

Б 581.4
20

А.С. Раммелтукна

581.4
Ф.

Учебник
физиологии расте-
ний

~~№ 225~~

№ 803

581.4

Ф-205

УЧЕБНИКЪ

ФИЗИОЛОГИ РАСТЕНІЙ.



X



А. С. Фаминцына,

ОРДИНАРНАГО ПРОФЕССОРА С.-ПЕТЕРБУРГСКАГО УНИВЕРСИТЕТА И ЭКСТРАОРДИНАРНАГО
АКАДЕМИКА ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.



888



САНКТ-ПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 лин., № 12.

1887.

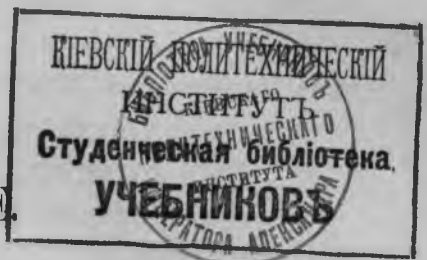
10378/1119
887501
14755

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Предлагаемое сочиненіе имѣетъ цѣлью удовлетворить насущной потребности въ русскомъ учебникѣ по физиологіи растений для университетскихъ слушателей. Въ настоящее время, кромѣ университетскихъ лекцій, издаваемыхъ, въ большей части слушаевъ, далеко не въ совершенномъ видѣ, имѣются на русскомъ языкѣ лишь переводы съ устарѣлыхъ изданій учебниковъ Сакса и земледѣльческой химіи Мейера (по питанію растений). Изложеніе, которому я здѣсь слѣдовалъ, соотвѣтствуетъ приблизительно, по объему, читаемому мною общему курсу Физиологіи растений и существенно разнится отъ нѣмецкихъ учебниковъ Сакса и его школы, которые пользуются преимущественно передъ остальными повсемѣстнымъ распространеніемъ. Главною задачею университетскаго преподавателя Саксъ считаетъ ознакомленіе слушателей со взглядами учителя на излагаемый предметъ (см. предисловіе его къ сочиненію: *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie*); въ его учебникахъ поэтому вводится чрезвычайно много субъективнаго и нерѣдко теоретическимъ соображеніямъ отводится первенствующее мѣсто въ ущербъ изложенію фактической разработки излагаемаго вопроса. Мною напротивъ того преслѣдовалась совершенно иная цѣль: по возможности объективное изложеніе современнаго состоянія нашихъ свѣдѣній о жизни растений; я старался придерживаться фактической стороны предмета, ограничиваясь лишь ссылками и указаніемъ на источники для желающихъ ознакомиться съ теоретическими соображеніями, несомнѣнно весьма любопытными и важными, но не имѣющими достаточно твердой почвы

подъ собою. Въ вопросахъ достаточно разработанныхъ указанъ мною историческій ходъ постепеннаго ихъ выясненія; стараясь въ то же время по возможности рельефно обрисовать состояніе фізіологіи растений въ настоящій моментъ, представляющій лишь переходную ступень отъ прошедшаго къ будущему, я не миновалъ и вопросовъ только-что поставленныхъ и не разрѣшенныхъ и, гдѣ находилъ удобнымъ, помѣстилъ указанія на пути ихъ дальнѣйшей разработки. Подробныя приведенныя мною литературныя указанія на источники, послужившіе основою при изложеніи курса фізіологіи растений, даютъ кромѣ того возможность, съ помощью предлагаемаго учебника ознакомиться основательно съ важнѣйшими трудами по разслѣдованію жизни растительныхъ организмовъ.

ВВЕДЕНІЕ.



