодной водѣ или только часть. Этотъ водный растворъ одной изъ составныхъ частей крахмального зерна не встрѣчается въ растеніи и не въ состояніи проникать діосмотически чрезъ живой первичный мѣшочекъ²⁾.

а) Содержаніе воды. Если сухой картофельный крахмалъ остается 4—6 дней въ насыщенномъ парами пространствѣ³⁾ при 20° Ц. и если болѣе не замѣчается увеличенія въ вѣсѣ, то онъ принимаетъ по Негели до 35% воды. Въ свѣжемъ состояніи крахмалъ содержитъ вѣроятно болѣе воды, около 40% или $\frac{2}{5}$ вѣса. Другіе сорта крахмала еще богаче водой, количество которой доходитъ до 60—70%, какъ это заключилъ Негели изъ образующихся полостей. Это содержаніе воды можно разсматривать какъ нормальную составную часть зерна. Если сухой картофельный крахмалъ поглощаетъ 54%, то его объемъ по Пайену увеличивается на 50%. Высушенный на воздухѣ картофельный крахмалъ содержитъ еще 18% воды. Что оптическое различіе болѣе и менѣе плотныхъ слоевъ зерна зависитъ отъ различнаго содержанія воды, Негели выводитъ изъ того обстоятельства, что отнятіе воды (напр. посредствомъ безводнаго алкоголя) влечетъ за собой исчезновеніе всѣхъ менѣе плотныхъ (красноватыхъ) частей, которыя дѣлаются по виду сходными съ самыми плотными слоями, такъ что наслоеніе исчезаетъ и все зерно дѣлается бѣловатымъ, причемъ оно стягивается. Такое однородное зерно по плотности нѣсколько превышаетъ самое плотное вещество свѣжаго зерна. Независимо отъ смѣсы твердыхъ и мягкихъ слоевъ, содержаніе воды въ зернѣ возрастаетъ по направленію отъ поверхности къ органическому центру, вслѣдствіе того, что болѣе внутрь преобладаютъ мягкіе, болѣе кнаружи плотные слои; это свойственно и сложнымъ зернамъ, но тогда каждое частное зерно имѣетъ свое maximum содержанія воды. Въ каждомъ отдѣльномъ слойѣ содержаніе воды значительнѣе въ направленіи тангентальномъ, чѣмъ въ радіальномъ; это слѣдуетъ изъ того обстоятельства, что при высыханіи всегда образуются трещины, пересѣкающія слои радіально, что очевидно объясняется только болѣею потерей воды въ тангентальномъ, чѣмъ въ радіальномъ направленіи.

Если высухшій крахмалъ вновь принимаетъ воду, то она распределяется нѣсколько иначе чѣмъ прежде. Пустота, образовавшаяся при высыханіи въ центрѣ и трещины не исчезаютъ; изъ этого слѣдуетъ, что отложеніе воды, при смачиваніи высушеннаго зерна, происходитъ сильнѣе въ корѣ и вообще въ плотныхъ слояхъ.

б) Разложеніе крахмального вещества на двѣ химически различныя составныя части, соединенныя во всѣхъ точкахъ зерна, открыто впервые Негели при дѣйствіи слюны. Онъ нашелъ⁴⁾, что слюна при 40—47° Ц. постепенно проникаетъ въ крахмальное зерно и обуславливаетъ исчезновеніе вещества гранулѣзы, причемъ оставшееся, нѣсколько уменьшенное въ размѣрѣ зерно сохраняетъ строеніе цѣлага зерна, т. е. наслоеніе и существовавшія уже прежде трещины. Оставшійся остовъ состоитъ изъ неплотнаго вещества, что видно уже изъ подвижности его въ водѣ; онъ не окрашивается іодомъ въ голубой цвѣтъ а принимаетъ красный и подобные оттѣнки. Несмотря на бѣдность въ веществѣ, зерно однакожъ ломко, при высыханіи стя-

¹⁾ Еще не рѣшено, вся ли масса гранулѣзы входящей въ составъ зерна или только часть ея растворима въ холодной водѣ.

²⁾ Минеральныя и прочія отложенія въ крахмальномъ зернѣ, по количеству столь незначительны и притомъ такъ мало извѣстны, что ихъ здѣсь можно пройти молчаніемъ. По Негели зерна содержатъ также сгущенныя газы.

³⁾ Nägeli «Stärkekörner», стр. 53—54.

⁴⁾ Nägeli «Stärkekörner», стр. 121.

гивается и на поляризованный светъ дѣйствуетъ подобно цѣльному нетронутому зерну (Моль). Негели принимаетъ оставшееся вещество за целлюлѣзу, на основаніи реакціи съ іодомъ ¹⁾. По Молю ²⁾ гранулѣза изъ зерна *Canna indica* извлекается посредствомъ слюны при 35—40° медленно, при 50—55° Ц. въ нѣсколько часовъ; гораздо меньшей температуры достаточно для пшеничнаго крахмала, болѣе высокая нужна для картофельнаго.

Оставшіяся остова отличается, по Молю, отъ цѣльнаго нетронутаго зерна тѣмъ, что въ холодной водѣ не разбухаетъ послѣ сдавливанія, даже въ кипящей водѣ остается неизмѣннымъ. Если экстрактированное зерно еще разъ подвергнуть дѣйствію слюны, то оно остается неизмѣннымъ даже при 70° Ц. между тѣмъ какъ неэкстрактированное зерно при столь высокой температурѣ въ слюнѣ вполне растворяется. По Мельсену ³⁾, подобная экстракція происходитъ какъ съ помощью слюны, такъ и посредствомъ органическихъ кислотъ, діастаза, пепсина и, по Негели, слабая соляная и сѣрная кислоты, не вызывающія разбуханія, при продолжительномъ дѣйствіи по видимому производить то же самое ⁴⁾. Францъ Шульцъ ⁵⁾ недавно показалъ, что насыщенный растворъ поваренной соли, содержащій 1% безводной соляной кислоты, при 60° Ц. въ 2—4 дня производить экстракцію гранулѣзы; на одну часть свѣжаго крахмала нужно 36—40 частей такой жидкости. Остатокъ, по Драгендорфу, составляетъ 5,7% для картофельнаго крахмала; 2,3% для пшеничнаго; 3,1% для арраурута. Начинаящееся раствореніе крахмала при прорастаніи часто имѣть много сходнаго съ экстракціей указанными средствами. Въ эндоспермѣ прорастающей пшеницы растворимое вещество извлекается мѣстами, причемъ въ этихъ мѣстахъ наслоеніе дѣлается яснѣе, затѣмъ зерно распадается и кусочки его исчезаютъ. У *Phaseolus* встрѣчаются въ сѣмядоляхъ прорастающаго растенія зерна, которыя, еще не распавшись на кусочки и часто еще вполне сохранившіяся, окрашиваются іодомъ не въ голубой цвѣтъ, а въ мѣдно-красный, подобно зернамъ подвергшимся экстракціи помощью слюны или шульцевой жидкости; эти зерна позднѣе также распадаются и растворяются. Напротивъ того, въ прорастающемъ картофелѣ и въ корневищѣ *Canna lanuginosa* раствореніе идетъ снаружи внутрь, причемъ плотные и мягкіе слои исчезаютъ подобно тому какъ при раствореніи кристалла (см. Nägeli Stärkekorner, Tafel XVII); можетъ быть въ этомъ случаѣ растворяющее средство дѣйствуетъ слишкомъ сильно и потому не даетъ проявиться различію между обоими веществами, какъ это бываетъ и при дѣйствіи слюны подъ вліяніемъ слишкомъ высокой температуры (70° Ц.) ⁶⁾.

γ) Растворимость крахмальныхъ зеренъ въ холодной водѣ для физиологіи имѣть практической интересъ въ томъ отношеніи, что въ растеніи вещество крахмального зерна должно діосмотически проникать сквозь кѣлочныя стѣнки и должно, слѣдовательно, быть въ видѣ водянаго, холоднаго раствора. Опытъ показываетъ, что раздавленные и размельченныя крахмальные зерна отдають водѣ растворимое вещество, окрашиваемое однимъ іодомъ въ голубой цвѣтъ (слѣдовательно это гранулѣза); однакоже такого раствора въ растеніяхъ не замѣчается. Существованіе его должно бы быть доказано очевидно прежде всего въ такихъ тканяхъ, въ которыхъ крахмальные зерна въ одно и то же время и растворяются и вновь опять образуются, слѣдовательно въ тканяхъ прорастающихъ клубней картофеля, въ бобахъ, зернахъ злаковъ. Я однако убѣдился въ томъ, что въ этихъ тканяхъ ⁷⁾ такого раствора крахмала, окрашиваемаго іодомъ въ голубой цвѣтъ, никогда не встрѣчается. Поэтому, крахмальные зерна должны образоваться изъ маточнаго раствора, не содержащаго крахмала; матеріалъ для образованія крахмала и въ этомъ случаѣ, вѣроятно, даетъ глюкоза, которая одновременно съ переходомъ въ твердое состояніе претерпѣваетъ химическое превращеніе. Впрочемъ, водяной растворъ крахмала, даже если бы и образовался въ растеніи, не могъ бы служить для передачи крахмальныхъ молекулъ отъ одной кѣлочкы къ другой, потому что онъ, по Негели, не способенъ проникать чрезъ

¹⁾ Негели, въ *Botan. Mittheil.*, стр. 389, старался еще въ послѣднее время защитить этотъ взглядъ противъ возраженій Моля. Хотя это тождество нельзя считать доказаннымъ по причинѣ различія въ свойствахъ целлюлѣзы кѣлочной оболочки, но тѣмъ не менѣе мнѣнію Негели надо отдать преимущество.

²⁾ Н. v. Mohl: *Botan. Zeitg.* 1859, стр. 226.

³⁾ Melsens: *Institut* 1857, стр. 161.

⁴⁾ Nägeli, *Bot. Mitth.* loc. cit. 390. ff.

⁵⁾ *Journal f. Landwirthschaft von Henneberg* 10 Jahrg. Heft. III стр. 214.

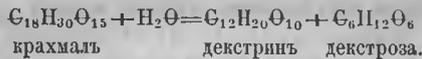
⁶⁾ Ср. Nägeli: «*Stärkekörner*», стр. 93.

⁷⁾ Сравни Nägeli: «*Beiträge zur wissenschaft. Bot.*» Leipzig. II, стр. 187. ff.

живой первичный мѣшочек ¹⁾). На основаніи послѣдняго, Негели заключаетъ, что растворенный въ холодной водѣ крахмалъ только раздробляется, а не растворяется въ химическомъ смыслѣ, несмотря на то, что проникаетъ клеточную оболочку путемъ диффузіи. Такое заключеніе однако не можетъ считаться вѣрнымъ, потому что тогда и красящія вещества нельзя считать растворенными, потому что и они проникаютъ клеточную оболочку, но не проникаютъ чрезъ живой первичный мѣшочекъ, что также открыто Негели. Въмѣсто того, чтобы принимать крахмалъ и красящія вещества на основаніи этихъ явленій за нерастворенные, лучше допустить, что первичный мѣшочекъ для нѣкоторыхъ растворенныхъ веществъ (крахмала, красящихъ веществъ) діосмотически непронцаемъ, пока онъ живъ. Самый важный для физиологін результатъ во всякомъ случаѣ тотъ, что растворенный крахмалъ въ силу этого свойства не способенъ къ діосмотической передачѣ въ тканяхъ, и что поэтому онъ въ нихъ и не встрѣчается.

Крахмалъ не растворяется въ холодной водѣ, пока зерно не повреждено; онъ растворяется лишь когда зерно раздавлено ²⁾, причемъ растворяется постоянно только небольшая часть всего вещества. Если раздавить, по Молю (loc. cit. стр. 228), свѣжее крахмальное зерно въ водѣ и прибавить іода, то осѣдаетъ голубое вещество въ видѣ мелкозернистой, студенистой плѣнки. Guegin—Varry ³⁾ и Delffs нашли, что холодная вода растворяетъ крахмалъ, если онъ былъ прежде мелко растертъ съ пескомъ. Фильтратъ даетъ реакцію на іодъ и, даже простоявъ мѣсяцы, не осаждастъ іодистаго крахмала, и въ голубой жидкости подъ микроскопомъ нельзя открыть слѣда зеренъ ⁴⁾.

δ) Другія растворяющія средства, чѣмъ вода, производятъ одновременно съ раствореніемъ также химическое измѣненіе. Это говорить въ пользу того предположенія, что и при образованіи крахмальныхъ зеренъ переходъ веществъ въ твердое состояніе сопровождается химическимъ измѣненіемъ, т. е. что крахмалъ со всѣми своими свойствами образуется лишь въ моментъ перехода въ твердое состояніе. Продолжительное кипяченіе въ водѣ ⁵⁾ или въ водныхъ кислотахъ, превращаетъ крахмальныя зерна въ декстрины и, наконецъ, въ декстрозу; декстрины образуются также при кипяченіи въ растворѣ кали. Азотистыя органическія соединенія: діастазъ, дрожжи, клей, слюна, клейковина превращаютъ зерна въ декстрины и декстрозу (глюкозу). По Musculus'у при этомъ происходитъ распаденіе слѣдующаго рода:



Декстрины по Musculus'у превращаются въ декстрозу лишь по исчезновеніи всего крахмала. Изъ того, что всѣ эти весьма различныя растворяющія средства измѣняютъ крахмалъ химически, что въ растеніи существуютъ подобныя растворяющія средства, что далѣе въ растеніи, гдѣ образуется крахмалъ, можно доказать присутствіе глюкозы, можно заключить, что и въ растеніи матеріаломъ для образованія крахмала служитъ не растворъ крахмала, а растворъ глюкозы, и что крахмалъ при раствореніи обращается въ глюкозу.

«Если крахмальныя зерна, высушенные на воздухѣ, слегка поджариваются, то прежде всего мягкія части превращаются въ декстрины и тогда въ прикосновеніи съ водой растворяются, между тѣмъ какъ прочія части только разбухаютъ. Поэтому, постоянно сначала исчезаетъ ядро вмѣстѣ съ самыми внутренними слоями, затѣмъ иногда и прочіе мягкіе слои, такъ что остаются только плотные слои, болѣе или менѣе разъединенные». «Тѣ жидкости, которыя производятъ разбуханіе зеренъ (вода при кипяченіи, слабый растворъ ѣдкаго кали, водныя минеральныя кислоты) растворяютъ всегда сначала ядро и затѣмъ слои по направленію изнутри кнаружи. Такъ какъ съ разбуханіемъ часто связано образованіе трещинъ, то процессъ растворенія распространяется также съ внутренней поверхности трещинъ» (Nägeli: Stärkekörner, стр. 92). Въ концентрированныхъ минеральныхъ кислотахъ разбуханія не бываетъ, зерно растворяется снаружи.

¹⁾ Nägeli: «Stärkekörner», стр. 170.

²⁾ Изъ этого можно заключить, что въ неповрежденномъ зернѣ существуютъ уже растворенныя вещества, но что они не въ состояніи проникнуть путемъ диффузіи черезъ его слои.

³⁾ Ann. de Chemie et de Phys. LVI, 225.

⁴⁾ Сравни Dragendorff въ Henneberg's Journal f. Landw. 10 Jahrg. II. 211 и Canstatt Jahresber. der Fortschr. der ges. Medizin IV. 1862, стр. 3.

⁵⁾ Kekulé: Lehrb. d. organ. Chemie, II. 386.

§ 108. Явленія при разбуханіи крахмального зерна¹⁾. При одновременномъ вліяніи болѣе высокой температуры и воды, или при дѣйствіи кислотъ и щелочей съ водой, разрушается внутреннее строеніе крахмального зерна, измѣняются его молекулярныя силы, что видно особенно изъ того, что вещество въ этомъ состояніи способно поглощать гораздо большія количества воды и увеличивать при этомъ свой объемъ гораздо болѣе, чѣмъ въ неизмѣненномъ состояніи. Чтобы произвести такое измѣненіе, надобно перейти за извѣстный предѣлъ температуры и концентраціи раствора, вызывающаго разбуханіе. Ниже этого предѣла даже продолжительное дѣйствіе не обусловливаетъ разбуханія²⁾; этотъ предѣлъ температуры, при которомъ при содѣйствіи воды начинается разбуханіе, по Негели, составляютъ 55° Ц. для болѣе крупныхъ (болѣе богатыхъ водой), и 65° Ц. для болѣе мелкихъ зеренъ. Въ сухомъ состояніи крахмальные зерна лишь тогда измѣняются отъ дѣйствія температуры, когда послѣдняя превышаетъ 190—200° Ц.; наступившее при этомъ измѣненіе обнаруживается, при смачиваніи, разбуханіемъ³⁾. Степень концентраціи, за которую долженъ перейти щелочной или кислый растворъ, чтобы произвести разбуханіе, какъ кажется, не извѣстна. Измѣненное отъ дѣйствія разбухающихъ средствъ молекулярное строеніе сохраняется и по удаленіи этого средства.

Вліяніе разбуханія обыкновенно не одинаково на различныя части зерна. Первое вліяніе испытываютъ части изобилующія водою, именно ядро и внутренне мягкіе слои; поэтому мелкія, плотныя зерна долѣе сопротивляются вліянію разбуханія. При болѣе продолжительномъ дѣйствіи, наконецъ плотное вещество при разбуханіи поглощаетъ жидкости больше, чѣмъ мягкое, вслѣдствіе чего различіе слоевъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и наслоеніе исчезаютъ. Болѣе сильное разбуханіе болѣе плотныхъ вѣншиныхъ слоевъ по направленію ихъ поверхности есть причина образованія полости въ зернѣ. Но изъ этого составляютъ исключеніе самыя наружныя слои: они разбухаютъ мало и разрываются отъ натиска внутреннихъ слоевъ. Другое различіе состоитъ въ направленіи разбуханія: такъ внутреннія части разбухаютъ въ радіальномъ направленіи сильнѣе, чѣмъ въ тангентальномъ, какъ это слѣдуетъ изъ радіального направленія образующихся при этомъ трещинъ; явленія, слѣдовательно, сходны съ тѣми, какія замѣчаются при удаленіи изъ нихъ воды⁴⁾. Наружныя слои, напротивъ, расширяются сильнѣе въ тангентальномъ направленіи.

Въ растворѣ йодаго кали зерна картофеляго крахмала, по Негели, въ поперечникѣ расширяются въ 3—5 разъ, слѣдовательно въ объемѣ въ 27—125 разъ; они содержатъ тогда 98—99½% жидкости и только 2—½% вещества. По Пайену картофеляый крахмаль при 36° Ц. принимаетъ изъ менѣе чѣмъ однопроцентнаго раствора натра количество жидкости, превышающее въ 50 разъ его собственныи вѣсъ.

¹⁾ Все сказанное въ этомъ § изложено по Негели, «Stärkeköerner», стр. 67. Изъ богатаго матеріала взято только то, что мнѣ казалось самымъ важнымъ.

²⁾ Молекулярное строеніе зависитъ такимъ образомъ отъ силъ, которыя могутъ быть преодолены только извѣстной температурой или извѣстной степенью химическаго дѣйствія.

³⁾ По Пайену высушенный на воздухѣ картофеляый крахмаль, предохраненный отъ дѣйствія воздуха, при 200° Ц. превращается весь въ декстринъ въ ½—1 часъ, столь же быстро при доступѣ воздуха при 205—215° Ц.

⁴⁾ Весьма подробныя изслѣдованія Негели объ этомъ предметѣ не могутъ быть переданы вкратцѣ и поэтому надо сослаться на оригиналь стр. 81, такъ какъ эти явленія важны для теоріи роста крахмальныхъ зеренъ.

Сырой картофельный крахмалъ въ 150-ти частяхъ этого раствора увеличиваетъ свой объемъ съ 1 на 72,6, а по прибавленіи воды объемъ увеличивается въ 96 разъ. Молодыя мелкія зерна разбухаютъ уже въ $\frac{1}{2}$ процентномъ растворѣ натра. По Пайену, увеличеніе объема крахмала въ водѣ при $54^{\circ}\text{C} = 0\%$, при $56-57^{\circ} = 29\%$; при $60^{\circ} = 142\%$, при $65^{\circ} = 610\%$, при $70-72^{\circ} = 1255\%$. Дѣйствіе жара наступаетъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ влажнѣе зерно, поэтому сухія зерна нужно нагревать до $190-200^{\circ}$ для того, чтобы они могли затѣмъ разбухнуть въ водѣ.

Что крахмалъ при разбуханіи измѣняетъ свою природу, доказываетъ то обстоятельство, что онъ съ удаленіемъ средства производящаго разбуханіе, не принимаетъ снова своей прежней формы и прежняго объема. Разбухавшія зерна, высушенные и потомъ снова смоченныя, снова не разбухаютъ¹⁾; разбухавшее вещество, слѣдовательно, измѣняется также отъ высушиванія; оно по Негели приближается опять къ первоначальному состоянію (?), потому что пропитывается приблизительно равнымъ количествомъ воды.

Эти факты доказываютъ также, что разбухнувшій крахмалъ (клейстеръ) отличается отъ мягкаго вещества крахмала (мягкихъ слоевъ) неповрежденнаго зерна и что по молекулярному строенію отличается также отъ избытка воды студенистаго вещества *Nostochaceae*, *Chroococcaceae* и *Palmellaceae*. Последнее именно содержитъ столько же воды, какъ и клейстеръ, но послѣ высыхания можетъ отъ воды снова разбухнуть до прежняго объема. Тѣ же явленія представляютъ мягкіе слои крахмального зерна, хотя въ нихъ содержаніе воды вѣроятно мало отличается отъ содержанія воды въ клейстерѣ.

Уже было упомянуто, что измѣненія, происходящія при разбуханіи, Негели приписываетъ раздробленію молекулъ.

Многочисленныя относящіяся сюда указанія Негели см. въ главѣ о раствореніи крахмальныхъ зеренъ, стр. 92 до 178, его труда.

§ 109. Отношеніе крахмала къ іоду. Послѣ длиннаго ряда весьма подробныхъ изслѣдованій объ окрашиваніяхъ, вызываемыхъ іодомъ при прокипаніи въ крахмальные зерна, Негели дошелъ до слѣдующихъ результатовъ²⁾: «При совершенно одинаковомъ способѣ обработки, различныя части крахмального зерна и различныя сорта крахмала представляютъ не одинаковыя явленія; одни имѣютъ нѣсколько большее средство къ іоду, поэтому нѣсколько быстрѣе окрашиваются чѣмъ другія, или же принимаютъ неодинаковыя окраски.» Онъ приписываетъ это различіе преимущественно различію въ относительномъ количествѣ гранулѣзы и целлюлѣзы. «Одно и то же крахмальное зерно, или одинъ и тотъ же слой зерна, даетъ съ іодомъ различныя цвѣта, смотря по свойству и количеству проникнувшихъ постороннихъ веществъ (воды, кислотъ, солей, индифферентныхъ органическихъ соединеній и т. д.) далѣе потому, до или послѣ іода вступили эти вещества въ крахмалъ, и наконецъ потому, имѣетъ ли іодъ первоначальное расирѣдленіе, или же онъ готовится къ тому, чтобы оставить крахмалъ. Цвѣта, какіе можетъ іодъ произвести въ крахмалѣ, слѣдующіе: индиговый, фіолетовый, оранжевый и желтый. Они основываются на различіи въ расирѣдленіи частицъ іода и вообще суть тѣже цвѣта, какіе принимаетъ іодъ самъ по себѣ, смотря потому, находится ли онъ въ твердомъ, растворенномъ или газообразномъ состояніи³⁾».

¹⁾ Nägeli. loc. cit., стр. 31.

²⁾ «Botanische Mittheilungen», стр. 318 (Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 1863).

³⁾ Негели прибавляетъ, въ видѣ объясненія, что можно было бы сомнѣваться въ этомъ, такъ какъ іодъ не представляетъ индигово-голубаго цвѣта. Металлическій іодъ стально-сѣрый или голубовато-сѣрый, а совершенная непрозрачность не позволяетъ опредѣлить его настоящаго цвѣта. Но мелкозернистый іодъ имѣетъ большое сходство съ темно-синимъ іодистымъ крахмаломъ, мелкіе же кристаллы іода, которые подъ микроскопомъ сильно отражаютъ свѣтъ, казались ему чисто-голубыми. Онъ поэтому держится того, что цвѣтъ твердаго іода весьма близокъ къ индиговому цвѣту іодистаго крахмала.

Изъ цвѣтовъ спектра, между различными видами іодистаго крахмала, недостаетъ зеленого и голубаго. Если говорится объ окрашиваніи крахмала въ голубой цвѣтъ, то всегда надо понимать подъ этимъ индиговый цвѣтъ, или тонъ, по крайней мѣрѣ приближающійся скорѣе къ индиговому, чѣмъ къ голубому цвѣту спектра. Изъ цвѣтовъ іодистаго крахмала положительно нужно исключить зеленый, потому что если онъ и замѣчается то происходитъ отъ смѣси голубаго и желтаго.» Наконецъ: «Изъ различныхъ соединеній іодистаго крахмала голубое соотвѣтствуетъ самому сильному, желтое самому слабому средству. Если іодъ вступаетъ въ крахмаль, то въ каждомъ частномъ случаѣ частицы его принимаютъ распредѣленіе, соотвѣтствующее наибольшему средству. Если же вслѣдствіе вліянія другихъ силъ, іодъ принужденъ оставить крахмаль, то прежде всего пзмѣняется его молекулярное распредѣленіе и притомъ такъ, что соотвѣтствуетъ послѣ этого болѣе слабому средству. Присутствіе воды обуславливаетъ всегда такое расположеніе іодистыхъ частицъ, которое соотвѣтствуетъ болѣе сильному притяженію, присутствіе же какого нибудь другаго вещества, напротивъ, обуславливаетъ цвѣтъ, соотвѣтствующій болѣе слабому средству. Полное количество пропитывающей воды обуславливаетъ, при равенствѣ остальныхъ условій, всегда тотъ изъ соотвѣтствующихъ этимъ условіямъ тоновъ, который всего болѣе приближается къ голубому. При полномъ отсутствіи пропитывающей воды іодъ, проникая въ крахмаль, производитъ только желтое окрашиваніе. Всѣ прочія вещества, если вообще оказываютъ вліяніе, обуславливаютъ тѣмъ большее отклоненіе цвѣта по направленію къ желтому, чѣмъ въ болѣе концентриці они пропитываютъ крахмаль. Исключеніе составляютъ сѣрная кислота и нѣкоторыя другія соединенія, при наибольшей концентриці вначалѣ производящія только измѣненіе цвѣта по направленію къ красному и желтому, но потомъ, послѣ болѣе продолжительнаго дѣйствія или же, при нѣсколько меньшей концентриці, съ самаго начала производятъ разбуханіе вещества и окрашиваніе его въ чисто-голубой цвѣтъ. Это дѣйствіе зависитъ отъ присутствія въ крахмальныхъ зернахъ целлюлёзы и получаемое при этомъ окрашиваніе замѣтно отличается отъ индигово-голубаго цвѣта іодистаго крахмала.»

Потребовалось бы слишкомъ много подробностей, если бы я вздумалъ описать наблюденія Негели, изъ которыхъ выведены эти положенія, ибо каждое изъ нихъ есть результатъ многочисленныхъ опытовъ, имѣющихъ желаемую доказательность только при указаніи всѣхъ подробностей. Необходимо однако остановиться на тѣхъ наблюденіяхъ Негели, которыя касаются молекулярныхъ движеній, или, такъ сказать, динамической части этихъ явленій, потому что они особенно способны дать ясное представленіе объ извѣстныхъ процессахъ диффузіи, указывающихъ на законы, примѣнимые и къ движенію веществъ въ растеніяхъ, ибо должно допустить, что и другія вещества при диффузіи повинуются силамъ аналогичнымъ съ тѣми, какія дѣйствуютъ при диффузіи іода, когда онъ подлежитъ одновременно молекулярнымъ притяженіямъ воды, крахмала и другихъ веществъ.

Достаточное количество крахмала или клейстера обезцвѣчиваетъ водный растворъ іода ¹⁾, но если іодистый крахмаль въ водѣ оставить на открытомъ воздухѣ, то онъ снова обезцвѣчивается, причемъ вода не окрашивается. Крахмаль извлекаетъ именно изъ воднаго раствора не весь іодъ, потому что часть его удерживается водою. Но это незначительное количество іода, удерживаемое водою, испаряется и частію идетъ на образованіе іодистоводородной кислоты. Вслѣдствіе этого количество іода въ растворѣ уменьшается; эта потеря однако немедленно пополняется на счетъ

¹⁾ Nägeli, loc. cit., стр. 254.

іода, входящаго въ составъ іодистаго крахмала, что продолжается до тѣхъ поръ, пока іодистый крахмалъ не обезцвѣтится вполне. Съ другой стороны, даже небольшое количество воды въ состояніи передать крахмалу значительную массу твердаго іода, если эта вода одновременно находится въ соприкосновеніи съ тѣмъ и съ другимъ. Вода стремится на мѣстѣ соприкосновенія съ іодомъ насытиться послѣднимъ, и равномерно распредѣлить въ себѣ атомы іода; крахмалъ же въ другомъ мѣстѣ отнимаетъ у воды іодъ до извѣстнаго вышеуказаннаго предѣла: эту потерю вода вознаграждаетъ на счетъ куска іода, и этимъ путемъ постепенно передаются крахмалу атомы іода, по мѣрѣ ихъ растворенія въ водѣ. Степень концентрации воднаго раствора іода, при которой устанавливается равновѣсіе между притяженіемъ раствореннаго іода водою и крахмаломъ, измѣняется съ температурой: съ возвышеніемъ температуры притяженіе воды къ іоду усиливается, съ пониженіемъ ея усиливается притяженіе крахмаломъ. На этомъ основаніи водный іодистый крахмалъ обезцвѣчивается при нагрѣваніи ¹⁾ и при охлажденіи снова принимаетъ голубой цвѣтъ, потому что въ первомъ случаѣ вода отнимаетъ у крахмала іодъ, а во второмъ снова его возвращаетъ крахмалу ²⁾.

Изъ нѣсколькихъ веществъ, находящихся одновременно въ соприкосновеніи съ растворомъ іода, вещество имѣющее наибольшее средство къ іоду, извлекаетъ его изъ слабаго раствора всего скорѣе; съ другой стороны, если различныя тѣла окрашены іодомъ, то скорѣе всего обезцвѣчивается то, которое оказываетъ наислабѣйшее притяженіе. Негели (*loc. cit.*, стр. 261) выводитъ это положеніе изъ слѣдующихъ явленій: въ слабомъ растворѣ іода крахмалъ окрашивается раньше целлюлозы; въ пшеничномъ крахмалѣ внутреннее вещество окрашивается въ голубой цвѣтъ равнѣ наружнаго; у *Zugneia* и *Spirogoga* поглощаютъ іодъ сначала зерна крахмала, а потомъ протоплазма; въ слабомъ растворѣ іода крахмалъ окрашивается скорѣе свернушагося куринаго бѣлка, а въ водѣ послѣдній обезцвѣчивается скорѣе перваго; въ крахмальномъ клейстерѣ сначала окрашивается зернистая масса, потомъ перастворившіяся оболочки, но послѣднія обезцвѣчиваются скорѣе первой; если зерна картофельнаго крахмала смѣшаны съ клейстеромъ картофельнаго же крахмала, то при небольшомъ количествѣ іода окрашивается только послѣдній и т. д. Всего легче удаются эти опыты, когда различныя вещества заключены въ одной и той же клеточкѣ, потому что оболочка даетъ проникать іоду только постепенно.

Эти явленія можно наблюдать, если, перемѣшавъ различныя вещества на предметномъ стеклышкѣ, покрыть ихъ водой и прибавить кусочекъ іода. Описанныя явленія не обнаруживаются, если растворъ іода слишкомъ концентрированъ.

Тѣло съ большимъ средствомъ къ іоду отнимаетъ его у другаго, имѣющаго къ іоду меньшее средство. Если въ водѣ находится смѣсь веществъ при незначительномъ количествѣ іода, то послѣдній не распредѣляется въ этихъ веществахъ сообразно степени средства, но весь поглощается тѣмъ изъ веществъ, которое имѣетъ къ іоду наибольшее средство. Іодъ повидаетъ неразстворимое соединеніе, чтобы перейти къ другому веществу, къ которому имѣетъ большее средство, и образовать съ нимъ точно также неразстворимое соединеніе. Негели, *loc. cit.* (стр. 262) выводитъ это положеніе изъ слѣдующихъ наблюденій. Если свернувшійся отъ жара куриный бѣлокъ положить въ водный растворъ іода, то онъ окрашивается насквозь въ бурый цвѣтъ; если его затѣмъ положить въ закрытый сосудъ, содержащій воду и крахмалъ, то іодъ медленно оставляетъ бѣлокъ и окрашиваетъ крахмалъ. Если, напротивъ, положить бѣлокъ въ воду съ іодистымъ крахмаломъ, то послѣдній не измѣняется и первый не окрашивается. Растворъ декстрина окрашивается іодомъ въ вино-красный цвѣтъ; если прибавить достаточное количество крахмала, то первый вполне обезцвѣчивается, а образовавшійся іодистый крахмалъ образуетъ голубой осадокъ.

Если плодовой слой лишаевъ (*Usnea*), раздавленный и окрашенный іодомъ въ темный голубой цвѣтъ, закупорить вмѣстѣ съ крахмальнымъ клейстеромъ и водою, то по прошествіи нѣкотораго времени первый обезцвѣчивается, второй окрашивается. Хлопчатая бумага окрашенная посредствомъ іода и сѣрной кислоты въ темный голубой цвѣтъ и положенная вмѣстѣ съ картофель-

¹⁾ Nägeli (*loc. cit.*, стр. 256.) доказываетъ, что не существуетъ безцвѣтнаго іодистаго крахмала.

²⁾ На этомъ основано также и то, что посредствомъ крахмала можетъ быть доказано тѣмъ меньшее количество іода въ водѣ, чѣмъ ниже температура. Fresenius: *Ann. Chem. Pharm.* 1857, VII. 184.

нимъ крахмаломъ въ воду, въ замкнутый сосудъ, чрезъ нѣсколько дней обезцвѣчивается, а зерна крахмала окрашиваются въ голубой цвѣтъ. Для передачи іода отъ одного тѣла другому нѣтъ необходимости чтобы они непосредственно соприкасались, потому что эта передача можетъ производиться при посредствѣ воды. Если, по Негели, живую клѣточку *Spirogoga* или *Oedogonium* положить въ воду, въ которой въ какомъ нибудь мѣстѣ находится тѣло (не крахмалъ) окрашенное іодомъ, то іодъ оставляетъ послѣднее и окрашиваетъ крахмальные зерна въ клѣточкахъ. Всѣ эти явленія основываются на томъ, что степень концентраціи іоднаго раствора, соответствующая равновѣсію въ притяженіи съ одной стороны между іодомъ и водой, а съ другой между іодомъ и тѣломъ *A*, иная чѣмъ для тѣла *B* или *C*. Негели (loc. cit., 264) выражается относительно этихъ явленій слѣдующимъ образомъ:

«Положимъ, что изъ трехъ тѣлъ *A*, *B*, *C*, изъ которыхъ *A* имѣетъ наибольшее сродство къ іоду, *C* наименьшее, одно *B* окрашено іодомъ. Если всѣ три тѣла вмѣстѣ положить въ воду, то вода будетъ отнимать у тѣла *B* іодъ до тѣхъ поръ, пока не достигнется предѣлъ концентраціи раствора, соответствующій сродству іода къ водѣ и къ тѣлу *B*; У этого раствора тѣло *C* не можетъ отнять іодъ, потому что для его окрашиванія требуется большая концентрація раствора; оно поэтому не окрашивается. Напротивъ того, тѣло *A*, имѣющее большее сродство къ іоду, будетъ отнимать іодъ до тѣхъ поръ, пока не паступитъ степень концентраціи, соответствующая равновѣсію между притяженіемъ водою и тѣломъ *A*. Это равновѣсіе наступаетъ лишь послѣ того, какъ тѣло *B* уступило водѣ весь свой іодъ. Результатомъ всего очевидно будетъ окрашивание тѣла *A*, и обезцвѣчиваніе тѣла *B*.» На томъ же законѣ очевидно основано и то, что если темно-голубой іодистый крахмалъ положить въ воду съ безцвѣтнымъ крахмаломъ того же сорта, то послѣдній окрасится на счетъ перваго.

Іодъ, при равныхъ температурахъ, быстрѣ всего передается крахмальнымъ зернамъ и извлекается изъ нихъ водою. Посредствомъ алкооля, ээира, масла, или паровъ іода, окрашиваніе и обезцвѣчиваніе происходитъ гораздо медленнѣе. Негели (loc. cit., стр. 278) основываетъ это положеніе на слѣдующихъ наблюденіяхъ.

Крахмалъ проникнутый водою (мука или клейстеръ), мгновенно окрашивается іодомъ, независимо отъ того, будетъ ли употребленъ водный растворъ іода или спиртовой, разбавленный водою, или растворъ іодистаго калия. Но если высушенные на воздухѣ крахмальные зерна смѣшать съ мелкими кусочками іода и прикрыть такъ, чтобы они находились въ парахъ іода, то въ продолженіи 24-хъ часовъ обнаруживается весьма неполное окрашиваніе, нѣкоторыя изъ зеренъ принимаютъ цвѣтъ отъ желтаго до бураго, однакожь только съ поверхности. Подобнымъ же образомъ дѣйствуетъ іодъ въ спиртовомъ растворѣ, почти не содержащемъ воды; если въ него положить сухія крахмальные зерна, то они остаются безцвѣтными (втеченіи 40-ка часовъ). То же самое представляютъ ээиръ и ээирныя масла. Далѣе: іодистый крахмалъ быстро обезцвѣчивается въ водяномъ токъ, а въ спокойной водѣ медленно, потому что послѣдній мало растворяетъ въ себѣ іода. Въ теплой водѣ и водномъ алкоолѣ обезцвѣчиваніе происходитъ быстро, потому что они могутъ растворить іода много. Крахмалъ, окрашенный воднымъ растворомъ іода и потомъ высушенный, удерживаетъ свой цвѣтъ на воздухѣ даже втеченіи мѣсяцевъ; при высокой температурѣ однакожь іодъ улетучивается. Сухой іодистой крахмалъ, облитый по возможности безводнымъ алкоолемъ, не измѣняетъ своего цвѣта. Сырой іодистый крахмалъ отдаетъ алкоолю воду, а не іодъ; однакожь при возобновленіи алкооля обнаруживается медленное обезцвѣчиваніе.

Разбухшія крахмальные зерна ¹⁾ вслѣдствіе отложенія іода, теряютъ часть воды; этотъ фактъ находится въ связи съ тѣмъ, что неизмѣненные крахмальные зерна, окрашенные іодомъ въ голубой цвѣтъ, не измѣняются при дѣйствіи температуры кипѣнія, кислотъ и щелочей (но не концентрической сѣрной кислоты); сухой іодистый крахмалъ при 220° Ц. не переходитъ въ декстринъ.

§ 110. О существованіи молекулярныхъ процессовъ при ростѣ крахмальныхъ зеренъ Негели заключилъ изъ различія формы зеренъ различнаго возраста, на основаніи напряженій ихъ слоевъ и на основаніи явленій диффузіи. Немногіе вопросы растительной физиологій обработаны до сихъ поръ съ такимъ остроуміемъ и съ такою ясностію, но несмотря на это, въ этой книгѣ

¹⁾ Nägeli: «Stärkekörner», стр. 91.

приходится отказаться отъ полнаго изложенія его выводовъ, такъ какъ для этого необходимо входить въ подробности и приводить многочисленныя факты. Я поэтому въ нижеслѣдующемъ ограничусь можетъ быть слишкомъ сжатымъ изложеніемъ его ученія¹⁾.

Происхожденіе крахмального зерна недоступно наблюденію, но изъ сказаннаго въ § 107 слѣдуетъ, что переходъ растворенныхъ молекулей въ твердое состояніе долженъ быть связанъ съ химическимъ превращеніемъ, такъ какъ зерна образуются изъ маточнаго раствора, не содержащаго ни гранулѣзы, ни «целлюлѣзы». Точно также, при дальнѣйшемъ ростѣ, отложеніе новаго вещества въ зернѣ на существующихъ уже молекуляхъ и образованіе новыхъ молекулей между старыми, должно быть связано съ соотвѣтственнымъ химическимъ превращеніемъ отвердѣвающаго вещества²⁾.

Въ самомъ молодомъ состояніи, когда крахмальные зерна только что появляются, они всегда шарообразны; при дальнѣйшемъ увеличеніи эта форма можетъ сохраниться, или, что гораздо чаще, измѣняется, преобразуясь въ разныя другія формы, всегда закругленныя, причѣмъ всѣ части распредѣляются всегда около явственно отличимаго органическаго центра. Такое отклоненіе отъ шарообразной формы успливается постепенно и только иногда въ послѣдствіи опять проявляется приближеніе къ ней. Крахмальные зерна во всѣхъ нормальныхъ состояніяхъ развитія представляютъ плотную массу, а поэтому наслоеніе въ болѣе крупныхъ и болѣе старыхъ изъ нихъ не можетъ быть объяснимо отложеніемъ вещества съ внутренней стороны пузыревиднаго тѣла.

Ростъ происходитъ исключительно черезъ отложеніе новыхъ молекулей между старыми (Intussusception), но не черезъ наростаніе съ поверхности всего зерна (Apposition), и причѣмъ въ одно и тоже время отлагаются и вода, и вещество. Если бы ростъ происходилъ черезъ наростаніе съ поверхности, то ядро и внутренніе слои старыхъ крупныхъ зеренъ должны бы были быть тождественны по своему веществу и формѣ съ мелкими зернами. Однакожъ первые мягки и изобилуютъ водой, вторыя плотны и бѣдны водой. Первые представляютъ самыя разнообразныя уклоненія отъ шаровидной формы, вторыя шаровидны; точно также, если бы ростъ совершался путемъ наростанія снаружи, самый наружный слой увеличивающагося зерна долженъ бы быть то мягкимъ, то плотнымъ, такъ какъ слои въ зернѣ попеременно мягки и плотны. Но самый наружный слой растущаго зерна постоянно плотенъ и весьма бѣденъ водой, и отличается отъ внутреннихъ слоевъ также въ химическомъ отношеніи, представляя одинаковыя свойства, какъ у молодыхъ, такъ и у старыхъ зеренъ.

У полусоставныхъ зеренъ участковыя зерна бывають окружены общими облекающими слоями³⁾ и ограничены ровными плоскостями, представляя углы и грани, которые могли образоваться только вслѣдствіе взаимнаго давленія; если бы ростъ крахмальныхъ зеренъ, свободно лежащихъ въ клѣточномъ сокѣ, происходилъ вслѣдствіе наростанія съ поверхности (Apposition), то полусостав-

¹⁾ Nägeli: «Stärkeköerner», стр. 213—331.

²⁾ Это нѣсколько уклоняется отъ взгляда Негели. Сравни. loc. cit., стр. 295.

³⁾ Чего не бываетъ у тѣхъ зеренъ, которыя образуются вслѣдствіе сростанія сосѣднихъ зеренъ, лежавшихъ сперва другъ возлѣ друга изолированными, какъ это бываетъ въ зернахъ хлорофилла и въ другихъ протоплазмическихъ образованіяхъ.

ныя зерна должны были бы образоваться вслѣдствіе того, что около нѣсколькихъ сосѣдственныхъ зеренъ образовался общій облекающій слой; но въ этомъ случаѣ причина давленія была бы необъяснима, потому что участковыя зерна претерпѣваютъ давленіе, часто причиняющее образованіе трещинъ, которыя могутъ даже проникать въ общіе облекающіе слои.

Напротивъ того, исторія развитія показываетъ, что участковыя зерна растущаго зерна суть вторичныя образованія и предложенная Негели теорія роста вполне объясняетъ строеніе внутренней части полусоставнаго зерна.

Свободно плавающія зерна могутъ разрастаться на одной сторонѣ до 70-ти разъ сильнѣе, нежели на другой; если принять, что ростъ происходитъ вслѣдствіе наростанія съ поверхности (Apposition), то будетъ непонятно, почему съ одной стороны отложеніе гораздо значительнѣе, нежели съ другой.

Наконецъ приращеніе вещества внутри растущаго зерна, идетъ въ быстрѣйшей прогрессіи, нежели приращеніе снаружи, и внутри могутъ происходить новообразованія (участковыя зерна), что возможно только вслѣдствіе молекулярнаго измѣненія внутренняго вещества.

Негели, разсматривая эти факты критически, выводитъ, что всѣ они могутъ быть объяснены только при томъ предположеніи, что ростъ крахмальныхъ зеренъ происходитъ вставкою новыхъ окруженныхъ водой молекулей, и увеличиваніемъ уже имѣющихся молекулей. Опираясь на этотъ результатъ и сравнивая зерна различной формы и различнаго размѣра, но одного и того же сорта крахмала, можно вывести слѣдующую исторію развитія.

Самыя молодыя зерна крахмала бываютъ шарообразными и состоятъ изъ плотнаго вещества; затѣмъ въ центрѣ образуется шарообразное ядро изъ мягкой массы, которое увеличивается; нѣсколько позже мягкая масса ядра дифференцируется, образуя плотный, шарообразный слой, который отъ наружнаго плотнаго слоя отдѣляется мягкимъ слоемъ, и самъ непосредственно облекаетъ оставшуюся мягкую часть ядра, въ которой описанный процессъ можетъ повторяться. Рѣже въ большемъ мягкомъ ядрѣ образуется плотное центральное ядро. Образующіеся такимъ образомъ концентрическіе слои увеличиваются по направленію поверхности и толщины, и расщеляются вслѣдствіе того, что въ плотныхъ слояхъ появляются мягкіе, а въ мягкихъ образуются плотныя прослойки, причемъ направленіе этихъ прослоекъ параллельно поверхности расщелившихся слоевъ.

Очень часто ростъ одной стороны зерна бываетъ сильнѣе, и слои въ этихъ мѣстахъ утолщаются быстрѣе и дѣлятся чаще, такъ что одинъ и тотъ же концентрическій слой на сторонѣ усиленнаго роста расщеляется нѣсколько разъ, причемъ вновь образовавшіяся прослойки по направленію къ меньшему радіусу выклиниваются, вслѣдствіе чего слои, являющійся на сторонѣ короткаго радіуса простыми, продолжаясь на другой сторонѣ, расщеляется на нѣсколько слоевъ. Если мягкое ядро имѣетъ чечевицеобразную форму, то и образующіеся изъ него слои представляютъ ту же форму и все зерно дѣлается чечевицеобразнымъ. Концентрическій ростъ слоевъ нарушается при образованіи составныхъ зеренъ. Послѣднія обыкновенно образуются вслѣдствіе того, что ядро уплотняется, и въ веществѣ его появляются два новыя мягкія ядра, изъ которыхъ каждое посредствомъ повторяющагося концентрическаго расщеленія производитъ систему слоевъ. Между

обоями участковыми зернами, во время ихъ дальнѣйшаго роста, образуется щель, которая часто продолжается въ окружающій общій слой. Этотъ процессъ можетъ повторяться, такъ что, наконецъ, зерно раздѣляется на 30—40 вторичныхъ зеренъ. Если между двумя послѣдовательными дѣленіями происходитъ образованіе слоевъ, то вторичныя и третичныя зерна представляются вставленными одно въ другое, подобно тому, какъ кліточки у *Gleocarpa* и др. Если же, напротивъ, дѣленіе повторяется быстро, то всѣ участковыя зерна между собою непосредственно соприкасаются, и заключаются въ одномъ общемъ слой, не представляя вторичныхъ наслоеній.

Если въ простомъ эксцентрическомъ зернѣ ядро дѣлится, то это дѣленіе происходитъ такимъ образомъ, что два новыя ядра или молодыя участковыя зерна лежатъ вправо и влѣво отъ оси, слѣдовательно по линіи, вертикальной къ длиннѣйшему радіусу, и при сжатой формѣ всего зерна лежатъ въ наибольшей плоскости.

Гораздо рѣже появляются новыя участковыя зерна между слоями; въ этомъ случаѣ слой въ одномъ мѣстѣ утолщается и уплотняется, и потомъ въ плотной массѣ образуется мягкое ядро; образующаяся затѣмъ щель отдѣляетъ вторичное зерно отъ внутри лежащихъ слоевъ маточнаго зерна, а иногда проникаетъ и въ наружные слои. Такой способъ образованія замѣчается только въ зернахъ эксцентрическихъ, и притомъ между наружными слоями задняго конца.

Если въ маточномъ зернѣ ядро центральное удлинненное, то участковыя зерна по всей вѣроятности всегда разрастаются по направленію длинной оси ядра; напротивъ, въ зернахъ съ эксцентрическими наслоеніями, участковыя зерна растутъ всегда сильнѣе съ внутренней стороны, такъ что кратчайшій ихъ радіусъ бываетъ обращенъ кнаружи. Ростъ всего полусоставнаго зерна усиливается по направленію отъ поверхности къ центру, поэтому участковыя зерна, лежащія въ срединѣ зерна, проявляютъ сильнѣйшее приращеніе чѣмъ остальные, растущія тѣмъ медленнѣе, чѣмъ далѣе отстоятъ отъ центра.

Развитіе составныхъ зеренъ подобно развитію полусоставныхъ. Составныя зерна происходятъ въ томъ случаѣ, когда участковыя зерна образуются рано, такъ что тонкій наружный слой маточнаго зерна вполне прорывается щелями, или когда наружнаго слоя повидимому еще нѣтъ. Дѣленіе бываетъ двойное: или вмѣсто одного ядра появляются два новыхъ, и зерно дѣлится щелью на-двое, или же между наружными слоями появляется новое ядро, отдѣляющееся отъ остальной массы зерна щелью, представляя собою маленькое участковое зерно. Эти процессы могутъ повторяться такъ часто, что число участковыхъ зеренъ можетъ достигать до 30,000. Каждое отдѣльное участковое зерно растетъ какъ простое зерно. Въ зернахъ съ удлинненнымъ центральнымъ ядромъ дѣленіе на-двое повидимому происходитъ всегда такъ, что щель пересѣкаетъ длинную ось зерна подъ прямымъ угломъ.

Въ зернахъ съ шарообразнымъ центральнымъ ядромъ, дѣленіе сначала повторяется по одному направленію, такъ что образуется простой рядъ участковыхъ зеренъ, и лишь впослѣдствіи появляется плоскостное распредѣленіе, или по тремъ направленіямъ пространства. Зерна съ эксцентрическимъ ядромъ дѣлятся на-двое такъ, что щель совпадаетъ съ радіусомъ наибольшаго утолщенія. Если ядро продолжаетъ дѣлиться, прежде чѣмъ въ участковыхъ зернахъ

проявляется направлѣніе утолщенія, то щели обыкновенно идутъ параллельно предшествовавшимъ щелямъ, но впоследствии происходитъ дѣленіе и по другимъ направлѣніямъ.

Въ эксцентрическихъ зернахъ часто отдѣляются небольшія части окружности, и это тѣмъ легче, чѣмъ рѣзче на периферіи выдается отдѣляющееся мѣсто маточнаго зерна. Съ возрастаніемъ зерна щели между участковыми зернами дѣлаются болѣе рѣзкими, потому что отдѣльныя части растутъ неравномѣрно, и, наконецъ, участковыя зерна совершенно разъединяются; разъединившіяся участковыя зерна, смотря по обстоятельствамъ, могутъ расти долѣе, округляться и наконецъ принять видъ простыхъ цѣлыхъ зеренъ.

Негелл въ 9-й и 10-й главахъ ¹⁾ объясняетъ ходъ развитія и связь между замѣчаемыми явленіями, механическими причинами, обусловливаемыми движеніемъ частицъ въ молодомъ крахмальномъ зернѣ, ихъ увеличеніемъ и новообразованіемъ ²⁾. Коль скоро образовалось малѣйшее молодое зернышко крахмала, то маточный растворъ проникаетъ между его молекулами и отдаетъ имъ (при участіи химическаго превращенія) вещество, образующее крахмалъ, или образуетъ новыя молекулы между старыми. Способность зерна непрерывно увеличиваться вставкою (*Intussusception*) должно приписать тому, что въ немъ кромѣ плотнаго вещества (гранулѣзы и целлюлѣзы) одновременно отлагаются также частицы воды (ср. § 106). Причина замѣчаемаго затѣмъ концентрическаго наслоенія можетъ заключаться только въ томъ, что уже въ самомъ молодомъ зернѣ, еще не обнаруживающемъ наслоенія, молекулы располагаются концентрическими слоями и въ тоже время (въ различныхъ слояхъ) распредѣляются правильно въ радіальномъ направлѣніи; при этомъ число радіальныхъ рядовъ должно увеличиваться по направлѣнію изнутри кнаружѣ.

Ростъ происходитъ вслѣдствіе осажденія на кристаллическихъ частицахъ новаго вещества и вставкою новыхъ кристаллическихъ молекулъ на мѣстахъ съ наименьшимъ сопротивленіемъ. Наименьшія сопротивления бываютъ въ тангентальномъ направлѣніи, что видно изъ образованія радіальныхъ щелей, и наружныя слои дѣйствительно растутъ почти исключительно въ тангентальномъ направлѣніи. Плоскостной ростъ концентрическихъ молекулярныхъ слоевъ будетъ, слѣдовательно, сначала имѣть перевѣсъ, въ чемъ одновременно заключается причина ослабленія связи между частицами по направлѣнію радіуса. Если принять, что два соприкасающихся концентрическихъ молекулярныхъ слоя разрастаются въ плоскости на одинаковый процентъ, то, по вычисленіямъ Негелл, они должны отдѣлится другъ отъ друга. Каждый наружный молекулярный слой въ силу своего роста по направлѣнію плоскости стремится расширится, но встрѣчаетъ этому противодѣйствіе въ сѣзченіи съ ближайшимъ внутреннимъ слоемъ, который, при равныхъ коэффициентахъ роста, не можетъ слѣдовать за первымъ. Во всемъ зернѣ возникаетъ вслѣдствіе этого напряженіе, обусловленное тѣмъ, что каждый молекулярный слой въ сравненіи съ внутреннимъ слоемъ старается расширится, въ сравненіи же съ наружнымъ недостаточно великъ, такъ что разъединенію слоевъ противодѣйствуетъ только ихъ сѣзченіе, вслѣдствіе котораго, слѣдовательно, каждый ближайшій наружный слой стягивается, а внутренний растягивается. Изъ вы-

¹⁾ Stärkekorner, стр. 289 и 332.

²⁾ Въ нижеслѣдующемъ принята въ основаніе теорія Негелл, изложенная въ § 106.

численій видно, что сила, съ которою два послѣдовательные слоя, имѣющіе одинаковый коэффициентъ роста, стремятся разъединиться, обратно-пропорціональна квадратамъ радіусовъ. Стремленіе къ разъединенію, а слѣдовательно и зависящее отъ него разрыхленіе, должно возрастать къ центру. Это стремленіе къ разъединенію должно еще усиливаться вслѣдствіе того, что наружные молекулярные слои растутъ сильнѣе, такъ какъ они первые пытаются маточнымъ растворомъ, тогда какъ въ глубже лежащіе слои проникаетъ жидкость, менѣе концентрированная. Слѣдствіемъ такого напряженія, обусловливаемого ростомъ по направленію поверхности, происходитъ разрыхленіе какъ по радіальному, такъ и по тангентальному направленіямъ, которое тѣмъ значительнѣе, чѣмъ ближе къ центру зерна.

Первоначально, молодое крахмальное зерно вѣроятно состоитъ изъ мягкаго вещества, т. е. изъ мелкихъ частицъ облеченныхъ толстымъ слоемъ воды; эти частицы увеличиваются и уплотняются вслѣдствіе отложенія проникающаго между ними вещества; напряженіе слоевъ возрастаетъ и достигаетъ наконецъ того, что въ центрѣ образуется мягкое ядро. Такъ какъ въ центрѣ напряженіе наибольшее, то и промежутки между частицами должны быть наиболѣе просторные, а этимъ обусловливается здѣсь отложеніе многочисленныхъ мелкихъ молекулъ, окруженныхъ толстыми водяными оболочками, изъ которыхъ (молекулей) и слагается мягкое ядро. Ядро такимъ образомъ быстро разрастается подъ вліяніемъ напряженія, и вслѣдствіе того, что преобладаніе въ притяженіи болѣе крупныхъ частицъ плотнаго слоя, содѣйствуетъ большому уплотненію плотныхъ слоевъ, по противодѣйствуетъ росту частицъ ядра и его уплотненію. Болѣе крупныя частицы плотнаго слоя могутъ легче увеличиваться уже потому, что водяныя ихъ оболочки тоньше и, слѣдовательно, частицамъ маточнаго раствора легче чрезъ нихъ проникнуть.

Наконецъ однако ядро достигаетъ такой величины, что частичное притяженіе внутреннихъ молекулъ плотнаго слоя не простирается болѣе до середины ядра, вслѣдствіе чего на границѣ притяженія мелкія частицы начинаютъ расти, вещество уплотняется и въ ядрѣ образуется плотный шарообразный слой, или рѣже, плотное ядро, отдѣленное отъ плотнаго наружнаго слоя мягкимъ веществомъ. Ядро теперь состоитъ изъ мягкаго ядра, окруженнаго непосредственно плотнымъ слоемъ, за которымъ слѣдуетъ мягкій и, наконецъ, первоначальный наружный плотный слой или, какъ выше упомянуто, изъ плотнаго ядра и изъ мягкаго и плотнаго наружныхъ слоевъ; въ послѣднемъ случаѣ плотное ядро развивается далѣе, на подобіе молодаго зерна, и производа внутри себя мягкое ядро, послѣ чего строеніе зерна какъ въ первомъ случаѣ. Въ каждомъ изъ слоевъ существуетъ вышеупомянутое напряженіе концентрическихъ наслоеній молекулъ; въ каждомъ изъ плотныхъ слоевъ это напряженіе возрастаетъ до того, что посреди ихъ происходитъ расширеніе межчастичныхъ пространствъ на столько, что допускаетъ отложеніе новыхъ, избыточныхъ водою молекулъ; плотный слой расщеляется тогда образованіемъ мягкаго слоя, который растетъ въ толщину по тѣмъ же самымъ причинамъ, какъ и первоначальное мягкое ядро, потому что плотная часть, вслѣдствіе частичнаго притяженія, удерживаетъ въ себѣ частицы вещества и не допускаетъ роста частицъ мягкаго слоя; послѣдній, поэтому, утолщается постоянно образованіемъ новыхъ мелкихъ молекулъ, и наконецъ дѣлается столь толстымъ, что на срединную его часть болѣе не дѣйствуетъ частичное притяженіе сосѣд-

нихъ плотныхъ слоевъ, послѣ чего здѣсь начинается уплотненіе и слой расщепляется образованіемъ плотнаго прослойка.

Такъ какъ эти процессы зависятъ отъ напряженія слоевъ, то во внутреннихъ частяхъ зерна они должны повторяться чаще, и если первоначальное расположеніе частицъ было математически строго концентрическое, то вновь появляющіеся слои должны всегда образовывать шарообразныя оболочки вездѣ одинаковой толщины. Если же, напротивъ, первоначальное расположеніе частицъ въ молодомъ зернѣ было хотя только нѣсколько неправильное, то эта неправильность должна оказать вліяніе на отложеніе новыхъ частицъ и на напряженіе слоевъ, такъ что неправильность должна увеличиваться съ ростомъ, и результатомъ будетъ образованіе эксцентрическихъ зеренъ. Эти же причины обуславливаютъ появленіе мѣстныхъ уклоненій отъ шарообразной формы, усиленіе напряженія и появленіе новаго ядра близъ периферіи.

Я не могъ себѣ вполне уяснить взгляда Негели на причины, обуславливающія первое и послѣдующія дробленія ядра въ зернѣ, чѣмъ начинается образованіе полу- или вполне сложнаго ядра; но какъ скоро участковыя ядра появились, то дальнѣйшіе процессы развитія у полу- и вполне сложныхъ зеренъ объясняются теоріей Негели. Каждое участковое зерно растетъ сперва по тѣмъ же правиламъ, какъ и простое зерно, причемъ однако должны еще участвовать вторичныя взаимныя напряженія между участковыми зернами и между ними и окружающими ихъ слоями маточнаго зерна. Наслоеніе участковыхъ зеренъ съ одной стороны прилегаешь къ облегающимъ слоямъ маточнаго зерна, на противоположной же сторонѣ выпуклость участковаго зерна соприкасается съ выпуклостью сосѣдняго участковаго зерна или съ выпуклою стороною внутреннихъ слоевъ; при дальнѣйшемъ возрастаніи выпуклыя мѣста должны упираться одно въ другое, такъ что, наконецъ, между ними образуются щели по вышеуказанному направленію. Если окружающіе слои еще очень тонки, то они совершенно перерѣзываются щелями, вслѣдствіе чего и образуются сложныя зерна.

Вышеприведеннаго достаточно, чтобы получить понятіе о сущности замѣчательныхъ изслѣдованій Негели; полное же изложеніе его наблюденій и соображеній потребовало бы слишкомъ много мѣста.

Для уясненія сказаннаго могутъ служить представленныя здѣсь копія съ рисунковъ, данныхъ Негели: *A*—крахмальные зерна изъ сухой сѣмядоли *Egvis lens*; *a*—маленькое плотное шарообразное зерно, *b*—съ мягкимъ ядромъ; *c*—съ мягкимъ ядромъ и мягкимъ слоемъ.

B—крахмальные зерна изъ почти спѣлаго сѣмени *Setaria italica*, именно, *a*—шаровидное молодое зерно съ центральнымъ ядромъ, *b*—съ двумя ядрами, *c*—такое же, но только раздѣленное щелью (сложное зерно).

C—(изъ сердцевинны *Cereus variabilis*) молодое зерно съ большимъ ядромъ, съ однимъ полнымъ и съ однимъ незамкнутымъ мягкимъ слоемъ *d*; *D*—также изъ сердцевинны *Cereus variabilis*, съ двумя участковыми зернами внутри; ядро *c* въ другомъ *f* мягко; первое вѣроятно содержитъ незамѣтное маленькое мягкое ядро. Оба составляющія зерна раздѣлены щелью, которая на фигурѣ не обозначена.



ф. 42.

содержитъ незамѣтное маленькое мягкое ядро. Оба составляющія зерна раздѣлены щелью, которая на фигурѣ не обозначена.

E, F, G свѣжій картофельный крахмаль; *E*— молодое шаровидное зерно еще безъ видимаго ядра; *F*— зерно съ двумя ядрами; *G*— полусоставное зерно съ широкой черной щелью *S* между участковыми зёрнами; въ лѣвомъ участковомъ зернѣ началось новое дѣленіе *r*.

Различная чернота въ тушовкѣ всѣхъ зеренъ обозначаетъ степень плотности вещества, мѣста совершенно бѣлыя, суть самыя богатяя по содержанію воды.

в) Кѣлочная оболочка ¹⁾.

§ 111. Строеніе кѣлочной оболочки. Живая или способная къ жизни кѣлочная оболочка состоитъ изъ вещества и воды. Микроскопическое изслѣдованіе показываетъ, что обѣ эти составныя части въ различныхъ оболочкахъ содержатся въ весьма различномъ количествѣ и что внутри одной и той же кѣлочной оболочки, мѣста богатяя содержаніемъ воды правильно смѣняются мѣстами бѣдными водой. По Негели, концентрическое наслоеніе и полосатость («первичныя волоконцы») суть ничто иное, какъ проявленіе правильной переменны плотнаго, бѣднаго содержаніемъ воды вещества, съ веществомъ мягкимъ, богатымъ водой. По теоріи, изложенной въ § 106, мѣста мягкія должно представлять себѣ составленными изъ мелкихъ, двоякопреломляющихъ молекулъ съ толстыми водяными оболочками, мѣста же плотныя—изъ крупныхъ двоякопреломляющихъ молекулъ съ тонкими водяными оболочками.

При сожиганіи кѣлочной оболочки, вещество ея распадается на составныя части зола и на улетучивающіяся соединенія. Зола отдѣльной кѣлочной оболочки представляетъ собою скелетъ, доказывающій, что минеральныя составныя части распределены между частицами органическаго вещества болѣе или менѣе равномерно, такъ что по всей вѣроятности минеральныя и ассимилированныя вещества входятъ въ составъ каждой видимой точки оболочки.

До сихъ поръ наши свѣдѣнія относительно химическаго состава скелета изъ зола еще весьма поверхностны; по видимому въ немъ постоянно встрѣчается известь (и магнезія?), а кремневая кислота въ очень многихъ случаяхъ является преобладающей составной частью. Химическія соединенія, въ видѣ которыхъ основанія входятъ въ составъ оболочки, еще неизвѣстны; кремневая кислота по всей вѣроятности встрѣчается въ свободномъ состояніи.

Неизвѣстно, какое участіе въ строеніи двоякопреломляющихъ оболочныхъ молекулъ принимаютъ минеральныя составныя части: соединяются ли они химически съ старающимъ веществомъ, образуя молекулы сложнаго химическаго состава, или обѣ эти составныя части только смѣшаны, образуя скопленіе молекулъ различнаго химическаго состава.

Старающее ассимилированное вещество оболочки, посредствомъ болѣе или менѣе энергическихъ растворителей, можно обыкновенно раздѣлить на два или болѣе химически-различныхъ соединенія; одна изъ полученныхъ такимъ образомъ составныхъ частей, постоянно представляетъ полный скелетъ всей оболочки, со всѣми особенностями ея организаціи, изъ чего слѣдуетъ, что оставшееся вещество на каждой точкѣ было расположено вмѣстѣ съ извлеченнымъ.

Если свѣжую кѣлочную оболочку обрабатывать холодной и кипящею водою, алкоолемъ, эфиромъ, разбавленными минеральными кислотами, щелочью или азот-

¹⁾ Въ этой главѣ неоднократно будутъ затронуты важнѣйшіе вопросы морфологіи кѣлочной точки, имѣющіе быть вполне изложенными въ первой части руководства Гофмейстера; я касаюсь этого предмета болѣе для полноты и равномерности изложенія, нежели съ цѣлью вполне исчерпать вопросъ.

ной кислотой и хлорноватокислымъ кали, то остающійся скелеть ¹⁾ постоянно является въ видѣ безцвѣтнаго, эластическаго, сильно притягивающаго воду вещества, сходнаго болѣе всего съ крахмаломъ; это вещество, получившее названіе клѣтковины или целлюлёзы, представляетъ существенную органическую составную часть каждой клѣточной оболочки.

Если, напротивъ, клѣточная оболочка обработана концентрированной сѣрной кислотой, то остается хотя не всегда, но часто (особенно въ клѣточкахъ древесинныхъ, лубяныхъ и эпидермиса), если обработка будетъ прекращена во-время, скелеть (лишенный главнымъ образомъ самыхъ внутреннихъ, концентрическихъ слоевъ), въ которомъ еще можно узнать первоначальное строеніе сохранившихся слоевъ (отлично ли оно въ поляризованномъ свѣтѣ?) и доказывающій этимъ, что остающееся вещество входило въ составъ всѣхъ частей оболочки вмѣстѣ съ клѣтковиной, разрушенной дѣйствіемъ сѣрной кислоты.

Наиболѣе совершенный скелеть оставляютъ по себѣ внѣшніе концентрическіе слои одеревенѣвшихъ и куткуларизованныхъ клѣточекъ.

Органическое старающее вещество клѣточной оболочки состоитъ, поэтому, выражаясь кратко, изъ клѣтковины и неклѣтковины; первая во всѣхъ случаяхъ представляетъ большое однообразіе, послѣдняя, повидному, можетъ состоять изъ весьма различныхъ соединений, природа которыхъ мало извѣстна и измѣняется, смотря по природѣ растенія и роду ткани. Количественное отношеніе обѣихъ составныхъ частей весьма измѣнчиво, смотря по роду и возрасту клѣточки; нѣкоторые оболочки и по всей вѣроятности всѣ молодыя оболочки, состоятъ почти исключительно изъ одной клѣтковины (вмѣстѣ съ водой и составными частями золы); въ другихъ оболочкахъ преобладаетъ неклѣтковина въ такой степени, что извлекаемая часть составляетъ болѣе нежели половину всего сухаго вещества оболочки.

Объ генетическомъ соотношеніи, которое, можетъ быть, существуетъ между клѣтковинными и неклѣтковинными веществами, было говорено въ концѣ статьи о «Превращеніяхъ веществъ», а потому здѣсь этотъ вопросъ можетъ быть оставленъ въ сторонѣ.

Въ настоящее время еще далеко не рѣшенъ вопросъ, какимъ образомъ полагаются въ оболочкѣ обѣ ея составныя части: соединяются ли вмѣстѣ для образованія двойкопреломляющихъ молекулей, причемъ подъ названіемъ неклѣтковины должно понимать весьма различныя, по химическому характеру, вещества, или каждая изъ этихъ частей сама по себѣ образуетъ самостоятельныя молекулы, опредѣляющія въ совокупности оптическія свойства оболочки.

Клѣтковинный скелеть оболочки, какъ это видно изъ предъидущаго, нерастворимъ въ холодной водѣ и въ другихъ обыкновенныхъ растворяющихъ средствахъ. Единственный извѣстный растворитель, не (?) производящій химическаго измѣ-

¹⁾ Подобнымъ образомъ очищенная клѣточная оболочка, содержащая только одну клѣтковину, можетъ быть называема скелетомъ въ томъ же смыслѣ, какъ и кремнистый скелеть, что притомъ относится какъ къ частичному расположенію, такъ и къ количеству вещества; лигнитъ, извлекаемый мацерированіемъ въ азотной кислотѣ съ бертолетовой солью, составляетъ, по Францу Шульце, въ древесинѣ *Carpinus Betulus*, *Quercus* и *Alnus* болѣе 50%, для сосны болѣе 40%, для волоконъ льна 17%, для скорлупы грецкаго орѣха 65%; слѣдовательно, остающаяся клѣтковина есть скелеть оболочки, часто составляющій менѣе половины всего ея вѣса (Fr. Schlutz: Lehrb. d. Chem. f. Landw. II, 28).

неция клетковины, есть аммоніакальная окись мѣди ¹⁾, изъ которой клетковина можетъ быть осаждена водой (кислотами и солями). Во всѣхъ другихъ случаяхъ, клетковина, растворяясь, подвергается разложенію и химическимъ превращеніямъ. Если клетковину обработать не очень сильно дѣйствующимъ веществомъ, то образуется (какъ изъ крахмала) декстрины и глюкоза, тождество которыхъ съ декстриномъ и декстрозою, образующимися изъ крахмала, еще подлежитъ сомнѣнію ²⁾.

а) Содержаніе воды. Абсолютное содержаніе воды въ свѣжихъ и живыхъ оболочкахъ въ точности неизвѣстно; что оно въ различныхъ клеточкахъ весьма различно, видно уже изъ различной степени уменьшенія въ объемѣ и уплотненія оболочекъ при высыханіи подъ микроскопомъ. Среднимъ числомъ можно принять, что вода составляетъ половину всего вѣса свѣжей оболочки.

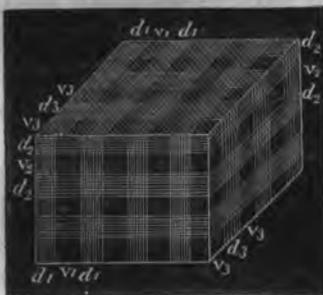
Какъ уже было упомянуто, размѣщеніе воды въ оболочкѣ обуславливаетъ въ ней наслоеніе и полосатость (Streifung), что въ первый разъ было высказано Негели ³⁾. Слои, бѣдые содержаніемъ воды, представляются и здѣсь бѣловатыми, богатые водой—красноватыми и въ видѣ щелей.

Негели, послѣ весьма остроумнаго опроверженія прѣжняго взгляда о составѣ клеточной оболочки изъ первичныхъ волокощевъ, объясняетъ строеніе оболочки слѣдующимъ образомъ ⁴⁾:

«Клеточная оболочка состоитъ изъ системъ прослоекъ (Lamellen), расположенныхъ по тремъ направленіямъ; каждая изъ системъ состоитъ попеременно изъ прослоекъ бѣдныхъ и богатыхъ водою; три системы перекрещиваются въ веществѣ оболочки, подобно листопробожденію въ кристаллѣ. Одна система прослоекъ производитъ концентрическое наслоеніе оболочки, видимое въ продольномъ и поперечномъ разрѣзахъ; обѣ другія системы, если смотрѣть на клеточку съ поверхности, являются въ видѣ перекрещивающихся системъ полосъ, которыя могутъ пересѣкаться почти подъ всеми углами, но по видимому обыкновенно вертикальны къ концентрическимъ слоямъ.»

Если разсматривать маленькую часть оболочки, то возможны и дѣйствительно встрѣчаются слѣдующіе три случая:

1) Наслоеніе и обѣ полосатости пересѣкаются подъ прямымъ угломъ; вертикальныя къ нимъ линіи относятся между собою какъ кристаллическія оси въ квадратной и орторомбической системахъ.



Ф. 43.

2) Наслоеніе перекрещиваетъ обѣ полосатости подъ прямымъ угломъ, между тѣмъ какъ послѣднія (полосатости) взаимно пересѣкаются подъ острыми углами; или наслоеніе съ одной изъ полосатостей составляетъ острый уголъ, между тѣмъ какъ полосатости пересѣкаются между собою подъ прямымъ угломъ; вертикальныя къ нимъ линіи относятся между собою какъ кристаллическія оси въ клиноромбической системѣ.

3) Наслоеніе и обѣ полосатости пересѣкаются взаимно подъ острыми углами; вертикальныя къ нимъ линіи соответствуютъ кристаллическимъ осямъ клиноромбической системы.

Первый случай Негели наглядно изображаетъ на фиг. 43-й, представляющей кусокъ клеточной оболочки въ формѣ куба. Прослойки трехъ системъ, перекрещивающіяся здѣсь подъ прямыми углами, для простоты представлены равной плотности и толщины, чего въ дѣйствительности можетъ и не быть ⁵⁾. При

¹⁾ Открыта въ 1853 г. Швейцеромъ; готовится, растворя свѣжеосажденную и промытую водную окись мѣди или углекислую окись мѣди въ наименьшемъ количествѣ концентрированного амміака (Kekulé Lehrb. d. org. Chem. 389).

²⁾ Kekulé, loc. cit. 390.

³⁾ «Stärkekörner», стр. 63.

⁴⁾ Nägeli: «Botanische Mittheilungen», стр. 16 (въ Sitzungsber. der k. bayer. Akad. d. Wiss. 7 Mai 1864). Литература приведена вполне и отлично разработана критически.

⁵⁾ $d_1 d_1$ и $v_1 v_1$ —двѣ прослойки одной системы; они стоятъ перпендикулярно къ читателю и оборочены къ нему узкой стороной; $v_2 v_2$ и $d_2 d_2$ —двѣ прослойки второй системы, они лежатъ параллельно поверхности бумаги; $d_3 d_3$ и $v_3 v_3$ —двѣ прослойки третьей системы, они лежатъ (въ перспективѣ) горизонтально передъ читателемъ.

такоемъ предположеніи, кусокъ оболочки состоитъ изъ множества кубовъ четырехъ различныхъ степеней плотности (по содержанію воды), смотря потому, перекрещиваются ли на разсматриваемомъ мѣстѣ: три мягкія прослойки, или двѣ мягкія и одна плотная, или одна мягкая и двѣ плотныя, или, наконецъ, три плотныя прослойки. На рисункѣ черныя мѣста — суть самыя мягкія; наименьшая плотность обозначена простою системою бѣлыхъ параллельныхъ линий; въ мѣстѣ пересѣченія двухъ системъ параллельныхъ линий, образуется кубъ бѣльшей плотности; гдѣ пересѣкаются три системы параллельныхъ линий, тамъ находится мѣсто наибольшей плотности.

При нашемъ предположеніи три системы прослоекъ для наблюдателя одинаково явственны; но если толщина прослоекъ, или разница въ плотности у каждой изъ трехъ системъ различна, то наслоеніе и полосатость дѣлаются несравненно болѣе ясными и въ точкахъ пересѣченія являюся 6 или 8 различныхъ степеней плотности вещества.

При высыханіи наслоеніе и полосатость болѣе или менѣе утрачиваются, причемъ однако различныя оболочки, вслѣдствіе различія въ плотности прослоекъ, должны представлять весьма большое разнообразіе.

Явственность и толщина мѣста съ различнымъ содержаніемъ воды у различныхъ клѣточекъ весьма неодинакова; во многихъ строеніе обнаруживается тогда лишь, когда онѣ измѣнены механически или химически (сдавливаніемъ, разрыхленіемъ отъ разбуханія въ сѣрной кислотѣ, ѣдкомъ кали, азотной кислотѣ и т. д.). Въ разбухшемъ состояніи, Негели нашелъ толщину двухъ прослоекъ (мягкой и толстой вмѣстѣ) = 0,8 до 1,5 микромиллиметра; въ неизмѣненной оболочкѣ толщина должна быть поэтому равною 0,14 до 0,12 микромилл.

Въ некоторыхъ оболочкахъ нельзя никакимъ способомъ сдѣлать строеніе видимымъ. Негели приписываетъ это незначительной толщинѣ всей системы, и по этой же причинѣ не обнаруживается описанное строеніе у молодыхъ клѣтокъ и тонкостѣнной паренхимы. По Негели полосатость тѣмъ замѣтнѣе, тѣмъ слои ровнѣе и параллельнѣе между собою. Оболочки съ многочисленными порами, съ кольчатыми, спиральными и сѣтевидными утолщеніями, представляютъ наибольшія отклоненія отъ такого правильнаго расположенія.

Встрѣчаются клѣточки, въ которыхъ концентрическое наслоеніе и полосатость (если на нихъ смотрѣть съ поверхности) обнаруживаются одинаково явственно или одинаково неявственно, но въ огромномъ большинствѣ случаевъ наслоеніе бываетъ гораздо замѣтнѣе, нежели полосатость; впрочемъ, по Негели, бываетъ и наоборотъ — напр. въ старыхъ древесинныхъ клѣточкахъ.

По отношенію ко всей клѣточкѣ, въ распредѣленіи прослоекъ, обнаруживающихся въ видѣ полосатости, по проникающихъ чрезъ всю толщу стѣнки, должно различать три типа: прослойки могутъ быть расположены такъ, что одна система полосъ лежитъ параллельно оси клѣточки, другая поперегъ (водоросли съ простымъ строеніемъ), или обѣ системы пластинокъ представляютъ спирали, идущія обыкновенно по противоположнымъ направленіямъ, пересѣкаясь подъ острымъ угломъ. Первая (прямая) и вторая (спиральная) полосатости могутъ переходить одна въ другую. Существенно отличается отъ обоихъ случаевъ косвенная кольцеобразная полосатость, которую впервые замѣтилъ Негели; пластинки обѣихъ системъ, обуславливающихъ полосатость, образуютъ косвенныя кольца, взаимно пересѣкающіяся. При спиральной полосатости каждая изъ пластинокъ представляетъ витую лѣстницу, но при «косвенной кольцеобразной» полосатости каждая пластинка представляетъ собою наклоненную плоскость съ отверстіемъ ¹⁾ посрединѣ и проходящую по направленію косвеннаго разрѣза. Всѣ полосы одной системы образуютъ послѣдовательный рядъ такихъ косыхъ, параллельныхъ между собою прослоекъ, полосы другой системы составляютъ второй послѣдовательный рядъ, также косыхъ и взаимно параллельныхъ прослоекъ, которая однако пересѣкаютъ прослойки первой системы подъ острымъ угломъ ²⁾.

Найденное Негели соотношеніе полосатости къ образованію вдающихся во внутрь клѣточки углощепіи оболочки ³⁾, относится болѣе къ морфологіи клѣточной оболочки ⁴⁾.

¹⁾ Соответствующимъ полостямъ клѣточки.

²⁾ Loc. cit., стр. 21.

³⁾ Loc. cit., стр. 24.

⁴⁾ Подробное описаніе трудныхъ для изготовленія и видимыхъ только при очень сильномъ увеличеніи объектовъ, и изображеніе ихъ см. въ работѣ Негели.

§ Клетковина. Если мы, подобно Пайену ¹⁾ и Молю ²⁾ будемъ называть клетковиной то вещество клеточной оболочки, которое остается послѣ обработки послѣдней холодной и кипящей водой, алкоолемъ и эфиромъ, разбавленными кислотами и щелочами, и послѣ мацерированія по способу Шульце, то этимъ будутъ устранены всѣ тѣ затрудненія, которыя составляютъ предметъ изслѣдованія Негели ³⁾ въ его сочиненіи: «Über die chemische Zusammensetzung der Stärkekörner und Zellmembranen».

Вещество оболочки съмаколей *Pumpeaea Curbaril*, *Macuna* и др. растворимое въ холодной водѣ, должно быть разсматриваемо какъ соединеніе, весьма близкое къ клетковинѣ и образовавшееся изъ послѣдней чрезъ превращеніе.

Мнѣніе Негели, что одинаковыя по химическому составу вещества могутъ обладать различною растворимостью вслѣдствіе различія по взаимному распредѣленію частицъ, не устраняетъ возникающихъ затрудненій, ибо различіе по растворимости составляетъ въ сущности также химическое различіе, и притомъ такой взглядъ, хотя самъ по себѣ вѣрный, не лишенъ нѣкотораго произвола при его примѣненіи. Я, поэтому, предпочитаю держаться мнѣнія Пайена и Моля до тѣхъ поръ, пока не будутъ доставлены болѣе основательныя доказательства въ пользу растворимости клетковины въ водѣ.

§ 112. Разбуханіе и пропитываніе клеточной оболочки ⁴⁾. Клеточныя оболочки, подобно крахмальнымъ зернамъ, подъ вліяніемъ жидкостей въ нихъ проникающихъ и измѣняющихъ химически ихъ вещество, претерпѣваютъ такого рода измѣненіе въ частичномъ строеніи, что припимаютъ гораздо больше жидкости, чѣмъ въ нормальномъ состояніи; притомъ распредѣленіе жидкости по различнымъ направленіямъ бываетъ неодинаковое, соотвѣтственно чему измѣняется отношеніе размѣровъ по разнымъ направленіямъ. По этому предмету есть только одно точное изслѣдованіе, удовлетворяющее всѣмъ научнымъ требованіямъ и произведенное Негели, представившимъ наиболѣе замѣчательныя работы по вопросу о частичномъ строеніи организованныхъ образований.

Онъ дѣйствовалъ ⁵⁾ сѣрной кислотой или амміачной окисью мѣди на лубяныя клеточки хинной коры, льна и пеньки, и получилъ слѣдующіе результаты: самый наружный (первичный) слой клеточной оболочки противостоитъ весьма энергично средствамъ, обусловливающимъ разбуханіе и не расширяется въ объемъ, а разрывается на клочки и полоски. Если въ лубяныхъ клеточкахъ смѣняются поясы изъ кольчатыхъ и спиральныхъ полосъ, то первыми разбухаютъ поясы кольцеобразныхъ полосъ, они же растворяются первыми и обусловливаютъ распаденіе лубяныхъ нитей на короткіе куски.

Но важнѣйшіе и замѣчательнѣйшіе результаты суть слѣдующіе: «При разбуханіи каждое лубяное волокно, равно и каждый отдѣльный слой этихъ волоконъ, дѣлается короче и толще, причемъ происходитъ вращеніе волокна около оси и ходы спиральныхъ полосъ дѣлаются менѣе крутыми.—Увеличеніе объема отдѣльныхъ концентрическихъ пластинокъ бываетъ почти одинаковое, и.п. только немного значительнѣе для внутреннихъ слоевъ. Всѣ пластинки обнаруживаютъ стремленіе разбухать сильнѣе въ толщину чѣмъ по направленію поверхности, но въ степени такого разбуханія замѣчается значительная разнища между внутренними и внѣшними слоями. Самые наружныя слои обладаютъ относительно наи-

¹⁾ Payen: Ann. des sc. nat. 1840, т. XIV, стр. 99.

²⁾ Mohl: Die vegetabil. Zelle, стр. 188 и 191.

³⁾ Bot. Mitth., loc. cit. 13 Juni 1863, стр. 387 и дал.

⁴⁾ Касательно нѣкоторыхъ важнѣйшихъ слѣдствій пропитыванія оболочки, см. отдѣлъ «Напряженіе тканей».

⁵⁾ Nägeli: «Botan. Mittheilungen» loc. cit. Juli 1864, стр. 98.

большую склонностью къ утолщенію и наименьшею къ росту по направленію поверхности. Это различіе между утолщеніемъ и ростомъ по направленію поверхности постепенно уменьшается, по мѣрѣ того, какъ слои лежатъ ближе къ серединѣ».

Для того, чтобы вызвать эти явленія, жидкость, производящая разбуханіе, должна быть средней концентрации; если же она сильно концентрирована, то оболочка растворяется съ поверхности.

Негели разрѣзалъ лубяныя волокна на короткіе цилиндрическіе куски; при разбуханіи, 2—3 концентрическія группы слоевъ отдѣлялись другъ отъ друга, причемъ внутренняя выставлялась по концамъ изъ подъ наружной группы, потому что послѣдняя укорачивалась сильнѣе; каждый, глубже во внутрь лежащій слой каждой группы, укорачивается менѣе, нежели ближайшій внѣшній ¹⁾. Если сдѣланіе концентрическихъ группъ слоевъ достаточно велико, то они остаются соединенными и отрѣзокъ волокна сохраняетъ свою цилиндрическую форму, дѣлаясь толще и въ тоже время короче.

Измѣренія подобныхъ разбухшихъ кусковъ лубяныхъ волоконъ дали положительные результаты. Для примѣра я привожу слѣдующія цифры:

	Длина куска.	Ширина его.
въ водѣ	85 микромилл.	17 микромилл.
въ амміачной окиси мѣди 42	—	86 —

	Цилиндрическая поверхн. въ квадр. милл.
въ водѣ	4541
въ амміачной окиси мѣди	11352.

	Поперечное сѣченіе въ квадр. микромилл.
въ водѣ	227
въ амміачной окиси мѣди	5811.

	Емкость въ кубич. микромилл.
въ водѣ	19295
въ амміачной окиси мѣди	244062.

Отношеніе между укорачиваніемъ и утолщеніемъ столь значительно, что длинный цилиндръ можетъ превратиться въ плоскій кругъ. Цилиндрическій кусокъ можетъ укоротиться до $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{5}$ своей первоначальной длины, между тѣмъ какъ діаметръ увеличивается въ 4 въ 5, а иногда и въ 6 разъ, съ чѣмъ естественно соединяется замѣтное увеличеніе объема. Поперечное сѣченіе увеличивается въ 10 — 20 — 30 разъ, между тѣмъ какъ поверхность цилиндра увеличивается только въ $1\frac{1}{2}$ —3 раза.

«Слѣдовательно можно сказать ²⁾, что молекулярный слой, пересекающій ось подъ прямымъ угломъ, увеличивается въ 10 разъ болѣе, нежели слой, окружающій ось цилиндра концентрически, въ формѣ цилиндрической оболочки. Было бы однако ошибочно принять, что при разбуханіи въ первомъ случаѣ молекулы удаляются одна отъ другой въ 10 разъ болѣе, чѣмъ во второмъ. Дѣйствіе средствъ, производящихъ разбуханіе, безъ сомнѣнія состоитъ въ томъ, что молекулы раздробляются на болѣе мелкія, одновременно измѣняя свое относительное расположеніе. Еще ошибочнѣе было бы изъ того, что разбухшіе цилиндры укорачиваются, вывести заключеніе, что молекулы сближаются по направленію длины цилиндра, потому что вмѣстѣ съ укорачиваніемъ цилиндра происходитъ крученіе, что ясно замѣтно по боковымъ полоскамъ. Ходы спиралей получаютъ менѣе кругое направленіе и съ осью составляютъ болѣе большой уголъ. При этомъ каждая отдѣльная полоска абсолютно удлиняется и безъ сомнѣнія то же самое происходитъ и съ рядами молекулъ, направленіе которыхъ вѣроятно совпадаетъ съ направленіемъ полосъ. Такъ какъ при разбуханіи цилиндрическая поверхность, а также каждый съ ней концентрическій молекулярный слой, увеличиваются по направленію поверхности, то существуетъ возможность, что вслѣдствіе вращенія, соответствующаго молекулярному расположенію, сосѣднія частицы удаляются одна отъ другой по всѣмъ направленіямъ».

¹⁾ Loc. cit., стр. 89.

²⁾ Loc. cit., стр. 91.

При разбуханіи въ слабой сѣрной кислотѣ, получаютъ подобныя же результаты.

Вопросъ, укорачиваются ли дубяныя кѣтки при увлажненіи водою, Негели оставляетъ нерѣшеннымъ, хотя такое укорачиваніе и не лишено вѣроятія; но дубяныя волокна принимаютъ въ себя такъ мало воды, что соответствующее измѣненіе длины остается неизмѣримымъ.

Не менѣе важны наблюденія Негели надъ поперечными сѣченіями дубяныхъ волоконъ. Въ дубяныхъ волокнахъ льна, въ разбухшемъ состояніи, внутренніе слои представляютъ изогнутыми, потому что они въ тангентальномъ направленіи разбухаютъ значительно нежели въ радіальномъ; внутренніе слои расширяются въ тангентальномъ направленіи сильнѣе, нежели наружныя, такъ что послѣдніе иногда даже разрываются. Разорванная наружная система слоевъ при этомъ болѣе или менѣе выпрямляется, потому что и ея внутренніе слои сильнѣе разбухаютъ въ тангентальномъ направленіи, нежели наружныя.

Подобное же происходитъ съ поперечными сѣченіями дубяныхъ кѣтокъ хинной коры, когда онѣ разбухаютъ въ сѣрной кислотѣ. Я привожу одну изъ таблицъ Негели, причемъ заимствую только размѣры для «воздѣйствіа» сѣрной кислоты.

Дубяныя кѣточка хины: попер. сѣч. въ микромилл.

I) Внутренняя система слоевъ.

въ водѣ	радіусъ = 9,5	и	15,5	Квадратное содержаніе:
въ сѣрной кислотѣ	— = 32	—	40	462
				4023

II) Наружная система слоевъ¹⁾.

въ водѣ	толщина = 12	до	16	Квадратное содержаніе:
въ сѣрной кислотѣ	— = 99	шир. =	170	1617
				15300

Самый наружный слой хинныхъ кѣточекъ въ сѣрной кислотѣ почти не расширялся по тангентальному направленію.

Напротивъ, самый внутренній слой внѣшней системы слоевъ расширялся тангентально почти вдвое или болѣе; вся внѣшняя система слоевъ увеличилась въ радіальномъ направленіи въ 5—7 разъ; діаметръ внутренней системы слоевъ увеличился въ $2\frac{1}{4}$ — $3\frac{1}{2}$ раза, а ее тангентальное расширеніе почти равнялось радіальному; поверхности наружной и внутренней системъ увеличились почти одинаково, но внутренняя система увеличивалась по всѣмъ направленіямъ равномерно, наружная же преимущественно въ радіальномъ направленіи²⁾.

Особенный интересъ представляетъ статья Крамера³⁾, гдѣ онъ, по случаю явленій, представляемыхъ кѣточками *Ergoneum*, разбираетъ вопросъ объ измѣненіи формы винта, если въ вещество послѣднато распределяется вода по различнымъ способамъ.

Кѣточки *Ergoneum*, высушенные на воздухѣ, приняли лентообразную форму и свернулись винтомъ (C), или же они сохраняли свою полость, причемъ стѣнки разрывались въ видѣ вилтообразной (A и B) ленты.

Если такія высохшія на воздухѣ кѣточки положить въ сѣрную кислоту, въ азотную кислоту, или въ йодное кали, то при разбуханіи происходятъ тѣ же явленія, какъ и отъ простаго пропитыванія водою. Кѣточки были измѣрены сперва въ абсолютномъ алкоолѣ и потомъ въ водѣ, причемъ получились слѣдующіе результаты: число оборотовъ винта иногда уменьшалось вслѣдствіе пропитыванія; обороты спирали понижались на 30—48% и расширились на 8—70%, длина спирали увеличивалась на $\frac{1}{2}$ до 5%; числа эти относятся до полыхъ кѣточекъ, но и лентообразно сложившіяся представляють подобныя же явленія.

Указанныя измѣненія формы наступаютъ почти мгновенно; если пропитанныя кѣточки подвергнуть дѣйствию средствъ, отнимающихъ воду, то происходитъ противоположное.

Крамеръ на основаніи своихъ наблюденій доходитъ до слѣдующихъ соображеній: Если во-

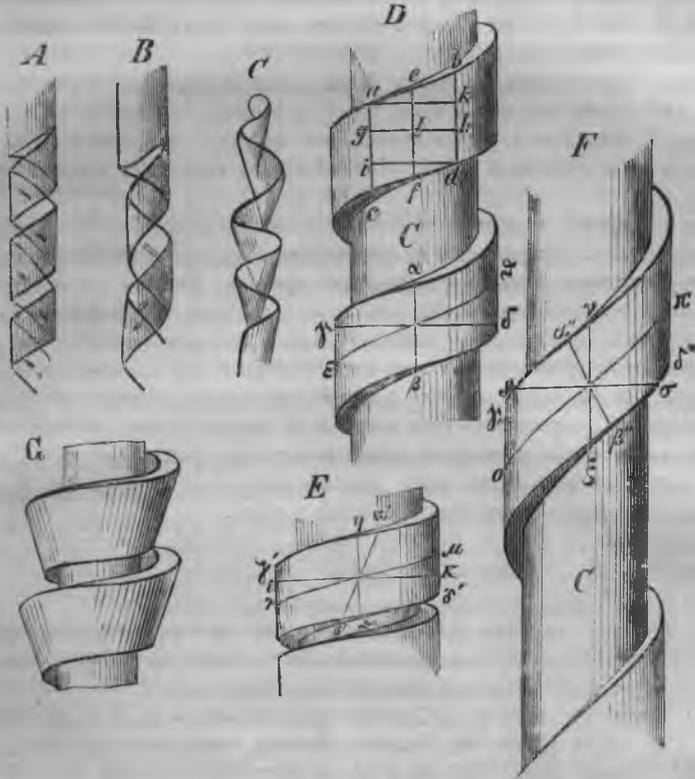
¹⁾ Будучи разорвана напоромъ внутренней системы, представляетъ квадрантъ (а не кругъ, какъ прежде).

²⁾ Изображенія см. у Негели loc. cit.

³⁾ Pflanzenphysiol. Unters. v. Nägeli und Cramer, тетр. III, 1855. стр. 28, и слѣд.

данныя частицы располагаются равномерно во всех концентрических слоях оболочки и притом только в радиальных направленихъ, то оболочка только утолщается; расположение водныхъ частицъ въ каждомъ слое оболочкы по всемъ направленіямъ имѣеть слѣдствіемъ восторонній ростъ поверхности и т. д. Но, для объясненія описанныхъ явленій нужно преимущественно рассмотреть тѣ случаи, когда расположеніе воды по различнымъ тангентальнымъ направленіямъ различно и въ тоже время не одинаково въ соответственныхъ направленіяхъ, но различныхъ концентрическихъ слояхъ.

Если вода значительно всего отлагается на вѣдней поверхности винтообразно-скрученной ленты, и притомъ въ направленіи сильнѣйшаго изгиба gh , ak , id (фиг. D), то изгибъ дѣлается круче и обороты винта суживаются; напротивъ, происходитъ расширеніе винтовой линіи, если отложеніе воды возрастаетъ по направленію во внутрь, къ оси.



ф. 44 (По Крамеру loc. cit.).

Если отложеніе воды возрастаетъ кнаружи, происходитъ въ направленіи $\epsilon\zeta$, то спираль дѣлается менѣе крутою, maximum изгиба болѣе слаживается, $\gamma\delta$ измѣняется въ $\gamma'\delta'$ (E), minimum изгиба $\alpha\beta$ перемѣщается въ $\alpha'\beta'$ и между обоими направленіями образуется новый maximum изгиба κ , и новый minimum $\gamma\zeta$; этикъ удовлетворяется стремленію полосы $\epsilon\zeta$ (D) увеличить изгибъ и если смотрѣть на него съ поверхности, то оно представляется теперь въ положеніи $\lambda\mu$ (E).

Если направленіе, въ которомъ происходитъ наиболѣе сильное отложеніе воды во вѣднемъ слое, пересѣкаетъ первоначальное maximum изгиба gh въ D такъ, что оно проходитъ по противоположно завитой винтовой линіи, то результатъ долженъ быть противоположный предыдущему, т. е. обороты винта должны принять болѣе крутые изгибы. Направленіе $\gamma\delta$ (D) преліяго maximum изгиба переходитъ въ положеніе $\gamma''\delta''$ (F), направленіе minimum изгиба $\alpha\beta$ (D) переходитъ въ положеніе $\alpha''\beta''$; новые maximum и minimum изгиба лежатъ теперь (F) при $\rho\sigma$ и $\gamma\zeta$; полоса $\epsilon\zeta$ (D) приняла положеніе $\sigma\pi$. Противоположный результатъ происходитъ, если обладающее отложеніе воды во внутреннихъ слояхъ (ближе къ оси цилиндра) проходитъ по тому же направленію.

Отсюда следовательно вытекает, что

- 1) сужение винтовых оборотов обуславливается преобладающим поперечным отложением воды снаружи;
- 2) расширение — преобладающим поперечным расположением внутри;
- 3) понижение происходит а) вследствие преобладающего косвенного гомодромного расположения снаружи; б) вследствие преобладающего антидромного внутри;
- 4) повышение спирали происходит а) вследствие преобладающего гомодромного расположения внутри, б) вследствие преобладающего антидромного снаружи.

Изменения формы винтообразно свернутой оболочки зависят от различных комбинаций поименованных случаев вследствие отложения воды; клеточки Eginium расширяют винтовую линию, в них, следовательно, вода должна отлагаться в поперечном направлении и с внутренней стороны больше нежели с наружной; но эти винтовые линии в тоже время понижаются, что может происходить вследствие преобладающего косвенного гомодромного отложения снаружи, или вследствие антидромного внутри.

Форма винта G происходит из формы D или вследствие того, что поперечное отложение в наружном слое возрастает от e через l до f , или оттого, что оно во внутреннем слое возрастает от f' через l до e . Легко понять, как наружная поверхность винта, вследствие отложения воды, может образовать жолоб (Hohlkehle), или выдающийся валик в направлении eB (D) и т. д.

Винт может перейти в прямую полосу: 1) вследствие расширения оборотов при преобладающем поперечном распределении во внутреннем слое, или 2) вследствие повышения крутизны оборотов, зависящего от вышеупомянутых причин. Причина, обуславливающая выпрямления оборотов вследствие их расширения, может наконец образовавшуюся таким образом ленту заставить принять форму спирали, имющей противоположное прежнему направлению. Из прямой ленты происходит кольцо, когда отложение воды на передней стороне превышает отложение ее на задней стороне и направление притом параллельно краям ленты; если же это направление пересекает края ленты под острым углом, то образуется винт.

Цилиндрическая оболочка удлиненной клетки может быть разбита на прямая продольная ленты, и из вышесказанного видно, как эта цилиндрическая оболочка может скрутиться спирально направо или налево (скручивание оболочки у харь).

В нижеследующем я привожу еще ряд данных, имющих отношение к разбуханию клеточной оболочки, хотя эти данные не относятся сюда физиологических вопросов.

Разбухание древесины в воде есть результат разбухания отдельных клеточных оболочек; наполнение полостей древесины не может иметь влияния на изменение объема и размеров. С этой точки зрения имеет физиологическое значение исследование Лавеса ¹⁾ (Laves).

Он клал правильные хорошо высушенные отрезки дерева в воду и оставлял их так до тех пор, пока приращение во всем дьалось очень незначительным, т. е. до тех пор, пока они не увеличились во всем на 60—80%, что при 14—16% Р. воды наступало по прошествии 7-ми дней. Вейсбах однако впоследствии доказал, что расширение не бывает вполне окончено даже по прошествии месяцев, хотя оно после приятия главной массы воды дьалется весьма незначительным. Нижеприведенные числа, данные Лавесом, следовательно, не представляют во всей строгости абсолютного приращения объема при разбухании в воде, но они достаточно доказывают, что древесина расширяется по различным направлениям не одинаково ²⁾.

¹⁾ «Ueber das Schwinden u. Quellen der Nutzholzer» v. Laves в Polytechnisch. Centralblatt v. Hülse u. Weinlig 1837 стр. 799.

²⁾ Приведенная таблица есть только извлечение из таблицы Лавеса.

Линейное расширеніе древесины при переходѣ ея изъ сухаго состоянія въ почти насыщенный водою:

	По оси.	По радіусу.	Въ периферическомъ направленіи.
Акація	0,085	3,84	8,52
Кленъ	0,072	3,35	6,59
Яблоня	0,109	3,00	7,39
Береза	0,222	3,86	9,30
Грушевое дерево	0,228	3,94	12,70
Красный букъ	0,200	5,03	8,06
Бѣлый букъ	0,400	6,66	10,90
Самшитъ	0,026	6,02	10,20
Кедръ (ливанскій)	0,017	1,30	3,38
Лимонное дер.	0,154	2,18	4,51
Эбеновое дер. (черное)	0,010	2,13	4,07
Дубъ (молодой)	0,400	3,90	7,55
Дубъ (стар.)	0,130	3,13	7,78
Ясень (молод.)	0,821	4,05	6,56
Ясень (стар.)	0,187	3,84	7,02
Ель	0,076	2,41	6,18
Дикий каштанъ	0,088	1,84	5,82
Сосна	0,120	3,04	5,72
Вишневое дерево	0,112	2,85	6,95
Лиственница	0,075	2,17	6,32
Липа	0,208	7,79	11,50
Красное дерево	0,110	1,09	1,79
Орѣшина	0,223	3,53	6,25
Тополь	0,125	2,59	6,40
Гребенчатая ель	0,122	2,91	6,72
Вязъ	0,124	2,94	6,22
Ива	0,697	2,48	7,31
Плачущая ива	0,330	2,55	6,91

Ю. Вейсбахъ ¹⁾ измѣрялъ кусочки дерева въ формѣ параллелепипеда, которые будучи сильно высушены, погружались въ проточную воду; онъ нашелъ, что разбуханіе дерева происходитъ втеченіи первыхъ двухъ мѣсяцевъ лежанія въ водѣ, послѣ чего въ объемѣ не замѣчается значительнаго измѣненія; всасываніе же воды и сопряженное съ нимъ увеличеніе вѣса продолжается гораздо долѣе; это приращеніе въ вѣсѣ дѣлается незамѣтнымъ чрезъ шесть мѣсяцевъ; maximum содержанія воды и объема сохраняется втеченіи многихъ лѣтъ почти неизмѣннымъ и по всей вѣроятности до тѣхъ поръ, пока въ деревѣ не наступитъ внутреннее измѣненіе, напр. гніеніе; дерево, высушенное послѣ многолѣтняго разбуханія въ водѣ, принимаетъ почти первоначальный объемъ и вѣсъ.

Послѣ вымачиванія въ водѣ втеченіи 1—3 лѣтъ ²⁾.

	100 вѣсов. частей сухаго дерева при- няли воды.	100 объемныхъ частей су- хаго дерева при этомъ рас- ширились на:
Кленъ 1.	87 вѣсов. част.	9,4 объем.
Кленъ 2.	87	7,1
Яблоня	86	10,9
Осина 1.	78	5,2
Осина 2.	80	8,0
Береза 1.	97	7,0
Береза 2.	91	8,8
Грушев. дер.	91	8,6

¹⁾ L. c., 1845. стр. 570.

²⁾ Также и эта таблица представляетъ только извлеченіе изъ таблицы Вейсбаха.

	100 вѣсов. частей сухаго дерева при- няли воды.	100 объемных частей су- хаго дерева при этомъ рас- ширились на:
Красн. букъ 1.	99 вѣсов. част.	9,5 объем.
Красн. букъ 6.	63	10,9
Бѣл. букъ	60	12,9
Дубъ 1.	60	7,2
Дубъ 2.	91	7,9
Ольха 1.	163	6,8
Ольха 2.	136	5,8
Ясень	70	7,5
Ель 1.	94	5,7
Ель 2.	130	5,1
Сосна	102	4,8
Вишнев. дер.	88	9,4
Лица	113	11,3
Тополь	214	8,5
Гребенчатая ель 1	83	3,6
Гребенчатая ель 2	94	7,2
Вязъ	102	9,7

Куски изъ колеса водяной мельницы, сдѣланнаго изъ древесины ели и гребенчатой ели, и бывшаго въ ходу впродолженіи 30 лѣтъ, оказали слѣдующее измѣненіе:

	100 вѣсов. частей сухаго дер. при- няли воды:	100 объемных част. су- хаго дерева при этомъ рас- ширились на:
Куски обыкн. ели	131	8,6
„	70	4,4
„	126	8,5
„	166	6,0
Куски гребенч. ели	123	7,2

Вейсбахъ изъ своей подробной таблицы выводитъ заключеніе, что разбуханіе древесины лиственныхъ породъ (8,8 проц.) больше разбуханія (5,5 проц.) древесины хвойныхъ; далѣе, что лиственная древесина всасываетъ меньше воды (83 проц.), чѣмъ хвойная (102 проц.). Этотъ результатъ должно безспорно приписать преимущественно тому обстоятельству, что принятая вода только частію проникаетъ въ клеточныя оболочки, а частію выполняетъ полости клеточекъ, причѣмъ только вода, проникающая въ оболочки, обусловливаетъ увеличеніе объема. — Эти, какъ и предшествовавшія наблюденія Лавеса, разумѣется, не могутъ быть сравниваемы съ наблюденіями, произведенными Негели надъ отдѣльными клеточками, пока мы не будемъ имѣть связывающихъ ихъ фактовъ. Негели наблюдалъ клеточки дуба, а не древесины, кромѣ того при его опытахъ молекулярное строеніе было разрушаемо химическими реагентами, причѣмъ разбуханіе было чрезвычайно сильное, тогда какъ въ опытахъ Лавеса строеніе оставалось неизмѣненнымъ и разбуханіе было незначительно; наконецъ всѣ измѣненія объема отдѣльных частей оболочки при опытахъ Негели могли проявляться свободнѣе чѣмъ въ древесинѣ, гдѣ тысячи тѣсно расположенныхъ оболочекъ взаимно другъ друга сдавливаютъ. Стѣнки клеточекъ молодой древесины содержатъ, какъ въ долевомъ, такъ и въ периферическомъ направленіи, больше воды и меньше твердаго вещества, чѣмъ клеточки старой древесины; это доказывается фактомъ, который изслѣдованъ Дюгамелемъ¹⁾, именно, что молодой стебель, будучи расколотъ вдоль на-крестъ, при высыханіи дѣлается вогнутымъ съ наружной стороны, и на немъ образуются продольныя трещины, ширина которыхъ по Дюгамелю простирается до $\frac{1}{2}$ окружности.

Слизистое вещество сѣмянъ льна и айвы суть измѣненія клетковины, характеризующіяся своею способностью разбухать. Крамеръ²⁾ нашель, что слизь айвы, высушенная на воздухѣ, образуетъ съ вѣсомъ воды во 100 разъ большимъ, едва подвижную студень, тогда какъ высу-

¹⁾ Du Hamel: Fällung der Wälder übers. von Schöllnbach, 11, 38.

²⁾ Cramer въ Pflanzenphysiol. Unters. von Nägeli und Cramer, III тетр., стр. 7 ff.

шенная на воздухѣ слизь льяныхъ сѣмянъ сравнительно съ такимъ же вѣсомъ (100 частей) воды представляетъ относительно легко текущую слизь. Сдѣленіе слизи айвы при различномъ содержаніи воды онѣ опредѣляютъ слѣдующимъ образомъ. Стеклянная трубка снизу замыкалась проволоочною сѣткой, клѣтки которой были величиною въ 0,079 квадр. милл.; онѣ наполнялъ трубку слизистымъ сокомъ айвы съ различнымъ процентнымъ содержаніемъ твердаго вещества и опредѣлялъ высоту столба, при которой слизь не проникала чрезъ проволоочную сѣт. Давленіе при этомъ равно давленію воднаго столба той же высоты, потому что вѣсъ слизистаго сока едва лишь разнится отъ вѣса воды.

По Крамеру.

Опытъ.	Проц. сод. сухаго вещества.	Высота давленія, при которой прекращается прониканіе чрезъ проволоочную сѣтку.
I.	1,60 проц.	68 миллим.
II.	1,16 »	36 »
III.	0,908 »	24 »
IV.	0,747 »	18 »
V.	0,634 »	14 »

Изъ таблицы видно, что тягучесть слизи увеличивается вмѣстѣ съ содержаніемъ сухаго вещества, но въ быстрѣйшей пропорціи.

Относительно силы, съ которую вода проникаетъ въ клѣточную оболочку, см. отдѣлъ VII, «Движеніе воды».

§ 113. Отношенія клѣточной оболочкѣ къ іоду. Клѣточные оболочки окрашиваются іодомъ въ различные цвѣта: желтый, бурый, голубой, фіолетовый, красно-фіолетовый ¹⁾, смотря по природѣ веществъ, изъ которыхъ онѣ состоятъ, и по свойству растворенныхъ веществъ, реагирующихъ одновременно съ іодомъ. Только въ небольшомъ числѣ случаевъ удается получить тотчасъ голубое окрашиваніе при дѣйствіи воднаго раствора іода (сумочки лишаевъ). Въ очень многихъ клѣточкахъ (особенности въ сочной паренхимѣ) можно достигнуть отложенія іода въ видѣ голубой окраски тѣмъ, что дать имъ сначала высохнуть съ воднымъ растворомъ іода и затѣмъ снова смочить. Какъ здѣсь, такъ и въ другихъ случаяхъ голубому окрашиванію способствуетъ дѣйствіе слабой сѣрной кислоты (сердцевинные лучи, паренхима, внутренніе слои большей части клѣточныхъ оболочекъ сосудистыхъ пучковъ и кожицы). Во всѣхъ же тѣхъ случаяхъ, гдѣ этихъ средствъ не достаточно, голубую окраску можно вызвать, подвергая клѣточную оболочку предварительной обработкѣ («очищенію») минеральными кислотами и щелочами.