Физиологія растений имѣетъ предметомъ разслѣдованіе жизни растительныхъ организмовъ. Изъ брошеннаго въ благопріятную для прорастанія почву, сѣмени (или споры) вырастаетъ, какъ извѣстно, растеніе въ нѣсколько сотъ или тысячъ разъ превосходящее по вѣсу и объему сѣмя, причемъ получается растеніе по формѣ органовъ и строенію сходное до мельчайшихъ подробностей съ растеніемъ, съ котораго взято было сѣмя (или спора). По достиженіи полной зрѣлости растеніе производитъ обыкновенно въ болѣе или менѣе значительномъ количествѣ сѣмена (или споры). Другими словами, растеніе растетъ, по достиженіи окончательныхъ размѣровъ производитъ новыя, способныя къ дальнѣйшему развитію особи и отмираетъ. Въ этихъ главныхъ, наиболѣе существенныхъ проявленіяхъ жизни, растенія представляютъ сходство съ животными. При разрастаніи они заимствуютъ, подобно животнымъ, необходимый для построенія ихъ тѣла матеріаль извнѣ, съ тѣмъ только существеннымъ различіемъ, что довольствуются въ большинствѣ случаевъ лишь немногими минеральными солями, водою и углекислотою и перерабатываютъ эти соединенія въ весьма сложныя, совершенно своеобразныя органическія, которыхъ нѣтъ въ мертвой, окружающей природѣ. Изъ этихъ послѣднихъ строятъ растенія свое тѣло способомъ сходнымъ съ переработкой пищи животными организмами. При этомъ растенія производятъ съ окружающей атмосферой обмѣнъ газовъ, по химическому характеру и значенію для жизни растений, сходный съ дыханіемъ животныхъ. Большое сходство проявляется съ животными, какъ

будетъ ниже показано, въ присущей растеніямъ раздражимости и въ половомъ способѣ размноженія.

Руководствуясь вышеизложенными соображеніями, я слѣдовалъ, при изложеніи физиологіи растеній; слѣдующаго порядка:

въ 1-й главѣ сообщаются свѣденія: а) о химическомъ составѣ растеній, б) о своеобразномъ молекулярномъ ихъ строеніи и в) о раздражимости растеній;

во 2-й — свѣденія о питаніи растеній; глава эта представляетъ переработку „Обмѣна веществъ“, съ необходимыми сокращеніями и дополненіями относительно работъ, появившихся послѣ изданія этого сочиненія;

въ 3-й — способы размноженія растеній, преимущественно половой способъ.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	СТРАН.
Предисловіе	III
Введеніе	V

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Химическій составъ растеній	1
Органическія соединенія въ растеніяхъ	3
Перечисленіе органическихъ составныхъ частей	—
Распредѣленіе органическихъ соединеній въ растеніяхъ и микрохимическія реакціи	11
Неорганическія составныя части растеній	22
Организованныя образованія и ихъ молекулярное строеніе	23
Ростъ растеній	29
Раздражимость растеній	39
Заложеніе различныхъ тканей и органовъ подъ вліяніемъ виѣшнихъ условій	40
Передвиженія (простѣйшихъ) организмовъ и органовъ растеній, вызываемыя виѣшними раздраженіями	47
Передвиженія простѣйшихъ организмовъ, построенныхъ изъ плазмы (безъ оболочки)	48
Реакціи на раздраженія одноклѣтныхъ организмовъ и перемѣщеніе содержащаго клѣтки	52
Реакціи на раздраженія органовъ высшихъ многоклѣтныхъ организмовъ	55

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Питаніе растеній	84
I. Синтезъ органическихъ соединеній	85
Синтезъ органическихъ соединеній растеній, снабженныхъ хлорофилломъ	—

А. Опредѣленіе необходимыхъ составныхъ частей пищи и участія корней и листьевъ въ принятіи сырой пищи	—
а) <i>Участіе корней въ принятіи сырой пищи</i>	—
б) <i>Участіе листьевъ въ принятіи сырой пищи</i>	91
Усвоеніе листьями углекислоты	92
Усвоеніе листьями кислорода, азота и амміака изъ атмосферы	106
Б. О синтезѣ органическихъ соединеній въ растеніяхъ изъ мине- ральныхъ составныхъ частей сырой пищи	114
<i>Реакціи, происходящія только въ присутствіи свѣта</i>	115
Синтезъ крахмала	—
Синтезъ маслообразныхъ, жирныхъ тѣлъ на свѣтѣ	121
√ Образованіе и разрушеніе хлорофилла и нѣкоторыхъ другихъ пигментовъ въ зависимости отъ свѣта	123
<i>Реакціи синтеза органическихъ соединеній въ растеніяхъ, происходящія безъ соудѣствія свѣта</i>	130
<i>Питаніе водорослей</i>	132
В. Объ источникѣ энергіи, заимствуемой растеніями извнѣ, для по- строенія органическихъ соединеній и для другихъ жизненныхъ отправленій	135
<i>Химическія реакціи, вызываемыя солнечной энергіей въ растеніяхъ</i>	139
√ Участіе хлорофилла и другихъ пигментовъ въ синтезѣ углеводовъ	141
Синтезъ органическихъ соединеній въ насѣкомоядныхъ растеніяхъ, зеленыхъ цвѣтковыхъ паразитахъ и сапрофитахъ	147
Синтезъ органическихъ соединеній въ растеніяхъ, лишенныхъ хлорофилла ..	149
Грибы и водоросли, лишенные хлорофилла (бактеріи)	—
<i>Вліяніе свѣта на развитіе грибовъ</i>	156
Измѣненія, вызываемыя простѣйшими грибами и бактеріями въ субстратахъ, служащихъ для ихъ развитія	157
<i>Обмѣнъ газовъ, сопровождающій броженіе и питаніе грибовъ и бактерій</i> ..	167
И. Построеніе организованныхъ образованій растеній изъ органическихъ соединеній	170
Химическія превращенія пластическаго матеріала	—
Прорастаніе цвѣтковыхъ растеній	172
<i>Составъ стѣмянъ и химическія превращенія, сопровождающія прорастаніе</i> ..	—
<i>Прорастаніе въ темнотѣ</i>	181
<i>Прорастаніе на свѣтѣ</i>	185
Питаніе листовыхъ побѣговъ, вѣтвей и ствола	187
Питаніе цвѣтовъ и плодовъ	189
Питаніе луковицъ, клубней и корней	192
Питаніе насѣкомоядныхъ и зеленыхъ паразитныхъ растеній	—
<i>Питаніе насѣкомоядныхъ растеній</i>	193
<i>Питаніе зеленыхъ паразитныхъ растеній</i>	197
Питаніе безцвѣтныхъ (лишенныхъ зеленой окраски) растеній	—
<i>Питаніе цвѣтковыхъ растеній, лишенныхъ хлорофилла</i>	—