Кутикуля ²⁾ и кутикулярные слои кожицы и пробковья клѣточные оболочки послѣ предварительнаго продолжительнаго дѣйствія ѣдкаго кали при низкой температурѣ, или быстраго дѣйствія при высокой температурѣ, а дубяныя и древесинныя клѣточки, сосуды и др. послѣ дѣйствія азотной кислоты, окрашиваются отъ іода въ голубой цвѣтъ. Эти результаты добыты преимущественно (почти исключительно) Модемъ ³⁾ и ими съ давнихъ поръ руководствуются при микроскопическихъ изслѣдованіяхъ; но самое объясненіе этихъ фактовъ, предло-

¹⁾ Различное окрашиваніе въ одной и той же клѣточной оболочкѣ является вслѣдствіе того, что различныя слои клѣточной оболочки (особенности если она толста) въ химическомъ отношеніи различны другъ отъ друга.

²⁾ Голубое окрашиваніе настоящей кутикулы послѣ обработки ѣдкимъ кали было открыто въ первый разъ Гоэмейстеромъ (Sitzungsber. d. k. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. Leipzig, 1858, 20 Februar, стр. 21).

³⁾ Н. v. Mohl: Vermischte Schriften bot. Inhalts, 1845, стр. 334, и особенности Bot. Zeitg, 1847, стр. 497 ff. Въ первой работѣ въ исторіи этихъ реакцій замѣтно участіе также Мейена и Шлейдена.

женное Модемъ, отчасти сдѣлалось спорнымъ, вслѣдствіе новѣйшихъ работъ Негели. Опираясь на открытіе Коммелля ¹⁾, что въ водно-спиртовой іодовой тинктурѣ образуется со временемъ іодистоводородная кислота, способствующая окрашиванію клѣточной оболочки іодомъ въ голубой цвѣтъ, Негели утверждаетъ, что въ тѣхъ случаяхъ, когда голубое окрашиваніе обуславливается водной іодистой тинктурой, всегда образуется и іодистоводородная кислота, способствующая голубому окрашиванію, и что сумочки лишаевъ суть единственный примѣръ такой клѣточной оболочки, которая окрашивается въ голубой цвѣтъ отъ дѣйствія одной воды и іода (безъ содѣйствія іодистоводородной кислоты или другаго сопровождающаго соединенія). Негели удалось посредствомъ очень подробныхъ изслѣдованій придти къ тому важному результату ²⁾, что для окрашиванія клѣточной оболочки (за исключеніемъ сумочекъ лишаевъ) въ голубой цвѣтъ, во всякомъ случаѣ вмѣстѣ съ іодомъ и водою необходимо одновременное присутствіе одного изъ слѣдующихъ соединеній, а именно: іодистоводородной кислоты, іодистаго калия, іодистаго аммонія, іодистаго цинка (или другаго іодистаго металла), сѣрной кислоты, фосфорной кислоты (хлористаго цинка?). При этомъ онъ замѣчаетъ, что сѣрная и фосфорная кислоты обуславливаютъ голубое отложеніе іода можетъ быть не непосредственно, а вслѣдствіе того, что они способствуютъ образованію іодистоводородной кислоты чрезъ распаденіе алкооля (іодистой тинктуры) или органическихъ соединеній клѣточки; что, слѣдовательно, голубая окраска почти исключительно зависитъ отъ присутствія извѣстнаго количества іодистаго соединенія. Дѣйствіе этихъ выше названныхъ сопровождающихъ соединеній состоитъ, по Негели, не въ томъ только, что они разрыхляютъ клѣточную оболочку и химически ее измѣняютъ, но они сами должны находиться внутри клѣточной оболочки, чтобы обусловить собою отложеніе іода въ видѣ голубой окраски, причемъ они оказываютъ специфическое дѣйствіе на молекулярныя силы, отъ котораго зависитъ такое расположеніе іодистыхъ частицъ въ оболочкѣ, что происходитъ голубая окраска. Если сопровождающія соединенія, послѣ прониканія ихъ въ оболочку, будутъ удалены, то голубая окраска отъ іода и воды пронадеаетъ ³⁾; разбуханіе, производимое имп, не есть, слѣдовательно, причина окрашиванія, потому что другія средства, способствующія разбуханію (какъ то: соляная кислота, азотная кислота, аммоніакальная окись мѣди), не вызываютъ голубой окраски отъ іода и воды (loc. cit., стр. 382), и оболочки окрашенныя въ голубой цвѣтъ упомянутыми реактивами, остаются разбухшими послѣ совершеннаго промыванія ихъ, но не окрашиваются болѣе въ голубой цвѣтъ отъ чистой воды и іода.

Спеціальныя изслѣдованія Негели не могутъ быть здѣсь приведены по причинѣ ихъ обширности. Его сочиненіе касается только тѣхъ клѣточныхъ оболочекъ, которыя въ присутствіи вышеупомянутыхъ сопровождающихъ соединеній окрашиваются отъ іода въ голубой цвѣтъ безъ предварительной обработки ихъ ѣдкимъ кали, азотной кислотой или шлѣцевымъ реактивомъ. Я приведу здѣсь только важнѣйшіе его выводы.

¹⁾ Commaille, Journ. Pharm. Chim., 1859, стр. 409. Іодная кислота при этомъ не образуется. Негели указываетъ на то, что при вышеупомянутыхъ опытахъ не все равно, употребляется ли свѣжій или старшій іодистый растворъ (въ водѣ или спиртѣ); послѣдній вѣроятно всегда содержитъ іодистоводородную кислоту, а потому, для избѣжанія послѣдней, слѣдуетъ предметъ положить въ чистую воду вмѣстѣ съ кусочкомъ іода. При продолжительномъ дѣйствіи этого опыта во всякомъ случаѣ тоже образуется кислота.

²⁾ Nägeli (Sitzungsber. der k. bayer. Akad. d. wiss.), Bot. Mittheilungen, 1863, стр. 383.

³⁾ Loc. cit., стр. 380.

Количество отложившагося іода ¹⁾, по мнѣнію Негели, вообще не обусловливаетъ цвѣтъ, но только его интензивность. Каждый изъ цвѣтовъ (желтый, оранжевый, красный, фіолетовый, голубой) бываетъ при небольшомъ количествѣ іода, свѣтлымъ, а при значительномъ — темнымъ. Если при дѣйствіи іода образуется еще іодистоводородная кислота, то свѣтло-желтый цвѣтъ переходитъ въ синій, въ другихъ же случаяхъ, при значительномъ поглощеніи іода, голубой цвѣтъ переходитъ въ бурый, если въ составъ оболочки входятъ вещества, реагирующія различнымъ образомъ. Далѣе, если клѣточные оболочки, пропитанныя водою, приняли какой нибудь цвѣтъ, а потомъ, при обыкновенной температурѣ теряютъ воду, то все таки они сохраняютъ полученную окраску ²⁾; если въ пропитывающей водѣ растворено вещество, которое при испареніи воды дѣлается концентрированнѣе, то въ такомъ случаѣ это вещество можетъ вліять на распредѣленіе частицъ іода и вызвать измѣненіе въ цвѣтѣ. Напротивъ, если оболочка, окрашенная іодомъ, въ сухомъ или влажномъ состояніи обезцвѣчивается, то нерѣдко измѣняется самый цвѣтъ, переходя изъ голубаго въ красный и, наконецъ, въ желтый. Всѣ оболочки, имѣющія степень сухости воздуха ³⁾, отъ дѣйствія паровъ іода окрашиваются въ желтый цвѣтъ до черно-бурого. «Оболочки, пропитанныя водою, въ отсутствіи веществъ, способствующихъ отложенію іода, нѣкоторыя вовсе не поглощаютъ іода, многія принимаютъ въ себя іодъ, окрашиваясь въ желтый или бурый цвѣтъ, нѣкоторыя въ красный или фіолетовый и не многія въ голубой. Всѣ эти цвѣта свойственны углеводамъ (?) клѣточной оболочкѣ, но не зависятъ отъ постороннихъ отложений (протенновыхъ соединений).

§ 114. Молекулярные процессы при ростѣ клѣточныхъ оболочекъ еще не изслѣдованы съ такою подробностію, какъ это сдѣлалъ Негели относительно крахмальныхъ зеренъ; однако мы обязаны ему указаніемъ на тотъ фактъ, что клѣточная оболочка, подобно крахмальному зерну, растетъ вслѣдствіе отложенія новыхъ молекулъ между уже образовавшимися молекулами. Его доводы противъ прежней теоріи роста посредствомъ нарастанія съ поверхности (*Apposition*) новыхъ слоевъ, вполне доказательны; многочисленныя случаи роста клѣточной оболочки, разъясненные имъ болѣе точнымъ образомъ, не допускаютъ никакого другаго объясненія роста, какъ посредствомъ вставки (*Intussusception*) новыхъ частицъ между существующими. Вѣроятно, что его теорія справедлива и для всѣхъ остальныхъ случаевъ, въ которыхъ труднѣе рѣшить вопросъ наблюденіемъ. Безсомнѣнно, что ростъ слоевъ клѣточной оболочки въ плоскости происходитъ всегда посредствомъ вставки. Но если для крахмальныхъ зеренъ, гдѣ химическій составъ почти однообразный и самъ по себѣ относительно простъ, молекулярные процессы роста могли быть опредѣлены только рядомъ сложныхъ выводовъ и остроумныхъ комбинацій очень разнородныхъ фактовъ, то еще труднѣе изслѣдовать молекулярные процессы въ клѣточной оболочкѣ, потому что въ построеніи ея принимаютъ участіе многочисленныя химическія соединенія, обуславливающія постоянный обмѣнъ веществъ и разнообразіе условій, затрудняющее изученіе общихъ законовъ роста. Условія напряженія, столь важныя по отношенію къ механизму роста, бываютъ здѣсь существенно пныя, чѣмъ въ крахмальныхъ зернахъ, и въ различныхъ клѣточныхъ оболочкахъ вѣроятно значительно уклоняются и измѣняются отъ побочныхъ обстоятельствъ (соприкосновенія клѣточекъ).

Клѣточная оболочка выдѣляется протоплазмой, и выдѣлившееся пластическое вещество есть вѣроятно постоянно клѣтковина; однакожъ эта послѣдняя не встрѣчается въ растворенномъ видѣ ни въ клѣточномъ сокѣ, ни въ протоплазмѣ, а съ другой стороны только растворенное вещество можетъ быть маточнымъ разсоломъ для клѣточной оболочки. Поэтому очень вѣро-

¹⁾ *Loc. cit.*, стр. 364.

²⁾ *Loc. cit.*, стр. 370.

³⁾ *Loc. cit.*, стр. 373.

ятно, что пластическое вещество, служащее строительным материалом для молекул клеточной оболочки, превращается в клетковину лишь в момент своего отвердения, и что маточный разсол содержит растворенное вещество, чрезвычайно сходное с клетковиной, которое образует твердые молекулы последней, подвергаясь лишь незначительному изменению. Поэтому, здесь происходит то же самое, что при образовании крахмальных зерен, где мы также видим, что твердое крахмальное зерно питается из маточного разсола, который сам крахмала не содержит. При сходстве крахмальных зерен и клетковинной оболочки, можно принять без всякой натяжки, что оба эти образования строятся из одного и того же маточного разсола, и что различие состоит лишь в том только, что крахмальные зерна образуются внутри протоплазмы, а оболочка на ее поверхности¹⁾. Это воззрение становится еще более вероятным, если припомним, что крахмальные зерна, в местах своего нахождения, являются главным образом в виде материала для образования клетковины, что от их растворения в протоплазме получается вещество для роста клеточных оболочек. Опираясь на прежде упомянутые выводы, по которым крахмальные зерна образуются вероятно из глюкозы, и при их растворении в растении снова образуется глюкоза, становится вероятным, что и молекулы клетковины происходят из глюкозы. Уже в одном из предыдущих отрывков было указано на то, что в большинстве случаев, там где образуются и растут клеточные оболочки, соседние крахмальные зерна исчезают переходя в глюкозу, между тем как с другой стороны, при прорастании финика, клетковина бѣлка растворяется и снова появляется в проростке в виде глюкозы и крахмала, для того чтобы, понав в растущий заросток, пойти на образование клеточных оболочек.

Независимо от состава маточного разсола клетковинных молекул, несомненно, что этот разсол проникает путем пропитывания в первый же образовавшийся слой клеточной оболочки, и что таким образом продолжается химический процесс между уже существующими молекулами клеточной оболочки, вследствие которого из разсола образуются новые молекулы клетковины или увеличиваются ранее образовавшиеся.

Из работ Негели²⁾ очевидно, что процессы действительно так и происходят. Негели прежде всего указывает на затруднения, сопряженные с предположением, что клеточные оболочки растут исключительно путем нарастания слоев (Apposition), независимо от того, отлагаются ли новые слои на более старых, с внутренней или с наружной стороны. При таком способе роста нужно допустить, что рост клеточной оболочки по направлению ее поверхности происходит не вследствие молекулярных сил, присущих ей самой, а от пассивного растяжения, зависящего от увеличения объема содержащего³⁾, причем уже образовавшимся слоям необходимо приписать или свойство растягиваться во сто и тысячу раз (линейной мѣры), или разрываться и замѣщаться новыми более объемистыми слоями. Но при первом предположении необходимо принять соответствующее утончение оболочки, чего не замѣчается, да кроме того несомненно, что оболочки не обладают такою растяжимостью. Предположение, что старые недостаточно объемистые слои разрываются и замѣщаются более объемистыми новыми, не подтверждается наблюдениями и не могло бы иметь в результате образование слоистой оболочки, увеличивающейся в то же время по направлению плоскости; в этом случае наслоение могло бы образоваться только по прекращении роста по направлению плоскости. — Мыслие, что увеличение поверхности растущей клеточной оболочки обуславливается ее растяжимостью и давлением содержащего, приводит к выводам, опровергаемым непосредственными наблюдениями. Давление клеточного содержимого должно в этом случае действовать по законам гидростатики и проявляться одинаково на всех местах растущей клеточной оболочки, следовательно свободно лежащая клеточка, при равномерной растяжимости своей оболочки, должна была бы приближаться все более и более к шарообразной форме, но в большинстве случаев клеточка уклоняется от этой формы, что может быть объяснено только различной растяжимостью оболочки по различным направлениям. Эта неодинаковость растяжения должна доходить в некоторых случаях до чрезвычайной степени; так напр. цилиндрическая клеточка *Nitella syncarpa* удлинняется в две тысячи раз, а в ширину увеличивается только в

1) Сравни. Nägeli: «Stärkerörner», стр. 329.

2) Я излагаю здесь предмет короче, чем требует его важность, потому что он будет подробнее изложен Гофмейстером в первой части этого руководства.

3) Nägeli: Stärkekörner, стр. 279.

десять разъ; эта разница еще больше у *Spirogyra*, у которой удлиненіе и поперечное дѣленіе происходятъ постоянно, не сопровождаясь увеличеніемъ въ поперечникѣ. На оборотъ, если существуетъ столь значительное различіе въ растяженіи клѣточной оболочки по различнымъ направленіямъ, то оно покрайней мѣрѣ отчасти должно бы обнаруживаться въ соответственномъ (эластическомъ) стягиваніи оболочки, при прекращеніи давленія со стороны содержимаго. Последняго можно достигнуть путемъ экзосмоса и Негели нашелъ, что клѣточки спирогиры при этомъ (въ водномъ растворѣ сахара) сдѣлались на 5 проц. уже и на 4 проц. короче.

Еще болѣе значительныя затрудненія встрѣчаются при теоріи наростанія съ поверхности въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ отдѣльные поперечные поясы клѣточной оболочки растутъ сильнѣе, чѣмъ прочія ея части (по Негели у нитевидныхъ флоридей, *Antithamnion cruciatum*, *Pterothamnion plumosum* и др.¹⁾ или гдѣ въ извѣстныхъ частяхъ ея вдвигаются совершенно новые участки оболочки, какъ у діатомовыхъ и десмидіевыхъ; еще менѣе удовлетворительна теорія наростанія при объясненіи верхушечнаго роста нѣкоторыхъ клѣточекъ, напр. *Caulerpa* и др.²⁾ Скручиваніе клѣточки вокругъ своей оси, столь часто связанное съ продольнымъ ростомъ клѣточной оболочки, нельзя объяснять теоріей наростанія, тогда какъ теоріей вставки оно объясняется очень просто. Подобное скручиваніе, какъ напр. у междуузлій харъ, объясняется просто тѣмъ, что ростъ наружныхъ слоевъ клѣточной оболочки сильнѣе роста внутреннихъ, и что отложеніе происходитъ не съ математической точностью по направленію оси цилиндрической клѣточки³⁾, а нѣсколько вкось.

Ростъ оболочки путемъ вставки (*Intussusception*) требуетъ различнаго сдѣленія ея молекулей по различнымъ направленіямъ, если ростъ клѣточки по различнымъ направленіямъ неодинаковъ, какъ это обыкновенно и бываетъ. Самое значительное отложеніе новыхъ молекулей бываетъ по направленію наименьшаго сопротивленія. При теоріи вставки мы не встрѣчаемся съ такими затрудненіями, какъ при теоріи наростанія. Последняя требуетъ чрезвычайной разницы въ растяжимости растущей оболочки, тогда какъ при теоріи роста путемъ вставки достаточно неизмѣримо малой разницы въ сдѣленіи по различнымъ направленіямъ. Напр. положимъ, что клѣточка растетъ сильнѣе въ длину, чѣмъ въ ширину, то для этого достаточно такое распредѣленіе молекулей, которое способствовало бы болѣе легкому отложенію по длинѣ, что достигается, если сопротивленіе отложенію въ этомъ послѣднемъ направленіи слабѣе сопротивленія въ ширину на безконечно малую величину; когда при этомъ условіи воспослѣдуетъ чрезвычайно слабое отложеніе по длинѣ, то распредѣленіе молекулей можетъ быть таково, что и для послѣдующаго отложенія сопротивленіе по направленію длины незамѣтно слабѣе, и т. д. Слѣдовательно, при ростѣ по одному направленію постоянно возобновляется соответствующее распредѣленіе молекулей, и ничтожная разница въ сдѣленіи можетъ повести къ очень разнообразному росту по различнымъ направленіямъ.

Приведенныя здѣсь возрѣнія Негели убѣждаютъ, что ростъ оболочки, покрайней мѣрѣ по направленію поверхности, можетъ происходить только путемъ вставки. Но принявъ, что при плоскостномъ ростѣ клѣточной оболочки новыя молекулы вдвигаются между молекулами уже существующими, мы должны допустить и вдвиганіе въ радіальномъ направленіи и что увеличивается число концентрическихъ молекулярныхъ пропластковъ слоя, который такимъ образомъ утолщается. На нѣкоторыхъ легче доступныхъ наблюденію примѣрахъ, Негели измѣреніями показалъ, что и утолщеніе оболочки происходитъ при условіяхъ, которыя положительно исключаютъ возможность отложенія новыхъ слоевъ съ поверхности. Такъ онъ нашелъ, что у *Gloeosarps* и *Gloeocystis* увеличиваются не только оболочки дочернихъ клѣточекъ, соприкасающіяся съ первичнымъ мѣшочкомъ, но и общія оболочки всей колоніи клѣточекъ, не имѣющія непосредственнаго соприкосновенія съ протоплазмой, растутъ еще въ толщину и въ объемъ, причѣмъ послѣдній (объемъ), напр. у *Gloeosarps nigrescens*, можетъ увеличиваться отъ 830 до 10209 кубич. микроимметровъ. У *Gloeosarps rubicunda* оболочка первичной клѣточки (оболочка колоніи клѣточекъ) состоитъ изъ наружнаго безцвѣтнаго и внутренняго краснаго слоя; оболочки слѣдующихъ поколѣній клѣточекъ бываютъ красныя; безцвѣтный слой утолщается мало по малу отъ 2,5 микроимм. до 15,5 микроимм., слѣдовательно почти въ шесть разъ; красный слой, состоящій изъ внутренняго слоя первичнаго мѣшочка и слоевъ слѣдующихъ поколѣній

1) Loc. cit., стр. 280.

2) Сравн. Unger: Anat. und. Physiol., стр. 95.

3) Сравн. § 112 Cramer.

клеточек, утолщается от 1,5 до 4 микромиллиметров. При этом объем безцветной оболочки увеличивается с 459 до 100367, а объем окрашенной части (за исключением клеточной полости) с 60 до 12655 кубических микромиллиметров. — Наконец Негели приводит наблюдения над *Saulegra* в пользу того, что слои клеточной оболочки и перекладины, встречающихся у этого растения внутри клеточки, нельзя объяснить наложением (Apposition) более молодых слоев на слои более старые. Перекладины, пронизывающая полость клеточки, образуются в то время, когда клеточная стенка еще очень тонка и сами бывают вначале чрезвычайно тонки; они растут в толщину одновременно с оболочкой, причем как в перекладинах, так и в оболочке появляется наслоение. В совершенно развитом состоянии перекладины проходят через всю толщу клеточной оболочки до наружного слоя (Extracellulärsubstanz) (кутикулярного слоя?). При этом особенно важно то обстоятельство, что перекладины, начиная с того места, где вступают в клеточную оболочку, изнутри до самой наружной поверхности оболочки, одинаковой толщины. Такое строение не согласуется с теорией отложения с поверхности, потому что тогда перекладины выклинивались бы по направлению к поверхности и заострялись; следовательно рост перекладин по крайней мере в части, проникающей оболочку, должен происходить посредством вставки.

Рост слоев путем вставки ¹⁾, по замечанию Негели, может быть, подобно росту крахмальных зерен, не во всех местах одинаковым, и при известных обстоятельствах могут расти быстрее внутренние, средние, или наконец наружные слои оболочки; отдельные места могут питаться сильнее других и если усиленное питание происходит с внутренней стороны, то происходят слои утолщения с порами, спиральные волокна или другие выдающиеся части; у клеточек свободно лежащих, как десмидиевых, спор, цветени, волосков, напротив того питаются сильнее наружные слои оболочки, вследствие чего образуются снаружи иглы, бугорки и др. подобного рода образования.

При первых своих исследованиях над полосатостью клеточной оболочки (1862) Негели только в виде намека обратил внимание на рост вставкой ²⁾. Основываясь на своих новых, еще не опубликованных наблюдениях, он положительнее чем прежде утверждает, что слоистое строение оболочки, подобно тому как у крахмальных зерен, происходит только путем дифференцирования вещества, и что полосатость оболочки (§ 111) обязана своим происхождением подобной дифференцировке. «Как при росте в толщину вставляются молодые мягкие слои, так при плоскостном росте вставляются молодые мягкие полоски. Но так как плоскостной рост основывается на увеличении по двум направлениям, то и полосатость должна проходить по двум направлениям». Понятно также, продолжает он далее, что наслоение и полосатость выступают тем резче, чем быстрее происходит утолщение и плоскостной рост. Подобно тому, как наслоение всего заметнее в больших крахмальных зернах и толстых оболочках, образовавшихся быстро, так и полосатость самым ясным образом обозначается на больших и длинных клетках.

Что соответствующая полосатости дифференцировка однородного слоя может вести, наконец, к разединению более плотных частей, доказывает описанное Саню и Гофмейстером происхождение пружинок у спор хвоей ³⁾.

Отложение новых молекул между молекулами уже существующих слоев, зависит, подобно тому, как у крахмальных зерен ⁴⁾ от двух обстоятельств, во-первых, от расположения молекул и во-вторых от напряжений, обуславливаемых самим ростом. Что расположение по тангентальному и радиальному направлениям клеточки правильное, тому служить доказательством с одной стороны отношения клеточной оболочки к поляризованному свету, а с другой видимое строение ее. Что напряжение в оболочках существует, это видно из

¹⁾ Если протоплазма после выделения оболочки стягивается и потом образует новый слой оболочки на своей свободной поверхности, то само собою понятно, что это не следует сравнивать с образованием слоев оболочки, которое постоянно происходит в соприкосновении с первичным мѣшочком. Эти и сходные с ними случаи, из которых некоторые Негели разбирает подробно (*Scytonemeae* и *Riwulariaeae*) не входят в область занимающего нас вопроса.

²⁾ Nägeli: Bot. Mittheilungen, loc. cit., 1862, стр., 187 ff.

³⁾ Hofmeister в Jahrb. für Wiss. Bot. III, стр. 287.

⁴⁾ Nägeli: Stärkekerne, 329.

измѣненій формы отдѣльныхъ кусковъ оболочки, но еще неизвѣстно, какимъ образомъ вмѣстѣ со свойствами оболочки и ея ростомъ измѣняются самыя напряженія, какимъ образомъ на нихъ дѣйствуютъ давленіе клѣточного сока изнутри и взаимное давленіе клѣточекъ въ тѣни. Отсюда видно, что пока недостаетъ еще необходимыхъ данныхъ, изъ которыхъ можно было бы заключить о механизмѣ молекулярныхъ процессовъ при ростѣ клѣточной оболочки.

с. Кристаллоиды.

§ 115. Кристаллоидныя образованія, которыя встрѣчаются въ растеніяхъ въ хранилищахъ запасныхъ веществъ (въ очень многихъ сѣменахъ, въ нѣкоторыхъ почкахъ и т. д.), и вещество которыхъ содержитъ (вмѣстѣ съ различными примѣсами) всегда бѣлковыя соединенія въ видѣ постоянной составной части, Негели ¹⁾ предложилъ называть не кристаллами, а кристаллоидами ²⁾, потому что они отличаются отъ настоящихъ кристалловъ очень существенными признаками, а съ другой стороны имѣютъ много общаго въ характеристическихъ свойствахъ съ органическими образованіями (клѣточной оболочкой, крахмальными зернами). Хотя съ вида они похожи на кристаллы до такой степени, что ихъ можно смѣшать съ послѣдними, однакожь болѣе точныя изслѣдованія Негели надъ кристаллоидами *Bertholletia* показали, что у нихъ одинъ и тотъ же уголь при одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ можетъ измѣняться на 2—3° и замѣтнымъ образомъ нарушаться параллельность противоположащихъ плоскостей. Слишкомъ очевидное различіе ихъ отъ настоящихъ кристалловъ, замѣченное уже Кономъ, заключается въ способности кристаллоидовъ пропитываться и разбухать при поглощеніи вполне растворимыхъ веществъ, причемъ ихъ уголь можетъ измѣняться на 15°—16° (кристаллоиды *Bertholletia* по Негели), въ чемъ они сходны съ организованными частями клѣточекъ. Далѣе, молекулы кристаллоидовъ бывають соединены другъ съ другомъ инымъ образомъ, чѣмъ молекулы настоящихъ кристалловъ: они могутъ облекаться жидкостью и притягивать эту послѣднюю съ такою силою, что сосѣднія молекулы отъ этого раздвигаются, что видно изъ увеличенія объема кристаллоида. Напротивъ того, настоящій кристаллъ непроницаемъ для жидкости, потому что спѣшеніе сосѣднихъ молекулъ въ немъ сильнѣе, чѣмъ притяженіе ихъ къ водѣ. Отложеніе въ кристаллоидахъ жидкостей, обуславливающихъ разбуханіе, не равномерно, отъ чего и происходитъ измѣненіе угловъ, затѣмъ въ разбухающемъ веществѣ происходятъ напряженія и, наконецъ, трещины. Отсюда видно, что жидкіе слои, окружающіе молекулы во время разбуханія, бывають не одинаковой толщины по различнымъ направленіямъ, и что, слѣдовательно, молекулы не могутъ быть шарообразны. Изъ того, что кристаллоиды способны пропитываться и что внутри они мягче,

¹⁾ Nägeli: «Botanische Mittheilungen». Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 1862, стр. 233.

²⁾ Гартигъ, открывшій эти образованія, назвалъ ихъ кристаллоидами уже въ своей работѣ: *Botan. Zeitg.* 1856, стр. 262; впрочемъ повидимому онъ употреблялъ это слово только какъ синонимъ кристалла, не видя существенной разницы между тѣмъ и другимъ. Названіе — протеиновый кристаллъ, сдѣлавшееся теперь общеупотребительнымъ, должно быть оставлено разъ навсегда. Что это не кристаллы, доказано вышеупомянутыми данными, и что ихъ вещество не есть протеинъ, очевидно уже изъ того, что протеинъ въ отдѣльности вообще нѣтъ, и что вещество кристаллоидовъ состоитъ не изъ одного, а изъ различныхъ веществъ. Говорить о протеиновыхъ веществахъ не логично, потому что несуществующій протеинъ не есть типъ группы веществъ, а радикалъ ихъ; слѣдовательно подобныя образованія слѣдуетъ называть веществами содержащими протеинъ.

чѣмъ снаружи, Негели выводитъ, что они растутъ подобно крахмальнымъ зернамъ — путемъ вставки, а не путемъ нарастанія съ поверхности, какъ кристаллы.

Внутреннее вещество большихъ кристаллоидовъ не тождественно съ веществомъ болѣе мелкихъ кристаллоидовъ и кромѣ того у всѣхъ кристаллоидовъ одного и того же рода (*Bertholletia*) существуетъ болѣе твердый наружный слой. Если бы кристаллоиды росли путемъ нарастанія, то въ старыхъ экземплярахъ внутри должны были бы находиться многочисленные болѣе твердые слои, которые передъ тѣмъ лежали снаружи. Негели даже предполагаетъ, что кристаллоиды происходятъ изъ паробразныхъ молодыхъ образований. Различіе между кристаллоидами и крахмальными зернами, съ которыми они несмотря на свою кристаллоидную форму, имѣютъ очень много сходства по отношенію къ разбуханію и растворенію, Негели сводитъ на то, что у крахмальныхъ зеренъ внутреннее строеніе обуславливается притяженіемъ центра, чего у кристаллоидовъ нѣтъ, и что молекулярные слои у послѣднихъ не концентричны, а плоски. Этимъ объясняетъ Негели отсутствіе у кристаллоидовъ наслоенія, которое у крахмальныхъ зеренъ обуславливается концентрическимъ строеніемъ, вызывающимъ во время роста напряженіе молекулярныхъ слоевъ, и образованіе болѣе твердыхъ и болѣе мягкихъ прослоекъ.

Кристаллоиды, по крайней мѣрѣ тѣ, которые были изслѣдованы Негели, сходны съ крахмальными зернами и кліточными оболочками въ особенности въ томъ, что состоятъ по крайней мѣрѣ изъ двухъ веществъ, тѣсно соединенныхъ и различныхъ по растворимости, такъ что по выдѣленіи болѣе растворимаго вещества, другое остается въ видѣ скелета, который сохраняетъ форму и величину цѣлаго кристаллоида и отличается отъ послѣдняго только бѣдностію вещества (незначительною плотностію).

Основываясь на такомъ сходствѣ кристаллоидовъ съ крахмальными зернами и кліточной оболочкой, Негели заключаетъ, что и молекулярное строеніе ихъ сходно, что и они состоятъ изъ микроскопическихъ кристаллоидныхъ молекулъ, изъ которыхъ каждая состоитъ изъ большаго числа сложныхъ атомовъ. Эти молекулы въ сухомъ состояніи соприкасаются (т. е. лежатъ другъ подле друга безъ вѣсмага промежуточнаго вещества), въ сыромъ же состояніи каждая молекула бываетъ окружена водяной оболочкой. Дѣйствіе кристаллоидовъ на поляризованный свѣтъ, по мнѣнію Негели, подтверждаетъ это предположеніе. Дѣйствіе кристаллоидовъ на поляризованный свѣтъ, какъ и вообще у всѣхъ организованныхъ образований, слабо въ сравненіи съ дѣйствіемъ на него кристалловъ.

Я здѣсь принялъ въ основаніе воззрѣніе Негели не только потому что его наблюденія самыя новыя, но и потому, что въ его работѣ мы встрѣчаемъ критическую оцѣнку вопроса. Негели не ограничивается только наблюденіями вообще, но и старается уяснить внутреннее молекулярное строеніе кристаллоидовъ.

а) Всѣ изслѣдователи (Гартигъ, Радкоферъ, Машке, Голле, Конъ, Негели) согласны въ томъ, что въ веществѣ кристаллоидовъ бѣловыя вещества являются существенною составною частью. Окраска ихъ іодомъ (въ желтый до бурого цвѣтъ), накопленіе раствореннаго кармина, ксаптопротеиновая окраска при обработкѣ азотною кислотою и затѣмъ кали или амміакомъ, окраска отъ реагента Миллона, отъ сѣрной кислоты и сахара, отъ соляной кислоты, растворимость въ щелочахъ, но вособенности способность свертыванія и зависящая отъ того неизмѣняемость въ болѣе слабыхъ растворяющихъ веществахъ, служатъ доказательствомъ того, что бѣловыя вещества въ кристаллоидахъ не только существуютъ, но и опредѣляютъ главнымъ образомъ ихъ

реакцію. Машке ¹⁾ подвергнуть кристаллоиды *Bertholletia* обстоятельному химическому анализу, и пришел к тому результату, что они состоятъ изъ казеина въ соединеніи съ неизвѣстной кислотой, присутствие которой обуславливаетъ ихъ растворимость въ теплой водѣ. Онъ говоритъ, что кристаллоиды, растворенныя въ водѣ при 40—50° Ц., снова кристаллизуются при медленномъ выпариваніи раствора и сначала бываютъ мягки и липки, а послѣ обработки ихъ алкоолемъ твердѣютъ и свертываются.

Составъ кристаллоидовъ, по крайней мѣрѣ изъ двухъ веществъ неодинаковой растворимости, такъ что менѣе растворимое остается въ видѣ скелета, былъ открытъ Негели ²⁾. Кристаллоиды *Bertholletia* будучи положены въ слабую кислоту смѣшанную съ концентрированнымъ растворомъ глицерина, обнаруживаютъ ³⁾ измѣненіе, распространяющееся съ поверхности внутрь такъ, что слой успѣвшіе проникнуться растворомъ, дѣлаются свѣтлѣе и менѣе преломляютъ свѣтъ, и наконецъ весь кристаллоидъ измѣняется подобнымъ же образомъ. При этомъ онъ большею частію распадается на кусочки. Остающаяся масса бываетъ очень нѣжной и сохраняетъ величину и форму кристаллоида; разбуханія при этомъ не происходитъ; грани и углы остаются часто совсѣмъ острыми, впрочемъ первые иногда незамѣтны. Иодъ окрашиваетъ этотъ скелетъ въ желтый цвѣтъ. Негели опредѣляетъ массу его въ $\frac{1}{10}$ всей массы кристаллоида. Точно также послѣ обработки алкоолемъ, эфиромъ, кислотами, окрашенными кристаллоидовъ изъ плодовъ *Solanum americanum* ⁴⁾, получается чрезвычайно нѣжный скелетъ, бѣлаго характера, бѣдный по содержанію вещества. Впрочемъ, извлеченное вещество состоитъ не только изъ красящаго вещества, но и изъ другаго не пропитывающагося вещества.

Задачею химическаго анализа должно, слѣдовательно, быть раздѣленіе различныхъ составныхъ частей кристаллоидовъ и изученіе ихъ въ отдѣльности. Такъ какъ различные кристаллоиды представляютъ по всей вѣроятности различныя количественныя отношенія составляющихъ ихъ веществъ, то и отношеніе ихъ къ реагентамъ, особенно болѣе слабымъ, должно быть различно, что и подтверждается сличеніемъ показаній разныхъ наблюдателей. Я, поэтому, не считаю необходимымъ приводить здѣсь всѣ эти показанія.

β) Важная характеристика кристаллоидовъ въ отношеніи молекулярнаго строенія, состоитъ въ томъ, что они внутри имѣютъ болѣе мягкое и потому легче растворимое вещество, чѣмъ снаружи; это открыто не только Негели у *Bertholletia*, но и доказано Кономъ посредствомъ реакцій для кристаллоидовъ картофельныхъ клубней.

γ) Средства производяща разбуханіе (слабый растворъ кали, амміакъ, уксусная кислота и др.) вызываютъ разбуханіе кристаллоидовъ до двойнаго противъ первоначальнаго диаметра (Радкоферъ — кристаллоиды *Lathraea*, Негели — кристаллоиды *Bertholletia*). Кристаллоиды картофеля (Конъ), *Ricin* и *Sparganium ramosum* (Радкоферъ) также способны разбухать. Эту способностью обладаютъ вѣроятно всѣ кристаллоиды.

δ) По формѣ кристаллоиды, какъ уже упомянуто, имѣютъ нѣкоторое сходство съ настоящими кристаллами, несмотря на непостоянство угловъ. У различныхъ растений форма ихъ различна; у одной и той же породы встрѣчаются обыкновенно различныя отступленія отъ основной формы ихъ. У *Bertholletia excelsa* они имѣютъ форму ромбоэдра и формы производныя отъ него; однакожь по болѣе тщательному опредѣленію Негели, они относятся не къ гексагональной, а къ клиноромбической системѣ. Кристаллоиды алеуона изъ сѣмени *Ricinus* бываютъ октаэдрической и тетраэдрической (кристаллографически еще не точно опредѣленной) формы; кристаллоиды *Sparganium ramosum* бываютъ ромбоэдрической формы и по Радкоферу дѣйствительно принадлежать къ гексагональной системѣ; кристаллоиды *Lathraea squamaria*, по мнѣнію того же автора, суть пластинки квадратной или прямоугольной формы, но встрѣчаются также ромбической и трапециальной формы, однако нельзя было опредѣлить, принадлежать ли они дѣйствительно къ квадратной или ромбической системѣ; впрочемъ вѣроятнѣе что къ послѣдней. Кристаллоиды, открытыя Кономъ въ картофельныхъ клубняхъ, представляютъ сходство съ кубами. Окрашенные кристаллоиды плода *Solanum americanum*, суть, по мнѣнію Негели, пластинки,

¹⁾ Maschke: «Über den Bau und die Bestandtheile der Kleberbläschen in *Bertholletia* etc.» Bot. Zeitg. 1859, стр. 441.

²⁾ I. c.

³⁾ Nägeli, I. c., стр. 231.

⁴⁾ Nägeli, I. c., стр. 248.

которыя слѣдуетъ разсматривать какъ укороченныя ромбическія призмы. Они скопляются различными образомъ въ плоскости или друзами.

е) Распаденіе кристаллоидовъ по извѣстнымъ направленіямъ, основывается на правильномъ плоскостномъ распредѣленіи молекулъ, и было наблюдаемо на различныхъ кристаллоидахъ. Кубы изъ картофельныхъ клубней при дѣйствіи воды распадаются на четыре меньшіе куба, или на двѣ пластинки; распаденіе кристаллоидовъ *Bertholletia* было наблюдаемо Негели при различныхъ условіяхъ. Кристаллоиды сѣмени *Sparganium ramosum* обнаруживаютъ, при дѣйствіи воды или амміака, полосатость (Радкоферъ), т. е. судя на рисунку, вѣроятно распаденіе. Кристаллоиды *Ricinus* (Радкоферъ) распадаются отъ дѣйствіа холоднаго амміака.

з) Дѣйствіе кристаллоидовъ на поляризованный свѣтъ (двойное лучепреломленіе) было наблюдаемо надъ кристаллоидами *Bertholletia* (Машке), *Lathraea squamaria* (Радкоферъ). Окрашенные кристаллоиды *Solanum americanum*, по мнѣнію Негели, не дѣйствуютъ на поляризованный свѣтъ. Кубики изъ картофельныхъ клубней по Марбаху и Кону обнаруживаютъ голубую или желтую окраску, если лежать на слюдяномъ листочкѣ, дающемъ красный цвѣтъ 1-го порядка. Кристаллоиды *Bertholletia*, обработанные алкоолемъ, по Машке и Радкоферу сохраняютъ способность двойнаго лучепреломленія; кристаллоиды *Lathraea*, свернувшіеся или прокипяченные въ алкоолѣ, теряютъ эту способность (Радкоферъ), что указываетъ на разрушеніе кристаллическихъ молекулъ.

Кромѣ уже названныхъ работъ Негели и Гартига, вышепоименованныя данныя заимствованы изъ слѣдующихъ сочиненій: L. Radlkofer: «Ueber die Krystalle proteinartiger Körper pflanzlichen und thierischen Ursprungs. Leipzig 1859 (Онъ открылъ кристаллоиды въ кѣточномъ ядрѣ у *Lathraea squamaria*; Maschke: Ueber den Bau und die Bestandtheile der Kleberbläschen и т. д. *Botan. Zeitg.* 1859, стр. 409 ff. Cohn. Ueber Proteinkrystalle in den Kartoffeln (открыты имъ, они встрѣчаются только въ нѣкоторыхъ картофельныхъ клубняхъ и притомъ въ паренхимѣ подъ кожицей) въ 37 Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft f. vaterl. Cultur 1858, Breslau.

По настоящее время еще не имѣется заслуживающихъ вниманія работъ касательно молекулярнаго строенія некристаллоидныхъ зеренъ алеурона, и даже грубая анатомія ихъ и химическія свойства мало изслѣдованы. Они еще вполне принадлежатъ къ области микроскопической анатоміи, опредѣленіе же физическаго ихъ построенія, въ томъ видѣ какъ это предложено Негели для крахмальныхъ зеренъ, кѣточныхъ оболочекъ и кристаллоидовъ, для нихъ еще невозможно¹⁾.

д) Протоплазма.

(Съ замѣчаніями о хлорофиллѣ и кѣточномъ ядрѣ.)

§ 116. Молекулярное строеніе²⁾. Сколько мнѣ извѣстно, нѣтъ ни одного факта, который противорѣчилъ бы предположенію, что отложеніе твердыхъ веществъ и воды, при образованіи протоплазмы, происходитъ согласно тому же схематическому представленію, которое столь остроумно предложилъ Негели для крахмальныхъ зеренъ, кѣточныхъ оболочекъ и кристаллоидовъ. Предположеніе, что органическое вещество протоплазмы и хлорофилла, всегда входящее въ составъ бѣлковыхъ веществъ, состоитъ изъ изолированныхъ непроницаемыхъ молекулъ, окруженныхъ, при пронитываніи агрегата, водяными оболочками, съ увеличеніемъ толщины которыхъ сами молекулы раздвигаются, и здѣсь достаточно

1) Hartig: Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims, dessen Stoffbildung und Stoffwandlung. Leipzig, 1858. A. Trécul: Notes sur les cristaux organisés et vivants: Comptes rendus. T. 47, 1858, стр. 255. Holle въ Neues Jahrbuch für Pharmacie von Walz und Winkler. 1858. X, тетр. 1 и 1859. XII, тетр. 6. Нѣкоторыя замѣчанія встрѣчаются также у А. Три: Recherches anat. et physiol. sur la germination. Paris 1864.—J. Sachs: Keimung des Samens von *Allium Cepa* Bot. Zeitg. 1863, стр. 57.

2) Касательно химическихъ условій, сравни отдѣлъ: «Превращенія веществъ».

объясняетъ, почему съ увеличеніемъ количества пропитывающей воды, увеличивается не только объемъ агрегата, но въ то же время уменьшается и сцѣпленіе; почему при большомъ количествѣ воды частицы твердаго вещества дѣлаются легко передвижимыми, даже до такой степени, что протоплазма, самая богатая содержаніемъ воды, пріобрѣтаетъ нѣкоторыя свойства жидкости, хотя ее положительно не слѣдуетъ разсматривать какъ жидкость. Съ характеромъ настоящей жидкости несомнѣстна способность протоплазмы, даже очень богатой содержаніемъ воды, подъ влияніемъ ей (протоплазмѣ) присущихъ силъ, измѣнять свое наружное очертаніе и дифференцироваться, потому что эта способность основывается очевидно на томъ, что мельчайшія частицы твердаго вещества обнаруживаютъ по различнымъ направленіямъ различныя силы — свойство котораго жидкости положительно не имѣютъ. Кромѣ того встрѣчаются всевозможные переходы отъ протоплазмы самой бѣдной содержаніемъ воды, почти твердой, которую никто не сочтетъ за жидкость, до чрезвычайно богатой водою, имѣющей видъ жидкости; эти переходы даютъ право заключить, что и молекулярное строеніе протоплазмы, даже въ самыхъ крайнихъ случаяхъ, будетъ если не тождественно, то аналогично. Если бы протоплазма была жидкость, то она должна быть растворомъ, и въ этомъ случаѣ растворъ имѣлъ бы необъяснимыя свойства, а именно: онъ бы рѣзко отдѣлялся отъ воды клѣточного сока или отъ окружающей воды (голыя протоплазмическія тѣла), — свойства, которыхъ растворъ имѣть не можетъ; далѣе, этотъ водный растворъ обладалъ бы свойствомъ въ извѣстномъ (живомъ) состояніи препятствовать прониканію водныхъ растворовъ красящихъ веществъ, а въ другомъ (мертвомъ) состояніи ихъ пропускать. Точно также и образованіе вакуолей не согласнo съ характеромъ жидкости, потому что предполагаетъ въ веществѣ сцѣпленія такого рода, которыя противорѣчатъ свойству жидкости перемѣщаться одинаково по всемъ направленіямъ.

Если протоплазма съ другой стороны имѣетъ сходство съ жидкостью въ томъ, что при равномъ со всехъ сторонъ давленіи воды образуетъ круглыя капли, а въ соприкосновеніи съ твердымъ тѣломъ обнаруживаетъ свойства тягучей жидкости, то это объясняется тѣмъ, что раздѣленные водяными оболочками молекулы удалены другъ отъ друга слишкомъ далеко, для того чтобы имѣть достаточное сцѣпленіе, въ силу котораго могли бы оказывать достаточно сильное сопротивленіе внѣшнему давленію. Удобоподвижности, основанной на незначительномъ сцѣпленіи, еще недостаточно для того, чтобы считать протоплазму жидкостью (растворомъ), потому что способность частицъ протоплазмы перемѣщаться весьма различна по различнымъ направленіямъ и измѣняется, смотря по времени (токъ протоплазмы въ миксомпцетахъ, дѣленіе клѣточекъ, происхожденіе зеренъ хлорофилла). Съ другой стороны, изъ чрезвычайно сильной способности частицъ вещества протоплазмы и хлорофилла перемѣщаться, видно, что молекулярное строеніе органическаго вещества не можетъ быть въ видѣ губчатого остова, въ поры котораго при просачиваніи проникаетъ вода. Поэтому остается только принять вышеуказанное предположеніе, что протоплазмическія образованія состоятъ изъ изолированныхъ молекулей, раздѣленныхъ другъ отъ друга болѣе или менѣе толстыми оболочками.

Касательно формы молекулей пока извѣстно мало опредѣленнаго, такъ какъ нѣтъ положительныхъ наблюденій; однакожъ кажется, что онѣ не сфе-

рическія, потому что если бы онѣ имѣли такую форму, то ихъ притяженіе, какъ къ водѣ, такъ и къ сосѣднимъ молекуламъ, должно бы быть одинаково по всѣмъ направленіямъ. Это предположеніе оправдывается и наружною формою хлорофилла, протоплазмы и клеточнаго ядра, изъ которой видно, что ростъ ихъ, происходящій несомнѣнно путемъ вставки, по различнымъ направленіямъ, зависитъ отъ различныхъ силъ. Такое различіе силъ при сферической формѣ молекулей необъяснимо.

Дѣйствіе поляризованнаго свѣта до сихъ поръ не дало объясненія настоящей кристаллической формы молекулей вещества протоплазмы, можетъ быть только отъ того, что наблюденія не произведены съ достаточною тщательностью. Но, если бы даже дальнѣйшія изслѣдованія подтвердили, что протоплазма, хлорофиллъ и клеточное ядро дѣйствительно не оказываютъ никакого дѣйствія на поляризованный свѣтъ, то этимъ не опровергается кристаллическая форма молекулей вещества протоплазмы: они могутъ принадлежать къ правильной системѣ или могутъ даже обладать двойнымъ лучепреломленіемъ, но быть такъ расположены, что совокупное ихъ дѣйствіе остается незамѣтнымъ для наблюдателя.

Разница въ сцѣпленіи частицъ хорошо обграниченнаго протоплазмическаго образованія, повидимому, никогда не достигаетъ такой значительной степени, какъ у крахмальныхъ зеренъ и клеточныхъ оболочекъ, можетъ быть отъ того, что maximum сцѣпленія въ протоплазмѣ самъ по себѣ уже не значителенъ. Однакожъ изъ нѣкоторыхъ случаевъ можно заключить, что сцѣпленію и тутъ уменьшается по направленію во внутрь, соотвѣтственно чему содержаніе воды увеличивается потому же направленію, и, смотря по обстоятельствамъ, внутри протоплазмическаго образованія можетъ быть или одинъ minimum сцѣпленія, или нѣсколько. Я заключаю это какъ изъ появленія вакуолей, образующихся, очевидно, въ мѣстахъ наименьшаго сцѣпленія, такъ и изъ мѣняющихся токовъ въ плазмодіи.

α) Способность вещества протоплазмы къ передвиженіямъ наподобіе жидкости, можно наблюдать во время образованія капель протоплазмы, при выступаніи ея въ воду (вмѣстѣ съ зернами хлорофилла) изъ поперечнаго разрѣза клеточки вошеріи, при разрывахъ подвижныхъ споръ¹⁾, выступающихъ изъ узкихъ отверстій, и при сляніи протоплазмическаго содержимаго при образованіи зигоспоръ конъюгатъ²⁾. Точно также зеленая протоплазма, изъ которой состоятъ хлорофилловыя ленты у *Spigoguga*, при поврежденіяхъ, нерѣдко стягивается въ шарики³⁾.

β) Растяжимость живой протоплазмы обнаруживается, если положить сочныя клеточки въ индифферентныя отнимающія воду жидкости, напр. въ растворъ сахара, въ глицеринъ. Эти жидкости отнимаютъ отъ клеточнаго сока воду и соотвѣтственно уменьшенію объема сока стягивается протоплазма, не обнаруживая складокъ и въ тоже время отдѣляясь отъ клеточной оболочки. Поверхность первичнаго мѣшочка такимъ способомъ можетъ стянуться⁴⁾, по Негели, до $\frac{1}{11} - \frac{1}{25}$ своей первоначальной величины, и потомъ при пропитываніи водою снова принять прежнюю величину. У клеточекъ волосковъ съ тычинокъ традесканціи, это стягиваніе сильнѣе въ долевымъ направленіи, чѣмъ въ поперечномъ, что видно изъ того, что первичный мѣшочекъ, прежде чѣмъ отойдетъ отъ долевоы стѣнки, успѣетъ обыкновенно значительно отодвинуться отъ поперечныхъ стѣнокъ. Очень вѣроятно, что уменьшеніе поверхности протоплазмической массы связано съ выдѣленіемъ воды изъ ея вещества, относительно чего однакожъ не произведено наблюдений.

γ) Точно также ничего неизвѣстно положительнаго касательно пропитыванія и разбуханія протоплазмическихъ массъ.

1) Nägeli: Pflanzenphys. Unters. I Tafel I, 10 B.

2) De Bary: Unters. über die Familie der Conjugaten. Leipzig, 1858.

3) Nägeli, l. c., стр. 11.

4) Nägeli: Pflanzenphysiol. Unters. тетр. 1 и 2.

д) Условия сѣвления и пропитыванія нѣсколько разъясняются образованіемъ вакуолей, которое было наблюдаемо наиболѣе тщательно въ зеленой протоплазмѣ (хлорофилла).

Моль, первый наблюдавшій болѣе тщательно образованіе вакуолей, описываетъ это явленіе слѣдующимъ образомъ ¹⁾. Если разрѣзать клѣточку спирогиры подъ водой, то хлорофилловые ленты ея претерпѣваютъ въ высшей степени поразительныя измѣненія. Онѣ разбухаютъ въ прикосновеніи съ водою и получаютъ на болѣе или менѣе близкихъ разстояніяхъ неправильныя вздутія, которыя бывають шарообразными, яйцевидными или спиральными. Вначалѣ вздутія бывають однообразно зеленыя, потомъ изъ нихъ выступаетъ одинъ или нѣсколько безцвѣтныхъ пузырьковъ, окруженныхъ однороднымъ слизистымъ веществомъ. Пузырьки эти происходятъ не вслѣдствіе оттягиванія оболочки съ поверхности, но выступаютъ изнутри, раздвигая при этомъ въ стороны зеленое вещество; иногда въ пузырьки превращаются болѣе или менѣе длинныя участки хлорофилловыхъ лентъ. Изъ этого Моль заключаетъ, что вещество хлорофилловой ленты не однородно, но что внутренняя ея часть сильнѣе притягиваетъ воду. Совершенно такія же измѣненія обусловливаются соприкосновеніемъ воды съ хлорофилловой массой у *Anthoceros laevis*; она, разбухая, принимаетъ ²⁾ неправильно закругленную форму, причемъ ее лучевидныя отростки укорачиваются, затѣмъ внутри ея образуется 1—2 большихъ пузырька, которые прорываються чрезъ наружное зеленое вещество, или же образуются многочисленныя маленькія вакуоли, придающія зеленому веществу пѣнистый видъ. У стѣнкоположныхъ зеренъ хлорофилла ³⁾ вода обусловливаетъ разбуханіе въ видѣ пузырей, причемъ образуется одна или нѣсколько вакуолей, которыя впослѣдствіи прорываються чрезъ зеленое вещество. Напротивъ того, въ хлорофилловыхъ зернахъ *Ceratophyllum demersum* вода или не производитъ никакого дѣйствія, или только незначительное. Эти явленія могутъ быть объяснены слѣдующимъ образомъ. Вещество хлорофилла пропитано растворомъ, котораго внутри больше чѣмъ въ периерическихъ молекулярныхъ слояхъ. Въ живой клѣточкѣ пропитывающій растворъ находится въ эндосмотическомъ равновѣсїи съ омывающимъ клѣточнымъ сокомъ; но коль скоро масса хлорофилла приходитъ въ соприкосновеніе съ водою, это равновѣсіе нарушается; болѣе концентрированная жидкость притягиваетъ воду, втягивая ее въ молекулярныя промежутки вещества, но такъ какъ вещество содержитъ внутри больше жидкости чѣмъ при окружности, то и всасываніе воды здѣсь происходитъ въ болѣе сильной степени, а вмѣстѣ съ тѣмъ и сѣвленіе внутри слабѣе. Эндосмотическое притяженіе раствора, находящагося между молекулами, къ пропитывающей водѣ, становится наконецъ столь значительнымъ, что превышаетъ силу сѣвленія молекулъ, отъ чего внутри происходитъ полость, которая наполняется растворомъ изъ соседнихъ молекулярныхъ промежутковъ. Послѣ этого полость съ жидкостію имѣетъ сходство съ пузырькомъ, состоящимъ изъ діасмотической оболочки, содержащей внутри болѣе концентрированную жидкость, чѣмъ та, которая ее окружаетъ. Полость, вначалѣ очень незначительная, путемъ эндосмоса принимаетъ все болѣе и болѣе воды и растягиваетъ окружающую ее массу. Кажется, что вещество хлорофилла состоитъ изъ двоякаго рода веществъ, именно одного мало растяжимаго, тѣсно соединеннаго съ зеленымъ красящимъ веществомъ, и изъ болѣе слизистаго безцвѣтнаго вещества, которое располагается вокругъ увеличивающейся вакуоли и растягивается, между тѣмъ какъ первое неправильно разрывается и отодвигается въ сторону; оба вещества до образованія вакуолей тѣсно между собою соединены во всѣхъ точкахъ.