	СТРАН.
<i>Питаніе грибовъ и бактерій</i>	198
<i>Дыханіе растеній</i>	201
МЕТОДЫ РАЗСЛѢДОВАНІЯ ДЫХАНІЯ РАСТЕНІЙ	—
ЗАВИСИМОСТЬ ДЫХАНІЯ РАСТЕНІЙ ОТЪ ВНѢШНИХЪ УСЛОВІЙ	206
СООТНОШЕНІЕ ДЫХАНІЯ СЪ РОСТОМЪ	208
ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГИИ ДЫХАНІЯ ОТЪ ВОЗРАСТА ОРГАНА	210
ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГИИ ДЫХАНІЯ ОТЪ КОЛИЧЕСТВА БРАХМАЛА ВЪ ИЗСЛѢДУЕМОЙ ЧАСТИ РАСТЕНІЯ	211
ЗАВИСИМОСТЬ ОТНОШЕНІЯ $\frac{CO_2}{O_2}$ ОТЪ ВНѢШНИХЪ УСЛОВІЙ И ОТЪ РАСТЕНІЯ	—
ДЫХАНІЕ РАСТЕНІЙ НА СВѢТѢ	215
ВНУТРЕННЕЕ (ИНТРАМОЛЕКУЛЯРНОЕ) ДЫХАНІЕ	217
ВЫДѢЛЕНІЕ ТЕПЛОВОЙ И СВѢТОВОЙ ЭНЕРГИИ РАСТЕНІЯМИ	219
III. Обмѣнъ газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ тѣлъ между растеніями и окружающей средой и передвиженіе ихъ по растенію	225
1. Обмѣнъ веществъ между растеніями и окружающей средой	—
А. Обмѣнъ веществъ между голой плазмой и окружающей средой.	—
Б. Обмѣнъ веществъ клѣткѣ, снабженной оболочкой, съ окружающей средой	—
В. Обмѣнъ веществъ между высшими растеніями и окружающей средой	232
<i>Обмѣнъ веществъ корнями</i>	233
<i>Обмѣнъ веществъ листьями</i>	238
ПУТИ ОБМѢНА ГАЗОВЪ И ВОДЫ МЕЖДУ РАСТЕНІЯМИ И АТМОСФЕРОЙ	—
Обмѣнъ газовъ.	—
Выдѣленіе и поглощеніе воды воздушными частями растеній	241
Испареніе воды листьями.	—
Выдѣленіе воды воздушными частями растеній въ капельножидкомъ видѣ	246
Всасываніе воды листьями	247
2. Передвиженіе по растеніямъ газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ тѣлъ. ..	248
ПЕРЕДВИЖЕНІЕ ГАЗОВЪ ВЪ РАСТЕНІЯХЪ	—
ПЕРЕДВИЖЕНІЕ ЖИДКИХЪ И ТВЕРДЫХЪ ТѢЛЪ ПО РАСТЕНІЮ	254
<i>Передвиженіе жидкихъ и твердыхъ тѣлъ, неразрывно связанное съ жизненными отравленіями растеній</i>	255
ИЗСЛѢДОВАНІЯ НАДЪ ПЕРЕДВИЖЕНІЕМЪ ВЕЩЕСТВЪ ПРИ ПРОРАСТАНІИ	—
ПЕРЕМѢЩЕНІЯ ПО РАСТЕНІЮ ВЫРАБОТАННАГО ЛИСТЬЯМИ ЗАПАСНАГО МАТЕРІАЛА ВЪ МѢСТА ПОТРЕБЛЕНІЯ ИЛИ ВРЕМЕННАГО ОТЛОЖЕНІЯ	256
ИЗСЛѢДОВАНІЕ ПУТЕЙ ПЕРЕДВИЖЕНІЯ ПЛАСТИЧЕСКАГО СОКА ИЗЪ ЛИСТЬЕВЪ, ПОСРЕДСТВОМЪ ВЫРѢЗЫВАНІЯ ОПРЕДѢЛЕННЫХЪ ТѢЛЪ РАСТЕНІЯ	257
ПЕРЕДВИЖЕНІЕ ПЛАСТИЧЕСКАГО МАТЕРІАЛА ИЗЪ ЛИСТЬЕВЪ ВНИЗЪ И ВВЕРХЪ ПО КОРЬ ..	—
МАКРОХИМИЧЕСКІЯ ИЗСЛѢДОВАНІЯ НАДЪ ПЕРЕДВИЖЕНІЕМЪ ПЛАСТИЧЕСКАГО МАТЕРІАЛА ИЗЪ ЛИСТЬЕВЪ ПО РАСТЕНІЮ	260
ПЕРЕДВИЖЕНІЕ ЗИМНЯГО ЗАПАСНАГО МАТЕРІАЛА ВЪ НАРАСТАЮЩІЕ ЗИМНІЕ ПОВѢГИ ...	263
О ПЛАЧѢ РАСТЕНІЙ	264