Такой взглядъ я составилъ себѣ по крайней мѣрѣ относительно образованія вакуолей въ (не содержащихъ крахмала) хлорофилловыхъ зернахъ *Allium Cepa*. По Негелі ⁴⁾ у *Spirogyra orthospira* достаточно болѣе значительнаго давленія на клѣточку, однако ея не повреждающаго, чтобы отдѣлять хлорофилловыя ленты отъ первичнаго мѣшочка, причемъ ленты иногда распадаются на шарики, которые наконецъ превращаются въ пузырьки.

Самыя молодыя клѣточки на вершинѣ корешковъ и въ стеблевыхъ почкахъ вначалѣ бывають сплошь наполнены протоплазмой, въ срединѣ которой находится зерно. Образованіе полости, наполненной сокомъ, происходитъ впослѣдствіи по способу образованія вакуолей. Сначала внутри густой протоплазмы выступаютъ маленькія капельки сока, которыя потомъ дѣлаются все больше

¹⁾ Mohl: Botan. Zeitg., 1855, стр. 97.

²⁾ I. с., стр. 107.

³⁾ I. с., стр. 109.

⁴⁾ I. с., стр. 11.

и больше ¹⁾), наконец стекаются вместе и таким образом образуют в клеточке пространство, занятое соком, протоплазма же представляется после этого в виде окружающего полость мѣшочка, прилегающего къ клеточной оболочкѣ ²⁾). Еще лучше наблюдать эти процессы в клеточках у *Pythomyces*, в клеточках пеняа различныхъ породъ *Agaricus* (если клеточки положить в воду), в волоскахъ и т. д. Несомѣнно, что этотъ процессъ образованія вакуолей, столь тѣсно связанный съ ростомъ клетокъ, основывается и здѣсь на совершенно тѣхъ же условіяхъ, какъ у хлорофилла, а именно, что между молекулами вначалѣ сплошной протоплазмы находится растворъ органическихъ веществъ, произведенный можетъ быть самою протоплазмой; что этотъ растворъ дѣйствуетъ эндосмотически на окружающую жидкость и втягиваетъ ее въ промежутки между молекулами. Объемъ промежуточной жидкости отъ этого увеличивается, втягиваемая жидкость все болѣе и болѣе раздвигаетъ молекулы, и наконецъ въ мѣстахъ наименьшаго сѣвленія (внутри), послѣднее преодолевается эндосмотическою силою, вслѣдствіе чего образуется расщелина, наполняющаяся напряженною промежуточною жидкостью; первоначальная, незамѣтно маленькая капелька увеличивается вслѣдствіе эндосмоса и болѣе или менѣе округляется.

е) Одно изъ самыхъ замѣчательныхъ, но къ сожалѣнію еще воицѣ не объяснимыхъ явленій свойственныхъ протоплазмѣ, есть мгновенное или медленное измѣненіе ея молекулярнаго состоянія, если подвергать ее нѣкоторымъ химическимъ силамъ, слѣшкомъ высокой температурѣ, сильнымъ колебаніямъ температуры близъ точки замерзанія, сильнымъ электрическимъ дѣятелямъ и т. д. Во всѣхъ этихъ случаяхъ вещество протоплазмы, до начала опыта мягкое, способное къ передвиженію, становится болѣе твердымъ, неподвижнымъ и сохраняетъ эти свойства. Силы диффузіи претерпѣваютъ рѣзкое измѣненіе: растворенныя вещества, которыя прежде не могли проникать въ вещество протоплазмы, теперь не только легко принимаются ею, но даже удерживаются съ гораздо болѣею силою, чѣмъ вещество, въ которомъ они растворены. Само собою разумѣется, что дѣло нисколько не разъясняется отъ того, если мы это состояніе протоплазмы назовемъ свертываніемъ, потому что съ одной стороны не извѣстно, можно ли вообще сравнивать это состояніе со свертываніемъ раствореннаго бѣлка (протоплазма вѣдь не растворъ), а съ другой стороны, если бы даже такое сравненіе было вѣрно, то имъ ничего не объясняется, потому что мы пока не имѣемъ еще яснаго представленія о процессѣ внутри свертывающагося бѣлковаго раствора. Поэтому, лучше обѣ формы молекулярнаго состоянія, въ которыхъ являются протоплазмическія образованія, обозначать живымъ и мертвымъ состояніями.

Умерщвленіе протоплазмы извѣстными дѣйствіями теплоты и электричества, было уже описано во II-мъ и III-мъ отдѣлахъ ³⁾). Здѣсь мы рассмотримъ еще нѣкоторыя показанія касательно дѣйствія различныхъ средствъ. Негели открылъ тотъ поразительный фактъ, что живая протоплазма не принимаетъ красящаго вещества, тогда какъ послѣ умерщвленія ее оно въ ней скопляется ⁴⁾). Если вѣ клеточномъ сокѣ раствороно голубое или красное красящее вещество, то протоплазма и клеточное ядро остаются совершенно безцвѣтными, хотя и находятся въ постоянномъ соприкосновеніи съ окрашеною жидкостью; это можно очень ясно наблюдать на окрашенныхъ волоскахъ съ тычинокъ традесканціи. Если, по Негели, положить в воду при обыкновенной температурѣ разрѣзы красныхъ или голубыхъ лешестковъ, то сначала красящее вещество не диффундируетъ изъ нихъ, и лишь при продолжительномъ дѣйствіи воды, когда протоплазма умретъ, оно изъ нихъ выступаетъ. Если неповрежденную клеточку съ окрашеннымъ сокомъ положить въ безцвѣтный растворъ сахара, то первичный мѣшочекъ стягивается отъ дѣйствія экзосмоса, а жидкость между имъ и клеточной оболочкой остается безцвѣтною, слѣдовательно чрезъ первичный мѣшочекъ выступаетъ наружу только вода, а не красящее вещество клеточнаго сока, и лишь по прошествіи значительнаго времени, когда протоплазма умретъ, красящее вещество выступаетъ и пространство между первичнымъ мѣшочкомъ и оболочкой окрашивается. Если вмѣстѣ съ растворомъ сахара дѣйствуетъ еще кислота, убивающая протоплазму значительно быстрѣе, то и выступаніе красящаго вещества наступаетъ также ско-

¹⁾ Этотъ процессъ можно чрезвычайно ясно прослѣдить в клеточкахъ вершины толстыхъ корешковъ, выступающихъ изъ узловъ и въ первыхъ листовыхъ влагалищахъ прорастающей *Zea Mnis*.

²⁾ Эти важныя факты были впервые описаны Модемъ въ *Bot. Zeitg.* 1846, стр. 73, ff.

³⁾ Стр. 52, 59, 72.

⁴⁾ Nägeli: *Pflanzenphysiol. Unters.* 1. 5 ff.

рбе. Но лишь только через первичный мѣшочек станетъ дифундировать красящее вещество, то это послѣднее будетъ поглощаться самимъ веществомъ первичнаго мѣшочка, нитями протоплазмы и клѣточнымъ ядромъ и ихъ окраска бываетъ интенсивнѣе, чѣмъ окраска омывающаго раствора; слѣдовательно въ мертвыхъ протоплазмическихъ образованіяхъ происходитъ усиленное скопленіе красящаго вещества.

Клѣточная оболочка относится къ красящимъ веществамъ совершенно иначе; она не окрашивается, но тѣмъ не менѣе постоянно пропускаетъ красящія вещества, какъ это показали слѣдующіи опыты, произведенный первоначально Негели. Если безцвѣтную клѣточку положить въ растворъ сахара, окрашенный краснымъ красящимъ веществомъ плодовъ, то первичный мѣшочекъ стягивается, пространство между нимъ и оболочкой наполняется окрашеннымъ растворомъ, поступающимъ черезъ неокрашенную оболочку; затѣмъ умираетъ протоплазма и также окрашивается. Пузырьки, встрѣчающіеся часто въ клѣточкахъ, имѣютъ въ этомъ отношеніи сходство съ первичнымъ мѣшочкомъ; стѣнки этихъ пузырьковъ состоятъ также изъ протоплазмическаго вещества и они или содержатъ окрашенный сокъ и плаваютъ въ безцвѣтной жидкости, или на оборотъ. Совершенно подобныя явленія замѣчаются при дѣйствіи уксуснокислой тинктуры кошенили и слабого раствора іода; живыя клѣточки могутъ довольно долго лежать въ этихъ жидкостяхъ и протоплазмическое образованіе ихъ не окрашивается до тѣхъ поръ, пока оно не умретъ, послѣ чего въ нихъ отлагается или красящее вещество, или іодъ. Клѣточки, содержащія дубильное вещество, часто довольно долго остаются неизмѣненными въ растворѣ уксуснокислой окиси желѣза, но по смерти первичнаго мѣшочка мгновенно обнаруживается реакція желѣза на дубильное вещество, растворенное въ клѣточномъ сокѣ.

§ 117. Движенія протоплазмы можно подвести подъ три главныя формы, между которыми впрочемъ существуютъ переходы. Движеніе состоитъ во-первыхъ въ томъ, что молекулы протоплазмической массы перемѣняютъ свое относительное положеніе, причемъ очертаніе цѣлага часто, но не всегда, претерпѣваетъ измѣненія (движеніе отъ молекулярнаго перемѣщенія). Съ другой стороны, молекулы могутъ сохранять свое относительное положеніе и связь, наружное очертаніе можетъ не измѣняться, но вся масса движется или вращаясь около оси, или перемѣщаясь по прямой или кривой линіи; оба эти рода движенія всей массы могутъ существовать въ отдѣльности или комбинироваться другъ съ другомъ. Движеніе послѣдняго рода встрѣчается у подвижныхъ клѣточекъ многочисленныхъ водорослей и грибовъ, у живчиковъ¹⁾ тайнобрачныхъ и болѣе продолжительно бываетъ у *Volvocineae*, *Oscillaria*, *Phormidium*, *Spirilla*²⁾.

Движеніе отъ молекулярнаго перемѣщенія встрѣчается безъ исключенія у всѣхъ протоплазмическихъ образованій и бываетъ или временное, или постоянное, непрерывное или прерывчатое. Очень разнообразныя формы движенія этого рода, по отношенію къ направленію, могутъ быть еще подраздѣлены на двѣ главныя формы (съ переходами): молекулярное перемѣщеніе именно можетъ наводиться въ соотношеніи съ извѣстными центрами, лежащими внутри образовательной массы и стремиться къ распредѣленію частицъ по радіальному и тангентальному направленіямъ: эта форма движенія имѣетъ мѣсто при такъ называемомъ свободномъ образованіи клѣточекъ, при дѣленіи клѣточекъ и хлорофилловыхъ зеренъ, при распаденіи пласмодія на кучки клѣточекъ (образованіе споръ), при образованіи стѣнкоположныхъ гонидій (*Hydrodictyon*, *Saprolegnia*) и при распаденіи стѣнкоположной протоплазмы на хлорофилловыя зерна.

¹⁾ Шахтъ доказалъ, что живчики суть голыя протоплазмическія тѣла, подобно подвижнымъ клѣточкамъ («Die Spermatozoiden in Pflanzenreich». Braunschweig, 1864).

²⁾ Объ этихъ послѣднихъ растеніяхъ см. ниже § 120.

Другая форма молекулярнаго перемѣщенія состоитъ въ такъ называемыхъ токахъ протоплазмы, причѣмъ отношеніе къ центрамъ хотя и не составляетъ необходимости, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ существуетъ. Въ такомъ движеніи могутъ участвовать всѣ молекулы протоплазмы, перемѣщаясь по одному направленію (круговращеніе, *Rotation*) и тогда движеніе бываетъ непрерывное, или же молекулярное перемѣщеніе происходитъ въ различныхъ частяхъ вещества попеременно, и по различнымъ направленіямъ (сѣтевидные токи, *Circulation*).

Въ одной и той же протоплазмѣ могутъ послѣдовательно происходить всѣ эти три формы движенія; такъ напр. протоплазма нѣкоторыхъ водорослей и грибовъ перемѣщается въ конецъ кѣлочекъ (перемѣщеніе безъ соотношенія къ какому либо центру движенія), скопляется здѣсь и распадается затѣмъ на болѣе или менѣе многочисленныя части (распредѣленіе молекулей около центровъ), которыя впослѣдствіи покидаютъ кѣлочку въ видѣ подвижныхъ споръ (движеніе массъ); подвижныя споры миксомицетовъ соединяются въ пласмодіи, въ которыхъ возникаютъ токи, и эти пласмодіи распадаются при недостаткѣ воды на многочисленныя кѣлочекъ; здѣсь, слѣдовательно, за движеніемъ массъ слѣдуютъ токи, за послѣдними — распредѣленіе около центровъ. При развитіи кѣлочекъ тканей, молекулы протоплазмы прежде всего располагаются вокругъ новыхъ центровъ и послѣ дальнѣйшаго роста кѣлочекъ и достаточнаго увеличенія количества водянистаго кѣлочнаго сока, возникаетъ токъ (круговой или сѣтевидный). Ходъ развитія кѣлочекъ или многокѣлочнаго растенія зависитъ отъ взаимнаго отношенія обѣихъ формъ движенія протоплазмы.

§ 118. Токъ протоплазмы. (Перемѣщеніе молекулей безъ соотношенія съ однимъ или нѣсколькими центрами ¹⁾).

а) На сколько можно заключить изъ извѣстныхъ фактовъ, ибо спеціальныхъ изслѣдованій не произведено, для проявленія этой формы движенія необходимо извѣстное содержаніе воды въ веществѣ: протоплазма кѣлочекъ, находящаяся въ круговомъ или сѣтеобразномъ движеніи (*Rotation* или *Circulation*) кажется (оптически) менѣе густой, чѣмъ протоплазма болѣе молодыхъ кѣлочекъ, въ которыхъ еще не обнаружилось такое движеніе; повидимому, съ увеличеніемъ содержанія воды, въ протоплазмѣ возрастаетъ скорость тока ²⁾; изъ этого само собою возникаетъ предположеніе, что ослабленіе сдѣленія вслѣдствіе увеличенія содержанія воды, способствуетъ передвиженію молекулей и уменьшаетъ сопротивленіе силамъ, обуславливающимъ движеніе.

б) Направленіе тока не имѣетъ опредѣленнаго соотношенія къ существованію или положенію кѣлочнаго ядра ³⁾; механизмъ движенія независимъ отъ ядра. У миксопласмодіевъ, въ которыхъ токи очень сильныя, нѣтъ кѣлочныхъ ядеръ; въ кѣлочкахъ *Vallisneria* ядра переносятся протоплазмой какъ пассивныя массы, подобно другимъ зернистымъ образованіямъ (зернамъ хлорофилла).

¹⁾ Моль указалъ на то, что въ кѣлочкахъ движется не кѣлочный сокъ, а протоплазма. Онъ же первый призналъ протоплазму за самостоятельную составную часть кѣлочекъ и далъ ей это названіе (*Bot. Zeitg.* 1846, стр. 73 и 89).

²⁾ Ценковский говоритъ, что движенія очень «текучихъ» пласмодіевъ болѣе энергичны (*Jahrb. f. wiss. Bot.* III, 403).

³⁾ Н. v. Mohl указалъ на это уже въ *Bot. Zeitg.* 1846, стр. 93.

Въ волоскахъ тычинокъ *Tradescantia* и во многихъ другихъ случаяхъ, ядро имѣетъ боковое положеніе, что лишаетъ его возможности быть центромъ движенія. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ (волоски *Cucurbitaceae*, *Spirogyra*) ядро занимаетъ центръ клѣточки и бываетъ окружено протоплазмой, изъ которой отходятъ и въ которую вливаются токи; но одновременно съ этимъ существуютъ также токи, направленіе которыхъ не имѣетъ ничего общаго съ этимъ центромъ (ф. 45).

γ) Въ массѣ протоплазмы направленіе движенія можетъ быть одно и то же для всѣхъ молекулъ, какъ напр. при круговомъ вращеніи (*Rotation*) въ клѣточкахъ *Vallisneria*, *Chara* и другихъ подводныхъ растений, или же различныя части одной и той же массы двигаются по различнымъ направленіямъ, въ разные времена и съ различною скоростью (плазмодіи миксомицетовъ и протоплазма клѣточекъ тканей и волосковъ). Напротивъ того, повидимому общимъ закономъ должно принять то, что круговое вращеніе протоплазмы происходитъ по направленію наибольшей окружности клѣточки [*Nägeli* ¹⁾ *Chara*; точно также у *Vallisneria*, въ корневыхъ волоскахъ *Hydrocharis*], между тѣмъ какъ сѣтевидные токи нерѣдко отсылаютъ одинъ или нѣсколько главныхъ токовъ по направленію продольной оси клѣточки, въ случаѣ существованія такой оси (волоски *Cucurbita*); въ болѣе изодіаметрическихъ клѣточкахъ токи распределены болѣе симметрично (молодые клѣточки корневой верхинки *Zea Mais* и другихъ тканей).

δ) Движущія силы независимы отъ клѣточной оболочки: извѣстно, что миксоплазмодіи вообще не имѣютъ оболочки и что въ клѣточкахъ тканей токи совершаются также тогда, когда протоплазма не соприкасается съ клѣточной оболочкой; такъ напр. правильное круговое движеніе протоплазмы харъ продолжается и тогда,



ф. 45. Оптический продольный разрезъ средней клѣточки волоска тычки (съ чашечки молодой цветочной почки). Очертаніе клѣточной оболочки упрощено; (мелкія зерна протоплазмы на рисункѣ представлены единicomъ грубыми); центральное скопленіе, заключающее въ себѣ вакуоли, облекаетъ ядро; быстро движущіеся сѣтевидные токи увлекаютъ съ собою хлорофилловыя зерна (содержащія въ себѣ крахмалъ); на одномъ имѣетъ съ дѣвной стороны увлекается также кристаллъ.

¹⁾ *Nägeli*: Beiträge zur. wiss. Bot. II, 62.

когда она стягивается вследствие извлечения части клеточного сока (действием сахарного раствора) и отстает от клеточной оболочки; точно также продолжают свое движение токи в волосках с тычинок *Tradescantia*, когда протоплазма под влиянием сахарного раствора отстает от оболочки.

е) Движущия силы не суть результат действия всей массы протоплазмы, но обуславливаются действием мельчайших ее частиц: движение молекул может начинаться и заканчиваться во всяком месте протоплазмы; каждая любая часть может придти в состояние покоя; движущаяся (относительно) покоящаяся части могут тесно прилегать друг к другу. Движущийся пласмодий может распадаться на части, причем последние могут представлять подобные же движения, как целое; протоплазма с круговым движением [клеточек *Nitella* по Негели ¹⁾], корневых волосков *Hydrocharis* по Гофмейстеру], отделившись от клеточной стѣнки (вследствие экзосмоса) может раздѣлиться на несколько частей, из которых каждая образует замкнутое целое с собственным круговым движением.

ж) Совокупность явлений, замѣчаемых при движении протоплазмы, ясно доказывает, что движение это не есть следствие простой передачи силъ, но что оно совершается под влиянием силъ напряжения, присущих протоплазмѣ и переходящих въ действующія силы отъ незначительныхъ причинъ, такъ что проявляется поразительная непропорциональность между видимыми причинами и самими явлениями; эта непропорциональность такъ велика, что въ большей части случаевъ внѣшняя причина, вызывающая движение, не замѣтна: токи измѣняются, останавливаются и возобновляются безъ видимыхъ причинъ; тѣмъ не менѣе причины должны быть, но онѣ недоступны наблюдению, между тѣмъ какъ возбуждаемое ими движение проявляется весьма энергически. То что К. Лудвигъ говоритъ о возбужденіи нервовъ, можно непосредственно отнести къ протоплазмѣ: «Возбуждающія средства ²⁾ не передаютъ свои движения, притяжения и т. д. покоящейся массѣ с простымъ распределениемъ, но ихъ действия присоединяются, какъ новые факторы, къ большому числу уже существовавшихъ, разнообразно распределенныхъ, частью свободныхъ, частью связанныхъ силъ. При такихъ обстоятельствахъ могутъ произойти самыя разнообразныя послѣдствія, смотря потому, дѣлаетъ ли новый факторъ связанную силу свободною, или же задерживаетъ движение» ³⁾. Протоплазма, повидимому, представляетъ именно эту категорию распределения силъ.

Вышеприведенныя наблюденія нисколько не разъясняютъ природу движущихъ силъ и молекулярные процессы ими вызываемые, такъ какъ еще нѣтъ достаточныхъ наблюденій, относящихся до частныхъ явленій. Весьма однако вѣроятно, что молекулы протоплазмы находятся въ состояніи, такъ сказать, неустойчиваго равновѣсія, т. е. ихъ распределение, форма и присущія имъ силы, таковы, что малѣйшее измѣненіе въ положеніи, или малѣйшее приращеніе силы производитъ не

¹⁾ Beiträge zur wiss. Bot. II, 76.

²⁾ С. Ludwig. «Lehrbuch» der Physiol. der Menschen» 1858, стр. 146.

³⁾ И далѣе: «Положимъ, напр., что возбуждаемая масса состоитъ изъ однородныхъ частей, изъ которыхъ каждая, подвергаясь какому либо измѣненію, развиваетъ столь много силъ, что можетъ вызвать такое же или подобное измѣненіе въ смежной съ нею части; очевидно, что минимумъ внѣшняго вліянія, подобно искрѣ при вспышкѣ пороха, достаточенъ, чтобы произвести чрезвычайныя послѣдствія, которыя хотя и возникаютъ одновременно съ началомъ внѣшняго вліянія, но затѣмъ совершаются уже отъ него независимо. «Ludwig, loc. cit.»

только измѣненіе въ положеніи, но также передвиженіе сосѣднихъ молекулѣй. Агрегатъ молекулѣй произвелъ бы, можетъ быть, нѣчто подобное движеніямъ протоплазмы, если представить себѣ: 1) что каждая молекула имѣетъ различные діаметры, что она, напр., кристаллическаго строенія; 2) что онѣ взаимно притягиваются сообразно массы и разстоянію, слѣдовательно, стремятся по возможности сблизиться; 3) что такому сблженію препятствуютъ два обстоятельства, именно то, что каждая молекула окружена водяной оболочкой, которая чѣмъ толще, тѣмъ болѣе препятствуетъ ихъ сблженію и далѣе то, что установленію устойчиваго расположенія противодѣйствуютъ силы, дѣйствующія въ молекулахъ по опредѣленному направленію, независимо отъ притяженія массъ, но зависящія отъ формы; напр. если бы молекулы были одарены полярностію, подобно молекуламъ магнита или периполярнымъ молекуламъ первовъ.

При этихъ предположеніяхъ можно себѣ представить распредѣленіе молекулѣй, легко подвергающее нарушенію равновѣсія, которое однако постоянно стремится снова возстановиться. Первое предположеніе недоказано, однако и не представляетъ ничего невѣроятнаго; второе должно принять за дѣйствительно существующее; третье въ первой своей части приложимо къ протоплазмѣ и къ крахмальнымъ молекуламъ; наконецъ, что касается до полярности молекулѣй, то и она не заключаетъ въ себѣ ничего необыкновеннаго, такъ какъ она съ успѣхомъ примѣнена къ магнитамъ, нервамъ и мускуламъ. Едва ли нужно замѣчать, что вышесказанное не имѣетъ значенія теоріи; здѣсь дѣло идетъ только о томъ, чтобы указать тотъ путь, который могъ бы привести къ теоріи. Я согласенъ со взглядомъ Гофмейстера, что токи обусловливаются измѣненіемъ въ разныхъ частяхъ протоплазмы способности поглощать воду, но и это положеніе само должно быть разбито на частныя положенія, если требуется болѣе глубокаго пониманія явленій. Причины, по которымъ различныя мѣста ¹⁾ протоплазмы пропитываются то болѣе, то мѣнѣе количествомъ воды, поглощая ее у сосѣднихъ частей или отдавая имъ свою воду, должны еще быть отысканы, и я думаю, что высказанныя предположенія могутъ служить исходными точками, на сколько они даютъ возможность представить себѣ такое распредѣленіе молекулѣй, которое въ состояніи, отъ незначительныхъ причинъ, увеличить или уменьшить содержаніе пропитывающей воды, т. е. удалить или сблизить молекулы въ извѣстныхъ мѣстахъ протоплазмы, вслѣдствіе чего наполненные водою промежутки сжуются или сбѣлаютъ просторнѣе.

Обозначивъ совокупность силъ, обусловливающихъ происхожденіе токовъ, общимъ выраженіемъ «сжимаемость» (*Contractilität*), мы ничего не выигрываемъ, если не имѣемъ возможности точно опредѣлить представленіе, соединяемое со словомъ сжимаемость и разложить обозначаемое этимъ словомъ явленіе на отдѣльныя его составляющіе процессы.

Гофмейстеръ ²⁾ указалъ на неясность представленій, соединяемыхъ со словомъ сжимаемость; онъ говоритъ, что называя протоплазму сжимающимся веществомъ, мы нисколько не разъясняемъ процесса. Если это слово должно выразить, что движенія токовъ основаны на томъ, что стягиванія периферическихъ частей протоплазмы заставляютъ двигаться внутреннія части къ мѣстамъ наименьшаго сопротивленія со стороны периферическихъ слоевъ протоплазмы, то это противорѣчитъ фактамъ. Если фиксировать мѣсто, на которомъ въ легкоподвижномъ плазмодіи *Muchomycetes*, напр. *Physarum*, внутри покоившейся до тѣхъ поръ протоплазмы, возникаетъ новый токъ, то легко замѣтить, что движеніе послѣдовательно передается

¹⁾ Мѣста протоплазмы; не молекулы ея, а группы ихъ.

²⁾ Hofmeister: *Flora*, 1865, стр. 8.

новым частямъ протоплазмы по направленію обратному направленію самаго тока, т. е. передается частямъ все болѣе и болѣе удаленнымъ отъ конца тока¹⁾. — Не болѣе основательно было бы принять за причину движенія всасываніе, исходящее отъ извѣстныхъ расширяющихся мѣстъ периферическаго слоя; Гофмейстеръ основывается на томъ, что въ сфероидальныхъ комкахъ пласмодія *Physagum* появляются токи, которые могутъ даже мѣнять свое направленіе, между тѣмъ какъ облекающая ихъ масса остается въ покоѣ и не измѣняетъ своего очертанія, при чемъ движеніе токовъ столь же живо и токи столь же широкіе, какъ въ тѣхъ пласмодіяхъ, у которыхъ появленіе токовъ сопровождается одновременнымъ измѣненіемъ вѣшняго очертанія.

Гофмейстеръ совершенно основательно отвергаетъ также предположеніе, по которому выраженіе «сжимаемость» обозначаетъ стягиваніе мельчайшихъ частей протоплазмы, правильно передающееся далѣе и обуславливающее видимыя измѣненія формы; очевидно, что этимъ явленіе не разлагается на элементарные процессы, но только переносится съ цѣлаго на мельчайшія его части.

Говорить же о стягиваніи молекулъ и атомовъ — нелѣпо. Указаніе на тождество явленій въ растительной и животной протоплазмѣ, не разъясняетъ вопроса, ибо «сжимаемость» (*Contractilität*) въ животномъ организмѣ столь же загадочна, какъ и въ растительномъ; дѣло не въ томъ, чтобы доказать у вещества способность стягиванія, а въ томъ, чтобы уяснить представленіе объ этомъ процессѣ.

Гофмейстеръ²⁾ предполагаетъ, что для образованія токовъ достаточно измѣненія въ способности протоплазмы пропитываться водою. Онъ при этомъ опирается съ одной стороны на аналогію протоплазмы съ такъ называемыми коллоидными веществами, которыхъ молекулярное притяженіе къ водѣ измѣняется отъ незначительныхъ причинъ (образованіе мути въ растворѣ кремнекислоты, свертываніе растворовъ клея при охлажденіи, бѣлковыхъ растворовъ при нагрѣваніи и отъ химическихъ реактивовъ); съ другой стороны онъ смотритъ на появленіе и исчезаніе пульсирующихъ вакуолей (*Volvocineae*, *Muchomycetes*, *Apicystes*, и т. д.), какъ на непосредственный результатъ въ измѣненіи содержанія воды въ окружающей вакуоли протоплазмѣ. Съ уменьшеніемъ способности протоплазмы пропитываться, часть содержащейся въ ней водянистой жидкости выдѣляется внутри ея массы въ видѣ шаровидныхъ капель. Если это уменьшеніе продолжается, то капля увеличивается; если способность пропитыванія усилится, то протоплазма отчасти или воцѣлѣ поглощаетъ эти капли. Уменьшеніе и усиленіе способности пропитыванія смѣняются правильно и періодически. Уменьшеніе во всѣхъ случаяхъ идетъ постепенно, усиленіе чрезвычайно быстро. Вакуоль увеличивается медленно, но исчезаетъ или уменьшается внезапно; если образуется нѣсколько такихъ вакуолей внутри одной и той же массы протоплазмы (кѣточки), то ихъ пульсаціи происходятъ въ извѣстной послѣдовательности (Конъ).

Гофмейстеръ представляетъ себѣ образованіе токовъ въ протоплазмѣ слѣдующимъ образомъ: «Предположимъ, что подвижная протоплазма состоитъ изъ (микроскопически незамѣтныхъ) частицъ, окруженныхъ каждая водяною оболочкою и обладающихъ различной и измѣнчивой способностью пропитываться водою; если у ряда такихъ частицъ усиленіе и ослабленіе пропитыванія будетъ передаваться по опредѣленному направленію, то вода, выдѣляемая частицами, у которыхъ способность пропитываться уменьшается, будетъ поглощаться тѣми, у которыхъ эта способность усиливается, вслѣдствіе чего, очевидно, возникаетъ движеніе воды. Если прониканію воды въ части поглощенія представляется по извѣстному направленію меньше сопротивленія, и если это направленіе одинаково для всѣхъ поглощающихъ частей, то движенія могутъ быть и оставаться параллельными на значительномъ протяженіи и даже по всей массѣ протоплазмы.

«Благопріятность условій для поглощенія воды по извѣстному направленію, а слѣдовательно и затрудненіе для прониканія воды по другимъ направленіямъ, должно быть допущено, ибо этимъ только можно объяснить постоянство въ разграниченіи живой протоплазмы отъ водныхъ растворовъ самыхъ различныхъ концентрацій, что напр. замѣчается при стягиваніи протоплазмическаго клеточнаго содержимаго при дѣйствіи отнимающихъ воду средствъ, такъ какъ тутъ

¹⁾ Это наблюденіе сдѣлано Гофмейстеромъ надъ пласмодіемъ, принадлежащимъ вѣроятно *Physagum albipes* и пласмодіемъ *Aethalium septicum*; то же самое явленіе можно также видѣть, однако съ большимъ трудомъ, на токахъ въ волоскахъ *Cucurbita*, *Eclabium* и *Tradescantia*.

²⁾ Flora 1865, стр. 10.

сохраняется рѣзкость разграниченія протоплазмы отъ вакуолей; или при разграниченіи протоплазмы не покрытой оболочкою отъ окружающей ее жидкости. Для протоплазмы, въ которой направленіе и форма токовъ измѣняются, надо допустить измѣненіе въ направленіи, въ которомъ передается усиленіе или ослабленіе способности поглощенія. Увеличиваться въ объемѣ будутъ очевидно тѣ мѣста окружности, поглощающая способность которыхъ болѣе всего усилилась. Временное спокойствіе массъ протоплазмы, граничащихъ съ токами непостояннаго направленія и не отдѣленныхъ отъ токовъ замѣтными преградами, можно безъ труда объяснить отсутствіемъ въ покоящихся массахъ колебанія въ способности пропитыванія» и т. д.

О причинахъ, вслѣдствіе которыхъ измѣняется способность протоплазмы пропитываться, Гофмейстеръ не высказалъ своего мнѣнія, но указалъ только на то молекулярное строеніе, при которомъ возможно подобное явленіе и о которомъ выше, въ этомъ §, упомянуто. Я принимаю, что живая протоплазма состоитъ изъ молекулъ опредѣленной формы (не круглой), и не способныхъ пропитываться; онѣ обладаютъ очень сильнымъ притяженіемъ къ водѣ и окружены поэтому относительно очень толстыми водными оболочками, такъ что взаимное притяженіе сосѣднихъ молекулъ, уменьшающееся съ разстояніемъ медленнѣе чѣмъ притяженіе къ водѣ, обуславливаетъ только слабое сѣдленіе между молекулами. Подъ вліяніемъ обѣихъ этихъ силъ установилось бы неустойчивое равновѣсіе всѣхъ молекулъ протоплазмы, такъ что онѣ перемѣщались бы уже при дѣйствіи незначительныхъ вѣншихъ причинъ и вся масса имѣла бы нѣкоторое сходство съ жидкостью. При этомъ было бы понятно, почему при различныхъ и слабыхъ вліяніяхъ протоплазма такъ легко отдаетъ воду и усиливается въ ней сѣдленіе. Можно далѣе предположить, что молекулы, въ силу взаимнаго притяженія, стремятся расположиться такъ, чтобы другъ къ другу были обращены наименьшими діаметрами, ибо это положеніе допускаетъ наибольшее сближеніе между ихъ центрами тяжести. Но онѣ встрѣчаютъ этому препятствіе частію въ водныхъ оболочкахъ ¹⁾, а съ другой стороны можно предположить, что молекулы одарены силами заставляющими ихъ принять опредѣленное направленіе, такъ что они, напр. подъ вліяніемъ этихъ силъ, стремятся обратиться другъ къ другу наибольшими діаметрами; можно бы было въ этомъ случаѣ принять существованіе электрической полярности въ молекулахъ. Очевидно, что подъ вліяніемъ этихъ трехъ притяженій, независимыхъ другъ отъ друга по своимъ величинамъ, могло бы установиться положеніе равновѣсія, при которомъ относительно значительныя силы находятся въ состояніи напряженія (связанная сила); самый незначительный толчокъ могъ бы здѣсь нарушить равновѣсіе, ибо нарушеніе равновѣсія въ одномъ мѣстѣ, передалось бы тотчасъ сосѣднимъ молекуламъ, и движеніе должно мало по малу перейти къ мѣстамъ все болѣе и болѣе удаленнымъ отъ исходной точки движенія. Мы можемъ, наконецъ, представить себѣ, что подъ вліяніемъ трехъ притяженій, устанавливается въ состояніи равновѣсія такое распредѣленіе молекулъ, при которомъ между ними помѣщается среднее количество воды: при такомъ предположеніи, каждое измѣненіе во взаимномъ положеніи молекулъ должно увеличить или уменьшить эти наполненные водою промежутки, т. е. количество пропитывающей воды должно увеличиться, или уменьшиться. Если въ одномъ мѣстѣ протоплазмы промежутки сдѣлаются больше, то немедленно окажется дѣйствіе притяженія молекулъ на воду и произойдетъ поглощеніе ее изъ сосѣднихъ молекулярныхъ промежутковъ. Движеніе въ этомъ случаѣ будетъ постепенно передаваться новымъ мѣстамъ, все болѣе и болѣе отдаленнымъ отъ точки, по направленію къ которой происходитъ движеніе. Напротивъ, если молекулы вслѣдствіе какой либо причины измѣнятъ свое неустойчивое положеніе такимъ образомъ, что сблизятся и между собою болѣе, то вода должна будетъ выступить изъ промежутковъ и движеніе, исходя изъ данной точки, будетъ постепенно передаваться по направленію движенія, переходя на болѣе удаленныя отъ исходной точки части; движеніе, слѣдовательно—какъ выражается Де Бари,—можетъ быть центробѣжное или центростремительное. Подобнымъ же нарушеніямъ равновѣсія можно приписать движенія въ плазмодіяхъ, въ амѣбообразныхъ тѣлахъ, и въ циркулирующей протоплазмѣ клѣточекъ. Возможенъ также и тотъ случай, что эти нарушенія равновѣсія обуславливаютъ особеннаго рода колебаніе молекулъ, при которомъ онѣ попеременно сближаются и удаляются. Если такое движеніе происходитъ во всѣхъ слѣдующихъ одна за другой плоскостяхъ сѣченія, правильно смѣняясь, такъ что въ одной плоскости происходитъ наибольшее сближеніе (наименьшее содержаніе воды), въ слѣдующей молекулы

¹⁾ На основаніи положенія Негели, приведеннаго въ § 106 II, водная оболочка молекулы должны быть на концахъ наименьшаго діаметра толще, чѣмъ на концахъ наибольшаго.

только что начинают удаляться другъ отъ друга (увеличивающееся содержаніе воды) и т. д., то можетъ произойти явленіе, сходное съ однообразнымъ круговращеніемъ протоплазмы у харъ, валиснерій и т. д.

Причины, которыя переводятъ силы напряженія молекулярной системы (которая, предоставленная самой себѣ, остается въ равновѣсіи) въ живыя силы, могутъ быть весьма различны: въ живой протоплазмѣ дѣйствуютъ постоянно химическіе процессы, измѣняющіе въ нѣкоторыхъ мѣстахъ молекулы химически, и вслѣдствіе такого измѣненія масса, полярность молекулъ, притяженіе ихъ къ водѣ, могутъ усиливаться или ослабляться. Независимо отъ химическихъ причинъ, будетъ происходить нарушение неустойчиваго равновѣсія вслѣдствіе незначительныхъ термическихъ и электрическихъ колебаній, и незамѣтныхъ потрясеній, дѣйствующихъ то на одну, то на другую часть протоплазмы. Можно было бы возразить, что мой способъ объясненія касается только до движенія воды въ протоплазмѣ, между тѣмъ какъ наблюденіе положительно указываетъ также на передвиженіе самыхъ частицъ протоплазмы.—На это я отвѣчу, что мой способъ объясненія однако безъ труда удовлетворяетъ и послѣдному требованію. Если при нарушеніи равновѣсія, уточненіе водяныхъ оболочекъ молекулой передается по извѣстному направленію, такъ что въ молекулярныхъ промежуткахъ образуются водяныя токи, то по мѣрѣ уменьшенія количества воды между молекулами, усиливается ихъ стремленіе вновь поглотить воду; покинувшая ихъ вода направляется къ болѣе удаленнымъ частицамъ протоплазмы, подчиняясь болѣе сильному притяженію, но этимъ не уничтожается притяженіе утекающей воды къ молекуламъ утратившимъ, эту воду, и если эти молекулы достаточно подвижны, то онѣ болѣе или менѣе быстро послѣдуютъ за водой; молекулы, у которыхъ отнимается вода, будутъ слѣдовательно двигаться въ томъ же направленіи, какъ вода, но только медленнѣе.

Выше сказанное не имѣетъ значенія теоріи, такъ какъ для этого недостаетъ еще наблюденій, которыя были бы предприняты съ цѣлью разъяснить молекулярное строеніе и механизмъ токовъ.

Различныя явленія, представляемая движущейся протоплазмой вообще и въ частности у различныхъ растений, не могутъ быть здѣсь подробно описаны; поверхностное же описаніе было бы бесполезно. Я ограничусь поэтому указаніемъ на превосходныя описанія Де Бари ¹⁾ и Ценковскаго ²⁾ относительно миксомицетовъ и на работы Шульца ³⁾ и Кюне ⁴⁾ ⁵⁾. Необходимо однако указать на нѣкоторыя замѣчанія Де Бари, важныя для механизма движенія. Принимая исходную точку всего движенія за центръ, онъ различаетъ въ миксоплазмодіи токи двухъ родовъ: центробѣжныя и центростремительныя (независимо отъ того, идетъ ли токъ къ срединѣ, или къ окружности плазмодія); оба рода токовъ различаются по способу образованія. Если токи возвращаются изъ концовъ вѣтвей (стр. 47, I. с.), то концы послѣднихъ или сильно стягиваются и токъ здѣсь бываетъ всего живѣе, а отсюда ослабѣваетъ въ центробѣжномъ направленіи (т. е. по направленію къ цѣли движенія), или же концы вѣтвей, изъ которыхъ возвращается токъ, стягиваются медленно и скорость тока возрастаетъ въ центробѣжномъ направленіи (т. е. по направленію къ цѣли). — «Если быстрый токъ направляется въ концы вѣтвей, заставляя ихъ быстро утолщаться и вѣтвиться, то явленіе имѣетъ видъ, будто зернистая масса съ слою вдавливается въ концы. Если отыскивать мѣсто, откуда исходитъ движущая сила и прослѣдить токъ до мѣста его происхожденія, то именно въ самыхъ замѣчательныхъ случаяхъ не находимъ измѣненія въ очертаніи, которое указало бы на соотвѣтствующее силѣ тока сжатіе (contraction) частей, по направленію отъ которыхъ исходитъ токъ; напротивъ того, токи направляющіеся въ концы вѣтвей, большую часть явственно усиливаются въ скорости по центробѣжному направленію (слѣдовательно по направленію къ цѣли движенія). Совершенно аналогичное явленіе замѣчается въ каждой точкѣ плазмодія ⁶⁾». Сообразно съ этимъ

1) De Bary «Die Mycetozoen», Leipzig, 1864, стр. 43.

2) L. Cienkowsky «das Plasmodium» Jahrb. f. wiss. Bot., 1863, III, стр. 401.

3) Schultze «das Protoplasma», Leipzig, 1863.

4) Kühne «Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität, Leipzig, 1864.

5) Изъ болѣе старыхъ работъ особенно важны: Mohl. Bot. Zeitg., 1846. «Ueber die Saftbewegung im Inneren der Zellen» и Unger, «Anat. und Physiol. der Pfl. Wien, 1855, стр. 273.

6) Я самъ не изслѣдовалъ на столько процессы въ миксоплазмодіяхъ, чтобы имѣть возможность рѣшить, на сколько эти данныя противорѣчатъ или согласуемы съ вышеприведенными данными Гюймайстера.

де Бари принимает двоякого рода движущія силы; именно одну толкающую (*vis a tergo*), производимую «сжиманіемъ» (*contraction*) основнаго вещества въ мѣстѣ происхожденія тока, а можетъ быть иногда и по длинѣ тока; и во-вторыхъ силу, исходящую изъ конечной точки тока, и какъ бы притягивающую его всасываніемъ. «На основаніи предположеній, изъ которыхъ мы здѣсь исходимъ—продолжаетъ онъ,—эта сила должна быть слѣдствіемъ того, что, у конца (цѣли) тока, въ периферическомъ веществѣ происходитъ уменьшеніе сжатія и сдвѣленія, слѣдовательно ослабленіе или расширеніе, въ силу чего токъ зеренъ направляется къ этому мѣсту, или слѣдя силѣ всасыванія, подобно водѣ всасываемой пористымъ тѣломъ, или направляясь просто къ мѣсту наименьшаго сопротивленія».

Де Бари находитъ подтвержденіе своего взгляда въ слѣдующихъ наблюденіяхъ: если перерѣзать вѣтку, въ которой скорость тока явственно уменьшается по направленію къ цѣли движенія, то теченіе въ участкѣ, прилежащемъ къ цѣли, прекращается; напротивъ, изъ перерѣза участка, прилежащаго къ началу тока, выступаетъ густая капля, остающаяся въ связи съ зернистой массой. Де Бари принимаетъ, что эта капля выдавливается сжатіемъ при исходной точкѣ тока (*vis a tergo*). Если онъ, напротивъ, пересѣкалъ токъ, скорость котораго къ цѣли увеличивалась, то токъ тотчасъ останавливался на обѣихъ плоскостяхъ разрѣза, покрывавшихся слоемъ прозрачнаго основнаго вещества. Если токъ былъ очень сильный, то послѣ перерѣзыванія, де Бари въ нѣкоторыхъ случаяхъ замѣчалъ, что при центробѣжно-ослабляющемъ токѣ текущая масса выступала изъ обѣихъ поверхностей разрѣза, а при центробѣжно-ускоряющемся только на поверхности разрѣза, обращенной къ цѣли тока. — Сюда же относятся болѣе старыя показанія Унгера (*loc. cit.* стр. 276). «Если перерѣзать клѣточку *Nitella*, то прежде всего будетъ вытекать токъ съ его зернышками, движеніе котораго направлено прямо къ плоскости разрѣза, другой же токъ (т. е. другая половина) сперва совершитъ свой путь, и потомъ уже послѣдуетъ за первымъ».

Очевидно, что на высасываніе изъ плоскости разрѣза по направленію самаго тока, можно смотрѣть какъ на явленіе, аналогичное съ теченіемъ конца вѣтви въ естественномъ его состояніи, и тождественное съ появленіемъ новаго тока у сѣеобразно-движущейся протоплазмы, т. е. плоскость разрѣза представляетъ то же явленіе, что и поперечникъ въ нетронутомъ состояніи.

Если мое объясненіе въ состояніи до нѣкоторой степени разъяснить естественныя явленія, то оно приложимо и къ вышеприведеннымъ опытамъ. Между возрѣніями Гофмейстера, де Бари и моимъ, нѣтъ противорѣчій въ принципахъ, такъ какъ мое возрѣніе занимаетъ средину между двумя остальными; это подтверждается слѣдующимъ опытомъ де Бари: «Если иглой положить микроскопически-маленькій кусочикъ углекислаго кали на конецъ вѣтви, окруженный небольшимъ количествомъ воды, то конецъ значительно вздувается, какъ скоро соль начнетъ распускаться въ водѣ, новые отростки и зачатки вѣтвей начинаютъ появляться на его поверхности подобно тому, какъ при нормальныхъ условіяхъ у быстро утолщающагося конца, и съ той минуты, когда начнется (отъ дѣйствія кали) разбуханіе, зернистая масса съ большою скоростью начинаетъ течь къ разбухающей части, точно какъ въ нормальныхъ токахъ съ центробѣжнымъ ускореніемъ. Если передъ опытомъ, одинъ или нѣсколько токовъ отходили отъ конца вѣтви, то какъ скоро начнется дѣйствіе реагента, они быстро принимаютъ обратное направленіе».

Въ заключеніе еще надо упомянуть о взглядѣ Негели на движеніе протоплазмы въ клѣточкахъ харъ¹⁾. По его мнѣнію, протоплазма харъ только въ молодыхъ клѣточкахъ представляетъ непрерывную массу, текущую вдоль стѣнокъ съ одинаковой скоростью по всей толщѣ тока. Но въслѣдствіе эта протоплазма распадается на комки и зернистыя образованія такъ, что тогда уже не бываетъ одной сплошной движущей массы, а только плавающія протоплазмическія образованія, которыя не заключаются уже болѣе въ протоплазмѣ, но свободно плаваютъ въ воднистой жидкости. Эти свободно плавающія образованія двигаются съ неодинаковой скоростью, причемъ существуетъ тотъ общій законъ, что движеніе происходитъ во всѣхъ частяхъ полости, за исключеніемъ средняго индифферентнаго слоя. Чѣмъ ближе комочки протоплазмы находятся къ послѣднему, тѣмъ медленнѣе ихъ движеніе; чѣмъ ближе къ клѣточной стѣнкѣ, тѣмъ движеніе скорѣе. Если напр. образованіе, лежащее близъ стѣнки, проходитъ напр. $\frac{1}{10}$ милл. въ 3 сек., то находящееся ближе къ индифферентному слою употребляетъ 5, 7, 10, 15, 22 сек. Негели полагаетъ, что движущая сила исходитъ изъ слоя содержаемаго, прилежащаго къ стѣнкѣ (первичнаго мѣшочка и при-

¹⁾ Nägeli, «Beitrage zur wiss. Bot. II, стр. 62.

легающей к нему протоплазмы). У меня нет материала необходимого для более точного изучения этих явлений, но весьма вероятно, что жидкость, в которой по Негели плавают зернистыя образования, есть протоплазма, только очень богатая водой. О природѣ движущей силы Негели не могъ дать никакого объясненія.

§ 119. Молекулярное движение протоплазмы в отношении к одному или нѣсколькимъ центрамъ. Я причисляю сюда свободное образование и дѣленіе клеточекъ, происхожденіе клеточнаго ядра изъ протоплазмы, образование хлорофилловыхъ зеренъ распаденіемъ протоплазмического слоя, прилегающаго къ стѣнкамъ, и дѣленіемъ уже существующихъ хлорофилловыхъ зеренъ. Чтобы понять механизмъ этихъ процессовъ, ихъ необходимо отнести къ двумъ типамъ ¹⁾. Расположеніе молекулъ около одного (видимаго или невидимаго) органическаго центра можетъ происходить при участіи преимущественно радіально направленной силы, такъ что молекулы одновременно стремятся къ новому центру по всѣмъ (радіальнымъ) направленіямъ. Происходящее такимъ образомъ распаденіе первоначальной массы протоплазмы на двѣ или нѣсколько частей, происходитъ одновременно; этотъ процессъ совершается вѣроятно при образованіи клеточнаго ядра скопленіемъ его вещества изъ массы протоплазмы, далѣе при такъ называемомъ свободномъ образованіи клеточекъ, когда около клеточнаго ядра, предварительно образовавшагося изъ протоплазмы, скопляются частицы той же протоплазмы, когда протоплазмическій слой, прилегающій къ стѣнкѣ (у водорослей) распадается на многочисленныя гонидіи, или когда стѣнкоположная протоплазма одновременно по всей стѣнкѣ распадается на многочисленныя хлорофилловыя зерна. Дальнѣйшіе примѣры представляютъ образованіе споръ *Discomycetes* и лишаевъ, образованіе споръ у *Pilobolus* и *Mucromycetes*, гдѣ протоплазма одновременно распадается на очень большое число кругловатыхъ частицъ, скопясь почти равномерно около многочисленныхъ центровъ.

2) Отдѣленіе частицъ протоплазмы можетъ происходить послѣдовательно, такъ что послѣ того какъ обозначились центры, масса между ними отшнуровывается, пока наконецъ не распадется на столько частей, сколько было центровъ. Сюда относятся прежде всего случаи, замѣчаемые при распаденіи маточныхъ клеточекъ пыльцы *Althaea rosea* на четыре пыльцевыя клетки (Mohl) ²⁾, маточныхъ клеточекъ споръ *Anthoceros* и *Pellia epiphylla* на четыре споровыя клетки (Гофмейстеръ); но иногда встрѣчается этотъ процессъ и при дѣленіи надвое клеточекъ тканей (безсомнѣнно былъ наблюдаемъ въ молодой кожицѣ и лежащемъ подъ нею слое паренхимы, близъ конечной почки проростковъ *Phaseolus multiflorus* ³⁾); далѣе сюда относится дѣленіе хлорофилловыхъ зеренъ отшнурованіемъ и распаденіемъ надвое. При этихъ процессахъ дѣленія, дѣйствующія силы распределены неравномерно около образовательныхъ центровъ. Между тѣмъ какъ процессы перваго типа имѣютъ видъ, будто скопляющіяся молекулы тяго-

¹⁾ Здѣсь не принимается во вниманіе появленіе новыхъ клеточныхъ перегородокъ при дѣленіи клетки.

²⁾ Mohl: Die veget. Zelle, стр. 217.

³⁾ Послѣ обработки уксусной кислотой, содержимое протоплазмы имѣетъ видъ начинающагося на половину оконченнаго и т. д. отшнурованія на клетки, еще безъ присутствія клеточныхъ перегородокъ. Также въ молодыхъ волоскахъ содержимое распадается на 2 до 5 другъ за другомъ лежащія части, не имѣющія еще между собою перегородокъ; послѣднія происходятъ одновременно на всей плоскости дѣленія.

тѣютъ къ одной точкѣ, процессы втораго типа имѣютъ тотъ характеръ, какъ будто совершаются подъ вліяніемъ вставки новыхъ молекулъ между уже существующими и подъ вліяніемъ происходящихъ вслѣдствіе этого напряженій, что особенно проявляется въ тѣхъ случаяхъ, когда стѣнкоположная протоплазма, облекающая большое пространство наполненное водянистымъ сокомъ, дѣлится, отпнуровываясь складками, какъ напр. у *Spirogyra* и *Conferva glomerata* ¹⁾.

Имѣющіяся наблюденія еще далеко не допускаютъ яснаго представленія о молекулярныхъ движеніяхъ и движущихъ силахъ; кому же еще неизвѣстны законы сцѣпленія, изъ которыхъ можно было бы вывести заключенія. Участію клѣточного ядра въ этихъ процессахъ придаютъ слишкомъ большое значеніе. Оставляя въ сторонѣ тѣ довольно многочисленные случаи, гдѣ его (ядра) совершенно не бываетъ (напр. гонидіи *Achlya prolifera* ²⁾, клѣточки склероціи миксомицетовъ ³⁾), оставляя также въ сторонѣ дѣленіе хлорофилловыхъ зеренъ и ихъ происхожденіе изъ стѣнкоположной протоплазмы (процессы, совершенно аналогичные съ дѣленіемъ и свободнымъ образованіемъ клѣточекъ), должно согласиться, что степень участія клѣточного ядра, даже въ тѣхъ случаяхъ если оно существуетъ, не такова, чтобы въ немъ можно было искать источникъ силъ, обуславливающихъ центральное расположеніе молекулъ протоплазмы; напротивъ, тѣ же вліянія, которыя дѣйствуютъ на протоплазму, дѣйствуютъ повидимому и на клѣточное ядро, какъ на часть протоплазмы. Ничего другаго нельзя вывести также изъ тѣхъ случаевъ, когда старое ядро растворяется и затѣмъ являются два, четыре или болѣе новыхъ ядеръ, которыя, располагаясь извѣстнымъ образомъ, дѣлаются центрами для новыхъ участковъ протоплазмы. Но это явленіе не общее: у подвижныхъ споръ миксомицетовъ ядро исчезаетъ передъ дѣленіемъ на-двое и оба новыхъ ядра появляются лишь послѣ окончанія дѣленія ⁴⁾; положеніе и движеніе клѣточного ядра во время дѣленія у спирогири ⁵⁾ таковы, что недопускаютъ считать его источникомъ силъ, обуславливающихъ этотъ процессъ.

Относительно механизма разсматриваемыхъ здѣсь движеній молекулой протоплазмы, замѣтимъ слѣдующее:

1) Извѣстный недостатокъ воды въ веществѣ и соотвѣтствующее этому большее сцѣпленіе молекулъ, составляють, повидимому, условіе для центрального распределенія ихъ. Этотъ недостатокъ воды можетъ произойти отъ высыханія или отъ выдѣленія воды. Первое замѣчается въ плазмодіи миксомицетовъ, въ которыхъ при избыткѣ воды бываютъ токи; но если плазмодій высыхаетъ, то токи прекращаются и вещество распадается на клѣточки (склероціи, толстостѣнные цисты, спорангіи) ⁶⁾. Если, напротивъ, клѣточное содержимое спирогири и другихъ конъюгатовъ готовится къ образованію зигоспоръ и принимаетъ шарообразную или эллиптическую форму, то оно стягивается, что можетъ произойти только вслѣдствіе выдѣленія воды. Меристема корневыхъ вершинокъ и верхушечныхъ почекъ бываетъ наполнена густой и студенистой протоплазмой, которая безъ со-

¹⁾ Mohl: loc. cit. стр. 212.

²⁾ Pringsheim: Verchandl. der Leopoldina, 15 Bd., 1 Abth., стр. 401.

³⁾ De Bary: «Mycetozoen», стр. 99.

⁴⁾ De Bary: «Mycetozoen», Taf. 4, fig. 14.

⁵⁾ A. Braun: «Verjüngung», стр. 253.

⁶⁾ De Bary: «Mycetozoen», стр. 102 и Cienkowsky Jahrb. f. wiss. Bot. III, 422.

мѣнѣнія отличается отъ протоплазмы болѣе старыхъ тканей, представляющей токи, меньшимъ содержаніемъ воды; точно также желтая протоплазма, отъ распадѣнія которой образуются стѣнноположныя хлорофилловыя зерна, отличается студенистой консистенціей. Присутствіе въ нѣкоторыхъ дѣлящихся клѣточкахъ пространства, наполненнаго водянистымъ сокомъ, не противорѣчитъ сказанному, потому что при этомъ сама протоплазма можетъ быть бѣдна содержаніемъ воды.

2) Второе замѣчаніе сдѣлано Гофмейстеромъ¹⁾: онъ принимаетъ за общій законъ, что дѣленію каждой клѣточки органа, находящагося въ состояніи почки, предшествуетъ ростъ этой клѣточки. Ни одна клѣточка не дѣлится, не увеличившись предварительно въ размѣрѣ хотя бы только незначительно. Ни у одной клѣточки ростъ въ извѣстномъ направленіи не переходитъ за опредѣленный, болѣею частью очень недалній предѣлъ безъ того, чтобы не образовалась перегородка. Положеніе вновь образовавшейся перегородки строго опредѣляется предшествующимъ ростомъ клѣточки, именно—дѣлящая перегородка всегда становится вертикально къ направленію самаго сильнаго предшествовавшего роста клѣточки, но не вертикально къ наибольшему діаметру клѣточки, который можетъ и не совпадать съ направленіемъ сильнѣйшаго роста, предшествовавшего дѣленію.

Молекулярныя движенія этого рода вѣроятно также зависятъ отъ химическихъ измѣненій вещества: они происходятъ только въ томъ случаѣ, если свободный кислородъ проникаетъ въ вещество и вызываетъ выдыханіе углекислоты. Это положительно можно заключить изъ того, что ростъ, напр. прорастаніе, прекращается въ атмосферѣ, лишенной кислорода (см. Дыханіе).

Что касается до вліянія теплоты, то относящееся сюда изложено во второмъ отдѣлѣ. О вліяніи свѣта сравн. § 13.

§ 120. Движеніе протоплазмическихъ образованій всею массою. О механизмѣ какъ поступательнаго такъ и вращательнаго движеній *Volvocineae*, подвижныхъ споръ, сперматозоидовъ и сходныхъ съ ними (по Негели) движеній *Oscillariæ*, *Phormidia* и *Spirillæ* почти что ничего неизвѣстно. Самое важное что можно объ этомъ сказать, будетъ то, что ни поступательное, ни вращательное движеніе не сопровождаются видимыми измѣненіями этихъ тѣлъ, и слѣдовательно по всей вѣроятности совершаются независимо отъ такого измѣненія. Хотя принимаютъ, что существующія у подвижныхъ споръ, у *Volvocineae* и сперматозоидовъ нитевидныя прибавки числомъ по два или болѣе, суть органы движенія, что въ нихъ дѣйствуютъ силы, приводящія эти тѣла во вращательное и поступательное движеніе, но положительныхъ доказательствъ для этого однако нѣтъ, тѣмъ болѣе что *Oscillariæ*, *Phormidia* и *Spirillæ*²⁾ этихъ органовъ не имѣютъ, а между тѣмъ представляютъ поступательное и вращательное движеніе безъ измѣненія своей формы; то же самое должно сказать о *Diatomaceae* и *Desmidiaceae*, у которыхъ замѣчается движеніе впередъ и назадъ, безъ вращенія.

До сихъ поръ изъ формы движенія еще нельзя сдѣлать какого либо заключенія о молекулярномъ строеніи этихъ тѣлъ. Съ другой стороны наше недостаточное знакомство съ молекулярнымъ строеніемъ протоплазмическихъ образованій, также не даетъ возможности судить о причинѣ этихъ движеній.

¹⁾ Hofmeister: Jahrbücher. f. wiss. Bot. III, стр. 272.

²⁾ Нѣкоторыя изъ *Oscillariæ* и *Phormidia* имѣютъ на концѣ вѣшчикъ изъ рѣсничекъ, состоящихъ по Негели изъ продолженій первичнаго мѣшочка и которыя по этому можно сравнить съ рѣсничками подвижныхъ споръ; но рѣснички *Oscillariæ* не подвижны.

а) Подвижныя кліточки (Зооспори) имѣютъ, по Негели, тройкаго рода движенія¹⁾: у многихъ изъ нихъ какъ передній (прозрачный, снабженный дрожащими рѣсничками), такъ и задній (зеленый) концы тѣла остаются на линіи поступательнаго движенія, независимо отъ того, будетъ ли эта линія прямая, или нѣсколько изогнута; онѣ подвигаются впередъ безъ измѣненія формы тѣла и безъ колебаній; другія описываютъ прямую или нѣсколько изогнутую винтовую линію, причемъ одинъ оборотъ около оси тѣла постоянно соотвѣтствуетъ одному обороту винта, такъ что одна и та же сторона кліточки постоянно остается обращенною кнаружи, между тѣмъ какъ ось тѣла идетъ параллельно съ осью винта. Въ третьихъ существуютъ подвижныя кліточки, передній концы которыхъ описываютъ винтовую линію, задній же прямую или винтовую линію меньшаго диаметра. Эти формы движенія замѣтны только при медленномъ вращеніи и медленномъ поступательномъ движеніи.

Движеніе сперматозоидовъ, по Негели, въ сущности сходно съ предъидущими родами движенія и онъ убѣждаетъ, что при совершенно правильной формѣ, при симметрическомъ распредѣленіи массы, кліточки въ однородной средѣ двигались бы по прямой линіи, и что всѣ отклоненія отъ прямого пути и отъ простаго вращенія около собственной оси тѣла зависятъ отъ того, что движущіяся тѣла построены не симметрично, ихъ центръ тяжести не совпадаетъ съ геометрическимъ центромъ, и что они подвергаются по окружности неравномѣрному тренію.

Направленіе вращенія обыкновенно бываетъ постоянно для каждаго вида, рода или семейства, однако существуютъ также кліточки безъ опредѣленнаго направленія вращенія, какъ напр. таблички *Gonium*. Часто у одноклетныхъ подвижныхъ организмовъ невозможно опредѣлить направленіе вращенія, что, какъ показалъ Негели, зависитъ отъ особеннаго еще не объясненнаго оптическаго обмана (*Tetraspora lubrica*). Обыкновенно концы, снабженный рѣсничками, идетъ впередъ, однако онъ можетъ также быть позади, и тогда вращеніе происходитъ въ противоположномъ направленіи (*Ulothrix speciosa*); такая перемена движенія замѣчается, когда подвижныя кліточки столкнутся: онѣ тогда нѣкоторое время вращаются на одномъ мѣстѣ, останавливаются и затѣмъ идутъ въ обратномъ направленіи (не оборачивая тѣла). Направленіе вращенія дѣлается обратнымъ только по отношенію къ концу, несущему рѣснички и принимаемому постоянно за передній; но если при поступательномъ движеніи (также при отступленіи) передній концы называть тотъ, который направленъ впередъ (по отношенію къ движенію), то направленіе вращенія постоянно будетъ оставаться одинаковымъ. Отступательное движеніе всегда продолжается только короткое время и затѣмъ опять смѣняется обыкновеннымъ.

Поступательное и вращательное движенія относительно скорости, также не находятся въ точно опредѣленной связи, и оба, по Негели, вѣроятію зависятъ отъ одной и той же причины. Обыкновенно оба движенія усиливаются или замедляются одновременно; когда же подвижныя кліточки на что нибудь наталкиваются, то онѣ останавливаются, продолжая однако вращаться около оси, иногда же двигаются впередъ, не вращаясь; если нѣтъ препятствій, то оба движенія, повидимому, совершаются всегда вмѣстѣ. Съ другой стороны встрѣчаются и такія кліточки, которыя при равномъ числѣ оборотовъ въ единицу времени, подвигаются впередъ не съ одинаковою быстротой, или при одинаковой поступательной скорости не одинаково быстро вращаются (loc. cit. стр. 101—102). При этомъ очевидно имѣютъ значеніе индивидуальныя различія (зависящія отъ организаціи): подвижныя кліточки одного и того же растенія, одновременно находящіяся въ подѣ зрѣнія, слѣдовательно подлежащія одинаковымъ вѣншимъ условіямъ, двигаются неодинаково быстро: кліточки *Tetraspora lubrica* напр. пробѣгаютъ при 14° Ц. пространство въ $\frac{1}{5}$ милл. въ 1,2 до 2,4 сек. и, наталкиваясь на покровное или предметное стеклышко, дѣлаютъ одинъ оборотъ въ 0,3 до 1,8 сек. Теплота ускоряетъ эти движенія протоплазмическихъ массъ. По Унгеру²⁾ подвижныя споры *Vaucheria* проходятъ 1 дюймъ въ 63 и 65 сек., а Принсеймъ говоритъ, что подвижныя споры *Achlya prolifera*³⁾ въ нѣсколько часовъ проходить путь въ 4 дюйма.

Свѣтъ, по Негели, повидимому не имѣетъ вліянія на скорость, но за то онъ вліяетъ на направленіе движенія; если тарелку, содержащую подвижныя споры, наполнить до краевъ водой, то всѣ онѣ собираются на краю, обращенномъ къ окну; если сосудъ не положить, то онѣ дѣлаютъ то же самое, причемъ попадаютъ въ тѣнь, отбрасываемую краемъ, обращеннымъ къ окну; изъ

¹⁾ Nägeli: Beiträge zur wiss. Bot. II, стр. 96.

²⁾ Unger: Anat. u. Physiol. der Pflanzen. 1855, стр. 409.

³⁾ Pringsheim: Verhandl. der Leopoldina. 15 Bd., 1 Abth., стр. 435.

этого Тревиранусъ заключилъ, что онѣ ищутъ тѣни, на что Негели основательно замѣтилъ, что онѣ тогда должны бы были отыскивать тѣнь, проходя черезъ свѣтъ, чего однакожъ нельзя допустить; въ свѣтломъ прозрачномъ стеклянномъ сосудѣ, какъ я самъ часто наблюдалъ, подвижныя споры всегда собираются къ стѣнкѣ, обращенной къ свѣту. Негели наполнялъ трехфутурную стеклянную трубку водою, которая была зеленою отъ подвижныхъ споръ *Tetraspora*, и окружалъ всю трубку, за исключеніемъ нижняго конца, черной бумагою; стеклянная трубка стояла вертикально, и только дно ея было освѣщено, такъ что только съ этой стороны проникали свѣтовые лучи въ остальное пространство. Спустя нѣсколько часовъ всѣ споры собрались при нижнемъ концѣ, причемъ всѣ двигались; сверху вода была безцвѣтна. Затѣмъ обвертывали бумагою нижній конецъ, оставляя верхній свободнымъ. Споры тотчасъ поднялись и собрались на поверхности воды (Nägeli, loc. cit., стр. 102).

Изъ многократныхъ опытовъ Негели слѣдуетъ, что вліяніе свѣта повидимому видоизмѣняется отъ различныхъ обстоятельствъ. По Кону съ устраненіемъ свѣта, ось подвижной споры не принимаетъ опредѣленнаго положенія¹⁾; вращеніе около оси, по его мнѣнію, также опредѣляется свѣтомъ: «Между тѣмъ какъ въ темнотѣ зеленые организмы одинаково способны вращаться, какъ сирава надѣво, такъ и слѣва направо и часто мѣнять при этомъ направленіе поступательнаго движенія, они отъ вліянія свѣта принимаютъ опредѣленное направленіе вращенія, которое у видовъ, изученныхъ имъ до сихъ поръ, было противоположно движенію часовой стрѣлки, но одинаково съ направленіемъ вращенія земли (если принимать сѣверный полюсъ обращеннымъ вверхъ)». Только болѣе сильно преломляющіеся лучи свѣта дѣйствуютъ по Кону въ этомъ смыслѣ на движеніе, менѣе преломляющіеся сходны по дѣйствию съ темнотою; подвижныя споры движутся по направленію къ голубымъ лучамъ (къ ихъ источнику), красные лучи имѣютъ такое же вліяніе, какъ полная темнота. Антерозоиды *Fucisaeae*, по Тюре, обыкновенно направляются къ свѣту, однако нѣкоторые изъ нихъ его избѣгаютъ²⁾.

Что рѣснички служатъ органами движенія, это хотя не строго доказано, однакожъ вѣроятно, и подтверждается также тѣмъ, что по Тюре антерозоиды *Polysiphonia* и другихъ *Florideae*, не имѣющія рѣсничекъ, не движутся³⁾. Въ этомъ отношеніи мнѣ кажется важнѣе наблюденіе Прингсгейма, который видѣлъ, что рѣснички подвижныхъ споръ *Achlya* еще двигались, когда сама клеточка уже прекратила движеніе⁴⁾; это доказываетъ, что движеніе рѣсничекъ самостоятельно, а не происходитъ вслѣдствіе пассивнаго изгибанія при движеніи клеточекъ. Припавъ, что рѣснички служатъ органами движенія какъ поступательнаго, такъ вращательнаго и отступательнаго, Гофмейстеръ⁵⁾ сдѣлалъ попытку дать объясненіе механизма этихъ движеній, прилагая къ нимъ тѣже причины, которыя производятъ движеніе токовъ протоплазмы; онъ говоритъ, что «колебанія рѣсничекъ надо принимать, какъ и движеніе токовъ протоплазмы, за слѣдствіе измѣненія способности пропитываться водою и зависящаго отъ того измѣненія объема опредѣленныхъ мѣстъ, чѣмъ и обуславливаются крайне быстрыя и сильныя измѣненія направленія и формы.»

Нельзя оставить безъ вниманія фактъ, что подвижныя споры и сперматозоиды начинаютъ двигаться еще прежде чѣмъ освобождаются и попадаютъ въ воду. Въ дѣлящихся *Palmellaceae* я ранимъ утромъ видѣлъ уже начало движенія, между тѣмъ какъ дѣленіе далеко еще не было окончено: дочернія клеточки, еще соединенныя посрединѣ, уже замѣтно дрожали, а послѣ окончанія дѣленія начали двигаться внутри маточной клеточной оболочки. Движеніе при этомъ безусловно вообще такое же, какъ у свободноплавающихъ клеточекъ, но нарушается только постоянными столкновениями гонидій въ тѣсномъ пространствѣ маточной клеточной оболочки. Подобное же явленіе представляетъ движеніе сперматозоидовъ внутри ихъ клеточной оболочки, пока они ее не прорвутъ; Тюре⁶⁾ говоритъ объ антерозоидахъ харъ: «Видно, какъ антерозоиды движутся и извиваются по всѣмъ направленіямъ внутри члениковъ антеридій, въ которыхъ они заключены. Послѣ болѣе или менѣе продолжительныхъ усилій, они выступаютъ изъ члениковъ быстрымъ движеніемъ, напоминающимъ движеніе освобожденной и выпрямляющейся пружины.»

1) Cohn: Schlesische Gesellschaft f. vaterl. Cultur in der Sitzung, 19 October, 1864.

2) Thuret: Ann. des sc. nat. 1851, t. XVI, стр. 9.

3) Ibidem, стр. 15.

4) Pringsheim., loc. cit., стр. 436.

5) Hofmeister, Flora, 1865, стр. 11.

6) Thuret, loc. cit., стр. 19.

Также у пеллій, папоротниковъ и пилуларій, по Гофмейстеру, сперматозоидъ совершаетъ круговое движеніе, прежде чѣмъ онъ освободится изъ оболочки клѣточки ¹⁾).

β) Движенія *Oscillarieae*, *Phormidia*, *Spirulineae*, *Vibrioneae* и *Spirilleae*, по мнѣнію Негели ²⁾), не основываются, какъ прежде думали, на изгибаніяхъ, дѣлаемыхъ ими по различнымъ направленіямъ; эти нитевидныя образованія (составленныя изъ рядовъ клѣточекъ) не измѣняютъ своей формы и движенія ихъ, также какъ у подвижныхъ споръ и сперматозоидовъ, основаны на вращеніи около собственной оси и на соединенномъ съ нимъ движеніи впередъ или назадъ. Кажущееся сгибаніе зависитъ отъ того, что эти нитевидныя организмы имѣютъ изогнутую, винтообразную форму, сохраняющуюся однако постоянно; у *Oscillaria* и *Phormidium* только конецъ изогнутъ винтообразно, между тѣмъ какъ средняя часть нити прямая. Винтообразный изгибъ рѣдко имѣетъ одинъ или два оборота, большею частью пол-оборота. Вращеніе нити около оси имѣетъ видъ змѣеобразныхъ движеній, какъ при вращеніи всякаго винта; особенно у *Oscillarieae* и *Phormidia*, это вращеніе кажется чѣмъ-то особеннымъ и конецъ нити, какъ бы отыскивая нѣчто, изгибается туда и сюда; истинное же движеніе ихъ состоитъ въ томъ, что винтообразный конецъ при вращеніи всей нити описываетъ приблизительно воронкообразную поверхность.

У *Oscillarieae* также быстрое движеніе впередъ можетъ быть соединено съ медленнымъ вращеніемъ и обратно. Вращеніе около оси у *O. docens* среднимъ числомъ совершается въ 6 сек., у *O. limosa* отъ 20 до 60 сек., у *O. membranulosa* отъ 8 до 40 сек. (при 26° Ц.). Свободно лежащія, болѣе короткія нити *O. limosa* проходятъ при поступательномъ движеніи $\frac{1}{10}$ милл. въ 6 до 9 сек. ³⁾. Онѣ обыкновенно двигаются втеченіи 2—3 минутъ въ одну сторону, производя въ это время отъ 2-хъ до 6-ти оборотовъ, а потомъ движутся въ противоположномъ направленіи. Также у *Phormidium vulgare* нити двигаются внутри влагалищъ (подобно тому какъ у *Oscillaria*), но медленнѣе, чѣмъ когда они свободны. Нить длиною во 160 микромилл., толщиною въ 5,5 микромилл., двигалась во влагалищѣ то взадъ, то впередъ; путь въ 10 микромилл. длины, они при 26° Ц. проходятъ въ 30, 50, 90, 120, 190 сек. Негели приписываетъ эту неравнобѣрность неодинаковому сопротивленію при треніи. Влагалище нити лежитъ въ то же время спокойно. На поперебѣрномъ движеніи взадъ и впередъ винтообразной нити основано, по Негели, также такъ называемое выплываніе лучей *Oscillarieae*, когда комочекъ ихъ лежитъ въ водѣ. Лучеобразное распредѣленіе, принимаемое ими послѣ нѣкотораго времени, есть слѣдствіе того, что нити съ вышней стороны встрѣчаютъ меньшее сопротивленіе отъ тренія, двигаясь же внутрь—сталкиваются.

γ) Относительно свойства нитей *Oscillarieae* и *Phormidia* взаимнымъ соединеніемъ образовывать пленку, облегающую въ видѣ мѣшка внутреннія стѣнки сосуда, въ которомъ онѣ находятся (послѣ того какъ нити передъ тѣмъ были распредѣлены равномерно въ водѣ), а также относительно способности подвижныхъ споръ многихъ водорослей—образовать въ водѣ особенныя группы, внутри которыхъ двигаются отдѣльныя споры, надо обратиться къ неоднократно цитированной статьѣ Негели.

δ) Движенія, производимыя стянувшимися клѣточнымъ содержимымъ конъюгатъ передъ копуляціею съ цѣлью взаимнаго сближенія и слянія, зависятъ отъ причинъ, еще неизвѣстныхъ но производящихъ такое впечатлѣніе, какъ будто бы здѣсь дѣйствуютъ силы, обнаруживающія свое вліяніе на нѣкоторомъ измѣримомъ разстояніи. Скопленіе сперматозоидовъ на неоплодотворенномъ яйцѣ фукуса ⁴⁾ и на воронкообразномъ каналѣ макроспоръ *Marsilea* ⁵⁾, гдѣ они собираются сотнями, также зависятъ отъ неизслѣдованныхъ условий. Предположеніе участія силы, дѣйствующей на измѣримомъ разстояніи однако лишь тогда можетъ быть допущено, когда для объясненія явленія не окажется другаго исхода.

¹⁾ Hofmeister: «Vergleichende Untersuchungen über die höheren Kryptogamen», Leipzig, 1851, стр. 16, 80, 105. Также ср. Hanstein. въ Jahrb. f. wiss. Bot. IV, стр. 9.

²⁾ Nägeli, Beiträge z. wiss. Botanik. II, стр. 88.

³⁾ Nägeli, loc. cit., стр. 90.

⁴⁾ Thuret: Ann. des sc. nat. 1857, VII, стр. 39. 40.

⁵⁾ Hanstein: въ Jahrb. f. wiss. Bot., IV, стр. 15.

ХІІІ.

НАПРЯЖЕНІЕ ТКАНЕЙ.

Тринадцатый отдѣлъ.

Движенія, основанныя на напряженіи активно расширяющихся и пассивно растяжимыхъ слоевъ ткани или клѣточной оболочки.

а) Основныя явленія.

§ 121. Раздѣленіе тканей и клѣточной оболочки на активно расширяющіеся и пассивно растяжимые слои. Вслѣдствіе замѣчательныхъ работъ Гомменстера ¹⁾ сдѣлался извѣстнымъ и получилъ вѣрную оцѣнку тотъ фактъ, что при выходѣ растительнаго органа изъ ранняго зародышнаго состоянія, ткани его дѣлятся на два рода: во-1-хъ такія ткани, которыя обладаютъ стремленіемъ расширяться по всѣмъ направленіямъ, и во-2-хъ такія, которыя вслѣдствіе этого пассивно растягиваются первыми и уравниваютъ ихъ расширеніе. Если вполне разъединитъ эти другъ друга напрягающіе, сросшіеся между собою слои, и слѣдовательно уничтожитъ напряжение, то активные слои слѣдуютъ своему стремленію расширяться и принимаютъ другіе размѣры; въ слояхъ же пассивно растяжимыхъ, упругость которыхъ первоначально уравнивала расширеніе активныхъ, тотчасъ происходитъ стягиваніе, обусловливаемое этою упругостью; при этомъ они, подобно вытянутой каучуковой полосѣ, по прекращеніи вѣншей растягивающей силы, возвращаются въ положеніе собственнаго равновѣсія.

Активною тканью въ растущемъ органѣ растенія обыкновенно бываетъ паренхима коры, сердцевины и мезофилла; слои, растяжимые ею пассивно, суть кутикулярные слои кожицы и сосудные пучки. Но и различныя слои паренхи-

¹⁾ Такъ какъ приходится часто цитировать его работы, то я буду обозначать ихъ римскими цифрами, именно I. (Ueber die Beugung saftreicher Pflanzentheile durch Erschütterung, въ Berichte der K. Sächs. Gesellsch. der Wiss., 1859); II. (Ueber die durch Schwerkraft bewirkten Richtungen von Pflanzentheilen, ibid. 1860) и III. (Ueber die Mechanik der Reizbewegungen von Pflanzentheilen, въ Flora, 1862, № 32 ff).

магозной массы могутъ быть взаимно напряжены; точно также между пассивно растяжимыми слоями можетъ существовать взаимное напряженіе между наружными частями и внутренними ¹⁾).

Подобное напряженіе слоевъ бываетъ и въ одноклѣтнѣхъ органахъ, въ томъ случаѣ, когда наружные кутикулярные слои перестаютъ расти посредствомъ вставки частицъ (Intussusception) раныше внутреннихъ, или растутъ медленнѣе; вслѣдствіе этого наружные слои пассивно растягиваются внутренними до тѣхъ поръ, пока упругость первыхъ не уравниваетъ стремленія къ расширенію послѣднихъ. Искусственное разъединеніе напряженныхъ слоевъ здѣсь неудобноисполнимо, но фактъ этотъ можно вывести изъ наблюденія различныхъ явленій. Такъ Гофмейстеръ показалъ (II, 180), что продольная полоска, вырѣзанная изъ оболочки не очень молодой стеблевой клѣтки *Nitella* или *Cladostephus*, изгибается вогнутостью наружу, подобно тому, какъ это дѣлаетъ продольная полоска изъ стебля, состоящаго изъ различныхъ тканей; изгибаніе происходитъ въ первомъ случаѣ отъ расширенія внутренняго слоя клѣточной оболочки, во второмъ отъ растяженія внутреннихъ слоевъ паренхимы. Если надрѣзать одну изъ этихъ клѣтокъ вдоль по длинѣ съ одной только стороны, то края раны раздвигаются, потому что внутренній слой оболочки растягивается по направленію касательной къ поперечному разрѣзу и стремится уменьшить кривизну цилиндрической поверхности; то же самое происходитъ, если разрѣзать по длинѣ, съ одной только стороны, полые листовые черешки или междоузлія, напр. у *Cucurbita* или у *Allium* Сера; и здѣсь паренхима относится къ кожицѣ такъ, какъ въ тѣхъ случаяхъ внутренній, расширяющійся слой клѣточной оболочки къ наружному, пассивно растяжимому.

Во всѣхъ случаяхъ, гдѣ до сихъ наблюдалось уменьшеніе объема (стягиваніе) растительнаго органа, которое нынѣ изслѣдователи объясняли такъ называемою сократительностью (contractilität), явленіе это сводится на то, что въ органѣ уже прежде было напряженіе между активными и упругими пассивными слоями, такъ что стягиваніе органа есть просто результатъ увеличенія упругости или же уменьшенія (или уничтоженія) активнаго расширенія; въ послѣднемъ случаѣ стягиваніе обусловливается только ослабленіемъ напряженія, вслѣдствіе чего упругость пассивно растянутого слоя получаетъ возможность проявить свое дѣйствіе ²⁾).

Растяженіе органа по одному направленію можетъ быть сопряжено съ ослабленіемъ или съ увеличеніемъ въ немъ общаго напряженія; первое происходитъ въ томъ случаѣ, когда увеличеніе размѣра зависитъ отъ усиленной растяжимости или отъ роста въ длину пассивныхъ слоевъ; увеличеніе же общаго напряженія замѣчается тогда, когда удлинненіе въ данномъ направленіи обусловливается усиленіемъ активнаго расширенія.

Въ почти цилиндрическихъ органахъ, сильно растущихъ въ длину (междоузлія, листовые черешки), паренхима первоначально всегда развивается быстрѣе пассивныхъ слоевъ, такъ что съ увеличеніемъ общей длины органа усиливается и общее напряженіе; наконецъ достигается maximum напряженія и затѣмъ, по мѣрѣ

¹⁾ Примѣры, см. § 126, III.

²⁾ Гофмейстеру наука обязана тѣмъ, что онъ объяснилъ эти явленія, не прибѣгая къ неясному понятію о сократительности.

увеличенія возраста органа, различіе въ быстротѣ роста пассивныхъ и активныхъ слоевъ опять уменьшается; напряженіе ослабѣваетъ. Это можно замѣтить, если изслѣдовать, начиная отъ почки книзу, междуузлія дѣятельно растущаго въ длину ствола; но этотъ же самый процессъ можетъ совершаться и на каждомъ отдѣльномъ междуузліи; въ этомъ случаѣ верхушечную его часть находятъ еще безъ напряженія, среднія части въ напряженномъ состояніи, въ нижнихъ—напряженіе уменьшено или уже утрачено; мѣсто наибольшаго напряженія передвигается снизу вверхъ.

Но во многихъ случаяхъ однажды достигнутое напряженіе активныхъ и пассивныхъ слоевъ остается долгое время почти неизмѣннымъ; подобные органы долгое время способны измѣнять свое состояніе напряженія и потому подвижны; въ меньшей степени это замѣчается при основаніи очень многихъ междуузлій и листовыхъ черешковъ, въ очень же высокой—въ узлахъ злаковъ и въ органахъ движенія періодически подвижныхъ листьевъ.

Изгибаніе вправо или влѣво органа, состоящаго изъ напряженныхъ слоевъ, можетъ быть сопряжено съ усиленіемъ или съ ослабленіемъ общаго напряженія. Ослабленіе наступаетъ въ томъ случаѣ, когда напр. изгибаніе выпуклостью въ лѣвую сторону вызывается уменьшеніемъ упругости пассивнаго слоя съ лѣвой стороны, или его ростомъ въ длину, или уменьшеніемъ расширенія правой стороны. Усиленіе общаго напряженія наступаетъ при подобномъ же изгибаніи тогда, когда оно вызвано увеличеніемъ упругости пассивнаго слоя справа, или же увеличеніемъ активнаго расширенія лѣвой стороны. Поэтому, если нужно узнать причину изгибанія органа, основаннаго на напряженіи тканей, то всегда надо прежде всего изслѣдовать, сопряжено ли это явленіе съ усиленіемъ или уменьшеніемъ общаго напряженія въ системѣ тканей. Изслѣдованія Брюкке надъ движеніемъ листьевъ мимозы имѣютъ важное значеніе въ наукѣ главнымъ образомъ потому, что въ нихъ обращено вниманіе на это обстоятельство.

Если въ какомъ либо органѣ напряженіе слоевъ тканей продолжается только короткое время, какъ въ большей части междуузлій, то и изгибанія этихъ частей вслѣдствіе различій въ напряженіи, вызываемыхъ односторонне дѣйствующими причинами, возможны только впродолженіи короткаго времени; изгибаніе, однажды вызванное какою бы то ни было причиною, легко можетъ въ подобныхъ органахъ остаться постояннымъ, если въ изогнутыхъ частяхъ напряженія взаимно уравниваются при дальнѣйшемъ ростѣ (изгибаніе кверху, и гелиотропическое изгибаніе, закручиваніе усиковъ, обвиваніе подставокъ усиками и вьющимися стеблями). Если же напряженіе тканей въ какомъ либо органѣ сохраняется постоянно, то причины, односторонне измѣняющія активность однихъ или упругость другихъ слоевъ этого органа, могутъ и повторенно производить изгибанія, если онѣ (причины) будутъ дѣйствовать то въ одномъ, то въ другомъ направленіи (периодически подвижные и такъ называемые раздражительные органы).

Вмѣсто изгибаній въ одной плоскости, о которыхъ мы говорили до сихъ поръ, напряженіе тканей можетъ производить и скручиванія, напр. въ цилиндрическомъ органѣ; это происходитъ тогда, когда измѣненіе упругости или активнаго расширенія совершается не параллельно оси органа, но косвенно, такъ что усиленіе или ослабленіе активнаго расширенія или упругости винтообразно

огibaетъ цилиндръ (скручиваніе клѣтокъ *Nitella*, этиолированныхъ и вьющихся междуузлій когда они не находятъ подставокъ); періодически подвижные раздражительные листовые органы также совершаютъ иногда вращательныя движенія, напр. подушечки листочковъ мимозъ.

То явленіе, что растущіе стебли, будучи расколоты по длинѣ, расходятся такъ, что половинки изгибаются вогнутостью наружу, не могло остаться незамѣченнымъ и его объяснили различіемъ въ напряженіи внутреннихъ и вѣшнихъ слоевъ, но никто до Гоумейстера не пытался точнѣе изслѣдовать это основное явленіе ¹⁾.

Напряженіе тканей обнаруживается яснѣе нежели при изгибаніяхъ расколотыхъ органовъ въ томъ случаѣ, если вполнѣ разъединить слои напрягающіе другъ друга и сравнить ихъ размѣры, послѣ того какъ каждый слой приметъ (почти мгновенно) свойственное ему состояніе напряженія. Такъ Гоумейстеръ нашелъ (I, 194): у

Vitis vinifera.

Различные побѣги.	Длина неповрежденнаго куска.	Длина отдѣленной коры.	Длина отдѣленной древесины.	Длина одной сердцевинны.
I	94	91,5	89,3	97,404
II	112,49	111	110	116,15
III	100,1	98	95	104
IV	114,16	113,5	112	119.

Въ этихъ случаяхъ древесина (въ ей самой свойственномъ состояніи напряженія) короче коры а слѣдовательно сильнѣе послѣдней растянута сердцевинкою; нижеприведенныя измѣренія, произведенныя мною надъ *Nicotiana*, показываютъ наоборотъ болѣе сильное пассивное растяженіе коры, чѣмъ молодой древесины.

Оба слѣдующіе ряда наблюденій я произвелъ надъ сильно развитыми экземплярами *Nicotiana Tabacum*, соцветія которыхъ уже начинали показываться, тогда какъ стебель въ два фута длиною едва достигъ половины своей окончательной высоты; верхнія междуузлія только что начинали быстрѣе вытягиваться, среднія были въ полномъ ростѣ, нижнія уже одеревѣли. Я срѣзывалъ по 2—4 междуузлія вполнѣ прямого стебля (только такой стебель можетъ быть здѣсь употребленъ), наблюдая, чтобы плоскость разрѣза была совершенно перпендикулярною къ оси стебля и обозначалъ карандашомъ, на крѣпкой бумагѣ, посредствомъ двухъ точекъ, длину всего куска; затѣмъ я снималъ кору вмѣстѣ съ кожицею и также отмѣчалъ ея длину; то же самое я дѣлалъ съ сохранными полосками древесины (безъ коры). Наконецъ я отдѣлялъ, посредствомъ четырехъ продольныхъ разрѣзовъ, осевую часть изъ толстой, сочной сердцевинны и также измѣрялъ ее. Междуузлія считаются начинаая отъ нижней вѣтви молодого соцветія внизъ.

Нумеръ междуузлій.	Абсол. длина въ миллим.	Цѣльный кусокъ принять = 100.	Процентное различіе въ длинѣ сердцевинны и коры.
I — IV.	цѣльный	68	100
	кора	64	94,1
	древесина	67	98,5
	сердцевина	70	102,9
V — VII.	цѣльный	98	100
	кора	95	96,9
	древесина	97	98,9
	сердцевина	101,5	103,5
VIII — IX.	цѣльный	102	100
	кора	98,5	96,56
	древесина	100,5	98,5
	сердцевина	104	100,96

¹⁾ Johnson (Ann. des sc. nat. II, Sér. IV, стр. 321); Schleiden (Grundzüge, 2 Aufl., Bd. 2, стр. 543); Рачинскій (Ann. des sc. nat. IV Sér., т. IX, стр. 164) цитируется Гоумейстеромъ (II, 179).

Нумеръ междуузлій.	Абсол. длина въ миллим.	Цѣльный кусокъ принять = 100.	Процентное различіе въ длинѣ сердцевины и коры.
X — XI.	цѣльный	103	100
	кора	99,5	96,6
	древесина	102,5	99,5
	сердцевина	105,5	102,4
			5,8

Числа какъ 1-го, такъ и 2-го столбцовъ показываютъ, что длина слоевъ (въ ненапряженномъ состояніи) увеличивается отъ поверхности междуузлій къ оси, т. е. древесина длиннѣе коры, а сердцевина длиннѣе древесины; очевидно, что вслѣдствіе этого въ неповрежденномъ кускѣ должно быть напряженіе непрерывно возрастающее отъ поверхности къ оси; это подтверждается тѣмъ фактомъ, что каждый слой представляетъ въ самомъ себѣ соответственное напряженіе, потому что какъ содранная кора, такъ точно и содранная еще мягкая древесина сильно изгибается вогнутостью наружу; такое же напряженіе существуетъ и въ очень толстой сердцевинной паренхимѣ; поэтому, если содрать (но не срѣзать) съ нея всю древесину, что здѣсь очень легко сдѣлать, и срѣзать наружную продольную полоску, то послѣдняя тоже изгибается вогнутостью наружу.

Третій столбецъ, въ которомъ приведены разности между длиною сердцевины и коры, показываетъ, что по мѣрѣ возрастанія побѣговъ общее напряженіе сперва уменьшается, вполнѣдствіи же немного усиливается. Измѣненіе напряженія съ возрастомъ междуузлій выступаетъ еще яснѣе въ слѣдующемъ рядѣ наблюденій; здѣсь верхнее междуузліе было еще моложе, чѣмъ въ первомъ случаѣ, и сперва замѣчается усиленіе, потомъ ослабленіе, и наконецъ еще разъ усиленіе общаго напряженія; длина древесины здѣсь не опредѣлялась. Измѣренія производилъ я точно также, какъ вышеприведенныя:

Nicotiana Tabacum:

Нумеръ междуузлій, считая сверху.	Абсол. длина въ миллим.	Цѣльный кусокъ принять = 100.	Процентное различіе между сердцевиною и корою.
I — II.	цѣльный	85	100
	кора	83,2	97,8
	сердцевина	87	102,3
			4,5
III — IV.	цѣльный	129,5	100
	кора	128	98,8
	сердцевина	135	104,2
			5,4
V — VII.	цѣльный	156,5	100
	кора	155,0	99
	сердцевина	161	102,8
			3,8
VIII — IX.	цѣльный	110	100
	кора	108	98,2
	сердцевина	113	102,7
			4,5

Увеличеніе общаго напряженія при переходѣ отъ молодыхъ междуузлій къ болѣе старымъ, можно наблюдать очень ясно и постоянно у *Sambucus nigra*. Я бралъ только междуузлія съ еще вполнѣ сочною сердцевиною и производилъ надъ ними наблюденія точно также, какъ и надъ *Nicotiana*.

Sambucus nigra.

Нумеръ междуузлій, считая внизу ¹⁾ .	Абсол. длина въ миллим.	Цѣльный кусокъ принять = 100.	Процентное различіе между сердцевиною и корою.
I.	цѣльный	38	100
	кора	37	97,4
	древесина	37	97,4
	сердцевина	39,5	104,0
			6,6

¹⁾ Здѣсь и при слѣдующихъ наблюденіяхъ счисленіе начинается съ самаго молодого, доступнаго наблюденію междуузлія.

Номеръ междуузлій, считая книзу.	Абсол. длина въ миллим.	Цѣльный кусокъ принять = 100.	Процентное различіе между сердцевинною и корою.
II.	цѣльный	72	100
	кора	70,5	98
	древесина	70	97,2
	сердцевина	76	105,5
			7,5
III.	цѣльный	67,5	100
	кора	66,5	98,5
	древесина	67,5	100
	сердцевина	68,5	101,5
			3,0

Напряженіе между древесиною и корою здѣсь очень незначительно; оно больше между корою вмѣстѣ съ древесиною съ одной и сердцевинною съ другой стороны. Подобное же усиленіе и уменьшеніе напряженія по мѣрѣ роста въ длину показываетъ также и слѣдующій рядъ наблюденій; этотъ разъ древесина и кора были содраны и измѣрены вмѣстѣ:

Sambucus nigra.

Номеръ междуузлій, считая книзу.	Абсол. длина въ миллим.	Цѣльный кусокъ = 100.	Процентное различіе.
I.	цѣльный	50,6	100
	кора и древесина	50,3	99,4
	сердцевина	52,5	103,7
			4,3
II.	цѣльный	77,5	100
	кора и древесина	76,3	98,4
	сердцевина	81,5	105,16
			6,76
III.	цѣльный	73,5	100
	кора и древесина	73,5	100
	сердцевина	74,0	100,9
			0,9

Sambucus nigra.

Здѣсь сравнивались только кора и осевая полоса изъ сердцевины.

Номеръ междуузлій, считая книзу.	Абсол. длина въ миллим.	Цѣльный кусокъ = 100.	Процентное различіе.
I.	цѣльный	38,5	100
	кора	38,0	98,7
	сердцевина	41,0	106,5
			7,8
II.	цѣльный	69,0	100
	кора	68	98,5
	сердцевина	76	110,1
			11,6
III.	цѣльный	84	100
	кора	83,5	99,4
	сердцевина	86	102,3
			2,9

Два почти вполнѣ развитыхъ листовыхъ черешка отъ *Begonia* (sp.) длиною въ 83,5 и въ 82 миллим. дали слѣдующія отношенія, если принять, что длина всего черешка = 100:

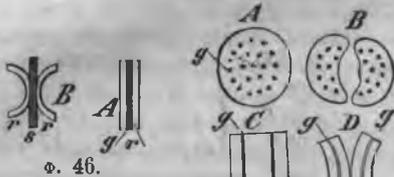
Длина цѣльнаго.	Кожицы.	Паренхимы вмѣстѣ съ сосудистыми пучками.	Одной сердцевинной паренхимы.
I. 100	93,6	?	105,08
II. 100	97,56	101,8	105,1.

Листовые черешки отъ *Rheum undulatum.*

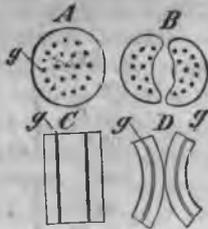
Длина	Болѣе молодого черешка.	Черешка постарше.
цѣльнаго	303,5 миллим.	312 миллим.
кожицы	290	300,5
паренхимы съ сосудистыми пучками	303	317,0
осевой полосы (паренхима съ сосудистыми пучками)	311	322
отдѣльнаго сосудистаго пучка изъ середины		311

Приведенныя до сихъ поръ измѣренія показываютъ, что кора (кожица) и древесина эллипсомъ коротки относительно заключенной въ нихъ сердцевинѣ; не столь легко убѣдиться въ томъ, что и вмѣстимость коры и древесины слишкомъ мала относительно того объема, который стремится занять сердцевина. Измѣреній надъ этимъ еще не сдѣлано, но это видно изъ того факта, что у междоузлій отъ *Nicotiana*, въ которыхъ существуютъ напряженія по направлению длины, продольный разрѣзъ чрезъ кожицу, кору, древесину и сердцевину самъ собою разверзается; это ясно указываетъ на уменьшеніе кривизны, т. е. на стремленіе внутреннихъ частей къ расширенію; разверзаніе продольной щели еще замѣтнѣе у полыхъ стеблей (*Cucurbita* и *Alium*), или у полыхъ листовыхъ черешковъ (*Cucurbita*).

На небольшихъ кускахъ легко можно видѣть напряженіе слоевъ, какъ по длинѣ, такъ и по окружности, если положить рядомъ на стеклянную пластинку продольный разрѣзъ органа, заключающій въ себѣ осевую часть, и поперечный разрѣзъ, смочить ихъ каплею воды и затѣмъ дѣлать различные надрѣзы острымъ ножомъ. Такимъ образомъ были получены препараты, изображенные на слѣдующихъ рисункахъ.



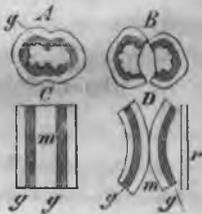
ф. 46.



ф. 47.

Фиг. 46. *A*—продольный разрѣзъ подсыма-
дольнаго (гипокотиллярнаго) колѣна прорастающаго
растенія *Sinapis arvensis*, *r* кора, *g* сосудистые
пучки; *B*—кора *r*, отдѣленная съ обѣихъ сто-
ронъ долевыми надрѣзами, изогнулась наружу.

Фиг. 47. Листовой черешокъ отъ *Begonia*
(sp.). *A*—поперечная пластинка, *g* сосудистые
пучки; *B*—поперечная пластинка перерѣзанная
по диаметру; разбуханіе (при всасываніи воды),
производитъ здѣсь болѣе сильное периферическое
расширеніе наружныхъ слоевъ, чѣмъ внутрен-
нихъ¹⁾; *C*—долевой разрѣзъ, *g* сосудистые пучки; *D*—онъ же разрѣзанный вдоль, сильнѣйшее
расширеніе происходитъ здѣсь въ средней части, вдоль по оси.



ф. 48.

Фиг. 48. Изъ надсымадольнаго (эпикотиллярн.) колѣна прорастающаго
растенія *Phaseolus multiflorus*; въ разрѣзанной по диаметру попе-
речной пластинкѣ *B* сильнѣйшее расширеніе и въ этомъ случаѣ не
въ сердцевинѣ, а въ болѣе наружныхъ слояхъ; въ долевымъ же раз-
рѣзѣ сильнѣйшее расширеніе происходитъ около оси, въ сердцевинѣ
m; отдѣленная кора *r* остается прямою.

Фиг. 49. Изъ органа движенія листового черешка отъ *Phaseolus*
multiflorus; *A*—продольная пластинка, *g* сосудистый пучокъ; *ss*
активно расширяющаяся ткань; *B*—*s* справа—отдѣленная активная
ткань; она изогнута вогнутостью внутрь; *s* налѣво,—она же разрѣ-
занная вдоль, внутренняя половина изогнута внутрь, наружная—наружу; слѣдовательно рас-
ширеніе сильнѣе всего въ среднемъ, ближе къ поверхности лежащемъ и параллельномъ ей слоѣ этой
активной ткани; отсюда расширеніе уменьшается по направленію къ оси органа; въ сосудистомъ



ф. 49.

пучкѣ также существуетъ подобное напряженіе; если его (*g*. фиг. *B*) разрѣзать по длинѣ, предва-
рительно освободивъ отъ активной ткани, то обѣ половины изгибаются вогнутостью внутрь²⁾.
C—одна сторона активной ткани вмѣстѣ съ сосудистымъ пучкомъ, который ею изгибается, если
другая сторона активной ткани этому не противодѣйствуетъ. *D*—поперечная пластинка изъ того
же органа, *s* активная ткань, *g* сосудистый пучокъ; *E*—она же перерѣзанная по диаметру: актив-
ная ткань расширяется въ периферическомъ направленіи, сильнѣе всего въ своей средней части

¹⁾ Это обстоятельство требуетъ еще болѣе точнаго изслѣдованія.

²⁾ Sachs: Bot. Zeitg. 1857, стр. 800, Taf. XII, fig. 11.

между осевымъ пучкомъ и окружностью. Активная ткань, слѣдовательно, слишкомъ велика, какъ въ осевомъ, такъ и въ тангентальномъ направленіи, т. е. какъ относительно осевого пучка, такъ и относительно кожицы: они оба пассивно растягиваются ею и сами противоудѣляютъ ей расширенію.

§ 122. Относительно состоянія напряженныхъ активно-расширяющихся и пассивно растянутыхъ тканей, можно бы только тогда составить себѣ ясное представленіе, когда было бы извѣстно, какія измѣненія претерпѣваютъ эти ткани (въ тангентальномъ и радіальномъ направленіяхъ) въ то мгновеніе, когда напряженіе уничтожается вслѣдствіе полного разъединенія слоевъ, и когда активныя ткани удлиняются, а пассивныя укорачиваются. Когда активно-расширяющаяся сердцевина по своему освобожденію отъ пассивно растянутыхъ слоевъ удлиняется, то неизвѣстно, становится ли она при этомъ толще, или тоньше, или же поперечникъ ея неизмѣняется; точно также еще не изслѣдовано, расширяется, стягивается или же остается неизмѣнною въ тангентальномъ направленіи изолированная кожица во время своего эластическаго сокращенія. Измѣненіе въ тканяхъ при ихъ разъединеніи, какъ оно было описано въ предыдущемъ параграфѣ, основывается или на измѣненіи объема каждой клѣтки, или на простомъ измѣненіи формы, или же на обоихъ явленіяхъ одновременно; послѣднее предположеніе самое вѣроятное. Измѣненія, которыя претерпѣваетъ сдавливаемый или пассивно растягиваемый металлическій брусокъ или каучуковая полоса, не могутъ непосредственно служить къ разъясненію напряженнаго состоянія тканей, такъ какъ тѣла эти по своему частичному строенію существенно отличаются отъ послѣднихъ.

Однако можно уже съ опредѣлительностью постановить два положенія, именно: 1) что удлинненіе активно расширяющихся и укорачиваніе упругихъ и пассивно растянутыхъ тканей, въ моментъ изолированія и уничтоженія напряженія, совершается безъ замѣтнаго измѣненія въ вѣсѣ, т. е. безъ принятія или выдѣленія воды, и 2) что измѣненіе въ размѣрахъ главнѣйшимъ образомъ происходитъ на счетъ клѣточныхъ оболочекъ, а не содержаемаго клѣтокъ.

Первое изъ этихъ положеній тотчасъ уясняется, если припомнить себѣ ходъ главнаго опыта, описаннаго въ предыдущемъ параграфѣ; съ листового черешка напр. отъ *Rheum*, перерѣзаннаго по концамъ, или съ молодой, лишенной листьевъ, части стебля *Nicotiana*, снимаютъ посредствомъ сдиранія, въ одномъ случаѣ кожицу, въ другомъ кожицу, кору и древесину, причемъ части эти окружены воздухомъ; снятые слои, сокращаясь эластически, не имѣютъ при этомъ случая потерять замѣтное количество воды; отдѣленная паренхима еще менѣе имѣетъ возможности поглотить въ себя воду во время своего удлинненія. Этимъ вполне опровергается предположеніе, на которомъ постоянно основывается Дютроше, что измѣненія въ напряженіи тканей исключительно зависятъ отъ эндосмотическаго приращенія клѣточного сока, или отъ его выдѣленія.

Второе положеніе находитъ себѣ объясненіе въ приводимомъ Гофмейстеромъ фактѣ, что куски тканей, состоящіе только изъ разрѣзанныхъ или разорванныхъ клѣтокъ, въ которыхъ уже невозможно напряженіе между содержимымъ и оболочкою, все же обнаруживаютъ основное явленіе; т. е. что и въ этомъ случаѣ оболочки активной ткани стремятся расшириться, пассивно же растянутой — сократиться.

«Нетрудно доказать,—говоритъ Гофмейстеръ¹⁾,—невѣрность возрѣнія Дютроше (что стремленіе ткани къ активному расширенію исключительно сводится на напряженіе между содержимымъ кѣтки и оболочкою), если сдѣлать изъ тканей, производящихъ движенія и изгибанія, разрѣзы, толщина которыхъ была бы меньше средняго поперечника одной изъ кѣтокъ, составляющихъ ткань: эти препараты представляютъ тѣже явленія изгибанія, какъ и болѣе толстые разрѣзы; края препаратовъ, состоящіе изъ тканей представляющихъ сопротивленіе, кожицы, сосудистыхъ пучковъ, древесины, становятся вогнутыми; части же тканей, обладающія самымъ сильнымъ стремленіемъ къ активному расширенію, становятся выпуклыми. Эти явленія могутъ еще бы разсматриваемы какъ послѣдствія тѣхъ напряженій, которые не существовали въ растеніи; но если прибавить къ препарату концентрированного раствора сахара, то изгибанія разрѣзовъ болѣе или менѣе выравниваются. Такъ какъ при приготовленіи препарата бритва раскрываетъ всѣ, или огромное большинство кѣтокъ паренхимы, то ясно, что эндосмотическое напряженіе содержимаго кѣтокъ не можетъ играть никакой роли при этихъ явленіяхъ изгибанія; причину ихъ скорѣе слѣдуетъ искать въ расширеніи кѣточныхъ оболочекъ и въ уменьшеніи ихъ объема, наступающемъ вслѣдствіе выдѣленія воды. Самымъ разительнымъ образомъ я убѣдился въ этихъ явленіяхъ на продольныхъ разрѣзахъ изъ листовыхъ подушечекъ отъ *Mimosa pudica* и изъ подушечекъ листочковъ *Oxalis tetraphylla*, также и *Phaseolus vulgaris*. Удачные разрѣзы представляли полосы дѣятельной паренхимы, ограниченныя съ одной стороны кожицею и имѣвшія до 30-ти кѣтокъ въ длину, и до 10-ти кѣтокъ въ ширину. Кожица дѣлалась вогнутою, когда разрѣзъ лежалъ открыто и эта вогнутость увеличивалась, если его опускали въ воду. Отъ прибавленія концентрированного раствора сахара изгибаніе выравнивалось. Гораздо затруднительнѣе готовить подобные препараты изъ побѣговъ, способныхъ наклоняться (вслѣдствіе сотрясенія). Такъ напр. оболочки сердцевинныхъ кѣтокъ у *Vitis* такъ пѣжны, что только очень рѣдко удается вырѣзать изъ сердцевины пластинку толщиною менѣе одной кѣтки, сколько пибудь значительной величины. Однакоже я убѣдился на *Vitis vinifera*, но еще яснѣе на *Lactuca sativa*, что подобный тонкій разрѣзъ изъ сердцевины дѣлаетъ вогнутыми немногія древесинныя и сосудистыя кѣтки, ограничивающія его съ одной стороны. Напротивъ того, очень легко приготовить доказательные поперечные разрѣзы изъ коры *Vitis* по причинѣ значительнаго долеаго діаметра большей части паренхиматозныхъ ея кѣтокъ.»

Въ своей позднѣйшей работѣ объ изгибаніяхъ, обусловливаемыхъ силою тяжести, Гофмейстеръ еще разъ упомянулъ объ этихъ наблюденіяхъ и указалъ на новыя, сдѣланныя въ томъ же направленіи²⁾. «Легко можно убѣдиться въ существованіи значительнаго напряженія въ кѣточныхъ оболочкахъ, по совершенномъ удаленіи всего содержимаго, если осторожно снять кожицу съ сочныхъ листьевъ односѣмядныхъ растений, какъ напр. *Allium*, *Narcissus*, *Hyacinthus*. При этомъ на краяхъ содраннаго куска кожицы получаютъ мѣста, состоящія только изъ одной наружной оболочки кѣтокъ кожицы, которая оторвалась отъ боковыхъ стѣнокъ этихъ кѣтокъ; подобныя мѣста часто занимаютъ значительныя пространства снятой кожицы. Эти-то пространства, состоящія изъ одной только перепонки, на которыхъ нѣтъ ни кѣточныхъ полостей, ни содержимаго, самымъ яснымъ образомъ изгибаются вогнутостью наружу; они даже свертываются, если ихъ положить въ воду, а въ концентрированномъ сахарномъ растворѣ снова выравниваются; оба явленія совершаются только немного слабѣе и медленнѣе, чѣмъ на неповрежденной кожицѣ. — Доказательные препараты такого рода я получилъ изъ листьевъ *Noxa carnosa*; здѣсь легко удастся приготовить очень тонкіе разрѣзы кожицы отъ 4—5 миллим. длиною, такимъ образомъ, что препаратъ состоитъ только изъ наружныхъ стѣнокъ кожицы, на которыхъ еще сидятъ поперечныя стѣнки, тогда какъ всѣ внутреннія стѣнки оторваны; подобныя полосы, положенныя въ воду, показываютъ рѣзкія изгибанія вогнутостию наружу; также легко получить подобные препараты, дѣлая продольные разрѣзы кожицы листовыхъ черешковъ *Rheum undulatum*. Я нахожу даже, что изгибаніе такихъ препаратовъ, подверженныхъ только напряженію слоевъ кѣточной оболочки, сильнѣе чѣмъ въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ принимаютъ участіе дѣльныя кѣтки кожицы или кожицы съ паренхимой.

Однакоже факты эти только тогда могли бы послужить къ составленію яснаго и удовлетворительнаго представленія о внутреннемъ состояніи напряженныхъ тканей и о внутреннемъ ихъ

¹⁾ Hofmeister, I, стр. 194—195.

²⁾ Hofmeister, II, стр. 180.

измѣненіи въ то мгновеніе, когда, вслѣдствіе разьединенія напряженныхъ слоевъ, происходитъ удлинненіе однихъ и укорачиваніе другихъ, если бы имѣлось ясное понятіе объ измѣненіи объема отдѣльной клѣточной оболочки вслѣдствіе давленія и растяженія, объ измѣненіи при этомъ ея формы, и о вліяніи пропитыванія водою на оба эти явленія. Тотъ фактъ, что напряженная паренхима стремится расшириться не только по длинѣ, но и въ ширину, и что какъ показалъ Гофмейстеръ, у сотрясаемыхъ побѣговъ существуетъ одновременное растяженіе ихъ въ длину и толщину, можетъ основываться или на простомъ измѣненіи формы, или на простомъ измѣненіи объема клѣтокъ, или же одновременно на обоихъ этихъ явленіяхъ. Трудно себѣ представить значительное измѣненіе объема клѣточной оболочки вслѣдствіе пропитыванія при вышеприведенномъ основномъ опытѣ (гдѣ устраненъ какъ притокъ воды, такъ и выдѣленіе ея наружу), ибо то, что клѣточная оболочка всасываетъ или выдѣляетъ, отнимается у клѣточного сока или возвращается ему же; такъ что, слѣдовательно, измѣненіе объема цѣлой клѣтки можетъ произойти только въ томъ случаѣ, если объемъ воды v производитъ при пропитываніи измѣненіе объема оболочки не на v , но на другую величину, $v \pm d$.