<i>Передвиженіе почвеннаго раствора въ растеніяхъ, подъ вліяніемъ испаренія воды</i>	272
ИЗСЛѢДОВАНІЕ ПУТИ ПЕРЕДВИЖЕНІЯ ПОЧВЕННАГО РАСТВОРА	—
ИЗСЛѢДОВАНІЕ СКОРОСТИ ПЕРЕДВИЖЕНІЯ ПОЧВЕННАГО РАСТВОРА	275
ИЗСЛѢДОВАНІЕ БЛИЖАЙШИХЪ ПРИЧИНЪ ПЕРЕДВИЖЕНІЯ ПАСОКИ И ПОЧВЕННАГО РАСТВОРА ПО РАСТЕНІЮ	—

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Размноженіе растеній	277
Размноженіе бесполое	—
Размноженіе половое	281
Половое размноженіе споровыхъ	—
Половое размноженіе цвѣтковыхъ	287
Половое размноженіе голосѣмянныхъ	—
Половое размноженіе скрытосѣмянныхъ	289
<i>Участіе насѣкомыхъ въ опыленіи и приспособленіи къ перекрестному опыленію</i>	297
<i>Диморфизмъ и триморфизмъ цвѣтковъ</i>	301

ГЛАВА I.

Химическій составъ растеній.

Изъ 65 элементовъ удалось найти въ растеніяхъ слѣдующіе 35: кислородъ, водородъ, углеродъ, азотъ, сѣру, фосфоръ, хлоръ, бромъ, іодъ, фторъ, боръ, кремній, калий, натрій, литій, рубидій, талій, кальцій, магній, барій, стронцій, алюминій, желѣзо, кобальтъ, никкель, цинкъ, марганецъ, олово, селенъ, титанъ, мѣдь, свинецъ, мышьякъ, серебро и ртуть.

Наиболѣе распространенными въ растительномъ царствѣ оказались первые четыре: углеродъ, кислородъ, водородъ и азотъ. Въ настоящее время не извѣстно ни одной живой клѣтки, въ которой недоставало бы одного изъ этихъ четырехъ элементовъ; ихъ и называютъ поэтому *органогенами*, а соединения, которыя они образуютъ между собою — обозначаютъ названіемъ органическихъ. По Кнопю ¹⁾ послѣднія составляютъ среднимъ числомъ 95% сухаго вещества растеній, такъ что на долю остальныхъ 31 элементовъ приходится слѣд. всего только около 5%.