в. Механизмъ движеній, основанныхъ на напряженіи тканей.

§ 123. Ослабленіе пассивно растянутыхъ тканей вслѣдствіе сотрясенія и происходящее отъ этого изгибаніе. Относящіяся сюда явленія открыты Гофмейстеромъ; онѣ изложены и объяснены въ статьѣ ¹⁾ его, замѣчательной какъ по содержанію, такъ и по формѣ. Если болѣе или менѣе сильно, болѣе или менѣе часто сотрясать междоузлія еще растущія въ длину, въ которыхъ существуетъ напряженіе тканей, то въ нихъ происходятъ изгибанія или наклоненія по одному, или по другому направленію ²⁾; нерѣдко побѣгъ, первоначально прямой, послѣ сотрясенія изгибается отъ 30—60°, даже отъ 90—120°. То же происходитъ и съ длинными листовыми черешками, напр. отъ *Ampelopsis*, *Helianthus*, *Iva*, *Vitis*, *Robinia*; у которыхъ, обыкновенно, нижній край дѣлается вогнутымъ; такъ какъ въ листовыхъ черешкахъ напряженіе тканей обыкновенно сохраняется дольше чѣмъ въ стеблевыхъ частяхъ, то первые болѣею частію бываютъ чувствительны къ сотрясеніямъ еще и тогда, когда они принадлежатъ къ междоузліямъ уже одеревенѣвшимъ (въ которыхъ болѣе нѣтъ напряженія тканей). Сильное сотрясеніе производитъ изгибы и на пластинкѣ вполне развитыхъ листьевъ, у которыхъ напряженіе тканей также сохраняется долгое время. У *Vitis vinifera*, *Helianthus annuus*, *Iva xanthifolia*, *Menispermum canadense* край листового основанія приподнимается надъ черешкомъ справа и слѣва, у *Vitis* на 15—20°, у *Iva* на 10—15°. Кромѣ того верхушка пластинки иногда опускается книзу, такъ напр. у *Helianthus* и *Iva* на 20—30°; у послѣдней мякоть приподымается между главными нервами выпукло вверхъ. Опыты съ листьями удаются только въ теплую, влажную погоду, и притомъ когда они находятся въ полной тургесценціи.

По изслѣдованіямъ Гофмейстера это явленіе объясняется тѣмъ, что вслѣдствіе вытягиванія и подергиванья, связанныхъ съ сотрясеніемъ, растяжимость пассивно растянутыхъ слоевъ увеличивается, а слѣдовательно упругость ихъ уменьшается; это измѣненіе проявляется на одной сторонѣ (той, которая дѣлается выпуклою) въ болѣе высокой степени, чѣмъ на другой, и позволяетъ напряжен-

¹⁾ Hofmeister: Ueber die Beugung saftreicher Pflanzentheile nach Erschütterung (Sitzungsberichte d. k. Sächs. Gesellschaft der wiss. 1859). Послѣдующее изложеніе не столько имѣетъ цѣлью быть точнымъ рефератомъ, сколько представить, какъ я понимаю результаты и разсужденія Гофмейстера.

²⁾ Чтобы видѣть это явленіе въ грубыхъ чертахъ, достаточно захватить побѣгъ, еще находящійся на стволѣ или срѣзанный, при основаніи рукою и быстро двигать имъ взадъ и впередъ.

ной, активно расширяющейся паренхимѣ сильнѣе расширится на этой сторонѣ; общее напряженіе въ изогнутомъ органѣ уменьшается¹⁾, причемъ онъ (побѣги) увеличивается какъ въ длину, такъ и въ толщину.

Измѣненіе въ тканн, производимое сотрясеніемъ, существенно отлично отъ ослабленія органа, наступающаго при завяданіи; въ послѣднемъ случаѣ ослабленіе органа основывается на уменьшеніи въ паренхимѣ стремленія къ расширенію, потому что изъ нея выдѣляется необходимая для тургенценціи вода; упругость пассивно растянутыхъ слоевъ получаетъ перевѣсъ, они стягиваются, причемъ уменьшается объемъ ослабѣвшаго органа: завядшія междоузлія становятся короче и тоньше, изогнувшіяся же вслѣдствіе сотрясенія длиннѣе и толще. Ослабленіе сотрясенныхъ частей сопряжено не съ уничтоженіемъ напряженія, а только съ уменьшеніемъ его съ одной стороны болѣе чѣмъ съ другой, иричемъ въ тканяхъ еще остается значительное напряженіе, достаточное, чтобы приподнять верхину наклоненной части; верхушка такихъ изогнутыхъ побѣговъ, если только она не слишкомъ обременена тяжестью, приподнимается, если потрясти побѣгъ въ обратномъ положеніи; она обыкновенно обращается къверху, если побѣгъ передъ тѣмъ долгое время лежалъ горизонтально или косвенно (потому что въ этомъ положеніи нижняя сторона становится, подъ вліяніемъ силы тяжести, растяжимѣе, а при потрясеніи растяжимость этой стороны еще увеличивается).

Эти факты доказываютъ, что изгибаніе основано не на уменьшеніи активной расширяемости паренхимы, но на увеличеніи растяжимости пассивно растянутыхъ слоевъ; это измѣненіе проявляется на одной сторонѣ сильнѣе чѣмъ на другой. Это доказывается еще тѣмъ, что подобное же изгибаніе наступаетъ, если вытягивать побѣгъ, напр. схвативъ его за оба конца и растягивая, или прикрѣпивъ тяжесть къ повѣшенному побѣгу; какъ только прекращается вытягиваніе, наступаетъ изгибаніе. Можно себѣ представить, что у органовъ съ сильнымъ напряженіемъ тканей, въ особенности же у тѣхъ, которые быстро растутъ, напряженіе пассивныхъ слоевъ всегда близко къ ихъ предѣлу упругости; каждое усиленіе пассивнаго растженія можетъ сдѣлать то, что растженіе перейдетъ за предѣлъ упругости; какъ только это совершится, то немедленно устанавливается новое молекулярное состояніе и новая упругость, послѣ того какъ ткань (взятая въ ненапряженномъ состояніи) удлинилась по направленію вытягиванія²⁾. Слѣдующіе остроумные опыты Гофмейстера придаютъ еще болѣе вѣроятія этому предположенію; онъ нагибалъ одинъ и тотъ же побѣгъ или продолжительное время, или же нѣсколько разъ, въ одномъ направленіи; въ этихъ случаяхъ происходитъ самостоятельное изгибаніе побѣга по направленію пассивнаго изгибанія, которому онъ подвергался, и это самостоятельное изгибаніе можетъ равняться послѣднему и даже превзойти его; затѣмъ онъ помѣщалъ побѣги возлѣ часовъ такимъ образомъ, что очень короткій маятникъ, при каждомъ колебаніи, долженъ былъ прикасаться до свободной ихъ верхушки; побѣги при этомъ не только изгибались выпуклостью къ маятнику, но, черезъ нѣсколько времени, изгибаніе даже до того усиливалось, что маятникъ уже не достигалъ до отворотившейся отъ него верхушки побѣга. Эти же опыты даютъ ключъ къ пониманію процесса, происходящаго въ томъ случаѣ, если захватить побѣгъ (срѣзанный или находящійся на стволѣ) при основаніи рукою и быстро потрясать его взадъ и впередъ. При этомъ побѣгъ претерпѣваетъ сильныя изгибанія и подергиванія, которыя до того вытягиваютъ пассивные слои, уже и безъ

1) Здѣсь разъясняется кажущееся противорѣчіе моего изложенія со словами Гофмейстера: «Причина изгибанія сотрясенныхъ побѣговъ никакъ не есть ослабленіе, однако же очевидно, что оно сопровождается такимъ ослабленіемъ изогнутыхъ частей». Первое изъ этихъ предложеній только въ томъ случаѣ для меня понятно, если послѣ слова «ослабленіе» вставить: паренхимы. Но если пассивно растянутые слои становятся растяжимѣе, то этимъ само собою обусловливается ослабленіе напряженія всей системы слоевъ, что разительно доказываетъ Гофмейстеръ. Слѣдовательно, такъ какъ увеличеніе растяжимости пассивно растянутыхъ слоевъ есть причина явленія, то съ полнымъ правомъ можно сказать, что оно основано на ослабленіи (не паренхимы, но пассивныхъ слоевъ).

2) Гофмейстеръ (I стр. 202) высказываетъ тоже самое нѣсколько иначе: «Клѣточныя оболочки должны претерпѣть, вслѣдствіе растягиванія, которому они подвергаются, измѣненіе своихъ молекулярныхъ свойствъ, которое уменьшаетъ ихъ упругость и увеличиваетъ ихъ растяжимость».

того растянутые почти до своего предѣла упругости, что они дѣйствительно переходятъ этотъ предѣлъ; они становятся длиннѣе и позволяютъ активно-расширяющейся паренхимѣ расширяться; если уже и прежде одна сторона пассивно растянутыхъ слоевъ (кожица, древесина) была слабѣе, или ближе къ своему предѣлу упругости, или если на этой сторонѣ паренхима была одарена болѣе сильнымъ активнымъ расширеніемъ, или же если при движеніи одна сторона сильнѣе подергивалась, — то эта сторона становится выпуклою ¹⁾.

Гофмейстеръ представилъ главнѣйшія данныя для обсужденія процессовъ, происходящихъ въ сотрясенныхъ или растянутыхъ и вслѣдствіе этого изогнутыхъ побѣгахъ. Они относятся до ослабленія, растягиванія въ длину и утолщенія такихъ изогнутыхъ побѣговъ.

Наступленіе ослабленія опредѣлялось слѣдующимъ образомъ. Свѣже-срѣзанные прямые побѣги освобождались отъ листьевъ, затѣмъ ихъ приводили въ горизонтальное положеніе и на кругѣ съ дѣлениями измѣряли дугу, которую образовала подъ тяжестью верхушки гибкая часть побѣга; въ нижеслѣдующей таблицѣ дуги эти обозначены черезъ *a*. Затѣмъ побѣгъ потрясали, по наступленіи изгибанія вогнутою стороною вверхъ, вновь приводили въ горизонтальное положеніе и измѣряли дугу (*b*); наконецъ побѣгъ оборачивали такъ, чтобы при горизонтальномъ положеніи его одеревенѣвшей части выпуклая сторона приходилась къверху, и снова опредѣляли дугу (*c*). Во всѣхъ случаяхъ дуга *c-b* была больше чѣмъ *b-a*, напр. Побѣги отъ

		<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>c.</i>
<i>Vitis vinifera</i>	I.	8°	15°	29°
	II.	8°	23°	41°
	III.	15°	28°	59°
	IV.	14°	26°	75°
	V.	25°	31°	39°
<i>Clematis glauca</i>	I.	0°	16°	36°
	II.	0°	15°	35°.

Слѣдующіе опыты доказываютъ, что, несмотря на доказанное такимъ образомъ ослабленіе напряженія, все-таки сохраняется значительная степень напряженія тканей, и что движущая сила, изгибающая побѣгъ, зависитъ отъ стремленія къ расширенію паренхимы, которая, при большемъ ослабленіи кожицы и древесины съ одной стороны чѣмъ съ другой, дѣйствительно активно расширяется. Срѣзанные побѣги *Vitis vinifera* и *Clematis glauca* крѣпко заземлялись нижнимъ концомъ; къ перпендикулярно внизъ направленной верхушкѣ привязывали тяжесть, затѣмъ побѣгъ сотрясали и измѣряли разстояніе, на которое приподнималась тяжесть вслѣдствіе изгибанія побѣга. Я представилъ въ слѣдующей таблицѣ результаты, полученные Гофмейстеромъ:

Побѣгъ отъ:	Тяжесть.	Разстояніе, на которое была поднята тяжесть.	
<i>Vitis vinifera</i>	I. 2 грамма	4,7 миллим.	} 20 сотрясеній.
	II. 2 „	3 „	
	III. 2 „	3 „	
	IV. 2 „	8,5 „	} 40 сотрясеній.
	V. 2 „	3 „	
<i>Clematis glauca</i>	I. 1 „	7,5 „	} 10 сотрясеній.
	II. 1 „	14 „	

Напряженность изогнутыхъ побѣговъ *Vitis vinifera* доказывается тѣмъ, что изогнутую часть стебля вырѣзывали, подвѣшивали и до тѣхъ поръ нагружали прикрѣпленную къ нижнему ея

¹⁾ Изгибаніе побѣговъ электрическими ударами было замѣчено уже Гумбольдтомъ, и Гофмейстеръ, цитирующій это, говоритъ: «Нужно около 40 сильныхъ ударовъ отъ большой лейденской банки, чтобы привести побѣгъ *Vitis vinifera* къ такому изгибанію, которое онъ принимаетъ послѣ двадцати умѣренныхъ сотрясеній. Проведенный сквозь него токъ (— какъ вторичный, такъ и добавочный —) индукціоннаго аппарата съ тремя элементами Дюбуа (*Dubois*) не оказалъ никакого дѣйствія». Но дѣйствительно ли изгибаніе, производимое электрическими ударами — «тоже самое явленіе», какъ изгибаніе, происходящее вслѣдствіе сотрясенія и подергиванія побѣговъ?

концу въсюю чашку, пока изогнутое мѣсто вновь не выпрямлялось; въ трехъ случаяхъ для этого потребовалось 80,9 — 46,9 — 66,9 граммовъ. По снятіи груза изгибаніе восстанавливалось, но въ нѣсколько меньшей степени.

Удлиненіе изогнутыхъ побѣговъ Гофмейстеръ доказывалъ слѣдующимъ образомъ. Изслѣдуемый побѣгъ освобождался отъ листьевъ; часть, которую предполагали неспособною изгибаться, отрѣзывали, а на части способной къ изгибанію отмѣчали 2 или 3 точки тушью; затѣмъ эту часть побѣга клали на листъ бумаги, точно рисовали на немъ ея контуръ и отмѣчали положеніе каждой точки. Послѣ сотрясенія и изгибанія побѣгъ вновь срисовывали. Длина его и степень изгибанія вычислялись изъ непосредственно измѣренной длины хорды и *sinus versus* ея дуги. Результатъ былъ тотъ, что обыкновенно всѣ стороны изогнутаго побѣга оказывались удлиненными, даже вогнутый; никогда не замѣчалось, хотя бы малѣйшаго, уменьшенія длины. Изъ многочисленныхъ наблюденій Гофмейстера я привожу здѣсь только нѣкоторыя для примѣра:

Побѣгъ отъ:	До сотрясенія.		Послѣ сотрясенія.	
	Изгибаніе.	Длина.	Изгибаніе.	Длина.
<i>Vitis vinifera</i> I.	0°	53,5 миллим.	35° 41'	54,75 миллим.
II.	0°	85,2 »	26° 6'	86,117 »
<i>Solanum tuberosum</i>	0°	78,5 »	37° 52'	79,44 »
<i>Clematis glauca</i> I.	0°	78 »	30° 20'	79,44 »
II.	0°	88,1 »	37° 48'	90,65 »

Удлиненіе той стороны побѣга, которая становится выпуклою, Гофмейстеръ опредѣлялъ также микрометрически. Не менѣе значительно, продолжаетъ онъ, увеличеніе толщины сотрясенныхъ частей побѣговъ. Поперечникъ одного, означеннаго точкою китайской туши, мѣста на междоузліи, способномъ къ изгибанію, оказался:

		до	послѣ	
		изгибанія.		
у <i>Vitis vinifera</i>	I.	4,0623 миллим.	4,1876	миллим.
	II.	3,427 »	3,432	»
у <i>Clematis glauca</i>	I.	1,417 »	1,4423	»
	II.	1,1672 »	1,8111	»

и т. д.

Когда изогнутый сотрясеніемъ побѣгъ черезъ нѣсколько времени вновь выпрямляется, то, по Гофмейстеру, ни въ какомъ случаѣ нельзя доказать укороченія какой либо изъ его сторонъ, а напротивъ того, замѣчается дальнѣйшее удлиненіе всѣхъ сторонъ¹⁾. Затѣмъ Гофмейстеръ показываетъ, что при одностороннемъ снятіи коры съ побѣга (*Vitis vinifera*) способнаго къ изгибанію, не только удлиняется и становится выпуклымъ обнаженное мѣсто, но что удлиняется и вогнутая сторона (вслѣдствіе происходящаго здѣсь уменьшенія общаго напряженія²⁾). Къ этимъ фактамъ и къ тѣмъ, которые уже сообщены въ § 121, присовокупляетъ онъ слѣдующее: «Ближайшимъ послѣдствіемъ сильнаго сотрясенія, также какъ и равномернаго вытягиванія побѣга будетъ удлиненіе оболочекъ всѣхъ его клѣтокъ и сосудовъ. Если причина этого механическаго растяженія прекратится, то самыя упругія изъ растянутыхъ клѣточныхъ оболочекъ, — оболочки кожицы и древесины, будутъ стремиться возвратиться къ своей первоначальной длинѣ. Но вслѣдствіе предшествовавшаго растягиванія, они будутъ вынуждены нѣсколько уступить стремленію сердцевины расшириться: произойдетъ удлиненіе побѣга. Если ткани, представляющія сопротивление расширенію, съ одной стороны менѣе развиты, или если изгибаніе побѣга при сотрясеніи было въ одну сторону сильнѣе, то замѣчаемое при этомъ удлиненіе побѣга сопровождается его изгибаніемъ. Постоянное стремленіе упругихъ, пассивно растянутыхъ, тканей, возвратиться къ своей первоначальной длинѣ, есть одна изъ причинъ, которыя вновь выпрямляютъ согнутый побѣгъ. Другая же причина есть то значительное растяженіе, которое сердцевина, постоянно стремящаяся расшириться, производитъ въ древесинѣ и корѣ, прилегающихъ къ ея вогнутой сторонѣ. Понятно, что это растяженіе гораздо сильнѣе на вогнутой сторонѣ сердцевинны, чѣмъ на выпуклой, какъ вслѣдствіе сдавливанія этой стороны сердцевинны, такъ и вслѣдствіе

¹⁾ См. подлинникъ, стр. 190.

²⁾ Стр. 192.

содѣйствія, оказываемаго сокращеніемъ коры и древесины, прилегающихъ къ выпуклой сторонѣ сердцевины.»

Приведенныя наблюденія я считаю достаточными для пониманія разбираемыхъ нами явленій; дальнѣйшія подробности можно найти въ богатой содержаніемъ работѣ Гофмейстера.

§ 124. Изгибаніе вслѣдствіе односторонняго ослабленія активно-расширяющейся ткани. Процессъ этотъ до сихъ поръ былъ точно изученъ только на органахъ движенія листьевъ *Mimosa pudica* ¹⁾; мы говоримъ здѣсь о такъ называемыхъ движеніяхъ раздражительности, которыя можно на время разсматривать какъ примѣръ для многихъ другихъ, подобныхъ явленій; анатомическія и механическія особенности точно изслѣдованы только на большихъ органахъ движенія главныхъ листовыхъ черешковъ; потому все нижеслѣдующее будетъ преимущественно относиться до нихъ, и только отчасти до органовъ движенія вторичныхъ листовыхъ черешковъ и отдѣльныхъ листочковъ.

Если отдѣлить отъ стебля, острымъ ножомъ, основаніе большой раздражительной подушки листового черешка, то изъ осевого сосудистаго пучка высачивается большая капля прозрачной жидкости, которая многократно возобновляется, если ее снимать.

Если, оставивъ подушку на листовомъ черешкѣ, раздѣлить активную ткань помощію остраго ножа, четырьмя долевыми разрѣзами, на двѣ боковыхъ, на верхнюю и на нижнюю полоски (представляя себѣ черешокъ въ горизонтальномъ положеніи), такъ чтобы изолировать осевой сосудистый пучокъ, и затѣмъ опустить все въ воду, чтобы вознаградить потерю ея, то четыре части активной ткани удлинняются приблизительно на $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{5}$ своей первоначальной длины и выступаютъ за осевой пучокъ. Судя по этому въ неповрежденномъ, богатомъ водою органѣ должно существовать сильное напряженіе между полымъ цилиндрическимъ органомъ расширенія съ одной стороны, и выполняющимъ его, сросшимся съ нимъ сосудистымъ пучкомъ — съ другой; первый сильно задерживается послѣднимъ въ своемъ стремленіи расширяться, послѣдній же сильно растянутъ первымъ пассивно. Второй важный фактъ, замѣчаемый на подобномъ препаратѣ, есть тотъ, что четыре полоски, пзъ которыхъ каждая состоитъ изъ кожицы и активно расширяющейся ткани до самаго осевого пучка, никогда не изгибаются кнаружи, а слабо внутрь; это доказываетъ, что сопротивленіе, которое кожица ²⁾ противопоставляетъ стремленію активной ткани расширяться — незначительно, и что въ каждой полоскѣ активное расширеніе сильнѣе всего близъ периферіи и уменьшается къ (си. Сильное напряженіе въ подушкѣ листового черешка мимозы происходитъ не между кожицею ³⁾ и паренхимой, а между послѣднею и осевымъ пучкомъ; это проявляется и въ томъ случаѣ, если свѣжесрѣзанную, находящуюся на листовомъ черешкѣ подушку освободить посредствомъ двухъ долевыхъ разрѣзовъ отъ ея правой и лѣвой боковыхъ частей, и затѣмъ, посредствомъ горизонтальнаго разрѣза, раздѣлить ее на двѣ полосы такъ,

1) Описаніе вышнихъ, очевидныхъ явленій представляемыхъ этимъ растеніемъ, было бы здѣсь излишнимъ, не только потому, что оно довольно часто встрѣчается въ литературѣ, но и потому, что всякій, кого этотъ предметъ интересуетъ, легко можетъ въ большемъ количествѣ воспытывать мимозы на окошкѣ и наблюдать ихъ движенія.

2) Кожица состоитъ изъ очень маленькихъ клѣтокъ, наружныя оболочки которыхъ только чуть толще оболочекъ активной паренхимы.

3) Полоса коры съ подушки только слабо изгибается вогнутостью наружу.

чтобы въ каждой изъ нихъ кромѣ кожицы и активной ткани была еще половина осевого пучка; уже на довольно сухомъ препаратѣ полосы эти изгибаются внутрь, но изгибъ бываетъ сильнѣе, если онѣ погружены въ воду ¹⁾; онѣ принимаютъ тогда форму двухъ полукруговъ, такъ что въ каждой полосѣ кожица — выпукла, долевая половина осевого пучка — вогнута. Въ неповрежденномъ органѣ, слѣдовательно, напряженіе распредѣляется такимъ образомъ, что верхняя половина активной ткани стремится сдѣлать осевой пучокъ вогнутымъ книзу, а нижняя половина — кверху; въ состояніи равновѣсія не происходитъ ни того, ни другаго; силы находятся при этомъ въ видѣ запаса силъ, въ видѣ напряженія; каждый разъ, когда какая либо причина даетъ перевѣсъ верхней или нижней половинѣ, то происходитъ изгибаніе ²⁾. Если въ послѣднемъ опытѣ разрѣзъ осевого пучка прошелъ по оси, то ясно замѣтно, что верхняя половина сильнѣе изгибается вогнутостью внизъ, чѣмъ нижняя половина вверхъ; т. е. въ органѣ, отчасти лишенномъ воды (вслѣдствіе разрѣзовъ), стремленіе верхней стороны изгибаться вогнутостью внизъ сильнѣе, чѣмъ стремленіе нижней изгибаться вогнутостью вверхъ; иногда эта половина остается совершенно прямою. Но, по поглощеніи воды, изгибаніе въ обѣихъ возрастаетъ, какъ уже сказано, до полукруга; это показываетъ, что активная ткань нижней стороны легче отдаетъ свою воду и ослабѣваетъ, чѣмъ ткань верхней стороны, но что она въ состояніи, при достаточномъ запасѣ воды, поглотить ея столько, что напряженіе въ ней достигаетъ такой же степени, какъ и въ верхней половинѣ; количество воды, содержащейся въ нижней половинѣ, при прочихъ равныхъ обстоятельствахъ, измѣнчивѣе чѣмъ въ верхней ³⁾.

Извѣстно, что небольшія сотрясенія, какъ напр. тѣ, которыя связаны съ легкимъ прикосновеніемъ, остаются безъ дѣйствія на верхнюю сторону неповрежденного органа; если же сотрясенія будутъ произведены съ нижней стороны, то вызываютъ изгибаніе всего органа вогнутостью книзу; т. е. сотрясеніе дѣлаетъ то, что нижняя сторона активно-расширяющагося тѣла становится слабѣе верхней.

Можно бы а priori причину этихъ явленій искать въ томъ, что напряженіе верхней стороны усиливается книзу, или что напряженіе нижней стороны уменьшается кверху. Въ первомъ случаѣ общее напряженіе во всемъ органѣ должно бы было усиливаться, въ послѣднемъ напротивъ ослабляться. Брюкке впервые доказалъ, что въ дѣйствительности происходитъ послѣднее: въ раздраженномъ отъ потрясенія органѣ общее напряженіе уменьшается, органъ ослабѣваетъ, и при

¹⁾ Первоначально гибкія подушки въ водѣ скоро становятся жесткими и твердыми какъ хрящъ.

²⁾ Линдсей (Lindsay) показалъ 1790, (Mohl, Veget. Zelle, стр. 304), что если на мѣстѣ сочлененія листа, еще находящагося на стеблѣ, срѣзать паренхиму верхней стороны до осевого сосудистаго пучка, то черешокъ направляется кверху; при этомъ нижняя ткань слѣдуетъ своему стремленію расширяться и, пассивно изгибаетъ осевой пучокъ, сама изгибается вогнутостью вверхъ. Если срѣзать нижнюю массу паренхимы происходитъ обратное.

³⁾ Кѣлочныя оболочки верхней половины активной ткани толсты, оболочки же нижней, раздражительной половины едва достигаютъ $\frac{1}{3}$ ихъ толщины (судя по глазомѣру), по одинаковой величинѣ кѣлокъ; форма кѣлокъ кверху и внизу одна и та же, онѣ почти шарообразны, но такъ плотно сгруппированы, что между ними остаются только крайне малые промежутки. Неизвѣстно, имѣетъ ли различіе въ толщинѣ оболочекъ верхней и нижней части активной ткани отношеніе къ механизму раздражительнаго движенія; вѣроятно имѣетъ.

данныхъ обстоятельствахъ это можетъ произойти только вслѣдствіе того, что или одна нижняя сторона активно-расширяющагося тѣла ослабѣетъ, или же, при одновременномъ ослабленіи верхней стороны, ослабленіе нижней значительнѣе. Это ослабѣваніе можетъ происходить только вслѣдствіе выдѣленія воды изъ органа, или исключительно изъ одной нижней стороны активно-расширяющагося тѣла, или одновременно и изъ верхней, причѣмъ нижняя теряетъ воды болѣе, вслѣдствіе чего напряженіе ея уменьшается на столько, что верхняя сторона активно изгибается внизъ, а нижняя сторона, уступая вліянію верхней, надавливается внизъ. Спустя 5—10 минутъ неповрежденный органъ вновь выпрямляется ею, и при этомъ, вслѣдствіе поглощенія воды, дѣлается болѣе упругимъ. Какъ процессъ раздраженія, такъ и возстановленіе раздражительнаго состоянія доказываютъ, что нижняя половина активно-расширяющагося тѣла состоитъ изъ ткани, которая, предоставленная сама себѣ, принимаетъ столько воды и съ такою силою, что уравниваетъ напоръ верхняго активнаго тѣла, или даже получаетъ надъ нимъ перевѣсъ и его приподымаетъ¹⁾, но что эта же ткань отъ незначительнаго потрясенія тотчасъ отдаетъ часть своей воды и вслѣдствіе этого ослабѣваетъ. Различіе между верхней и нижней сторонами активно-расширяющагося тѣла состоитъ въ томъ, что въ нижней части принятая ею вода удерживается слабѣе, чѣмъ остальная вода.

Относительно того, куда дѣвается вода, выступающая при раздраженіи (сотрясеніи) изъ нижняго активно-расширяющагося тѣла, представляются а priori два возможные случая. Можно допустить, что вода, выступающая изъ нижняго активно-расширяющагося тѣла, входитъ въ верхнее тѣло, или же что она совсѣмъ выходитъ изъ органа, и скопляется въ сосѣдней части стебля. Первое изъ этихъ предположеній безъ сомнѣнія ложно, второе по всей вѣроятности справедливо. Если бы вода изъ нижняго активнаго тѣла переходила въ верхнее, то напряженіе послѣдняго должно было бы усилиться на столько же, на сколько уменьшилось напряженіе перваго, такъ что общее напряженіе всего органа, при изгибаніи его внизъ, должно было бы остаться одно и тоже. Въ дѣйствительности, какъ уже упомянуто, бываетъ иначе; раздраженный органъ, изгибаясь внизъ, замѣтно теряетъ въ упругости, т. е. общее напряженіе уменьшается, и это можетъ произойти только вслѣдствіе того, что вода, выдѣлившаяся изъ ослабѣвшей нижней стороны, совсѣмъ оставляетъ органъ и переходитъ въ черешокъ или стебель. Хотя я и не могу подобно Гофмейстеру²⁾ отрицать, не имѣя на то доказательствъ, предположеніе Брюкке³⁾, что ослабѣваніе нижней половины подушечки связано съ выступаніемъ воды изъ клѣточныхъ полостей въ межкѣльные промежутки, но тѣмъ не менѣе это предположеніе мнѣ кажется неудовлетворительнымъ. Я убѣдился въ вѣрности анатомическихъ данныхъ Брюкке⁴⁾: онъ пменно нашелъ, что слои клѣточекъ (изобилующіе крахмаломъ), непосредственно окружающіе сосудистыя пучки, явственно содержатъ наполненные воздухомъ межкѣльные промежутки. Въ самой активной ткани, лежащей далѣе внаружи, очень часто заключаются треугольныя, весьма мелкія пространства, ограниченныя кругловатыми клѣточ-

1) Напр. по полуночи и утромъ.

2) Archiv f. Anat. u. Physiol. von. Joh. Müller. 1848, стр. 435.

3) Hofmeister: III, стр. 502.

4) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. wiss. Wien, 14 Juli 1864.

ками и поразительно сходныя съ настоящими межклеточными промежутками. Но въ свѣже-изготовленныхъ препаратахъ онѣ содержатъ не воздухъ, но водянистую жидкость. Въ пользу мнѣнія Брюкке можно было бы допустить то, что при изготовленіи препарата ткань раздражается и что при этомъ пространства наполняются водой; но дѣло не такъ просто. Если бы въ обыкновенномъ нераздраженномъ состояніи въ этихъ пространствахъ содержался воздухъ, то было бы непонятно, куда онъ исчезаетъ, потому что онъ не можетъ изъ нихъ выйти, такъ какъ очень мелкія межклеточныя пространства средней и наружной тканей не сообщаются между собою и каждое изъ нихъ вполне замкнуто окружающими клеточками. Это же обстоятельство не допускаетъ и того предположенія, что эти пространства, наполненыя въ нераздраженномъ органѣ водой, принимаютъ при ослабленіи упругости ткани еще воду изъ клеточекъ.

Такъ какъ эти пространства замкнутыя, то переходъ въ нихъ воды изъ клеточекъ не могъ бы обуславливать уменьшеніе упругости цѣлаго органа. Эти затрудненія устраняются однимъ наблюденіемъ, уже давно извѣстнымъ, но недостаточно оцѣненнымъ и невѣрно понятымъ. Если сдѣлать острымъ ножомъ надрѣзъ на стеблѣ раздражительной мимозы, избѣгая при этомъ всякаго сотрясенія, то, во время прониканія ножа черезъ кору, все растеніе остается въ покоѣ; но въ то мгновеніе, когда большее сопротивленіе даетъ знать, что ножъ коснулся древесины, быстро выступаетъ свѣтлая капля воды, а ближайшій листокъ тотчасъ ослабѣваетъ и черешокъ опускается внизъ. Въ растеніяхъ, страдающихъ отъ недостатка воды и мало, или совсѣмъ не раздражительныхъ, при надрѣзѣ древесины стебля капли не появляется и движенія не замѣчается. Если растеніе очень раздражительно (при 25—30° Ц. и влажной почвѣ), то раздраженіе медленно распространяется и на прочіе листья; ближайшіе къверху и кънизу листья опускаются, съ промежутками времени въ 10—20 секундъ, пока наконецъ вся листва не придетъ въ положеніе раздраженія.

Этотъ фактъ ¹⁾, взятый въ связи съ выступаніемъ большей капли воды изъ осевого пучка сочлененія при его перерѣзываніи, и въ связи съ другими извѣстными явленіями, приводитъ меня къ слѣдующему представленію относительно внутреннихъ процессовъ при раздражительномъ движеніи мимозы. Мимоза только тогда очень раздражительна, когда она содержитъ значительное количество воды въ древесинѣ. Всѣ обстоятельства, пренятствующія такому переполненію (низкая температура, сухая почва), уменьшаютъ раздражительность до совершеннаго уничтоженія. Очень тонкостѣнные клетки раздражительнаго нижняго активнаго тѣла сочлененія, вслѣдствіе эндосмотической дѣятельности содержаемаго ²⁾, принимаютъ

¹⁾ Что древесина передаетъ раздраженіе, доказано уже Дютроше и Мейеномъ. Послѣдній (Physiol. III, стр. 591) говоритъ: если снять съ древесины кору на протяженіи дюйма, то надрѣзъ въ обнаженной древесинѣ производитъ движеніе листьевъ. Дютроше (Mém. I, стр. 545) снялъ со стебля кору, и сдѣлавъ боковую щель въ древесинѣ, разрушилъ сердцевину; потомъ онъ прижегъ листочки верхняго листа (послѣ того какъ листья вновь расправились) и раздраженіе одинаково передалось по лиственному кору и сердцевинѣ мѣсту стебля, и ниже стоявшіе листья тоже приняли дѣленіе раздраженія.

²⁾ Содержимое этихъ клетокъ изобилуетъ зернистыми веществами и богаче протоплазмой, чѣмъ бывають обыкновенно болѣе старыя паренхиматическія клеточки; сокъ содержитъ дубильное вещество и повсюду крахмальныя зерна, покрытыя хлорофилломъ. Въ наружныхъ 12—15 рядахъ клеточекъ активной ткани подушечки въ каждой клеточкѣ лежатъ свѣтлыя, не очень сильно

столько воды, что достигают высшей степени тургесценции, т. е. что эндосмотически принятая вода достигает того количества, которое если она переступит, то должна будет выfiltrоваться вслѣдствіе давленія между клѣточной стѣнкой и сокомъ.

Эту воду клѣточки извлекаютъ изъ древесныя осевого пучка, которая съ своей стороны ее получаетъ изъ древесныя стебля. Но въ очень раздражительной, избыливающей водою мимозѣ, эта вода въ самой древесинѣ находится подъ давленіемъ, что доказывается быстрымъ выступаніемъ ея изъ раны. Такимъ образомъ, вода, съ одной стороны, стремится выfiltrоваться сквозь стѣнки клѣточекъ активно-расширяющагося тѣла вслѣдствіе эндосмотическаго переполненія ихъ (подобно тому, какъ въ корняхъ чрезъ стѣнки сосудовъ, см. стр. 107), съ другой же стороны давленіе, подъ которымъ вода находится въ древесинѣ, вдавлиываетъ ее извнѣ въ клѣточные стѣнки активно-расширяющагося тѣла, такъ что вода въ послѣднихъ находится въ покоѣ, потому что обѣ силы взаимно уравновѣиваются. Если давленіе воды въ древесинѣ усиливается, то раздражительная ткань, вслѣдствіе еще большаго переполненія, расширяется; на оборотъ, если давленіе медленно уменьшается, то соотвѣтственно этому уменьшенію происходитъ медленное опоражниваніе раздражительной ткани, такъ какъ вода изъ нее выдавливается въ древесину. Но если вслѣдствіе надрѣза стебля напряженіе воды въ древесинѣ внезапно уменьшится и она быстро потечетъ къ ранѣ, то съ этимъ вмѣстѣ уменьшится напряженіе, вдавливавшее воду въ клѣточки активно-расширяющейся ткани; эндосмотически переполненныя клѣточки вдавливаютъ часть своей воды въ клѣточные оболочки, внутри которыхъ она слѣдуетъ направленію, соотвѣтствующему уменьшенію напряженія, такъ что въ веществѣ клѣточныхъ стѣнокъ, находящихся между собою въ связи, вода потечетъ къ древесинѣ осевого пучка. Такимъ образомъ объемъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и напряженіе нижней части подушечки уменьшится, а напряженіе верхней части получитъ перевѣсъ, и, надавливая на первую, дѣлаетъ ее вогнутою ¹⁾. Нѣчто подобное, но съ меньшей силой, происходитъ и тогда, если вода въ древесинѣ находится при весьма незначительномъ напряженіи, или входитъ въ составъ древесныя только въ видѣ пропитывающей воды, не обнаруживая напряженія. Въ этомъ случаѣ эндосмотическое притяженіе клѣточнаго содержимаго нижней стороны подушечки отнимаетъ у древесныя количество пропитывающей воды, достаточное для достиженія значительной степени тургесценціи; при этомъ возникаетъ давленіе, стремящееся выдвинуть воду клѣточнаго сока сквозь стѣнки, наконецъ устанавливается равновѣсіе между эндосмотической дѣятельностью и сопротивленіемъ фильтраціи активно-расширяющихся оболочекъ. При этомъ вода въ послѣднихъ находится въ состояніи неустойчиваго равновѣсія, такъ что каждое потрясеніе даетъ перевѣсъ внутреннему давленію, вслѣдствіе котораго вода проникаетъ въ клѣточные стѣнки,

преломляющая свѣтъ, шарообразная масса, выполняющая отъ $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ клѣточной полости; она вполнѣ исчезаетъ въ органахъ, пролежавшихъ 24—28 часовъ въ алкоголь. Въ раздражительныхъ органахъ другихъ растений этого вещества нѣтъ (Ср. Muhl: *Veget. Zelle*, стр. 303).

¹⁾ Почему раздражима только нижняя часть подушечки и нераздражима верхняя, остается необъяснимымъ, но можно было бы думать, что толстыя клѣточные стѣнки верхней части отличаются столь сильною способностью пропитываться и оказываютъ такое сопротивленіе фильтраціи воды изъ клѣтокъ, что всѣ вышеописанные процессы совсѣмъ въ ней не совершаются, или совершаются въ весьма незначительной степени.

и по нимъ направляется къ древесинѣ, въ которую проникаетъ. Если растеніе находится въ такомъ состояніи, то надрѣзь стебля не произведетъ никакого движенія, которое одноаго произойдетъ при потрясеніи подупки; вызванное этимъ движеніе или совсѣмъ не передается, или передается только къ ближайшимъ частямъ. Все сказанное вполне подтверждается наблюденіями.

Раздражительность каждаго сочлененія зависитъ существеннымъ образомъ отъ того, можетъ ли оно принять воды столько, чтобы достигнуть значительной степени турescенціи, что возможно и въ томъ случаѣ, когда древесина содержитъ малое количество воды, не подвергающееся давленію; напротивъ того, передача мѣстнаго раздраженія отъ одного листа другому зависитъ главнымъ образомъ отъ того, содержитъ ли древесина значительное количество воды, находящейся подъ давленіемъ. Въ первомъ случаѣ раздраженіе происходитъ вслѣдствіе одного напряженія между сокомъ и стѣпкой, въ силу котораго вода передается изъ активно-расширяющагося тѣла въ древесину, и эта вода будетъ поглощена скудной по содержанію воды древесиной, не производя въ растеніи дальнѣйшаго измѣненія. Но если древесина переполнена водой, то мѣстное раздраженіе листочка приведетъ въ движеніе, на значительномъ протяженіи, воду, находящуюся въ древесинѣ въ состояніи напряженія, и это движеніе сообщится водѣ, находящейся въ сочлененіяхъ отдаленныхъ листьевъ, что подѣйствуетъ подобно сотрясенію.

Однимъ изъ самыхъ поучительныхъ и доказательныхъ опытовъ состоитъ въ томъ, что разрѣзываютъ копечный листочекъ листа, причемъ очевидно приводится въ движеніе вода древесинныхъ клѣточекъ первовъ; при этомъ часть воды выдѣляется и уменьшеніе напряженія передается до ближайшаго сочлененія. Это сочлененіе начинаетъ двигаться, вслѣдствіе чего нарушеніе равновѣсія переходитъ на ближайшіе листочки, которые также начинаютъ двигаться, нарушеніе въ прежнемъ распредѣленіи воды въ древесинѣ еще болѣе увеличивается и складываніе листочковъ идетъ до основанія вторичнаго черенка, откуда внутреннее движеніе воды растространяется по черешку до главнаго сочлененія и одновременно, болшею же частью позднѣе, оно переходитъ также въ сосѣдніе вторичные черешки того же листа, на которыхъ движеніе листочковъ идетъ въ восходящемъ порядкѣ. Если экземпляръ очень раздражителенъ и его древесина переполнена водой, то внутреннее движеніе передается еще далѣе, выше и ниже стоящіе листья стебля изгибаются прежде всего главныя свои сочлененія, и затѣмъ листочки складываются на нихъ въ восходящемъ порядкѣ.

Подобно надрѣзыванію одного листочка изобилующей водою мимозы, приводящему наконецъ всю листву въ положеніе, соответствующее состоянію раздраженія, дѣйствуетъ и нагрѣваніе листочка, если на него направитъ фокусъ зажигательнаго стекла¹⁾; часто, при яркомъ солнечномъ свѣтѣ, для начала движенія довольно 2—3 сек. и затѣмъ въ 1—2 минуты вся листва приходитъ въ положеніе раздраженія. Въ скудныхъ по содержанію воды растеніяхъ нагрѣваніе листочка остается безъ послѣдствій или же раздраженіе происходитъ только мѣстное. Очевидно, мѣстное нагрѣваніе производитъ прежде всего сильное молекулярное движеніе воды въ этомъ мѣстѣ, передающееся тѣмъ далѣе, чѣмъ сильнѣе напряженіе воды въ древесинѣ.

¹⁾ Du Fay: Acad. des sciences. Paris 1786.

Степень чувствительности мимозы и способность передавать раздражение дальше, бывают, поэтому, приблизительно пропорциональны изобилию в ней воды, которое возрастает при успешной деятельности корня, находящегося во влажной и теплой почве¹⁾. Но и при менее теплой почве обилие воды и раздражительность могут быть очень велики, если только растение находится в очень влажном воздухе, в котором испарение дѣлается незначительнымъ; поэтому мимозы бываютъ весьма чувствительны въ закрытыхъ парникахъ, даже если послѣдніе не теплы, также въ сырую погоду, при температурѣ 16—20°, между тѣмъ какъ при той же температурѣ во въ сухомъ воздухѣ онѣ мало раздражительны и рѣдко бываютъ способны передавать раздраженіе дальѣ. По этому, можно мимозу совершенно лишити раздражительности, высунувъ почву при 20—25° Ц. до такой степени, чтобы растение могло только что покрыть потерю воды отъ испаренія, но чтобы оно не было въ состояніи довести сочлененія до значительной степени тургесценціи.

Вліяніе электрическихъ токовъ, какъ уже замѣтилъ Гофмейстеръ, дѣйствуетъ подобно механическому сотрясенію молекулей, и потому не представляетъ ничего особеннаго.

Какъ эндосмотическая дѣятельность клѣточного содержимаго, такъ и пропитываніе клѣточныхъ стѣнокъ въ сочлененіяхъ зависитъ отъ ихъ химическаго состава, который съ своей стороны можетъ измѣняться отъ разныхъ причинъ, хотя еще неизвѣстнымъ намъ образомъ. Поэтому, принятіе корнями вредныхъ веществъ, или пребываніе мимозы во вредныхъ для дыханія газахъ, можетъ лишити сочлененія подвижности, т. е. на время или совсѣмъ прекратить ихъ раздражительность²⁾. Въ настоящее время однако еще неизвѣстно, связано ли уничтоженіе раздражительности въ каждомъ частномъ случаѣ съ ослабленіемъ или съ усиленіемъ напряженія, а потому о происходящихъ при этомъ процессахъ нельзя ничего сказать³⁾.

Представленное здѣсь описаніе внутреннихъ процессовъ, вызывающихъ движеніе какъ слѣдствіе раздраженія, только отчасти согласно со взглядами Гофмейстера, хотя имѣетъ съ ними болѣе общаго, чѣмъ со взглядами другихъ ученыхъ.

Я приведу только тѣ мѣста изъ сочиненія Гофмейстера (Flora 1862, стр. 503), которыя отличаются отъ моего взгляда: «Пѣть основанія, говоритъ онъ, сомнѣваться въ томъ, что расширеніе тканей, которымъ дается возможность свободно расширяться вълѣдствіе ослабленія упругости раздраженной паренхимы, есть результатъ принятія большого количества⁴⁾ воды прежде

¹⁾ Теплота безсомнѣнія непосредственно дѣйствуетъ на состояніе тургесценціи сочлененій, но какимъ образомъ, неизвѣстно: ср. О временномъ оцѣненіи мимозы отъ теплоты и холода, стр. 51 этой книги.

²⁾ Ср. Сакса: «Die vorübergehenden Starrezustände periodisch beweglicher und reizbarer Pflanzenorgane», Flora, 1863, особенно стр. 503; далѣе отдѣлъ «Дыханіе» и Göppert, Flora, 1828, стр. 281.

³⁾ Тоже самое должно сказать о такъ называемомъ привыканіи мимозы къ продолжительнымъ сотрясеніямъ; я не высказываю относительно этого своего мнѣнія, потому что наблюденія еще не достаточно отчетливы; наблюденій надъ состояніемъ сочлененій еще не сдѣлано. Мои собственные наблюденія не позволяютъ мнѣ еще высказать рѣшительнаго мнѣнія относительно опытовъ Desfontaine'a и Göppert'a (Bot. Zeitg., 1862., стр. 110).

⁴⁾ Принятіе большого количества воды въ верхней половинѣ подушечки раздраженнаго сочлененія не доказано; оно псевброутио, потому что общее напряженіе во всемъ органѣ уменьшается; оно, какъ кажется, и не нужно, потому что измѣненія формы напряженныхъ клѣтокъ

всего оболочками, а затѣмъ и полостями расширившихся клѣточекъ. Поглощаемую при этомъ воду расширяющаяся ткань находитъ въ своей непосредственной близи—въ паренхимѣ, утратившей при раздраженіи упругость; ослабленіе же упругости происходитъ, вѣроятно, вслѣдствіе потери воды изъ клѣточныхъ оболочекъ¹⁾. Если затѣмъ, оставаясь въ покоѣ, въ раздраженной части растенія постепенно возобновляется тургенценція раздражительной паренхимы, то послѣдняя при этомъ отнимаетъ необходимую для ея расширенія воду у противообѣдствующей ей ткани²⁾, которая такимъ образомъ уменьшается въ объемѣ по мѣрѣ расширенія раздражительной паренхимы. И далѣе: Живая клѣточная оболочка обладаетъ способностью, при незначительномъ вѣннемъ вліяніи, выдѣлять часть входящей въ ея составъ воды, а при болѣе продолжительномъ покоѣ вновь принимать соответственное количество воды, что сопровождается соответственнымъ уменьшеніемъ и увеличеніемъ объема; эта способность свойственна не только растительной оболочкѣ, но вообще коллоиднымъ веществамъ. Это же свойство проявляется при легкомъ переходѣ коллоидныхъ веществъ въ нектозное состояніе (на которое Гремоль обращено особенное вниманіе), и при ихъ свертываніи, а также при переходѣ свернувагося вещества въ жидкое состояніе подъ вліяніемъ другихъ незначительныхъ причинъ. Коллоидныя вещества, при первомъ изъ упомянутыхъ измѣненій агрегатнаго состоянія, теряютъ воду, при второмъ же вновь ее поглощаютъ. По незначительности вѣннихъ вліяній, вызывающихъ подобнаго рода измѣненія въ коллоидныхъ веществахъ, явленія вполне сходны съ раздражительностію растительныхъ частей.

Остается еще привести рядъ показаній относительно чувствительности мимозъ. Если извѣстно состояніе напряженія тканей въ органѣ движенія (см. начало §), то главный вопросъ для механизма движенія состоитъ въ томъ, какого рода измѣненія общаго напряженія происходятъ во всемъ органѣ до и послѣ раздраженія.

Этотъ вопросъ въ первый разъ былъ возбужденъ Брюкке³⁾ и рѣшенъ имъ слѣдующимъ образомъ: Онъ давалъ мимозѣ два противоположныхъ положенія, притомъ такъ, что въ обоихъ случаяхъ черешокъ держался горизонтально; уголь, образуемый черешкомъ и стеблемъ, каждый разъ былъ измѣряемъ; разность обоихъ измѣреній онъ принималъ за мѣру упругости сочлененія. Онъ нашелъ, что передъ раздраженіемъ эта разность была гораздо меньше, чѣмъ послѣ, слѣдовательно упругость подушечки въ состояніи раздраженія была меньше⁴⁾; такъ какъ при ослабваніи упругости нижнее активное тѣло дѣлается вогнутымъ книзу, то верхнее тѣло, занимая выпуклую сторону, должно удлинниться. Это удлинненіе верхняго активнаго тѣла происходитъ отъ того, что существовавшее въ немъ уже прежде стремленіе расшириться, уравновѣшивавшееся сопротивленіемъ нижней части, теперь можетъ проявиться.

Слѣдующій опытъ Брюкке даетъ нѣкоторое понятіе объ измѣненіяхъ формы верхней и нижней половины подушечки при изгибаніи. Онъ вырѣзывалъ продольную пластинку изъ середины подушечки, насыщенной вполне водою. Такая пластинка ограничивалась на заднемъ и переднемъ концахъ вогнутыми линіями, потому что осевой пучокъ противообѣдствуетъ частямъ, ближайшимъ

можетъ быть достаточно для того, чтобы произвести незначительное расширеніе, допускаемое вслѣдствіе ослабванія нижней части; клѣткамъ верхней половины подушечки стоитъ только сдѣлаться нѣсколько длиннѣе и уже.

1) Этого однакожь недостаточно, такъ какъ эти клѣточные оболочки очень тонки, а потому часть пропитывающей ихъ воды, выступающая изъ нихъ, можетъ произвести только очень незначительное измѣненіе въ объемѣ. Но если вода перейдетъ изъ нижней ослабвшей половины ткани въ верхнюю, то уменьшенія общаго напряженія всего органа произойти не можетъ, но можетъ только произойти измѣненіе формы; выдѣленіе воды изъ органа необходимо, потому что иначе немисливо ослабваніе цѣлага.

2) При этомъ, слѣдовательно, общее напряженіе во всемъ органѣ должно бы оставаться неизмѣннымъ, между тѣмъ оно возрастаетъ; вода должно притекать къ органу изъ другихъ частей.

3) Archiv, f. Anat. u. Physiol. von Müller, 1848, стр. 485 ff.

4) У горизонтальныхъ вѣтвей мимозы отдѣльные листья стоятъ строго съ правой и съ лѣвой стороны, такъ что вогнутость нижней части раздраженнаго сочлененія обращена не къ низу, но назадъ, къ основанію горизонтальной вѣтви. При раздраженіи, такой горизонтальный черешокъ долженъ собственно двигаться въ горизонтальной плоскости, назадъ, по въ дѣйствительности онъ двигаясь назадъ, одновременно опускается подъ вліяніемъ тяжести листочковъ, которые не въ состояніи поддерживать ослабившее сочлененіе съ прежнею силою.

къ кожицѣ и стремящимся расширится; двумя вертикальными къ осевому пучку разрѣзами пластинкѣ была дана форма прямоугольника, длинная сторона котораго (параллельная пучку) = 0,079 парижск. дюйма. Затѣмъ пластинка была разрѣзана пополамъ, вдоль по пучку, такъ что верхняя половина представляла собою продольную пластинку изъ середины верхней, нижняя — изъ середины нижней части подушечки; обѣ половины изгибались вогнутой стороной внутрь и представляли слѣдующіе размѣры:

Длина выпуклой дуги верхней части	=	0,096	парижск. дюйм.
» вогнутой » » »	=	0,077	» »
» вогнутой » нижней	=	0,078	» »
» выпуклой » » »	=	0,086	» »

Если удалить верхнюю половину сочлененія, нижняя сохраняетъ еще раздражительность, хотя и слабую; верхняя же половина, по удаленіи нижней, не обнаруживаетъ движенія отъ раздраженія.

Какъ большая часть другихъ раздражительныхъ (при сотрясеніи) органовъ, такъ и сочлененіе мимозы бываетъ покрыто волосками, которые на нижней сторонѣ значительно длиннѣе.

Дютроше (Mém. 1, стр. 550) измѣрялъ скорость передачи раздраженія, происходящаго отъ прикосновенія; онъ прикидывалъ конечный листокъ сложнаго листа и нашелъ, что скорость въ черешкѣ гораздо больше, чѣмъ въ междоузліяхъ: въ первомъ она равна 8—15 милл. въ секунду, во вторыхъ 2—3 милл. Температура, по Дютроше, не имѣетъ замѣтнаго вліянія, если измѣняется въ предѣлахъ 10—25° R.; при болѣе низкой температурѣ раздраженіе, по его показаніямъ, бываетъ только мѣстное. По многимъ наблюденіямъ оно прекращается уже при температурѣ ниже 15° C., если растеніе достаточно долго подвергалось этой температурѣ. По Дютроше, скорость передачи раздраженія внизъ та же что и вверхъ.