„Если представить себѣ“, говоритъ Кнопъ ²⁾, „всѣ растенія высушенными и истертыми въ однообразную массу (за исключеніемъ лишь мало изслѣдованнаго класса грибовъ) то получили бы смѣсь, заключающую 45% углерода, 42% кислорода, 6,5% водорода, 1,5% азота и 5% золы“.

Твердая масса растенія, остающаяся по выдѣленіи механически задерживаемой воды, оказывается слѣд. построенною преимущественно изъ углерода и кислорода, которые, вмѣстѣ взятыя, составляютъ среднимъ числомъ $\frac{9}{10}$ вѣса всего сухаго вещества растенія.

Изъ остальныхъ элементовъ сѣра, фосфоръ, хлоръ (?), калий, кальцій, магній и желѣзо, находятся въ болѣшей или мѣншей мѣрѣ во всѣхъ изслѣдованныхъ растеніяхъ, поэтому, несмотря на сравнительно незначительное содержаніе, они признаются столь же необходимыми для растеній какъ органогены.

1) Кноп. *Agriculturchemie*, p. 327.

2) *Ib.* p. 328.

Меньшее значеніе въ жизни растеній придаютъ кремнію, іоду, брому, натрію, алюминію и марганцу такъ какъ они входятъ въ составъ только нѣкоторыхъ растеній. Къ наиболѣе рѣдкимъ относятся: боръ, литій, рубидій, талій, барій, стронцій, кобальтъ, никкель, цинкъ, олово, селень, титанъ, мѣдь, свинець, мышьякъ, серебро и ртуть. На сколько эти элементы, встрѣчаемые только въ немногихъ растеніяхъ, необходимы для ихъ развитія, остается пока вопросомъ открытымъ.

При изслѣдованіи химическаго состава растеній прежде всего опредѣляютъ: 1) количество воды, механически задерживаемой растеніемъ, 2) количество органическихъ соединений и 3) минеральныхъ составныхъ частей.

Содержаніе воды находятъ высушивая растеніе при 100° Ц. до тѣхъ поръ, пока въ двухъ послѣдовательныхъ взвѣшиваніяхъ вѣсъ его не окажется одинаковымъ; разность въ вѣсѣ свѣжаго растенія и высушеннаго при 100° Ц. даетъ количество заключенной въ немъ воды. Содержаніе органическихъ и минеральныхъ соединений опредѣляютъ, подвергая высушенное растеніе сожиганію; въ остаткѣ получаютъ однѣ несгораемыя составныя части, такъ называемая зола растеній; изъ разности вѣса взятаго для сожиганія сухаго вещества и золы заключаютъ о количествѣ органическихъ соединений. Для достиженія полнаго сгаранія предварительно обугливаютъ растеніе въ закрытомъ тиглѣ, а затѣмъ сожигаютъ при возможно большемъ доступѣ кислорода.

Содержаніе воды, органическихъ соединений и золы у разныхъ растеній весьма различное; разница получается еще болѣшая при изслѣдованіи отдѣльныхъ органовъ. Слѣдующіе примѣры могутъ служить поясненіемъ сказанному: маслянистыя сѣмена заключаютъ отъ 10% до 12% воды, мучнистыя сѣмена злаковъ и бобовыхъ растеній около 14%; въ сочныхъ плодахъ, корняхъ и луковицахъ количество ея колеблется между 75% и 90%, въ молодыхъ желтыхъ листьяхъ *Lactuca* доходитъ до 98%.

Не меньшимъ колебаніямъ подвергается и отношеніе органическихъ соединений и золы въ сухомъ веществѣ растеній. вмѣсто средняго количества въ 5% золы, у *Dendrobium pulchellum* Roxb. оно достигаетъ 15%, у *Oncidium lanceanum* Lindl. до 16,4%; въ *Carludovica subacaulis* до 15,7%. Вотомъ нашелъ въ *Salicornia herbacea* L. 30% золы, Хорнбергеръ — въ сѣменахъ *Lithospermum officinale* L. около 42% не чистой и 29,30 чистой золы. *Senecio vulgaris* L. содержитъ 12,6%; *Tussilago Farfara* L. 16%; *Scleranthus annuus* L. до 17,2%; *Senecio Jacobaea* L. до 23½%; *Equisetum Telmateja* Ehrb. до 27% золы. *Xanthium spinosum* L. отъ 18% до 20%. Изъ споровыхъ растеній: у *Hypnum fluitans* L. найдено до 27% золы; у различныхъ видовъ *Equisetum* отъ 12% до 24%; у *Lycopodium complanatum* L. — до 29,34%; къ растеніямъ наиболѣе богатымъ золою принадлежатъ водоросли: *Conferva rivularis* съ 28%; *Ulva intestinalis* L. съ 40%; *Chara hispida* L. съ 45%; изъ морскихъ водорослей *Corallina officinalis* L. съ 83% и *Halimeda opuntia* Kütz съ 96,2% золы.

Дальнѣйшій ходъ химическаго анализа растеній заключается въ возможно обстоятельномъ разслѣдованіи состава сухаго вещества, какъ по отношенію къ органическимъ соединеніямъ, такъ и минеральнымъ.

I. ОРГАНИЧЕСКІЯ СОЕДИНЕНІЯ ВЪ РАСТЕНІЯХЪ.

Перечисленіе органическихъ составныхъ частей.

Изъ растений удалось извлечь и изслѣдовать уже довольно значительное число органическихъ соединеній. Очень большое число ихъ осталось однако еще совершенно неизвѣстнымъ. Эти неизвѣстные продукты, обозначаемые при анализѣ растений общимъ названіемъ *вытяжныхъ* веществъ, нерѣдко составляютъ десятки процентовъ по вѣсу твердаго вещества. Разнообразіе состава растений обуславливаетъ и громадное разнообразіе приемовъ извлеченія изъ нихъ органическихъ соединеній. Не имѣя возможности излагать здѣсь различныхъ приемовъ и хода анализа, я ограничусь указаніемъ источниковъ, которые могутъ служить пособіемъ при розысканіяхъ подобнаго рода. Первое мѣсто между ними принадлежитъ сочиненію Грандо: „*Traité d'analyse des matières agricoles. Nancy. 1878*“, переведенному на нѣмецкій языкъ Геннебергомъ; менѣе пригодное пособіе представляетъ сочиненіе Витштейна, въ нѣмецкомъ переводѣ Мюллера: „*Anleitung zur chemischen Analyse d. Pflanzen (1877)*“; изъ болѣе старыхъ заслуживаетъ вниманія еще книга Рохледера: „*Anleitung zur Analyse d. Pflanzen. 1858*“.

Въ составъ сухаго вещества растений входятъ преимущественно три слѣдующія группы органическихъ соединеній: бѣлковыя тѣла, углеводы и жиры.

Бѣлковыя соединенія принадлежатъ къ болѣе сложнымъ органическимъ соединеніямъ и ихъ химическое строеніе очень мало еще выяснено. Извѣстно только, что въ составъ ихъ, кромѣ четырехъ органогеновъ, входитъ и сѣра и что они настолько сходны между собою, что въ большей части случаевъ для различія ихъ служатъ лишь нѣкоторыя физическія ихъ свойства, напр. степень растворимости въ разныхъ реактивахъ, отношеніе къ поляризованному свѣту и т. п., свойства, зависящія въ высокой степени отъ случайныхъ примѣсей и слѣд. не всегда надежныя. Частица ихъ, по изслѣдованіямъ Шютценбергера, является весьма сложною. Для одного изъ представителей этой группы, альбумина (животнаго происхожденія), онъ даетъ слѣдующую формулу $C_{240} H_{337} N_{68} O_{75} S_3$. Поэтому неудивительно, что касательно состава и свойствъ растительныхъ бѣлковыхъ тѣлъ не удалось еще получить вполне согласныхъ показаній, такъ что оказывается невозможнымъ представить и перечня найденныхъ въ растеніяхъ соединеній. Ритхаузенъ, особенно много занимавшійся этимъ предметомъ, дѣлитъ растительныя бѣлковыя тѣла на 3 группы: альбумины, растительныя казеины и клейковины; между тѣмъ Гоппе, Зейлеръ и Вейль приравниваютъ ихъ исключительно глобулинамъ животнаго происхожденія; описанныя же Ритхаузеномъ соединенія рассматриваютъ какъ смѣси различныхъ бѣлковыхъ тѣлъ, измененныхъ, во время ихъ полученія, употребленными Ритхаузеномъ манипуляціями. Ритхаузенъ настаиваетъ, съ своей стороны, на полной пригодности своего способа ихъ добыванія.