Изъ многочисленныхъ раздражительныхъ (отъ сотрясенія) растительныхъ частей нити тычинокъ *Styragae* преимущественно служили предметомъ наблюденія, которые до нѣкоторой степени разъясняютъ механизмъ движенія. Ссылаясь относительно вѣднѣйшей стороны этихъ явленій, на указанія въ цитатѣ работы¹⁾, я заимствую изъ тщательныхъ изслѣдованій Ф. Кона и Унгера слѣдующія указанія, относящіяся преимущественно до механизма процесса. Изслѣдованія были слѣданы преимущественно надъ нѣкоторыми видами *Centaurea* (*macroccephala*, *Scabiosa* и *jacea*). Если во время зрѣлости цвѣтени отдѣлить отъ цвѣтка вѣтчикъ, то пять нитей тычинокъ выпрямляются и прилегаютъ параллельно къ окруженному ими столбику; предоставленная сама себѣ, нить удлиняется, и чѣмъ теплѣе воздухъ, тѣмъ скорѣе изгибается выпуклой стороной наружу. Прикосновеніе или сотрясеніе всѣхъ нитей вызываетъ тотчасъ вторичное ихъ сокращеніе. Если раздражать только одну нить, то она одна укорачивается, выпрямляясь при этомъ; но затѣмъ, спустя 6—15 минутъ, вновь удлиняется и образуетъ дугу, выпуклую наружу. Если отрѣзать всѣ пять нитей отъ соединенныхъ въ трубку пыльниковъ, то онѣ изгибаются вогнутой стороной наружу, затѣмъ обратно вогнутой стороной внутрь (Unger, l. c., стр. 113); если къ нимъ прикоснуться, то онѣ, по Кону, наклоняются внаружи, извиваются, вновь выпрямляются, наклоняются въ противоположную сторону, обвиваются другъ около друга и т. д. Слабые электрическіе токи производятъ мгновенное стягиваніе, но затѣмъ нити опять удлиняются; сильные токи убиваютъ нити²⁾. Смерть, происходящая отъ погруженія въ алкоголь, глицеринъ или воду, то же сопряжена съ сокращеніемъ. Если нити отщипать сами собою, то онѣ стягиваются до minimum'a (Cohn). Величина сокращенія раздраженной нити опредѣлена Кономъ среднимъ числомъ для *Centaurea macrocephala* и *americana* въ 12 ¼ длины не раздраженной нити, по Унгеръ, наблюденія котораго повидному точнѣе, опредѣляютъ сокращеніе въ 26 ¾³⁾. Онъ же нашелъ, что при со-

¹⁾ Cohn: «Contractile Gewebe im Pflanzenreich», Breslau, 1861, и «Ueber die contractilen Staubfäden der Disteln», въ Zeitschrift für wiss. Zoologie, Bd. XII, Heft 3. Unger: «Ueber die Structur einiger reizbarer Pflanzentheile», Bot. Zeitg. 1862, № 15. Kabsch: «Anatomische und physiol. Unters. über die Reizbarkeit der Geschlechtsorgane», Bot. Zeitg. 1861, стр. 25, ff. Daniel Müller: Bot. Zeitg. 1853, стр. 790.

²⁾ Сравн. нашъ § 28.

³⁾ Степень сокращенія, по Кону, не зависитъ отъ возраста нити, температуры и т. д.

кращеніи, ширина нити не увеличивается, но что она утолщается въ направленіи толщины (радіально относительно цѣточной оси) почти на 18 %. Унгеръ принимаетъ, что при укорачиваніи не происходитъ уменьшенія объема нити, а только измѣненіе ея формы; въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, нельзя предполагать передвиженія воды изъ раздражаемой капли въ сосѣднія части, что можно было бы еще съ большою опредѣленностью отрицать, если бы было извѣстно, сохраняютъ ли или уменьшаются нити при раздраженіи сумму напряженія всѣхъ частей, т. е. сохраняется ли въ раздраженномъ состояніи та же степень упругости, какая была до раздраженія. Укорачиваніе начинается въ моментъ прикосновенія (которое можетъ быть моментальное), но достигаетъ своего maximum'a не тотчасъ, а такъ медленно, что его можно прослѣдить глазомъ; по достиженіи maximum'a укорачиванія, тотчасъ начинается удлинненіе, совершающееся всего быстрее въ началѣ, но потомъ, постепенно замедляясь, достигаетъ своего maximum'a. Независимо отъ раздраженія, нить укорачивается постоянно, но медленно, вмѣстѣ съ возрастомъ; это укорачиваніе продолжается также и тогда, когда (послѣ 24-хъ часовъ) раздражительность уже прекратилась. Укорачиваніе достигаетъ при этомъ гораздо большей величины, чѣмъ вслѣдствіе раздраженія; оно доходитъ, по Коу, до 45 %. Кошъ утверждаетъ, что это произвольное укорачиваніе нельзя сравнивать съ укорачиваніемъ, происходящимъ отъ усадки, потому что нити при этомъ проявляютъ еще значительное напряженіе; но этого основанія не достаточно; если раздражительное, напряженное состояніе основано на взаимномъ напряженіи активно расширяющагося тѣла и пассивно растянутаго упругаго тѣла, то, съ уменьшеніемъ объема (напр. вслѣдствіе испаренія), общее напряженіе должно уменьшиться но не уничтожиться. Вопросъ, требующій разрѣшенія, состоитъ въ томъ, представляютъ ли укороченныя нити меньшее общее напряженіе, чѣмъ болѣе молодыя, еще раздражительныя. Если раздражительность нитей зависитъ отъ степени напряженія тканей, что предполагаютъ Кошъ и Унгеръ, то потерю раздражительности въ укоротившихся съ возрастомъ нитяхъ должно приписать уменьшенію общаго напряженія. Взглядъ Копа на напряженіе тканей въ чувствительныхъ нитяхъ и на процессы, совершающіеся при раздраженіи, не вполне ясенъ; въ заключеніи своей второй статьи онъ говоритъ, что укорачиваніе происходитъ пассивно, вслѣдствіе упругости, причѣмъ главное значеніе онъ придаетъ замѣчательно толстой кутикулѣ, которая, даже въ наиболѣе укороченныхъ нитяхъ, не имѣетъ морщинокъ, слѣдовательно упруга въ высокой степени, такъ что въ ней ¹⁾ можно искать причину появленія поперечныхъ морщинокъ у отмирающихъ клѣтокъ.

Выше приведенный Копомъ фактъ доказываетъ, что между кутикулярными слоями кожицы и расширяющейся паренхимой нити, существуетъ напряженіе (существуетъ ли оно также между осевымъ сосудистымъ пучкомъ и расширяющимся тѣломъ — неизвѣстно); поэтому явленіе это подходитъ подъ простой законъ, общій для всѣхъ явленій раздраженія и впервые ясно высказанный Гофмейстеромъ: «что при раздраженіи расширеніе паренхимы вдругъ прекращается и вновь проявляется при спокойномъ состояніи органа, достигая постепенно своей прежней величины» (Flora, 1862, стр. 501). Только здѣсь, при прекращеніи расширенія паренхимы, повидимому, участвуетъ процессъ, на который Гофмейстеръ не обратилъ вниманія. На основаніи выше приведенныхъ Унгеромъ показаній, здѣсь происходитъ не выдѣленіе воды изъ расширяющагося тѣла, не уменьшеніе объема раздражительнаго тѣла, но измѣненіе формы клѣтокъ; послѣднія дѣлаются при раздраженіи короче и соответственно толще; кожаца, до того пассивно вытянутая по длинѣ, должна слѣдовательно укорачиваться и одновременно вытянуться по направленію окружности. Происходить ли это въ дѣйствительности, покажутъ дальнѣйшія изслѣдованія; во всякомъ случаѣ явленія тутъ весьма усложняются. Впрочемъ, здѣсь имѣлось въ виду только указать на послѣдствія, къ которымъ приводитъ имѣющіяся наблюденія.

По Коу, клѣтки активно расширяющагося тѣла въ удлинненномъ состояніи имѣютъ продольныя морщинки, въ укороченномъ — поперечныя: въ какомъ отношеніи эти явленія пахотятся къ

¹⁾ Унгеръ (l. c., стр. 117) не принимаетъ взаимнаго напряженія различныхъ тканей, а только напряженіе между содержимымъ клѣточекъ и упругими ихъ стѣнками. «Стремленіе содержимаго къ расширенію обуславливаетъ чрезмѣрное удлинненіе стѣнокъ, переходящее за предѣлы нормальной ихъ формы. Всякое раздраженіе мгновенно уничтожаетъ это стремленіе содержимаго и заставляетъ никогда не прекращающуюся упругость стѣнокъ дѣйствовать въ обратномъ направленіи, т. е. вызывать сокращеніе. Сокращеніе и расширеніе растительныхъ частей хотя обуславливаются взаимно, но послѣднее только можно разсматривать какъ проявленіе силы, присущей живому организму». Расширяющую силу Унгеръ приписываетъ протоплазмѣ, первичному мѣшечку.

укорачиванію и утолщенію кѣтокъ при раздраженіи и вообще къ механизму движеній отъ раздраженія, объ этомъ по имѣющимся наблюденіямъ судить нельзя.

Исслѣдованія прочихъ раздражительныхъ растений, листьяхъ *Dionaea*, *Oxalis*, *Robinia*, тычинокъ *Berberis*, *Cactus* и т. д., не дали никакихъ результатовъ, которые бы существенно пополняли исслѣдованія, произведенныя надъ мимозами. Эти слова Моля (*Veget. Zelle*, стр. 306) имѣютъ еще и теперь значеніе, если исключить наблюденія надъ тычинками *Cynagoga*. «Движущимъ органомъ, продолжаетъ онъ, постоянно бываетъ обильная паренхиматозная кѣлочная ткань, которая однако по паружному виду и свойствамъ не отличается отъ обыкновенной кѣлочной ткани и содержимое которой тоже не представляетъ ничего особеннаго, ибо состоитъ изъ разнообразнѣйшихъ веществъ, крахмала, хлорофилла и т. д. Поэтому, можно даже предположить, что раздражительность свойственна вообще кѣлочной ткани (предположеніе, блестящимъ образомъ подтвержденное работами Гоммейстера), но только тогда можетъ явственно проявляться, когда развита въ большей степени и когда существуютъ особенныя благоприятныя условія въ строеніи органа. Общимъ правиломъ, столь явственно выраженнымъ у мимозы, можно, кажется, принять, что та сторона раздражительнаго органа, которая при раздраженіи дѣлается вогнутой, одна обладаетъ раздражительностію, противоположная же сторона вполнѣ нераздражительна; это по крайней мѣрѣ проявляется у листьевъ *Dionaea*, тычинокъ *Berberis* и у ушковъ».

Такъ какъ простое описаніе вѣншей стороны различныхъ процессовъ движенія, безъ указанія самаго механизма движенія, не входитъ въ область физиологій, то здѣсь достаточно привести болѣе важную, еще не указанную литературу. Н. v. Mohl: «Ueber die Reizbarkeit der Blätter von *Robinia* (Vermischte Schriften botan. Inhalts, Tübingen, 1845; Morren: 1) Recherches sur le mouvement et l'anatomie de *Stylidium* (Mémoires de l'Acad. roy. d. sc. de Bruxelles, 1838); 2) Rech. sur le mouvement et l'anat. du style du *Goldfussia anisophylla* тамъ-же 1839); 3) Notes sur l'excitabilité et le mouvement des feuilles chez les *Oxalis* (Bulletin de l'Acad., VI, № 7, также Ann. d. sc. nat. 1840, XIV); 4) Rech. s. le mouv. et l'anat. des étamines du *Sparmannia africana* (Nouveaux Mém. de l'Acad. roy. d. sciences de Bruxelles XIV, 1841); 5) Observations sur l'anatomie et la physiol. du *Cereus* (Bullet. de l'Acad. V, VI); 6) Rech. s. le mouv. et l'anat. du *Labellum* du *Megaclinium falcadum* (Nouveau Mém. de l'Acad. Brux. XV, 1842 и Ann. des sc. nat. 1843, p. 91). F. A. W. Miquel: Unters. über die Reizb. der Blätter von *Mimosa pudica* und C. B. Presl; Ueber die Reizbarkeit der Staubfadenröhre bei einigen Arten des Schneckenklees—мнѣ неизвѣстны (цитир. у Урера, Anat. und Physiol. der Pfl., 1855, p. 418); v. Schlechtendal über Reizbarkeit der Droseraceen въ Bot. Zeitg, 1851, p. 531, сравн. съ этимъ статьи Nitschke и Caspary, въ Bot. Zeitg. 1861; Kabsch: Anatom. und physiol. Unters. über einige Bewegungsersers. in Pflanzenreich, 1861, p. 345; Cohn: Ueber die Bewegungen der Blätter unserer einheimischen *Oxalisarten* (Verh. der schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur, 1859, p. 57).

§ 125. Периодическія и паратоническія изгибанія ¹⁾. Если мимоза, *Phaseolus*, *Trifolium*, другія *Leguminosae* или *Oxalis* находятся въ состояніи фототона (см. § 18) и дѣйствиємъ достаточно высокой постоянной температуры въ нихъ возбуждена сильная жизненная дѣятельность (*Thermotonus*), то органы движенія листьевъ производятъ постоянныя движенія, т. е. медленно изгибаются въ теченіи извѣстнаго времени внизъ, достигаютъ maximum'a этого изгибанія и начинаютъ затѣмъ изгибаться вверхъ, пока и здѣсь также не достигнутъ maximum'a, послѣ чего опять начинается изгибаніе внизъ ²⁾. Время, необходимое для изгибанія

¹⁾ О периодическихъ и паратоническихъ изгибаніяхъ, до сихъ поръ смѣшиваемыхъ между собою, можно справиться въ §§ 16 и 18. Движенія, совершающіяся при естественныхъ условіяхъ при смѣнѣ дня и ночи, зависятъ отъ одновременнаго проявленія периодическихъ и паратоническихъ движеній, зависящихъ отъ свѣта.

²⁾ Безпрерывность периодическихъ движеній видна лучше всего на растеніяхъ, находящихся въ постоянной темнотѣ; въ полумракѣ она уже проявляется довольно явственно. При яркомъ дневномъ освѣщеніи периодически двигающіяся листья хотя также принимаютъ обыкновенно въ разныя времена разныя положенія, но при этомъ принимаютъ участіе также паратоническое свѣтлое раздраженіе; у *Pedysarum durgans* послѣднее такъ слабо, что оно не нарушаетъ быстраго периодическаго движенія боковыхъ листочковъ.

внизъ и вверхъ, зависитъ отъ особенности растенія: у мимозы, въ глубокой и постоянной темнотѣ, или при постоянномъ освѣщеніи, оно можетъ требовать полдня, столько же у *Oxalis acetosella*; боковые листочки *Hedysarum gyrans*, напротивъ того, при высокой постоянной температурѣ оканчиваютъ колебаніе въ нѣсколько минутъ; подобное же явленіе представляетъ, по Моррену, губа (*Labellum*) *Megaclinium falcatum*¹⁾, совершающая поднятіе и опусканіе съ промежуточными паузами въ 2—7 минутъ.

Эти періодически двигающіеся органы состоятъ, во всѣхъ изслѣдованныхъ случаяхъ, изъ активно расширяющейся ткани, въ которой стремленіе распрямиться сдерживается упругими слоями (большею частью осевымъ сосудистымъ пучкомъ и упругою кожицею), вслѣдствіе чего въ этихъ органахъ возникаетъ сильное напряженіе тканей. Періодическія изгибанія могутъ быть только слѣдствіемъ періодическаго преобладанія напряженія то одной, то другой стороны, чтѣ, а ргіогі, можетъ быть достигнуто двумя способами—или состояніе активного распрямленія органа остается неизмѣннымъ, измѣненію же подвергаются пассивно растянутые слои, попеременно то одной то другой стороны, претерпѣвая измѣненія въ упругости, или же упругія пассивныя ткани остаются неизмѣнными, активныя же усиливаютъ или уменьшаютъ стремленіе расшириться то на одной, то на другой сторонѣ. Каждый изъ этихъ способовъ могъ бы быть связанъ съ періодическимъ колебаніемъ общаго напряженія во всемъ органѣ. Единственный извѣстный фактъ, имѣющій значеніе при рѣшеніи этого вопроса, открытъ Брюкке; именно онъ нашелъ, что общее напряженіе въ сочлененіяхъ мимозы ночью усиливается, днемъ ослабѣваетъ. Этотъ фактъ имѣетъ значеніе въ нашемъ вопросѣ, но нерѣшаетъ его²⁾, потому что мимоза, подвергнутая чередѣ дня и ночи, совершала періодическія движенія въ связи съ паратоническимъ вліяніемъ свѣта. Наблюденія, которыя могли бы вести къ рѣшенію вопроса относительно механизма періодическихъ движеній, должны быть сдѣланы на растеніяхъ, подвергнутыхъ или постоянной темнотѣ, или постоянному освѣщенію и находящихся подъ вліяніемъ постоянной температуры. Вопросъ состоитъ не въ томъ, отличается ли общее напряженіе въ органахъ движенія днемъ отъ напряженія ночью, а въ томъ, измѣняется ли оно и какъ измѣняется, когда органъ при постоянной темнотѣ (или при постоянномъ освѣщеніи) изгибается то въ одну, то въ другую сторону; слѣдовало бы напр. изслѣдовать, какимъ образомъ измѣняется состояніе напряженія, если мимоза, находящаяся постоянно въ темнотѣ, то складываетъ, то развертываетъ свои листочки, точно также слѣдовало бы изслѣдовать состояніе напряженія боковаго листочка *Hedysarum* когда онъ направляется вверхъ и внизъ. Послѣ рѣшенія этого вопроса, слѣдовало бы рѣшить путемъ наблюденій, завязать ли измѣненія въ напряженіи отъ измѣненій въ пассивно растянутыхъ или въ активно расширяющихся слояхъ. Такъ какъ подобныхъ наблюденій нѣтъ, то нельзя сказать ничего опредѣленнаго о механизмѣ періодическихъ движеній. Однако можно утверждать съ нѣкоторою вѣроятностію что періодическія движенія, независимыя отъ колебаній свѣта, температуры и влажности, обусловливаются измѣненіемъ въ состояніи активного рас-

¹⁾ Morren: Ann. des sc. nat. 1843, t. XIX, стр. 91.

²⁾ То же самое должно сказать относительно показаній Lindsay (Biblioth. of the royal society 1790 Juli), на основаніи которыхъ ночное положеніе обусловливается возрастающей тургесценціей верхней стороны сочлененія мимозы,

ширенія паренхимы. Если бы, напр., у мимозы или *Oxalis* предположить періодическое колебаніе въ упругости осевого пучка, то судя по его положенію слѣдовало бы скорѣе ожидать періодическаго укорачиванія и удлинненія органа, а не сильнаго изгибанія; если же предположить, что періодическое изгибаніе то въ одну, то въ другую сторону происходитъ влѣдствіе поперебѣннаго ослабленія и усиленія упругости кожицы, то этому противорѣчитъ незначительность взаимнаго напряженія между кожицею и прилежащимъ активнымъ тѣломъ у мимозы и *Phaseolus*, такъ что измѣненіе этого напряженія (то на верхней, то на нижней сторонѣ) могло бы вызвать только незначительное побужденіе къ движенію. Наконецъ, трудно себѣ представить, какимъ образомъ могло бы произойти поперебѣнное возрастаніе и уменьшеніе упругости пассивно растягиваемыхъ слоевъ; напротивъ того, можно безъ затрудненія предположить поперебѣнное усиленіе и ослабленіе въ стремленіи къ расширенію активнаго тѣла то на одной то на другой, сторонѣ¹⁾; для этого достаточно, чтобы то на одной, то на другой сторонѣ увеличилось или уменьшилось содержаніе воды въ активномъ тѣлѣ, а что такое измѣненіе можетъ происходить быстро — доказываетъ изгибаніе мимозы отъ раздраженія. Возможно также, что періодическія изгибанія суть слѣдствіе простаго измѣненія формы клѣточекъ активнаго тѣла то на одной, то на другой сторонѣ при не измѣненномъ содержаніи воды.

Еще менѣе объяснимы причины, дающія первый толчокъ къ измѣненію напряженія ткани періодически двигающагося органа. Особенность этихъ движеній заключается именно въ томъ, что онѣ повторяются, несмотря на то, что внѣшнія условія (освѣщеніе, температура, сила тяжести) остаются почти тѣже, измѣняясь лишь въ очень тѣсныхъ предѣлахъ; нѣтъ основанія принимать за причину движенія электричество, такъ какъ нельзя допустить, чтобы напр. движенія боковаго листочка *Hedysarum* обусловливались измѣненіями воздушнаго электричества и т. д. Краткому періоду движенія долженъ бы въ такомъ случаѣ соответствовать столь же краткій періодъ въ перемебѣннѣ состояніи окружающей среды; еще разительнѣе противорѣчитъ такому предположенію тотъ фактъ, что у мимозъ, акацій, *Oxalis*, стоявшихъ въ постоянной темнотѣ, раскрывался или смыкался то одинъ, то другой листь. Предполагаемыя внѣшнія причины должны бы были поэтому дѣйствовать то на одинъ, то на другой листь. Поэтому, едва ли остается иное предположеніе, какъ то, что въ самомъ растеніи постоянными химическими процессами вызываются измѣненія, которыя, можетъ быть при участіи весьма сложныхъ процессовъ, обусловливаютъ періодическіе результаты, обнаруживающіеся наконецъ въ видѣ измѣненій напряженія въ органахъ движенія.

Не должно удивляться нашему незнанію процессовъ, совершающихся въ періодически двигающихся органахъ и причинъ, ихъ вызывающихъ, такъ какъ до сихъ поръ съ ними постоянно смѣшались паратоническія дѣйствія свѣта²⁾ и къ этому еще присоединялось иногда то, что не-

¹⁾ Гофмейстеръ также (III, 515) того мнѣнія, что періодическія движенія основываются на смѣнѣ болѣе и менѣе сильнаго стремленія къ расширенію активно расширяющейся ткани.

²⁾ Я самъ впалъ въ эту ошибку въ моей статьѣ «Ueber das Bewegungsorgan und die periodischen Bewegungen der Blätter von *Phaseolus* und *Oxalis*» (Botan. Zeitg. 1857, стр. 814); но въ позднѣйшей моей статьѣ о различныхъ состояніяхъ оцѣленія подвижныхъ органовъ (Flora, 1853, стр. 46) обращено вниманіе на различіе этихъ явленій. De Candolle (Phys. II, стр. 640. Rörers Uebers), какъ кажется, пришелъ къ подобному же результату, котораго однако не провелъ съ должною послѣдовательностію.

достаточно различались другъ отъ друга фототонъ (Phototonus) и оцѣнѣніе отъ темноты (Dunkelstarre), термотонъ (Thermotonus) и оцѣнѣніе отъ холода и теплоты. Если мимоза, *Phaseolus*, или *Oxalis*, виссанныя днемъ висзано въ темноту, или только сильно затѣнныя, складываютъ свои листья и снова раскрываютъ когда ихъ опять вынесутъ на свѣтъ, то это есть очевидно слѣдствіе раздраженія, произведеннаго не свѣтомъ, а колебаніемъ въ яркости освѣщенія. Но этотъ процессъ не имѣетъ ничего общаго съ независимыми періодическими движеніями, хотя и усложняетъ явленія, потому что онъ (паратоническое дѣйствіе), комбинируясь съ независимыми періодическими внутренними измѣненіями, усложняетъ явленія, замѣчаемыя на этихъ растеніяхъ, когда послѣднія подвержены нормальному вліянію дня и ночи и колебаніямъ въ яркости дневнаго освѣщенія. О механическихъ измѣненіяхъ въ органахъ движенія, когда они подвергнуты паратоническому дѣйствію свѣта, ничего неизвѣстно. Что дѣйствіе свѣта, побуждающее содержащуюся въ темнотѣ мимозу и т. д. раскрыть листья, существенно отлично отъ дѣйствія при геліотропическомъ изгибаніи, уже слѣдуетъ изъ §§ 16 и 18. Паратоническое дѣйствіе свѣта зависитъ отъ колебанія въ яркости освѣщенія, геліотропическое дѣйствіе, напротивъ, есть слѣдствіе неравносторонняго освѣщенія; паратоническое раскрываніе сложившихся листьевъ не имѣетъ отношенія къ направленію свѣта, между тѣмъ какъ геліотропическое изгибаніе явственно отъ него зависитъ; паратоническое дѣйствіе свѣта происходитъ только тогда, когда растеніе находится въ состояніи фототона, растенія же, оцѣнѣнныя отъ темноты, не подлежатъ его дѣйствію; геліотропическое изгибаніе независимо отъ фототоническаго состоянія ткани; наконецъ, одинъ и тотъ же органъ можетъ одновременно совершить паратоническое и геліотропическое изгибаніе. Листья *Phaseolus* и *Mimosa* ¹⁾, стоящихъ на окнѣ, изгибаютъ свои сочлененія вогнутостію къ окну (геліотропически), и въ тоже время сочлененія изгибаются также вогнутой стороной вверху, въ темнотѣ же внизу (паратонически).

Въ § 18 я уже представилъ таблицу періодическихъ движеній мимозы въ постоянной темнотѣ и при постоянной температурѣ; здѣсь я еще приведу свои наблюденія надъ нѣкоторыми другими періодически двигающимися растеніями ²⁾: Листья *Acacia lophantha* нечувствительны къ сотрясенію, но раздражительны относительно свѣта (паратоническое дѣйствіе)—они смыкаются при висзанной темнотѣ, при освѣщеніи раскрываются и кромѣ того проявляютъ сильныя періодическія движенія. Въ темнотѣ послѣднія продолжаютъ нѣсколько дней, затѣмъ дѣлаются неправильными и, наконецъ, прекращаются; если оцѣнѣвшее въ темнотѣ растеніе вынести на свѣтъ, и потомъ снова въ темноту, то листья остаются неподвижными, они въ этомъ состояніи не подлежатъ болѣе паратоническому вліянію. Но какъ у мимозы, такъ и здѣсь, продолжительное освѣщеніе въ состояніи возстановитъ подвижность обоихъ родовъ т. е. снова начинаютъ проявляться періодическія и паратоническія движенія. 20-го апрѣля 1863 г. молодое растеніе *Acacia lophantha*, имѣвшее 9 развитыхъ листьевъ, было поставлено въ деревянный шкафъ, въ которомъ близъ самаго растенія висѣлъ термометръ. Наблюденія производились черезъ часть, по въ ниже слѣдующей таблицѣ приведены для краткости только тѣ, когда замѣчалось значительное измѣненіе.

Апрѣль 1863.	Часы.	° Ц.	<i>Acacia lophantha</i> въ темнотѣ.
20	9 вечера	17,5	листочки сомкнуты (почное положеніе).
21	6 утра	17,5	листочки раскрыты на 90°.
	12 полдня	18	листочки раскрыты на 180°.
	6 вечера	17,5	листочки раскрыты на 60—70°.
	9 вечера	17,0	болѣе старыя листья полураскрыты; болѣе молодыя сложены.
22	6 утра	17,0	листочки раскрыты около 130°, вторичныя черешки неправильно направлены внизъ.

¹⁾ Кромѣ паратоническаго и геліотропическаго движеній, листья обоихъ растеній могутъ еще совершать независимое періодическое движеніе, и оба еще изгибаются при этомъ подъ вліяніемъ тяжести; такимъ образомъ одно и то же сочлененіе совершаетъ четыре различныя движенія, къ которымъ у мимозы еще присоединяется пятое—движеніе отъ раздраженія.

²⁾ J. Sachs: Die vorübergehenden Starrezustände periodisch beweglicher und reizbarer Organe, Flora, 1863, стр. 487.

Апрѣль 1863.	Часы.	° Ц.	<i>Acacia lophantha</i> въ темнотѣ.
	12 полдня	18,0	листочки раскрыты на 180°;
	4 вечера	18,7	листочки начинают складываться.
	9 вечера	18,0	нижніе листочки раскрыты, верхіе полураскрыты.
23	7 утра	17,7	всѣ листочки раскрыты на 180°.
	12 полдня	16,6	то же самое.
	10 вечера	16,2	то же самое.
24	6 утра	15,6	верхніе листья не совсѣмъ въ одной плоскости.
	12 полдня	16,2	всѣ листья раскрыты на 180°.
	10 вечера	15,6	верхніе листья неправильно расположены.
25	6 утра	15,0	всѣ листья лежатъ въ одной плоскости.

Послѣ того какъ періодическія движенія растенія дошли до самыхъ незначительныхъ размѣровъ, какъ это видно изъ конца таблицы, растеніе было, при пасмурномъ свѣтѣ, поставлено на окно, гдѣ оно втеченіи 2-хъ часовъ раскрыло свои листочки, сильно опустивъ ихъ внизъ (они раскрылись гораздо болѣе чѣмъ на 180°), потомъ также произошли незначительныя измѣненія въ положеніи вторичныхъ черешковъ. Около 12-ти часовъ дня эту акацію, оцѣнившую въ темнотѣ и другую, находившуюся въ фотогоническомъ состояніи, поставили въ темноту; первая не измѣнила положенія своихъ листьевъ, вторая, напротивъ, втеченіи одного часа приняла самое сильное ночное положеніе. За тѣмъ оба растенія были поставлены на окно, гдѣ оцѣнившееся отъ темноты растеніе точно также удержало положеніе листьевъ неизмѣненнымъ, напротивъ, растеніе, находившееся еще въ фотогоническомъ состояніи при сумрачномъ свѣтѣ, втеченіи часа, снова раскрыло свои листочки. Вечеромъ того же дня (около 5-ти часовъ) нижніе 6 листьевъ оставались еще вполнѣ раскрытыми, верхніе (8 и 9) сложились; на слѣдующій день листья снова приняли дневное положеніе; растеніе въ темнотѣ не повредилось. Другой экземпляръ *Ac. lophantha* былъ поставленъ 25-го іюня въ темноту; температура колебалась на этотъ разъ между 20—25° Ц., и лишь по прошествіи 12-ти дней исчезъ всякій слѣдъ періодическаго движенія въ темнотѣ; нижніе листья уже на 4-й день сдѣлались неподвижными и прекращеніе подвижности распространялось по стеблю вверхъ; самыя молодыя сдѣлались неподвижными позже остальныхъ. Когда растеніе на 12-й день было выставлено на солнце, листочки нижнихъ листьевъ опали, верхніе полусложились; это положеніе они сохранили также въ слѣдующую ночь; на слѣдующій затѣмъ день они опять (на свѣтѣ) приняли дневное положеніе.

У *Trifolium incarnatum* три листочка днемъ горизонтально распростерты, ночью же сложены кверху; они паратоически раздражительны (отъ мѣняющагося освѣщенія), складываясь въ темнотѣ и раскрываясь при дневномъ свѣтѣ; и здѣсь эта подвижность уничтожается продолжительнымъ пребываніемъ въ темнотѣ. Слѣдующія наблюденія были сдѣланы надъ горшечными растеніями:

Мартъ 1862.	Часы.	<i>Trifolium incarnatum</i> въ темнотѣ.
20	12 полдня	съ дневнымъ положеніемъ листьевъ поставлено въ темное помѣщеніе.
	4 вечера	большая часть листочковъ направлена вверхъ.
	9 вечера	всѣ листья внизъ (ночное положеніе).
21	7 утра	всѣ листочки расправились (дневное положеніе); это положеніе сохранилось втеченіе дня.
	9 вечера	большая часть въ ночномъ положеніи, нѣкоторые раскрыты.
22	7 утра	всѣ листья въ дневномъ положеніи въ одной плоскости.
	12 полдня	листья наклонены внизъ.
	8 вечера	то же, нѣсколько неправильно.
23	8 утра	большая часть листьевъ въ дневномъ положеніи, нѣкоторые въ ночномъ.
	3 пополудня	всѣ приняли горизонтальное положеніе.
	9 вечера	всѣ листья наклонены внизъ.
24	7 утра	большая часть листочковъ направлены еще внизъ, нѣкоторые въ ночномъ положеніи.*

Листочки приняли положеніе, какого никогда не бывасть въ нормальномъ (фотогоническомъ) состояніи и которое характерно для оцѣнѣнія отъ темноты. 24-го марта растеніе было поставлено на окно, гдѣ листочки, даже послѣ трехчасоваго освѣщенія солнцемъ, удержали прежнее положеніе, вечеромъ же снова приняли обычное почное положеніе и на слѣдующій день находились въ нормальномъ состояніи. Нѣсколько другихъ опытовъ привели къ тому же результату. Независимость періодическаго движенія въ темнотѣ отъ колебаній температуры и въ этомъ случаѣ я могъ видѣть изъ 3-хъ-дневныхъ наблюденій (септ. 1860), при которыхъ температура воздуха ящика, въ которомъ находилось растеніе, въ первые два дня колебалась только между 15,5 и 15,8°, причемъ незамѣтно было правильнаго отношенія этихъ незначительныхъ колебаній къ періодическимъ движеніямъ.

Экземпляр *Oxalis acetosella*, поставленный въ темноту въ маѣ 1863 г., представилъ при 20—22°C. въ первый день примѣръ удвоенія періода: онъ раскрывался утромъ около 6-ти часовъ, затѣмъ листочки опустились до половины внизъ, въ 12 часовъ дня они опять поднялись вверхъ наподобіе чашечки и оставались въ такомъ положеніи до 7-ми часовъ вечера; ночью положенія были неправильны, — на нѣкоторыхъ листьяхъ листочки приняли горизонтальное положеніе, на другихъ опустились внизъ. Меньшія и очень неправильныя измѣненія въ положеніи происходили также въ слѣдующіе дни, и прекратились лишь на 7-й день, когда еще не вполне исчезла раздражительность къ сотрясеніямъ—сильное сотрясеніе производило еще незначительное опусканіе листьевъ. На окнѣ подвижность растенія возобновлялась послѣ нѣсколькихъ дней, однако большая часть листьевъ погибала. (Въ слабо освѣщенномъ мѣстѣ, гдѣ мимоза теряетъ подвижность послѣ нѣсколькихъ дней, *Oxalis acet.* не только сохраняетъ ее, но даже продолжаетъ успѣшно расти). Конь ¹⁾ напелъ, что у *Oxalis acetosella*, которую онъ поставилъ въ темное мѣсто около 10-ти часовъ вечера съ ночнымъ положеніемъ листьевъ, на слѣдующее утро, около 4-хъ часовъ, листочки приняли горизонтальное положеніе, подобно растенію, стоявшему на окнѣ. Затѣмъ, онъ утверждаетъ, что, листочки въ темнотѣ постоянно оставались въ горизонтальномъ положеніи; настоящаго почнаго положенія при 3-хъ-дневномъ пребываніи въ темнотѣ болѣе не наступало, однакоже листочки послѣ этого времени были еще раздражительны отъ сотрясенія. Поставленные на окно, горизонтальные листочки въ 1—2 часа приподнялись и образовали пирамиду, обращенную вершиною внизъ.

По Кону листочки, помѣщенные среди ночи подлѣ аргантовой лампы, приподнимаются и принимаютъ горизонтальное дневное положеніе. Напротивъ того по де Кандолю ²⁾ у *Oxalis stricta* и *incarnata* искусственнымъ освѣщеніемъ не удалось измѣнить дневнаго періода.

Уже Mairan въ 1720 г. утверждалъ о мимозахъ, что онѣ, оставаясь постоянно въ темнотѣ, совершаютъ свои періодическія движенія; du Fay ³⁾, приводя это наблюденіе, считаетъ его ошибочнымъ, потому что его растенія въ подвалѣ варижской обсерваторіи хотя и раскрыли свои листья, но затѣмъ остались неподвижными. Противорѣчіе разрѣшается вѣроятно тѣмъ, что его растенія при болѣе низкой постоянной температурѣ въ 11°, пришли въ оцѣнѣніе отъ холода. Du Hamel, De Candolle и Dutrochet ⁴⁾, наблюдали періодическія движенія въ темнотѣ; послѣдній описалъ также оцѣнѣніе отъ темноты и его прекращеніе при достаточно продолжительномъ освѣщеніи.

Относительно ускоренія періодическаго движенія мимозы при постоянномъ освѣщеніи, имѣются только показанія де Кандоля ⁵⁾, по которымъ два экземпляра, стоявшіе въ погребѣ, освѣщаемомъ 6-ью аргантовыми лампами, раскрыли свои листья около 2-хъ часовъ ночи и опять ихъ сложили уже въ 3 часа пополудни; на слѣдующій день листья раскрылись уже въ полночь и сложились около 2-хъ часовъ пополудни. Сокращеніе періода въ темнотѣ я описалъ въ Flora, 1863, Nr. 31. Экземпляръ, поставленный въ темноту 15-го августа 1822 г. вечеромъ около 6-ти часовъ при 22,5°C., около 7-ми часовъ принялъ почное положеніе, на слѣдующее утро (18,7°C.) около 5½ часовъ листья еще были сложены, около 7-ми часовъ полуоткрыты (при 20°C.), по около 8-ми часовъ опять сложены, около 12-ти часовъ подня опять полуоткрыты (при 21,2°C.)

¹⁾ Bericht der Verh. der bot. Section der schles. Gesellsch. f. vaterland. Cult., 1859, стр. 57.

²⁾ De Candolle: Physiol. II, стр. 640 Roper's Uebers.

³⁾ Acad. des sciences Paris, 1736.

⁴⁾ Dutrochet: Mém. I, стр. 555.

⁵⁾ Meyen: Physiol. III, стр. 480.

около 1-го часу пополудни раскрыты на 30°, около 3-хъ часовъ уголь раскрытія листочковъ одного листа былъ въ 60°, другаго въ 30°, около 7-ми часовъ вечера отъ 20 до 30°; на слѣдующій день въ 7 часовъ утра листочки были совсѣмъ сложены, около 12-ти часовъ нѣкоторые раскрыты въ разной степени, другіе были сложены (21,2⁰Ц.); около 2½ часовъ всѣ листочки были почти сложены, около 6-ти часовъ вечера совершенно сложены; на третій день въ 6 часовъ утра листочки были широко раскрыты, но имѣли неправильное положеніе, потеряли раздражительность, черешки едва ее сохранили (16,5⁰Ц.); около 12-ти часовъ дня листочки были распростерты горизонтально. Около 2-хъ часовъ пополудни растеніе, потерявшее свою раздражительность, но все еще производившее неправильныя движенія, было поставлено на окно, не освѣщенное солнцемъ. Около 3½ часовъ (21,2⁰Ц.) черешки сильно поднялись вверхъ, листочки сложились внизъ, слѣдовательно перешли далеко за предѣлы обыкновеннаго дневнаго положенія; раздражительности не обнаружилось даже около 6-ти часовъ вечера, но листочки ночью сложились; на слѣдующій (4) день листочки раскрылись въ 7 часовъ утра, но лишь около 11-ти часовъ утра начала снова обнаруживаться раздражительность отъ сотрясеній. Нѣсколько мимозъ, поставленныхъ въ іюлѣ и августѣ 1865 г. въ темноту, точно также въ 1-й и 2-й дни показывали постоянное медленное движеніе листочковъ и притомъ такъ, что они утромъ раскрывались въ разные часы (на разныхъ листьяхъ), до полудня наклонялись другъ къ другу, такъ что въ 1—3 часа пополудни были сложены, затѣмъ еще разъ раскрылись послѣ полудня и вечеромъ сложились.

Изъ всѣхъ этихъ фактовъ, въ совокупности съ явленіями, замѣчаемыми при поперебности дѣйствій дня и ночи, слѣдуетъ, что существуютъ періодическія движенія, не вызываемыя переменною освѣщеніемъ, но что періодически двигающіеся органы у многихъ растеній чувствительны къ перебнѣ освѣщенія, складываютъ листья въ темнотѣ и раскрываютъ ихъ съ усиленіемъ освѣщенія. Обыкновенный дневной періодъ составляетъ результатъ дѣйствій внутреннихъ періодическихъ измѣненій и паратонического раздраженія свѣтомъ.

Можно было бы привести изъ литературы еще разныя факты, относящіеся до механизма періодическихъ и паратоническихъ движеній, но такъ какъ оба рода движенія постоянно смѣшались, то я этихъ показаній не привожу. Механизмъ этихъ движеній требуетъ, поэтому, поваго тщательнаго изученія. Анатомія органовъ движенія также еще недостаточно изучена по отношенію къ механическому ея значенію; по Рачинскому ¹⁾, активно расширяющаяся ткань у *Kennedya floribunda* и *Robinia pseudacacia*, сочлененія которыхъ ночью изгибаются внизъ, на верхней сторонѣ (подобно тому, какъ напр. у мимозы), состоитъ изъ болѣе толстостѣнной ткани, чѣмъ на нижней; у *Lathyrus odoratus*, у котораго ночью изгибъ направлеиъ вверхъ, онъ наметъ обратное.

Механическія приспособленія, посредствомъ которыхъ производятся періодическія движенія цвѣточныхъ частей, особенно вѣчика, равно и вѣшнія или внутреннія причины, обуславливающія эти движенія, за исключеніемъ одного случая еще неизвѣстны; въ большей части случаевъ неизвѣстно, должно ли искать причину этихъ движеній во внутреннихъ, періодическихъ измѣненіяхъ, или же въ колебаніяхъ температуры, влажности воздуха, или освѣщенія. Большая часть относящейся сюда литературы представляетъ только неполное описаніе вѣшнихъ сторонъ явленія ¹⁾. Исслѣдованія Дютроше ²⁾ о механизмѣ этихъ движеній, частью весьма подробныя, такъ затемнены его эндосмотической теоріей, что критическій разборъ ихъ лишь тогда возможенъ, когда будутъ сдѣланы основательныя наблюденія относительно напряженія тканей. Единственное исслѣдованіе относительно движенія перигональных листочковъ, соответствующее современному состоянію ученія о напряженіи тканей, сдѣлано Гофмейстеромъ ³⁾; изъ него видно, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ движенія подобнаго рода органовъ обуславливаются колебаніями температуры.

¹⁾ Рачинскій: Ann. des sc. nat. 1858. IX, стр. 183.

²⁾ Можно кое чѣмъ воспользоваться въ статьѣ де Кандоля въ Mémoires, présentés à l'Institut des sciences par divers savans, 1806, t. I, стр. 337, darbe de Candolle: Physiol. Rüper's Uebers. II, стр. 24 Ср. также Meyen: Physiol. III, стр. 475 и J. Sachs: Bot. Zeitg. 1865, стр. 130 и 136.

³⁾ Dutrochet: Mémoires. и т. д. I, стр. 472.

⁴⁾ Hofmeister: III, стр. 516.

Если только что распустившіеся цвѣты обыкновеннаго садоваго тюльпана (листочки цвѣточнаго покрова въ дневномъ положеніи) перенести въ совершенно темное пространство съ почти постоянной температурой (колеблющейся между 17,7°/о 18°P.), то они скоро закрываются, однако опять раскрываются, затѣмъ снова закрываются, и эти движенія продолжаются нѣсколько дней. Въ первый день движенія совершаются почти какъ при нормальныхъ условіяхъ, но далѣе они дѣлаются съ каждымъ днемъ менѣе правильными. При повышеніи въ темнотѣ температуры на нѣсколько градусовъ, закрывшіеся цвѣты быстро раскрываются, если же цвѣты уже были раскрыты, то уголъ раскрытія ихъ лепестковъ еще увеличивается; соответствующее охлажденіе вызываетъ закрытіе цвѣтовъ.

При внезапномъ и значительномъ повышеніи температуры, цвѣты раскрываются съ поразительною скоростію. Гофмейстеръ перенесъ вполнѣ закрытый цвѣтокъ изъ воздуха въ 16° P. въ кипящую воду, нагрѣтую до 32°P., при чемъ концы двухъ супротивныхъ покровныхъ листочковъ удалились другъ отъ друга на 15 мил. въ теченіи одной минуты, а чрезъ 6 минутъ раскрытіе достигло 21 мил. При этомъ опытѣ воздухъ, выполнявшій межклетные промежутки, былъ поглощенъ водою, которая въ свою очередь наполнила межклетные ходы, такъ что покровные листочки начали просвѣчивать. Послѣ этого листочки въ водѣ не обнаружили дальнѣйшихъ движеній, оставались раскрытыми при охлажденіи воды до 14°P. и пробыли въ этомъ положеніи два дня; вынутые изъ воды, они сохраняли то положеніе, которое было имъ даваемо посредствомъ сгибанія; лишь чрезъ 24 часа цвѣты начали снова закрываться, и затѣмъ, будучи погружены черешкомъ въ воду, и оставаясь на открытомъ воздухѣ подъ вліяніемъ свѣта, они въ теченіи нѣсколькихъ дней правильно принимали дневное и ночное положенія (наполнились ли межклетные пространства опять воздухомъ?)

По Гофмейстеру, движенія листочковъ цвѣточнаго покрова совершаются изгибаніемъ ихъ нижней четвертой или пятой доли. Продольныя полоски, вырѣзанныя изъ середины этихъ листочковъ, тоже обнаруживаютъ движенія. Если съ такой долевой полоски, которая вогнутою обращена во внутрь, снять кожицу внутренней стороны, то изгибъ уменьшается и часто совершенно пропадаетъ, а если полоска была вырѣзана изъ распустивагося цвѣтка, то она даже дѣлается выпуклою во внутрь. Если затѣмъ снять кожицу и съ наружной стороны, то полоска дѣлается снова вогнутою во внутрь; у полоски изъ нераспустивагося цвѣтка изгибы гораздо значительнѣе нежели у полосокъ, вырѣзанныхъ изъ цвѣтка уже раскрывшагося; если полоску, очищенную съ обѣихъ сторонъ отъ кожицы и вырѣзанную при обыкновенной температурѣ изъ нераспустивагося цвѣтка, положить въ воду въ 30—32° P., то изгибъ значительно уменьшается. «Это, говоритъ Гофмейстеръ, снова доказываетъ вѣрность вышеприведеннаго положенія, что періодическія движенія частей растений обуславливаются различіемъ въ стремленіи къ расширенію супротивныхъ активныхъ тканей, а не различіемъ въ растяжимости пассивныхъ тканей».

§ 126. Положительное гелиотропическое изгибаніе ¹⁾). Если разрѣзать по длинѣ стебель или черешокъ листа, обращенный вогнутостію къ свѣту, то вогнутость обращенной къ свѣту стороны еще возрастаетъ, между тѣмъ какъ выпуклость противоположной стороны уменьшается, и въ нѣкоторыхъ случаяхъ (если взять органъ сочный съ сильнымъ напряженіемъ тканей, который только что началъ наклоняться къ свѣту) даже дѣлается вогнутою снаружи, т. е. въ сторону тѣни; однакоже этотъ новый изгибъ болѣею частію бываетъ слабѣе, нежели вогнутость стороны, обращенной къ свѣту. Эти явленія показываютъ:

1) Что въ неповрежденномъ, гелиотропически изогнутомъ органѣ, существуетъ взаимное напряженіе между освѣщенной стороной, и стороной затѣненной, и что первая стремится изогнуться къ свѣту съ болѣею силою, нежели вторая, такъ что послѣдняя увлекается къ свѣту пассивно.

2) Что въ отдѣленной освѣщенной половинѣ органа, обращенной къ свѣту, взаимное напряженіе между вышними пассивными упругими слоями, и слоями, лежащими далѣе во внутрь и расширяющимися активно значительнѣе, не-

¹⁾ Отношенія его къ свѣту см. § 16 и 17.

желл взаимное напряженіе, существующее въ затѣненной половинѣ между ея паружными пассивными слоями и къ нимъ прилежащею внутреннею активною тканью; степень изгиба, приписываемая каждой половинкой органа, есть выраженіе существующаго въ ней напряженія, изгибаніе же неповрежденнаго органа есть результатъ напряженія обѣихъ половинокъ. Если мы представимъ себѣ напряженные слои вполне отдѣленными другъ отъ друга, такъ что каждый пассивный упругій и каждый активно-распирающійся слой, будучи представленъ сами себѣ, не будутъ находиться въ состояніи взаимнаго напряженія и примутъ свойственную имъ длину, то, на основаніи высказаннаго, разница въ длинѣ между освѣщенной кожицею и прилежащей ей паренхимой должна быть больше, чѣмъ разница въ длинѣ этихъ тканей на затѣненной половинѣ; разница въ длинѣ отдѣльныхъ слоевъ, не подчиняющихся взаимному напряженію можетъ служить мѣрою ихъ напряженія въ неповрежденномъ состояніи.

I. Стебель садоваго бальзамна съ листьями и цвѣтами, погруженный отрѣзаннымъ концомъ въ воду, втеченіи 18-ти часовъ изогнулся вогнутостью къ окну; изслѣдуемая часть стебля ²⁾ въ 230 миллим. длины, образовала дугу около 55°; тогда съ освѣщенной, вогнутой стороны была снята полоска коры ³⁾ и точно такая же съ затѣненной стороны; потомъ съ обѣихъ сторонъ были отколоты полоски очень сочной, мягкой древесины и, наконецъ, острымъ пожемъ очищена сердцевина отъ окружающихъ ее частей. Эти полоски были положены на плотную бумагу, на которой точками обозначались ихъ концы и разстоянія между ними измѣрены:

Полоски ткани.	Длина въ милл.	Разница между	
		a и b, d и e.	a и e, c и e.
a) Кора съ вогн. освѣщ. стор.	227,5	1,1	17,5
б) Полоска древесины	228,6		
с) Очищенная сердцевина	245,0		
д) Пол. древес. съ вып. затѣненн. стор.	232,3	0,3	
е) Кора	232,0		

Эти измѣренія показываютъ, что между корой и древесинной существуетъ незначительная разница въ длинѣ (напряженіе) какъ на освѣщенной, такъ и на затѣненной сторонахъ; но для первой разница гораздо значительнѣе (1,1), чѣмъ для второй (0,3); точно также оказалась для обѣихъ половинокъ разница въ длинѣ (напряженіе) между корой и древесинной съ одной и сердцевинной съ другой стороны, и это напряженіе на освѣщенной половинѣ значительнѣе, нежели на затѣненной (17,5 и 13,0). Наконецъ видно, что полоска древесины съ затѣненной половины длиннѣе (на 3,7 милл.) полоски освѣщенной половины, а кора затѣненной половины на 4,5 милл. длиннѣе коры освѣщенной; сердцевина сама по себѣ не обнаруживала напряженія; она осталась прямою, слѣдовательно ея затѣненная и освѣщенная стороны были одинаковой длины. Изъ этого видно, что въ

¹⁾ Часть стебля была прижата вогнутой стороной къ бумагѣ и оба конца его были срѣзаны острымъ пожемъ, перпендикулярно къ оси; затѣмъ длина стебля была обозначена на бумагѣ двумя точками. Этотъ способъ хотя и причиняетъ пассивное растяженіе вогнутой стороны и могъ бы, поэтому, считаться неудовлетворительнымъ, но изгибъ восстанавливается затѣмъ почти въ прежней силѣ, такъ что этотъ способъ во всякомъ случаѣ кажется мнѣ болѣе точнымъ и вѣрнымъ, нежели вычисленіе дуги, потому что послѣднія никогда не представляетъ правильной кривизны.

²⁾ Кора вмѣстѣ съ кожицею.

неповрежденномъ стеблѣ выпуклость затѣненной стороны обусловливается тѣмъ, что затѣненная сторона сердцевинки обладаетъ большею расширяемостью, нежели освѣщенная, но тѣмъ, что пассивно растянутые вышніе слои затѣненной половины фактически выросли въ длину болѣе, чѣмъ тѣ же слои освѣщенной половины, а потому допускали съ своей стороны болѣе расширеніе сердцевинки, нежели со стороны противоположной; я не изслѣдовалъ ¹⁾ того, увеличилась ли при этомъ расширяемость пассивно растянутыхъ слоевъ затѣненной половины, т. е. уменьшилась ли ихъ упругость въ сравненіи со слоями освѣщенной стороны.

II. Слѣдующее мое наблюденіе приводитъ къ выводамъ, нѣсколько отличнымъ отъ вышеприведенныхъ: сильная отрубзанная вершина прямого стебля отъ *Sisymbira* (около 40 стм. длины), была погружена нижнимъ концомъ въ воду и поставлена на окно. Черезъ 46 часовъ средняя часть изогнулась вогнутостью къ свѣту; изогнувшійся кусокъ былъ вырѣзанъ и вогнутой стороной приложенъ къ бумагѣ, такъ что она прилегалла къ ней всею своею длиною; затѣмъ концы куска были срѣзаны перпендикулярно къ оси и длина куска обозначена на бумагѣ двумя точками и измѣрена (см. замѣчанія къ I); кусокъ длиною въ 207,5 милл. образовалъ дугу въ 50° . Послѣ этого какъ справа, такъ и слѣва (параллельно плоскости изгиба) посредствомъ долевыхъ разрѣзовъ, было отдѣлено около $\frac{1}{4}$ стебля; такъ какъ стебель внутри пустъ, то этими разрѣзами выпуклая и вогнутая стороны вполне разъединились (каждая составляла около $\frac{1}{4}$ всего стебля; изгибъ вогнутой полосы тотчасъ же увеличился съ 50° на 140° , выпуклая же полоса согнулась въ противоположную сторону, такъ что кожица затѣненной полосы, прежде бывшая выпуклою, теперь сдѣлалась вогнутою и образовала изгибъ въ 95° . Слѣдовательно, первоначальный изгибъ всего органа въ 50° , являлся результатомъ двухъ болѣе сильнѣйшихъ, взаимно противоположныхъ изгибовъ, именно освѣщенная сторона стремилась изогнуться къ свѣту на 140° , а затѣненная сторона въ тѣнь на 95° .

У каждой изъ этихъ долевыхъ полосокъ, острымъ ножомъ, параллельно поверхности, былъ произведенъ разрѣзъ подъ самую кожицу, такъ что получались съ обѣихъ сторонъ кожица и часть, состоящая изъ паренхимы и (мягкихъ, легко растяжимыхъ), сосудистыхъ пучковъ. Эти полоски были измѣрены по способу, изложенному въ пунктѣ I.

Ткань.	Длина въ милл.	b—a c—d	Разница c—b	d—a
a) Кожица съ освѣщ. стор. . .	205,0	} = 5 милл.	} = 3,5 милл.	} = 4 милл.
b) Паренхима " " . . .	210,0			
c) Паренхима затѣн. стор. . .	213,5	} = 4,5 милл.	}	
d) Кожица " " . . .	209,0			

Въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, въ отличіе отъ предъидущаго, существуетъ значительная разница въ длинѣ расширяющихся тканей (по устраленіи взаимнаго

¹⁾ Гофмейстеръ (III, стр. 515) говоритъ, что изгибаніе подъ вліяніемъ свѣта происходитъ оттого, что расширяемость пассивныхъ слоевъ освѣщенной стороны уменьшается; это выраженіе не вполне соответствуетъ моимъ наблюденіямъ; пассивно расширенныя слои освѣщенной стороны только короче слоевъ затѣненной стороны, но обладаютъ ли они при этомъ меньшею расширяемостью, этого я не рѣшаю.

ихъ напряженія) освѣщенной и затѣненной сторонъ; паренхима послѣдней была на 3,5 милл. длиннѣ паренхимы первой. Несмотря на это, изгибаніе цѣлаго органа отъ вліянія свѣта и въ этомъ случаѣ не исключительно зависитъ отъ большаго расширенія активной ткани затѣненной стороны, но также отъ болѣе сильнаго роста въ длину внѣшняго пассивнаго слоя (кожицы) этой же стороны, который былъ на 4 милл. длиннѣ кожицы освѣщенной стороны.