Считая этотъ вопросъ открытымъ, я ограничусь здѣсь краткимъ изложеніемъ выводовъ какъ Ритхаузена, такъ и Гоппе Зейлера и Вейля. Растительныя альбумины, казеины и клейковины Ритхаузенъ описываетъ слѣд. образомъ:

Растительные альбумины представляют бѣлковыя соединенія, растворимыя въ водѣ, свертывающіяся въ водномъ растворѣ при нагрѣваніи, съ образованіемъ осадка, нерастворимаго ни въ очень слабой щелочи, ни въ кислотѣ. Альбуминъ, встрѣчающійся преимущественно въ плазмѣ жизнедѣятельныхъ клѣтокъ и весьма рѣдко отлагаемый въ видѣ запаснаго матеріала, признается, въ отличіе отъ остальныхъ, функционирующимъ бѣлковымъ тѣломъ. Въ виду однако того, что, въ присутствіи различныхъ тѣлъ (напр. фосфорнокислыхъ солей), и другія бѣлковыя соединенія, сами по себѣ нерастворимыя въ водѣ, переходятъ въ растворъ и также при нагрѣваніи могутъ образовать осадокъ, сходный съ бѣлкомъ, отличіе бѣлка отъ послѣднихъ дѣлается иногда довольно затруднительнымъ. Даже самъ Ритхаузенъ, различая альбумины пшеницы, lupinusa, гороха, бобовъ, ячменя, маиса и клецевины, только въ трехъ послѣднихъ растеніяхъ признаетъ существованіе альбумина несомнѣнно доказаннымъ.

Растительные казеины, между которыми онъ отличаетъ *леуминъ*, *конглутинъ* и *глутенъ-казеинъ*, характеризуются тѣмъ, что, въ изолированномъ состояніи, они едва растворимы въ водѣ, между тѣмъ какъ весьма легко переходятъ въ растворъ въ присутствіи очень слабаго раствора кали и основныхъ и кислыхъ фосфорнокислыхъ солей. Кислотами и сычугомъ они осаждаются въ видѣ клочковатаго осадка; вслѣдствіе постоянного значительнаго содержанія фосфорной кислоты растительные казеины должны быть разсматриваемы какъ фосфорнокислыя соединенія бѣловыхъ тѣлъ. Отъ слѣдующей третьей группы — *клейковинъ*, они отличаются тѣмъ, что, при разложеніи сѣрною кислотой, образуютъ меньшее сравнительное количество кислотъ аспарагиновой и глютаминовой.

Растительныя клейковины (*глутенъ-фибринъ*, *гліадинъ* или *растительный клей* и *муцединъ*) отличаются отъ тѣлъ обѣихъ предъидущихъ группъ растворимостью въ спиртѣ. Въ свѣжеосажденномъ состояніи, онѣ представляютъ тягучую, слизистую массу; въ водѣ онѣ растворимы въ разной степени; между тѣмъ какъ фибринъ въ водѣ нерастворимъ вовсе, гліадинъ и муцединъ въ ней растворяются, особенно послѣдній; всѣ переходятъ въ растворъ въ присутствіи незначительнаго количества щелочи или кислоты.

По Вейлю¹⁾ и Гоппе Зейлеру²⁾, какъ я указалъ уже выше, всѣ хорошо изслѣдованныя растительныя бѣлковыя тѣла вполне тождественны съ *глобулинами* животнаго происхожденія и должны быть названы растительными *глобулинами*.

Группу *глобулиновъ*, среди бѣловыхъ тѣлъ, впервые отличилъ Гоппе Зейлеръ; къ этой группѣ онъ относитъ соединенія, нерастворимыя въ водѣ, но растворяющіяся въ слабомъ хлористомъ натріѣ, изъ котораго могутъ быть осаждены водою; въ прикосновеніи съ водою они теряютъ способность растворяться въ хлористомъ натріѣ, постепенно превращаясь сперва въ альбуминаты, а затѣмъ въ свертывающіяся бѣлковыя тѣла; кислоты и щелочи измѣняютъ ихъ совершенно подобнымъ же образомъ. Руководствуясь отношеніемъ къ хлористому натрію, Гоппе Зейлеръ отличилъ въ животныхъ двѣ группы глобулиновъ; изъ нихъ

1) *Weyl. Pflügers Archiv.* 12; его же *Zeitschrift f. physiol. Chemie.* B. I; 72 (1877).

2) *Hoppe Seiler Chem. Analyse*, p. 229.

первая, составленная из виттелина и нѣкоторыхъ другихъ тѣлъ, характеризуется растворимостью въ растворѣ хлористаго натрія всякой концентраціи; вторая, къ которой относится міозинъ, осаждается концентрированнымъ растворомъ хлористаго натрія.