Вся затѣненная сторона органа длиннѣ (не принимая въ расчетъ напряженія) освѣщенной и вмѣстѣ съ тѣмъ напряженіе между паренхимой и кожей у первой слабѣ нежели у послѣдней (4,5 : 5), слѣдовательно тѣневая сторона этого пустаго стебля менѣе напряжена, чѣмъ освѣщенная. Съ этимъ согласуется прежнее показаніе Гофмейстера (I, стр. 203) относительно прорастающей *Cucurbita*. Подсѣмядольный членикъ ея, длиною въ 80,82 милл., изогнулся къ свѣту, образовавъ дугу въ $76^{\circ}24'$. При расщепленіи въ длину, вогнутая долевая половина изогнулась на $81^{\circ}36'$ и представляла весьма значительное удлинненіе до 86,98 мм. Выпуклая же долевая половина образовала дугу только въ $58^{\circ}44'$, но удлиннилась за то до 87,79 мм.¹⁾

III) Молодое горшечное растение *Nicotiana Tabacum*, около 40 стм. вышины, съ нѣсколькими большими листьями, было, вдали отъ окна, поставлено передъ темною плоскостію. По прошествіи 48-ми часовъ, когда въ молодыхъ междоузліяхъ обнаружилось легкое изгибаніе, растение было изслѣдовано по способамъ, изложеннымъ въ I и II. Изогнувшійся кусокъ, длиною въ 133 мил., образовалъ дугу въ 30° . Съ вогнутой и выпуклой сторонъ было отдѣлено по полоскѣ, состоявшей изъ кожицы, коры и древесины (безъ сердцевинки, что легко приготовить); полоска освѣщенной стороны тотчасъ согнулась болѣе чѣмъ на 360° , образовавъ спираль, у которой наиболѣе сильно изогнутая часть принадлежала верхнему концу. Полоска затѣненной выпуклой стороны согнулась въ противоположную сторону, такъ что и тутъ вогнутость была на сторонѣ ея кожицы, и здѣсь изгибъ образовалъ спираль болѣе одного оборота. Сердцевина, по устраненіи окружавшихъ ее частей, не измѣнила своего изгиба и осталась въ томъ же положеніи, какъ въ неповрежденномъ стеблѣ (30°). Такъ какъ въ этомъ случаѣ противоположные изгибы пассивныхъ слоевъ освѣщенной и затѣненной половинъ были почти одинаковы, то, если бы эти слои срослись своими внутренними сторонами, они должны были бы образовать прямую линію; такъ какъ сердцевина, лежащая между этими слоями, сама по себѣ сохранила изгибъ, который имѣлъ неповрежденный органъ, то изъ этого слѣдуетъ, что затѣненная сторона сердцевинки сильнѣе выросла въ длину, чѣмъ преимущественно и обуславливался изгибъ всего органа; при этомъ сердцевинкѣ содѣйствуетъ еще то, что затѣненная сторона пассивныхъ слоевъ также нѣсколько длиннѣ освѣщенной стороны.

Изолированная ткань.	Длина въ милл.	b—a Разница	c—a
a) освѣщ. пасс. слой	131,5	} 5,5 милл.	} 1,0 милл.
b) сердцев. цилиндръ	137,0		
c) затѣн. пасс. слой	132,5		

¹⁾ Этотъ опытъ однако не разъясняетъ того, чѣмъ обуславливается сильнѣйшее удлинненіе затѣненной стороны—увеличеніемъ ли растяжимости ея пассивныхъ слоевъ, или другими какими либо обстоятельствами.

Подобный результатъ далъ другой экземпляръ того же рода. Здѣсь (спиральное) изгибаніе кожицы, коры и древесины затѣненной стороны было даже сильнѣе нежели на освѣщенной сторонѣ; но такъ какъ полоска затѣненной стороны была на 2,5 милл. длиннѣе противоположной, то она могла болѣе уступать изгибанію сердцевинѣ и сдѣлалась выпуклою; длина частей, при изгибѣ стебля на 25°, была слѣдующая:

a) освѣщенные пассивные слои	87,0 милл.	} . . . 5 милл.	} — 2,5 милл.
b) сердцевина	92,2 —		
c) затѣненные пассивные слои	89,5 —			} . . . 2,5 —

Эти опыты, къ сожалѣнію, не довольно многочисленны, чтобы изъ нихъ можно было съ достовѣрностію вывести законъ; они были предприняты лишь за нѣсколько дней передъ изложеніемъ этого параграфа и не могли быть пополнены по недостатку матеріала и времени. При всемъ томъ они ясно показываютъ, что гелиотропическое изгибаніе не обуславливается исключительно различіемъ въ растяжимости пассивныхъ слоевъ освѣщенной и затѣненной сторонъ, но прежде всего различіемъ въ ростѣ этихъ слоевъ въ длину, и что при извѣстныхъ обстоятельствахъ активно расширяющаяся паренхима на затѣненной сторонѣ удлиняется сильнѣе. Изложенныя наблюденія допускаютъ слѣдующіе выводы: въ частяхъ стебля, изгибающихся вогнутостію къ свѣту, пассивно растяжимая ткань затѣненной стороны, въ силу своего болѣе значительнаго роста, представляетъ большій просторъ расширяющейся паренхимѣ этой стороны (наблюд. I, II, III), а иногда усиливается долевою ростъ паренхимы затѣненной стороны (II и III); напряженіе тканей при этомъ можетъ проявляться въ весьма различномъ видѣ.

Уже де-Кандоль ¹⁾ объяснял гелиотропическое изгибаніе тѣмъ, что затѣненная сторона, вслѣдствіе недостатка свѣта, сильнѣе растетъ въ длину (этиолованіе). Мои наблюденія подтверждаютъ вѣрность этого изложенія болѣе нежели наблюденія Гофмейстера ²⁾.

Дютроше, а вслѣдъ за нимъ и другіе, опровергали это положеніе Декандоля тѣмъ, что послѣ расщепленія по длинѣ, освѣщенная половина увеличиваетъ свой изгибъ а затѣненная уменьшаетъ (а иногда даже изгибается въ противоположную сторону), думая въ этомъ видѣть доказательство тому, что активною бываетъ не затѣненная сторона, но, напротивъ, освѣщенная. Противъ этого однако должно замѣтить, что такое объясненіе не совершенно вѣрно. Они очевидно исходили изъ предположенія, что по де-Кандолю, усиленный ростъ затѣненной стороны можетъ обуславливать изгибаніе только потому, что онъ производитъ давленіе на освѣщенную сторону; это фактически и проявлялось до нѣкоторой степени въ моихъ наблюденіяхъ II и особенно III, но возможенъ также и тотъ случай, что ростъ пассивной ткани затѣненной стороны, не столько производитъ давленіе на освѣщенную половину, сколько не противодѣйствуетъ стремленію послѣдней изгибаться, какъ это было замѣчено въ наблюденіи I.

¹⁾ De Candolle: *Physiol. végét.* Paris 1832, III, стр. 1083.

²⁾ Hofmeister: I, стр. 203.

Можно предполагать, что продолжительное вліяніе односторонняго освѣщенія измѣняетъ характеръ напряженія тканей, но наблюденія, произведенныя мною въ этомъ направленіи, еще не даютъ положительнаго результата.

Гофмейстеръ доказалъ одинъ изъ важнѣйшихъ фактовъ, бросающихъ свѣтъ на механизмъ геліотропическаго изгибанія; онъ показалъ, что при изгибаніи не происходитъ укорачиванія освѣщенной стороны (такъ наз. стягиваніе), напротивъ, она при этомъ даже удлинняется, но только въ меньшей степени, нежели затѣненная. Описанный имъ способъ изслѣдованія ¹⁾ въ сущности сходенъ съ тѣмъ, который примѣненъ мною и изображенъ на фиг. 50-й, *с с* есть разрѣзъ вычерченнаго внутри ящичка, который можетъ закрываться стеклянной пластинкой *g g*, какъ дверцами; на пластинкѣ неподвижно прикрѣплены кусочки пробки *kk*; прямое междуузліе (или листовая черешокъ) *p* отрѣзается такимъ образомъ, чтобъ его концы прямо приходились къ пробкамъ, къ которымъ укрѣпляются посредствомъ иголокъ *пп*. Пространство внутри ящичка поддерживается влажнымъ, посредствомъ положенной туда мокрой бумаги; аппаратъ обращается къ окну стеклянную пластинкою и оставляется на 24—48. часовъ. Когда часть растенія *p* изогнулась вогнуто къ свѣту (приняла положеніе *p'*), то проколотыя точки и концы, упирающіеся въ пробки, сохраняютъ прежнее разстояніе, изгибъ же лежащаго между этими точками куска показываетъ, что какъ вогнутая, такъ и выпуклая продольныя стороны органа удлиннились.



ф. 50.

Изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что долевоу ростъ освѣщенной стороны подѣ вліяніемъ свѣта не прекращается совершенно, но замедляется (можетъ быть также уменьшается растяжимость пассивныхъ слоевъ); при этомъ естественно возникаетъ вопросъ, какъ объяснить себѣ подобное вліяніе свѣта? — Вопросъ въ настоящее время неразрѣшимый; какъ предположеніе, можно допустить, что свѣтъ обуславливаетъ химическое измѣненіе въ клѣточныхъ оболочкахъ, вслѣдствіе котораго послѣднія уже не въ состояніи принять между своими частицами столько воды, сколько принимаютъ оболочки, находящіяся въ темнотѣ.

Усиленное испареніе освѣщенной стороны не можетъ быть принято за причину изгибанія, потому что этому противорѣчатъ явленія напряженій тканей въ изогнутыхъ частяхъ (при такомъ опредѣленіи, очевидно, напряженіе паренхимы и пассивныхъ слоевъ освѣщенной стороны должно быть слабѣе, нежели на затѣненной сторонѣ, чего въ дѣйствительности не бываетъ) и опровергается тѣмъ, что подводныя растенія также геліотропичны. Между послѣдними есть одно, — воперія, прямо доказывающая, что свѣтъ дѣйствуетъ не на клѣточный сокъ, но только на молекулярное состояніе оболочки; я видѣлъ, какъ эти отдѣльныя клѣточки въ водѣ изгибались къ свѣту съ большой силой. Здѣсь, очевидно, причиною изгиба не можетъ быть разница въ напряженіи между соками и оболочкою, но только разница въ напряженіи между различными слоями оболочки.

Предположеніе, что при геліотропическомъ изгибаніи принимаетъ участіе выдѣленіе кислорода, не основательно во-первыхъ потому, что корни также геліо-

¹⁾ Hofmeister: П, (стр. 183, 184) прикрѣпляетъ воскомъ концы прямыхъ листовыхъ черешковъ непосредственно на стеклянную пластинку и прикрываетъ вычерченнымъ внутри стекляннымъ колоколомъ, плотно замазывая края и доставивъ нужную влажность. Способъ, вполне доказательный для положительнаго геліотропизма, непримѣнимъ къ отрицательному.

тропичны ¹⁾, хотя не выдѣляютъ кислорода, а во-вторыхъ, стеблевныя части особенно чувствительны къ переменамъ въ освѣщеніи въ то время, когда оно вообще столь слабо, что при немъ кислородъ не можетъ выдѣляться ²⁾.

Успянное нагрѣваніе освѣщенной стороны также не можетъ быть причиной изгибанія, потому что это противорѣчитъ вліянію теплоты на ростъ вообще и опровергается тѣмъ, что растенія въ темнотѣ не склоняются къ источнику теплоты; извѣстно также, что лучи сильнѣйшаго преломленія, слѣдовательно наименьшей теплоты, обуславливаютъ особенно сильное гелиотропическое изгибаніе.

Тѣмъ же механическими условіями, которыми объясняется гелиотропизмъ, Гофмейстеръ объясняетъ ³⁾ также явленіе, повидимому весьма отъ него отличное. Горизонтальная перегородка, отдѣляющая у *Pilobolus cristallinus* ⁴⁾ ножку отъ спорангія, изгибалась выпуклостью вверхъ, образуя шарообразную поверхность, вдающуюся во внутренность спорангія, такъ что споры, лежащія между этой выпуклой и стѣнкой спорангія, придавливаются къ послѣдней. Образование выпуклости начинается съ вечера и оканчивается ночью и на слѣдующее утро; передъ полуднемъ давленіе постоянно увеличивается вслѣдствіе роста перегородки, такъ что стѣнка спорангія наконецъ отрывается при своемъ основаніи съ такой силой, что отбрасывается на нѣсколько дюймовъ. Спорангіи при этомъ отдѣляются совершенно ровно, не оставляя и слѣдовъ разрыва (очевидно, что мѣсто разрыва имѣетъ особенное строеніе, къ нему приспособленное). По Коу, въ нормальномъ состояніи, напряженіе бываетъ столь значительно, что въ моментъ отскакиванія спорангія поперечная перегородка часто сама разрывается (поэтому, напряженіе здѣсь вѣроятно обуславливается эндосмотическимъ переполненіемъ содержаемаго ножки). По Коёмансу ⁵⁾ (*Coemans*) спорангіи у *Pilobolus* не сбрасываются, если онъ созрѣваетъ въ темнотѣ, но лишь только на созрѣвшій такимъ образомъ растеніи упадетъ солнечный лучъ, то всѣ спорангіи мгновенно сбрасываются. «Ясно, говоритъ Гофмейстеръ, что въ опытѣ Коёманса, расширяемость (ростъ, по Саксу) стѣнки спорангія въ темнотѣ не достигаетъ своего предѣла, но интенсивное освѣщеніе въ самое короткое время уменьшаетъ расширяемость ея въ такой степени, что происходитъ отталкиваніе спорангія.»

Кромѣ приведеннаго въ параграфѣ, въ литературѣ нѣтъ ничего, что бы могло служить къ разъясненію вопроса о механизмѣ положительнаго гелиотропизма. Показанія Дютроше опровергнуты Молеми ⁶⁾ и не заслуживаютъ возраженій съ тѣхъ поръ, какъ Гофмейстеръ, относительно напряженія тканей, сталъ на новую точку зрѣнія. Работа Рачинскаго ⁷⁾ также не даетъ разъясненія механизма гелиотропическаго изгибанія.

Отрицательный гелиотропизмъ. Напряженіе тканей въ тѣхъ междоузліяхъ и корняхъ, которые изгибаютъ освѣщенную сторону выпукло, еще мало извѣстно. Есть нѣсколько наблюдений надъ побѣгами *Nedera Helix*, но эти наблюденія не совсѣмъ между собою согласуются, очевидно потому, что различныя побѣги представляютъ весьма различныя явленія, смотря по степени питанія, силѣ роста и потому, прижимаются ли они къ подпоркѣ, или же растутъ свободно. Дютроше наблюдалъ побѣгъ, расщепленный по длинѣ и прижавшійся къ стволу; долевая половина, прилежавшая къ стволу (слѣдовательно затѣненная) сильно изгибалась вогнутостью въ тѣнь, между тѣмъ какъ освѣщенная половина обнаружила лишь весьма слабое изгибаніе вогнутостью въ сторону свѣта ⁸⁾. Но прежде чѣмъ приняться за объясненіе этого явленія, слѣдовало бы рѣшить, не дѣйствуетъ ли въ этомъ случаѣ на напряженіе тканей не только свѣтъ, но и продолжительное прикосновеніе вѣтви къ подпоркѣ, ибо подобное прикосновеніе оказываетъ несомнѣ-

¹⁾ H. v. Mohl, Die vegetab. Zelle, стр. 299.

²⁾ Прежде я самъ, подобно другимъ, защищалъ этотъ невѣрный взглядъ въ моей работѣ «Ueber die Ursachen der Lichtwendungen der Pflanzen (въ *Lotos* (Prag) 1857, стр. 154 ff.) неудовлетворительной и въ другихъ отношеніяхъ.

³⁾ Hofmeister: III, стр. 514.

⁴⁾ Cohn, Verh. der Leopoldina 15, Bd. I, Abth. стр. 514—516.

⁵⁾ Bullet. Acad. Bruxelles, 1858, стр. 201.

⁶⁾ H. v. Mohl (vegetab. Z. 7, стр. 299).

⁷⁾ Ann. d. sc. nat. 1859, Bd. t. стр. 194.

⁸⁾ Dutrochet: Mém. II, стр. 84. Taf. 18, Fig. 3.

ное влияние на завивание усиков и выгибающихся стеблей, а потому и в настоящем случае должно допустить возможность такого влияния, пока не будет доказано противное.

Гофмейстер, исследовавший свободно висящие (неприкасающиеся к подпоркам)¹⁾ побѣги говорит: «Въ этихъ побѣгахъ едва обнаруживается различіе напряженія тканей: отдѣленная полоска коры на наружной поверхности не дѣлается замятою вогнутою, а у побѣга, расколотаго по длинѣ, обѣ долевыя половинки едва расходятся».

Я исследовалъ нѣсколько небольшихъ, но сильно растущихъ (въ горшкахъ) экземпляровъ *Недега* (той же разности, что въ лѣсахъ), которые выродожились нѣсколькихъ недѣль стояли на открытомъ воздухѣ, около стѣны. Я нашелъ, что болѣе молодые свободно висящіе побѣги, самыми молодыми своими частями изгибались къ свѣту положительно; первое еще удлиннявшееся междуузліе, стоящее подъ почкой, изгибалось вогнуто къ свѣту (какъ и листовыя черешки) и обнаруживало соответственныя состоянія въ напряженіяхъ тканей; если этотъ побѣгъ разрѣзать по длинѣ, то вогнутость освѣщенной стороны возрастаетъ, выпуклая тѣневая сторона или уменьшаетъ свою выпуклость, или же совершенно выпрямляется (въ водѣ она изгибается вогнутостью въ тѣнь, но слабо). Отрицательный гелиотропизмъ въ этихъ многочисленныхъ побѣгахъ обнаруживался исключительно у болѣе старыхъ междуузлій, то у 4-го, то у 6-го то у 8-го; иногда изгибалось только одно, часто нѣсколько междуузлій, — выпуклостію къ свѣту; изгибъ у кусковъ въ 45 мил. длины доходилъ до 90°, у кусковъ въ 32 мил. до 45°, у кусковъ въ 60 мил. до 100. Если отрицательное изгибаніе обнаруживалось на 8 до 10 междуузлій, то послѣ расщепленія, половины едва расходились; у молодыхъ междуузлій, напротивъ, выпуклая половина иногда совсѣмъ выпрямлялась, между тѣмъ какъ вогнутая (затѣненная) изгибалась сильнѣе. Побѣги вообще имѣли форму болѣе или менѣе вытянутаго въ длину *S*, такъ какъ самыя молодыя междуузлія побѣга изгибались къ свѣту вогнутостію, болѣе старыя выпуклостію. Слѣдовательно, у плюща (такъ же какъ и у *Tropaeolum majus*, стр. 38) отрицательный гелиотропизмъ, повидимому, наступаетъ лишь тогда, когда начинается одревѣніе и долевою ростъ очень замедляется.

§ 127. Изгибаніе вверхъ органовъ, растущихъ горизонтально или косвенно²⁾. Гофмейстеръ показалъ³⁾, что подобно тому какъ при гелиотропическомъ изгибаніи, такъ и при направленіи кверху частей, выведенныхъ изъ вертикальнаго положенія и снабженныхъ напряженіемъ тканей, удлиняется не только выпуклая но и вогнутая (верхняя) сторона. Опираясь на томъ, что активная паренхима болѣе или менѣе совершенно выпрямляется, если ее отдѣлится отъ пассивныхъ слоевъ въ то время, когда органъ только что начинаетъ направляться кверху, Гофмейстеръ высказываетъ слѣдующее положеніе⁴⁾: «Изгибаніе вверхъ горизонтальныхъ или наклоненныхъ къ горизонту органовъ, подъ влияніемъ силы тяжести происходитъ оттого, что въ нижней долевою половинѣ органа возрастаетъ растяжимость тѣхъ клеточныхъ оболочекъ, которыя противодействуютъ оболочкамъ, стремящимся къ самостоятельному расширенію. Въ этой формѣ положеніе не противорѣчитъ ни одному изъ явленій.»

Удаляя, по Гофмейстеру, кожицу, кору и древесину у изогнувшихся вверхъ вѣтвей *Rubus Idaeus*, *Erigeron grandiflorum*, *Oenothera biennis*, *Vitis vinifera*, *Fraxinus excelsior*, у которыхъ при незначительномъ развитіи коры, изгибаніе почти исключительно обуславливается сердцевинною, то послѣдняя, удлиняясь, выпрямляется.

Гофмейстеръ подробно описываетъ отношенія напряженій въ листьяхъ *Allium Sera*, которые, какъ извѣстно, представляютъ внутри пустоту и имѣютъ форму

1) Они отворачивались горизонтально отъ свѣта, Hofmeister II, стр. 189.

2) Сравни. § 32.

3) Hofmeister, II, стр. 181, ff.

4) Loc. cit. стр. 186.

весьма острого конуса¹⁾. Отдѣленная полоска кожицы тотчасъ завертывается въ спираль, причемъ наружная ея поверхность дѣлается вогнутою. Полоска листовой паренхимы, лишенная кожицы, изгибается вогнутостью во внутрь (слѣдовательно въ листъ бездѣтная паренхима, выстилающая полость, пассивно растягивается подъ вліяніемъ слоя, богатаго хлорофилломъ); напротивъ, полоска, состоящая изъ всѣхъ тканей листа, по большей части изгибается вогнутостью кнаружи или остается вполне прямою; но въ молодомъ, сильно развивающемся листѣ, часто внутренняя сторона полоски бываетъ вогнутою. Небольшое число сосудистыхъ пучковъ, проходящихъ по зеленой паренхимѣ, не приводитъ послѣднюю въ состояніе значительнаго напряженія.

И такъ, листъ *Allium Cera* можно разсматривать состоящимъ изъ трехъ конусообразныхъ слоевъ, изъ которыхъ средней—зеленая паренхима, обладаетъ сильнымъ стремленіемъ къ активному расширенію, которое уравнивается упругостью другихъ оболочекъ—кожицы и бездѣтной паренхимы, выстилающей полость; въ молодомъ листѣ послѣдняя находится въ состояніи большаго напряженія, что позднѣе свойственно кожицѣ. Это строеніе, по замѣчанію Гофмейстера, согласуется съ обыкновеннымъ строеніемъ корней (которые также въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ существуетъ напряженіе тканей, изгибаются вверхъ), ибо и въ нихъ недостаетъ активно расширяющагося сердцевиннаго тѣла, которое бы занимало ось органа. Листья *Allium Cera* быстро и сильно изгибаются вверхъ, если укоренившееся растеніе привести въ косвенное или горизонтальное положеніе; изгибъ происходитъ ближе къ основанію листа, почти на половинѣ его длины и, по Гофмейстеру, образуетъ очень правильную дугу въ 90°; при этомъ все равно какая сторона листа обращена внизъ.

Если, по Гофмейстеру, съ изогнушагося вверхъ листа снять со всѣхъ сторонъ кожицу, неповреждая лежащей подъ нею зеленой паренхимы, то листъ, значительно удлиняется, выпрямляется, если только операція произведена тотчасъ послѣ наступанія изгибанія; если же позже, то листъ, лишенный кожицы, остается слабо изогнутымъ.

Слѣдующая таблица представляетъ эти явленія наглядно²⁾.

	Неповрежденн. листъ		Листъ безъ кожицы.	
	Изгибъ.	Длина.	Изгибъ.	Длина.
I.	87° 46'	79,55 мил.	39° 48'	81,82 мил.
II.	84° 21'	102,11 .	10° 3'	107, 3 .
III.	86° 10'	82, 7 .	17° 2'	86,92 .
IV.	73° 4'	93,42 .	6° 48'	95,81 .

«Этотъ опытъ доказываетъ, говоритъ онъ далѣе, что изгибаніе вверхъ листьевъ *Allium* обусловливается не увеличеніемъ активного расширенія паренхимы нижней долею половины листа, но уменьшеніемъ упругости, т. е. увеличеніемъ растяжимости кожицы нижней стороны.»

Я держался этого воззрѣнія Гофмейстера при изложеніи § 32 (уже напечатаннаго), но теперь, на основаніи новыхъ изслѣдованій, принужденъ отчасти отъ него уклониться; именно, я сомнѣваюсь въ томъ, что у изогнушагося вверхъ по-

¹⁾ Гофмейстеръ говоритъ, что кожица *Allium C.* отдѣляется легко, но это бываетъ различно, смотря по состоянію листьевъ, ибо мнѣ не разу ни удалось отдѣлать кожицы такъ, чтобы быть въ состояніи повторить опытъ Гофмейстера.

²⁾ Hofmeister: II, стр. 186.

бѣга растяжимость нижняго пассивнаго слоя возрастаетъ, потому что при полномъ изолированіи этого слоя здѣсь также (какъ и при гелиотропическомъ изгибаніи), послѣ устраненія напряженія, пассивные слои нижней стороны оказались длиннѣе, нежели слои верхней стороны.

Этотъ фактъ имѣетъ въ моихъ глазахъ особое значеніе потому, что онъ гораздо лучше согласуется съ вліяніемъ силы тяжести на напряженіе тканей (см. § 32), чѣмъ уменьшеніе упругости¹⁾.

Свѣже отрѣзанные прямые куски стебля или листовыхъ черешковъ я клалъ горизонтально на влажный песокъ, которымъ покрывалъ также нижніе концы, для того, чтобы дать имъ опору. Для устраненія вліянія свѣта и поддержанія въ воздухѣ влажности, отрѣзки прикрывались деревяннымъ ящикомъ съ толстыми стѣнками, такъ что нижній край его вдавливался въ песокъ; температура была 8—20° Ц., испытуемая часть подвергалась изслѣдованію лишь только я замѣчалъ изгибаніе:

1) *Nicotiana Tabacum* кусокъ стебля съ 4-мя междуузліями:

первоначальн. длина = 127,3 милл.

черезъ 24 часа „ = 130,0 „

изгибъ вначалѣ = 0

„ черезъ 24 часа = 33°.

Изолированныя полоски тканей изогнутаго куска: Длина въ милл.

Разница.

a) Пасс. сл. *) верхн. стороны = 128,0

e-a

b) Верхн. полоска сердцевини = 133,0

c) Среди. „ = 133,5

d) Нижн. „ = 133,0

e) Пасс. сл. нижн. стор. = 132,0

} = 4 милл.

Сердцевинный цилиндръ, прежде чѣмъ былъ раздѣленъ на полоски, былъ очищенъ отъ окружающихъ его частей, причѣмъ онъ совершенно выпрямлялся. Изгибаніе здѣсь, согласно Гофмейстеру, происходило не отъ разницы въ расширеніи нижней и верхней сторонъ сердцевини, также не отъ одного увеличенія растяжимости нижнихъ пассивныхъ слоевъ, но обусловливалось болѣе сильнымъ ростомъ въ длину послѣднихъ, такъ что они допускали съ своей стороны большее расширеніе сердцевини. Одними измѣреніями нельзя рѣшить, увеличилась ли сверхъ того растяжимость пассивныхъ слоевъ нижней стороны.

Кромѣ удлиненія нижнихъ пассивныхъ слоевъ, усиливается ростъ въ длину нижней стороны активной паренхимы, что, кажется, нельзя разсматривать какъ явленіе вторичное. Вышеописанный отрѣзокъ стебля *Nicotiana* лежалъ горизонтально втеченіи 24-хъ часовъ, послѣ чего сердцевина, совершенно очищенная отъ окружающихъ ее тканей, выпрямилась.

1) Къ сожалѣнію, я и здѣсь долженъ ограничиться незначительнымъ числомъ наблюденій, потому что началъ примѣнять этотъ методъ лишь въ то время, когда писалъ настоящій отдѣлъ такъ что неимѣлъ ни матеріала, ни времени. Я однако производилъ наблюденія надъ объектами, которые по своей величинѣ и легкости, съ которою допускали препарированіе, сами собою устраняли возможность слишкомъ большихъ ошибокъ въ наблюденіи. Измѣренія производились тѣмъ же способомъ, какъ и при изгибаніяхъ отъ вліянія свѣта; я и здѣсь ограничивался только приблизительнымъ измѣреніемъ дуги, ибо изгибы были слишкомъ неправильны для того, чтобы ихъ можно было разсматривать какъ совершенныя дуги; да въ этомъ случаѣ и не требовалъ съ большою точности при измѣреніи.

*) Пасс. сл. состоитъ здѣсь изъ кожицы, коры, древесины, легко отдѣляющихся отъ сердцевини.

Слѣдующій рядъ наблюденій однако показываетъ, что когда у другого отрѣзка стебля той же породы, пролежавшаго только 18 часовъ и обнаружившаго незначительное изгибаніе вверхъ, сердцевинный цилиндръ былъ очищенъ отъ всѣхъ напрягающихъ его слоевъ, онъ сохранилъ изгибъ въ значительной степени.

Ц) *Nicotiana Tabacum*, кусокъ стебля въ нѣсколько междоузлій, послѣ 18-ти часоваго лежанія въ горизонтальномъ положеніи.

Длина неповрежденнаго куска	= 127,5 милл.
» изолиров. верхн. полоски изъ коры и древес.	= 124,5 »
» всего сердцевиннаго цилиндра	= 130,0 »
» нижней полоски изъ коры и древесины	= 129,0 »
Разница въ длинѣ верхняго и нижняго пассивнаго слоя	= 4,5 »
» » верхняго пассивнаго слоя и сердцев.	= 5,5 »
» » нижняго » » »	= 1,0 »
Изгибъ неповрежденнаго куска.	= 48° вверхъ вогнутостью
» изолированной всей сердцевины	= 36° » »
» верхн. долев. полев. сердц.	= 86° » »
» нижней » » »	= 35° внизъ »

Противоположныя изгибанія, производимыя обѣими половинками изолированнаго сердцевиннаго цилиндра, показываютъ, что въ сердцевинѣ существуетъ значительное напряженіе и что осевая ея часть слишкомъ длинна въ сравненіи съ периферическими слоями; это напряженіе въ нижней половинѣ гораздо слабѣе, нежели въ верхней, ибо периферическій сердцевинный слой нижней стороны удлиннился и такимъ образомъ ослабилъ напряженіе.

На основаніи приведенныхъ въ § 121 измѣреній можно сказать, что въ вертикально выросшемъ стеблѣ табака существуетъ напряженіе слоевъ ткани слѣдующаго рода: кора слишкомъ коротка для древесины, древесина коротка для наружныхъ сердцевинныхъ слоевъ, а эти послѣдніе для осевой части сердцевины; до тѣхъ поръ, пока стволъ растетъ безпрепятственно прямо вверхъ, эти напряженія распредѣляются симметрично вокругъ оси; но если стволъ положить горизонтально, то эта симметрія нарушается, потому что каждый, болѣе книзу лежащій слой растетъ въ длину болѣе, чѣмъ ближайшій къверху слой; это производитъ ослабленіе напряженія для тканей, лежащихъ между нижней корой и осью сердцевины; въ слояхъ же, начиная отъ оси къ верхней корѣ, напряженіе возрастаетъ по той же причинѣ¹⁾. Слѣдующія два наблюденія подводятся подъ тѣ же условія.

III. Листовой черешокъ отъ *Rheum undulatum*:

Первонач. длина куска = 256,5 милл.

Послѣ 24 час. горизонт. лежанія = 257,6 »

Изгибъ неповрежд. свѣжаго куска	= непримѣтенъ
» послѣ 24 час. горизонт. лежанія	= 51° вверхъ вогнуто
» верхней полоски сердц. (вмѣстѣ съ сосуд. пучк.) отдѣленной отъ кожицы	= 280° » »
» нижней полоски сердц. (вмѣстѣ съ сосуд. пучк.) безъ кож.	= 95° внизъ »

¹⁾ Въ этой же формѣ можно выразить измѣненіе въ напряженіи тканей у положительно (геотропически) изогнутыхъ органовъ, если только вмѣсто выраженія «нижней» поставить «затѣненную» сторону, а вмѣсто «верхней» — освѣщенную. Изгибаніе междоузлій вогнутостію къ свѣту, обусловливаемое неравнобѣрнымъ освѣщеніемъ, находится въ связи съ напряженіемъ тканей, которое въ настоящее время ничѣмъ не отличается отъ напряженій, замѣчаемыхъ при изгибаніи къверху.

Длина изолированныхъ слоевъ.		Разницы:
Кожица верхн. стор.	= 252,0 милл.	} + 6,5 милл. } + 5,0 » } + 2,5 » } — 7,0 »
Верхн. сердц. полоска (съ сосуд. пучк.)	= 258,5 »	
Осеваѣ » » »	= 263,5 »	
Нижняя » » »	= 266,0 »	
Нижняя кожица	= 259,0 »	

Такъ какъ можно принять, что прежде изгибапія вверхъ, обѣ стороны листового черешка были одинаковой длины, то впродолженіи 24 часового горизонтальнаго положенія, кожица выпуклой нижней стороны сдѣлалась на 7 милл. длиннѣе кожицы верхней стороны; нижняя сторона сердцевинной паренхимы (вмѣстѣ съ сосудистыми пучками) сдѣлалась на 7,5 милл. длиннѣе соответствующей части верхней вогнутой стороны.

IV. У листового черешка отъ *Cucurbita Pepo*, пролежавшаго 24 часа на влажномъ пескѣ, и изогнувагося вверхъ, былъ измѣренъ изгибъ; затѣмъ этотъ (пустой) черешокъ, посредствомъ четырехъ долевыхъ разрѣзовъ, былъ раздѣленъ на двѣ боковыя, на одну верхнюю (вогнутую) и одну нижнюю полоски; изгибъ верхней полоски при этомъ увеличился, нижняя же завернулась въ обратную сторону, т. е. образовала вогнутость съ нижней стороны; по опредѣленіи изгибовъ, острымъ ножомъ была снята кожица съ частью прилегающей къ ней паренхимы коры, какъ съ верхней, такъ и съ нижней полосокъ (если кожицу сдирать съ такихъ длинныхъ кусковъ, то она легко рвется), послѣ чего была опредѣлена длина четырехъ изолированныхъ кусковъ; паренхима, освобожденная отъ коры, содержала еще сосудистые пучки; напряженія каждой полоски въ отдѣльности были незначительны:

Изгибъ всего черешка послѣ 24 час. гориз. лежанія	= 41° вверхъ вогнут.
» верхн. полоски (нож. паренх. сосудист. пучки)	= 215° » »
» нижней пол. (» » » »)	= 150° внизъ »

Длина изолированныхъ полосокъ		Разность.
Кожица съ корой верхн. стороны	= 162,5	} + 5,5 милл. } + 5,3 » } — 4,3 »
Сердц. съ сос. пучк. »	= 163,0	
» » » » нижней стороны	= 173,3	
Кожица съ корой »	= 169,0	

Попытка объяснить вліяніе силы тяжести на напряженіе тканей, изложенная въ § 32, находитъ подтвержденіе въ томъ результатѣ, что въ горизонтально лежащихъ и изгибающихся вверхъ органахъ, изгибъ происходитъ не вслѣдствіе большей растяжимости нижнихъ пассивныхъ слоевъ, но вслѣдствіе усиленнаго роста въ длину какъ этихъ слоевъ, такъ и нижнихъ паренхиматическихъ, такъ что разница въ напряженіи послѣдовательныхъ слоевъ нижней стороны дѣлается менѣе, а слоевъ верхней стороны — болѣе. Сообразно взглядамъ, изложеннымъ въ вышеупомянутомъ §, я представляю себѣ, что вода, заключенная во всѣхъ тканяхъ куска, способна изгибаться (кѣлочный сокъ и жидкость, пропитывающая оболочку), несмотря на различныя эндосмотическія силы и силы сѣвденія, повсюду обнаруживающія свое вліяніе, должна быть разсматриваема какъ сплошная водяная масса, производящая сама на себя давленіе, пропорціональное высотѣ.

Въ кускѣ ствола или въ листовомъ черешкѣ съ большимъ напряженіемъ тканей, лежащемъ горизонтально, вода, пропитывающая кѣлочныя оболочки нижней

кожицы, нижней коры и нижняго древесиннаго слоя, будетъ претерпѣвать давленіе, соотвѣтствующее вѣсу воды выше лежащихъ тканей; оно будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ ниже лежитъ слой, и будетъ постоянно уменьшаться по направленію къ верхней горизонтальной кожицѣ. Это давленіе должно обнаруживать свое вліяніе по вертикальному направленію независимо отъ другихъ различныхъ силъ, которымъ подлежитъ вода въ напряженныхъ тканяхъ; оно будетъ стремиться втолкнуть частицы воды въ молекулярныя промежутки клѣточныхъ стѣнокъ и тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ больше вѣсъ воды, производящій давленіе, т. е. чѣмъ далѣе слой отстоитъ отъ верхней горизонтальной кожицы. Къ различнымъ силамъ, которыми вода удерживается въ различныхъ слояхъ тканей, присоединяется такимъ образомъ еще вѣсъ выше лежащаго столба жидкости. Сначала вѣсъ воды, давящей на горизонтальную клѣточную стѣнку, раздвинетъ молекулы клѣточной оболочки на безконечно малое разстояніе, чрезъ что облегчится отложеніе новыхъ частицъ вещества въ горизонтальной оболочкѣ по горизонтальному направленію. Частицы вещества, удаленныя другъ отъ друга проникающей между нихъ водою, вслѣдствіе роста (отложенія новыхъ частицъ между старыми, *Intussusceptio*), приходятъ въ состояніе новаго равновѣсія. По установленіи послѣдняго, давленіе воды сверху однако продолжается и тотъ же самый процессъ повторяется снова. Такъ какъ сила этого процесса зависитъ отъ вѣса воды, давящей на оболочку, то онъ будетъ совершаться тѣмъ сильнѣе и скорѣе, чѣмъ глубже лежитъ разсматриваемая оболочка, т. е. чѣмъ ближе она къ нижней сторонѣ горизонтальнаго органа.

Этимъ способомъ объясняется, почему вначалѣ, когда органъ только что началъ изгибаться, напряженія слоевъ обнаруживаются вышеописаннымъ способомъ, почему потомъ напряженія болѣе уравниваются и слои тканей, по ихъ разъединеніи, изохраняютъ изогнутую вверхъ форму. До нѣкоторой степени этимъ также объясняется, почему иногда сердцевина послѣ только что наступившаго изгиба, сама по себѣ не обнаруживаетъ изгиба, если же очищена отъ окружающихъ ее частей нѣсколько позже, обыкновенно сохраняетъ изгибъ.

Все высказанное здѣсь имѣетъ пока только значеніе гипотезы, въ пользу которой однако говорить то, что она отчасти разъясняетъ явленіе, оставшееся до сихъ поръ неразъясненнымъ. Болѣе многочисленныя наблюденія, соединенныя съ точными измѣреніями, должны или подтвердить ее или опровергнуть; но во всякомъ случаѣ лучше имѣть какой нибудь опредѣленный взглядъ, который можетъ быть подвергнутъ обсужденію, чѣмъ не имѣть никакого. Въ пользу высказанной гипотезы говорить еще нѣкоторое сходство ея съ объясненіями этихъ явленій Найтомъ (Knight), равно и то обстоятельство, что она безъ труда примѣнима и къ опытамъ вращенія.

§ 128. Закручиваніе усиковъ и вьющихся стеблей. Если разрѣзать по поламъ, по длинѣ, еще незакрученный усикъ отъ *Cucurbita* или отъ *Vitis*, или еще не обвившіяся около подпорки молодыя междоузлія *Humulus*, *Phaseolus*, *Dioscorea* *Batatas*, то половинки отдѣлятся одна отъ другой; тутъ, слѣдовательно, внѣшніе слои растянуты пассивно, внутренніе же расширяются активно. Если расщепить усикъ (или междоузлія) тѣхъ же растений, спустя нѣсколько часовъ послѣ того какъ онъ началъ обвиваться около подпорки, то вогнутая долевая половинка дѣлается еще болѣе вогнутою, выпуклая же половинка уменьшаетъ свою выпуклость, а иногда и совершенно выпрямляется. Если съ выпуклой стороны незадолго передъ тѣмъ закрутившагося около подпорки усика снять кожицу, то

изгибъ значительно возрастаетъ; если же напротивъ снять кожицу съ вогнутой стороны, то изгибъ уменьшается, а иногда и совершенно пропадаетъ.

Эти наблюденія показываютъ, что отношенія напряженія у органа, изогнувшегося вслѣдствіе продолжительнаго соприкосновенія его одной стороною съ подпоркой, совершенно подобны тѣмъ, которыя обуславливаются одностороннимъ освѣщеніемъ или вліяніемъ силы тяжести. На выпуклой сторонѣ напряженіе между активными и пассивными тканями слабѣе, нежели на вогнутой; изгибъ происходитъ вслѣдствіе того, что кожица на выпуклой сторонѣ, не прилегающей къ подпоркѣ, даетъ сердцевинѣ большій просторъ къ удлинненію, нежели кожица вогнутой половинки, прилегающая къ подпоркѣ. Только точныя измѣренія длины отдѣльныхъ изолированныхъ слоевъ, взятыхъ до и послѣ завиванія усиковъ или стеблей, могутъ рѣшить, дается ли первый толчокъ къ завиванію болѣе сильнымъ ростомъ выпуклыхъ слоевъ, или же только болѣею растяжимостію соотвѣтствующихъ пассивныхъ слоевъ, или наконецъ увеличеніемъ упругости слоевъ, дѣлающихся вогнутыми.

До тѣхъ поръ, пока усики или вьющееся междуузліе еще прямы и не прикасаются къ подпоркѣ, напряженія слоевъ распредѣлены въ нихъ вокругъ оси органа довольно симметрично; но, повидимому, уже въ это время существуетъ стремленіе къ несимметричному распредѣленію, обуславливаемое самымъ развитіемъ органа. Вслѣдствіе продолжительнаго соприкосновенія съ подпоркой, т. е. вслѣдствіе давленія извнѣ по радіальному направленію, напряженіе тканей дѣлается относительно оси органа несимметричнымъ; на сторонѣ, подверженной прикосновенію, оно возрастаетъ, на сторонѣ противоположной оной, напротивъ, ослабѣваетъ.

О существованіи несимметрическаго распредѣленія напряженій въ органѣ уже до прикосновенія его къ подпоркѣ, можно заключить изъ того, что усики обвиваются лишь вокругъ такихъ подпорокъ, которыя прикасаются къ ихъ нижней сторонѣ, или къ одному изъ боковъ, и что вьющіяся междуузлія только тогда обвиваютъ подпорку, когда прикасаются къ ней одной изъ боковыхъ сторонъ, которыя уже заранѣе расположены къ раздраженію отъ прикосновенія, а потому завиваются или вправо, или влѣво ¹⁾).

Давленіе, происходящее отъ прикосновенія посторонняго тѣла (подпорки) и обуславливающее нарушеніе въ равновѣсїи напряженія тканей, можетъ быть весьма незначительно; бобъ обвивается около свободно висящей тонкой легкой нити, усики его завиваются вокругъ легкоподвижныхъ листьевъ и вокругъ другихъ еще болѣе тонкихъ усиковъ. У вьющихся стеблей соприкосновеніе съ подпоркой бываетъ часто въ высшей степени неполно, именно въ тѣхъ случаяхъ, когда они снабжены жесткими волосками, какъ напр. *Ipomaea* и *Phaseolus*, или выдающимися ребрами, какъ у *Humulus*. Въ такихъ случаяхъ къ подпоркѣ прикасаются

¹⁾ Прежде, нежели завивающееся междуузліе прикоснется къ подпоркѣ, оно свѣшивается и, вслѣдствіе крученія нижнихъ частей, производитъ круговое движеніе подобно часовой стрѣлкѣ; если передняя боковая линія перевѣсившейся части встрѣчаетъ подпорку, то происходитъ раздраженіе и закручиваніе; задняя сторона, находящаяся во время круговаго движенія сзади не раздражительна; которая изъ сторонъ свѣшивагося и производящаго круговое движеніе междуузлія есть передняя и раздражительная, зависитъ отъ направленія круговаго движенія, которое или слѣдуетъ направленію движенія часовой стрѣлки, или обратному, что зависитъ отъ природы растенія.

только выдающіяся части стебля, и, упираясь въ нее, распространяютъ давленіе на лежащую надъ ними ткань, прежде всего по радіальному направленію органа. Сила давленія можетъ быть весьма незначительною, но оно должно продолжаться опредѣленное время (вѣроятно въ большей части случаевъ нѣсколько часовъ¹⁾) для того, чтобы вызвать нарушеніе въ равновѣсіи напряженія тканей, проявляющееся въ изгибаніи органа. Моль, первый принявшій прикосновеніе съ посторонними тѣлами за причину раздраженія²⁾, также первый показалъ, что моментальныя прикосновенія, даже очень частыя, равно и давленіе и притягиваніе не производятъ никакихъ изгибовъ.

При настоящихъ недостаточныхъ познаніяхъ частичнаго строенія тканей, намъ непонятно, какимъ образомъ слабое но продолжительное давленіе (прикосновеніе) можетъ вызвать упомянутое измѣненіе въ напряженіи тканей; вѣроятно давленіе въ радіальномъ направленіи дѣйствуетъ прежде всего на частичное сдѣпленіе въ оболочкахъ, вслѣдствіе чего въ послѣднихъ вызываются новыя явленія роста и проритыванія водою также по направленію оси.

Что прикосновеніе посторонняго тѣла прежде всего оказываетъ вліяніе на клѣточные оболочки и ослабляетъ ихъ ростъ на мѣстахъ соприкосновенія—видно изъ того, что отдѣльныя вытянутыя клѣточки, соприкасаясь съ постороннимъ тѣломъ, плотно къ нему прилегаютъ. Уже Моль и Гофмейстеръ указали³⁾ на аналогію послѣдняго явленія съ завиваніемъ многихъ растений (каковы напр. *Ficus stipulata*, *Hedera Helix*); сюда напр. относится плотное прилеганіе цвѣтанныхъ трубочекъ къ внутренней поверхности плодика и къ наружной поверхности сѣмяпочекъ, вдоль которыхъ онѣ растутъ; особенно ясно это явленіе обнаруживаютъ цвѣтущія трубочки злаковъ въ то время, пока растутъ вдоль неровной поверхности волосастаго рыльца; подобнымъ же образомъ прилегаютъ къ своей подстилкѣ корневныя клѣточки *Oedogonium*; срастаніе корневыхъ волосковъ сухопутныхъ растений съ частичками почвы (см. фиг. 20) основывается, очевидно, на тѣхъ же причинахъ⁴⁾ Плотное прилеганіе одноклѣтныхъ органовъ къ постороннему тѣлу можетъ быть приписано только измѣненію роста оболочки (при участіи напряженія въ самой оболочкѣ), и нѣтъ никакого основанія не допускать того же самаго процесса въ многоклѣтныхъ органахъ.

Моль въ своей прекрасной монографіи «Ueber den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen», 1827, первый указалъ на отношенія усиговъ и вьющихся стеблей къ подпоркамъ; онъ же опровергъ прежніе нелѣпые взгляды по этому вопросу, доказавъ, что прикосновеніе дѣйствуетъ какъ раздраженіе и притомъ лишь въ томъ случаѣ, когда оно продолжается извѣстное время, и представилъ многія другія данныя, относящіяся до механизма этихъ движеній

¹⁾ У *Sycios angulata*, по Asa Gray, изгибаніе идетъ такъ быстро, что даже можно видѣть движеніе органа.

²⁾ Моль, очевидно, совершенно основательно принимаетъ соприкосновеніе съ постороннимъ тѣломъ за «раздраженіе», обуславливающее движеніе, но не производящее его непосредственно. Это явленіе очевидно относится къ той же категоріи, какъ движенія листа мимозы вслѣдствіе прикосновенія къ нижней сторонѣ его подушечки, и если слово «раздраженіе» примѣнимо къ послѣднему явленію, то оно безъ сомнѣнія примѣнимо и для усиговъ и вьющихся стеблей.

³⁾ Hofmeister: «Neue Beiträge» Abhandl. d. k. Sächs. Ges. der Wiss., VII, стр. 683.

⁴⁾ Н. v. Mohl (Veget. Zelle, стр. 215): «Причину того, что многія клѣточки изгибаются и плотно прилегаютъ къ твердому тѣлу, можно искать въ томъ, что ростъ тѣхъ частей клѣточной оболочки, которыя прилегаютъ къ постороннему тѣлу, идетъ медленнѣе, чѣмъ ростъ частей не прикасающихся. Впрочемъ явленіе можетъ быть гораздо болѣе сложнѣе» и т. д.

и до отношенія выющихся органовъ къ образу жизни растений. Что касается до дальнѣйшихъ усложненій этихъ движеній, когда къ вогнутости со стороны подпорки присоединяется еще боковой изгибъ, такъ что органъ, вмѣсто круга, описываетъ винтовую линію, дажѣ, относительно уклоненій, вызываемыхъ вліяніемъ свѣта, стремленіемъ выющагося стебля вверхъ и различными формами подпорокъ, необходимо справиться въ оригинальнѣ, такъ какъ для насъ въ настоящемъ случаѣ имѣютъ значеніе только вопросы относительно напряженія тканей въ органахъ, дѣлающихся отъ соприкосновенія вогнутыми, и относительно вліянія прикосновенія.

Для рѣшенія этихъ существеннѣйшихъ вопросовъ должны быть предприняты новыя точныя изслѣдованія ¹⁾. Многіе придавали особенное значеніе аналогіи завиванія усиковъ и стеблей вслѣдствіе прикосновенія, съ движеніемъ мимозъ отъ толчка и др. прилипъ. Но, кажется, что эта аналогія касается только внѣшней стороны явленій, ибо механическія условія въ обоихъ случаяхъ существенно различны. Раздраженное сочлененіе мимозы теряетъ въ напряженіи нижней стороны, у изогнувагося же усика и выющагося стебля, какъ выше показано, напряженіе тканей на сторонѣ, подвергнутой прикосновенію, увеличивается въ сравненіи съ напряженіемъ противоположной стороны; въ сочлененіи мимозы въ наибольшемъ взаимномъ напряженіи находятся активно расширяющееся тѣло и осевой сосудистый пучокъ; въ усикахъ же наибольшее напряженіе обуславливается осевою сердцевиною и кожей; у сочлененія мимозы раздражительная ослабѣвающая половина органа дѣлается вогнутою, потому что она пассивно претерпѣваетъ давленіе противоположной половины, дѣлающейся выпуклою; совершенно противоположное мы находимъ въ усикахъ и выющихся междоузліяхъ: здѣсь выпуклая (не раздражительная) сторона пассивно перетягивается на другую сторону раздражительною половиною органа, дѣлающеюся вогнутою; сочлененіе мимозы дѣлается раздражительнымъ, еще не достигнувъ окончательнаго развитія и сохраняя эту способность до смерти листа, усики же и выющіеся междоузлія бывають раздражительны только въ опредѣленномъ состояніи развитія ²⁾, но козь скоро достигаютъ полнаго развитія, дѣлаются нечувствительными къ прикосновенію; наконецъ, между обѣими категоріями органовъ замѣчается разительное различіе въ ихъ отношеніяхъ къ свѣту: ткань сочлененія мимозы дѣлается способною къ движенію только вслѣдствіе продолжительнаго вліянія интензивнаго освѣщенія, она должна находиться въ фототоническомъ состояніи для того, чтобы быть раздражительною; листья, оцѣнѣвшіе отъ вліянія темноты или совершенно этиолированные, не бывають раздражительны, напротивъ того, какъ показалъ уже Моль (loc. cit.), этиолированные усики и выющіеся растенія обвиваються около подпорокъ и я самъ это наблюдаю на усикахъ *Cucurbita* и *Vigna* ³⁾, и выющихся междоузліяхъ *Phaseolus* и *Ipomaea* ⁴⁾; молекулярное состояніе, обуславливающее раздражительность, здѣсь, очевидно, совершенно независитъ отъ свѣта, здѣсь не замѣчается различнаго вліянія фототона и оцѣнѣнія отъ темноты, а безразличіе этихъ органовъ къ геліотропическому вліянію свѣта было уже замѣчено Молею (усики у *Vitis* обладаютъ слабымъ отрицательнымъ геліотропизмомъ, выющіеся междоузлія обнаруживаютъ только слабый геліотропизмъ).

§ 129. Разнообразныя движенія растительныхъ частей, основанныя на изгибахъ или скручиваніи и вызываемыя внутренними процессами развитія а не внѣшними причинами, безсомнѣнно тоже сопровождаютъ измѣненіями въ напряженіи различныхъ слоевъ тканей и имп обуславливаются; вѣроятно, всѣ эти движенія происходятъ оттого, что то активная, то пассивная ткань

¹⁾ Работа Asa Gray (Proceed. Americ. Acad. of science Edinb. new. philos. journal, 1859) знакома мнѣ только по реферату и судя по послѣднему, она не разъясняетъ вышеупомянутыхъ вопросовъ.

²⁾ Моль (loc. cit., стр. 65) говоритъ, что усики дѣлаются чувствительными къ прикосновенію лишь съ окончаніемъ ихъ роста въ длину, но на основаніи послѣдующихъ словъ это положеніе нельзя принять во всей строгости; послѣднимъ проявленіемъ роста должно считать завиваніе, которое, очевидно, обуславливается преобладающимъ ростомъ верхней стороны; вѣроятно усикъ дѣлается чувствительнымъ къ прикосновенію въ то время, когда неодинаковый ростъ нижней и верхней сторонъ уже началъ обуславливать опредѣленное взаимное напряженіе обѣихъ, что бываетъ не задолго до завиванія.

³⁾ Sachs: Bot. Zeitg, 1863, Beilage, стр. 12.

⁴⁾ Тамъ же, 1865, стр. 119, сравни также § 15.

растутъ скорѣе и притомъ то на одной, то на другой сторонѣ органа, или оттого, что вслѣдствіе внутреннихъ измѣненій растяжимость пассивныхъ слоевъ то той то другой стороны или увеличивается, или уменьшается. Точныхъ изслѣдованій въ этомъ направленіи до сихъ поръ однако не сдѣлано.

Самыя разительныя, относящіяся сюда явленія суть: самостоятельное завиваніе усиковъ (отъ вершины къ основанію) и скручиваніе вьющихся междоузлій (отъ основанія кверху), пока они не прикоснутся къ подпоркѣ¹⁾, движенія рыльца (напр. у *Epilobium*, *Nigella* и тычинокъ напр. у *Thraeolum majus*, *Parnassia palustris* и др.²⁾ во время оплодотворенія, поворачиваніе цвѣтовыхъ и стеблевыхъ листьевъ при распусканіи почекъ и часто встрѣчающееся винтообразное закручиваніе этихъ частей³⁾, измѣненія въ положеніи цвѣтовыхъ ножекъ послѣ оплодотворенія (*Fritillaria imperialis*, *Lilium Martagon*, *Campanula*); сюда же относится повислость быстро растущихъ зеленыхъ и цвѣтовыхъ побѣговъ, которые, не обнаруживая скручиванія, изгибаются на востокъ, западъ, сѣверъ и югъ, совершенно независимо отъ положенія солнца, вообще независимо отъ освѣщенія (напр. *Allium Porrum*, *Cera*; *Brassica Napus*, *Linum usitatissimum*)⁴⁾, ибо это происходитъ также въ глубокой и постоянной темнотѣ; наконецъ здѣсь же должно упомянуть и о скручиваніи сильно растущихъ въ длину этиолированныхъ междоузлій и листьевъ⁵⁾.

Напряженіе тканей во всѣхъ этихъ случаяхъ представляетъ вопросъ, основательное рѣшеніе котораго должно безъ сомнѣнія принести богатые результаты для теоріи роста.

¹⁾ Mohl: «Ranken u. Schlingpflanzen» 1827 и Dutrochet: Ann. des sc. nat. 1843 t. XX, стр. 306.

²⁾ Meyen III, стр. 494, ff. и De Candolle Physiol. перев. v. Röper II, 71 ff.

³⁾ M. Wichura въ Flora 1852, Nr. 2, о закручиваніи у мховъ см. Wichura въ Jahrb. für wiss. Botanik. 1859, стр. 200, ff.

⁴⁾ Къ этимъ же явленіямъ, на которыя до сихъ поръ мало обращено вниманія, относится также повислость цвѣточныхъ головокъ *Helianthus annuus* на востокъ, западъ, сѣверъ и югъ, что рѣшительно не зависитъ отъ положенія солнца; сравни также Röper's Ann. въ De Candolle Physiol. II, стр. 33.

⁵⁾ J. Sachs: Botan. Zeitung, 1863, Beilage, стр. 16.