Слѣдую классификаціи бѣлковыхъ тѣлъ, предложенной Гоппе Зейлеромъ, Вейль нашелъ, что бѣлковыя тѣла растеній состоятъ исключительно изъ глобулиновъ: виттелина и міозина, тождественныхъ съ соответствующими соединеніями животныхъ организмовъ: подобно послѣднимъ они, по Вейлю, нерастворимы въ водѣ, растворяются въ слабомъ хлористомъ натріѣ, изъ котораго осаждаются водою; они осаждаются изъ растворовъ кислотами уксуной и азотной; средніе и подкисленные растворы ихъ свертываются при нагрѣваніи, образуя осадокъ нерастворимый ни въ слабыхъ щелочахъ, ни въ кислотахъ; въ прикосновеніи съ водою, кислотами и щелочами переходятъ въ альбуминаты. Выводы свои Вейль основываетъ на изслѣдованіи сѣмянъ овса, маиса, гороха, сладкихъ миндалей, бѣлой горчицы и *Bertholletia excelsa*.

Существованіе въ растеніяхъ альбуминовъ Вейль считаетъ недоказаннымъ; онъ отрицаетъ также и присутствіе въ растеніяхъ растительныхъ казеиновъ, принимая тѣла, полученныя прежними изслѣдователями, за продукты разложенія глобулиновъ.

Примѣчаніе. О пептонахъ и ближайшихъ продуктахъ распада бѣлковыхъ тѣлъ въ растеніяхъ, будетъ говорено подробно во второй главѣ.

Изъ группы углеводовъ преобладаютъ въ растеніяхъ: *декстрозъ* или *виноградный сахаръ* $C_6 H_{12} O_6$ и *левулозъ* или *плодовый сахаръ* $C_6 H_{12} O_6$. Оба эти вещества встрѣчаются вмѣстѣ, и обыкновенно въ количествѣ равномъ, т. е. соответствующемъ содержанію ихъ въ тростниковомъ сахарѣ, что даетъ поводъ предполагать, что оба они образуются въ растеніи изъ тростниковаго сахара; послѣдній нерѣдко встрѣчается вмѣстѣ съ ними.

Тростниковый сахаръ $C_{12} H_{22} O_{11}$; его удалось найти до сихъ поръ только въ небольшомъ числѣ растеній; причина этому кроется въ трудности распознаванія его въ растеніи, если количество его незначительно. Наиболѣе богатыми тростниковымъ сахаромъ оказались нѣкоторыя растенія изъ сем. *Gramineae*; въ свѣжемъ стеблѣ, съ листьями, *Saccharum officinarum* L. Понъ нашелъ 18% тростниковаго сахара; Ицери удалось добыть изъ сахарнаго тростника до 20%, а изъ выжатаго изъ него сока отъ 17% до 18%. Въ стеблѣ *Sorghum saccharatum* Pers. Лепле нашелъ до 15% тростниковаго сахара, въ стеблѣ *Zea Mays* L. отъ 7% до 9% тростниковаго сахара. Изъ растеній другихъ семействъ наибольшія количества тростниковаго сахара найдены въ нѣкоторыхъ разновидностяхъ *Beta vulgaris* L. (7% — 14%), въ стволахъ пальмъ *Arenga saccharifera* Labil., *Sagus Rumphii* Willd., въ *Acer saccharinum* L. и нѣкоторыхъ другихъ видахъ этого рода; его нашли также въ мясистыхъ корняхъ *Angelica Archangelica* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Daucus carota* L., *Pastinaca sativa* L., *Helianthus tuberosus* L., *Leontodon Taraxacum* L., *Cichorium Intibus* L., въ весьма многихъ плодахъ, напр. въ ананасѣ, земляникѣ, апельсинѣ и др.; нѣкоторыя растенія выдѣляютъ его изъ нектарій, иногда въ такомъ количествѣ, что онъ выкристаллизовывается на поверхности растенія; наконецъ его удалось открыть и въ зародышѣ сѣмянъ грецкаго и обыкновеннаго

орѣха, горькаго миндаля и кофе, въ смѣси съ некристаллизующимся сахаромъ, въ количествѣ отъ 5 до 8%.

Крахмалъ ($C_6 H_{10} O_5$) найденъ, за весьма немногими исключениями, во всѣхъ растеніяхъ; особенно большія количества его находятся отложенными въ клубняхъ, корневищахъ и сѣменахъ, въ видѣ запаснаго матеріала. По опредѣленію Крокера въ свѣжемъ картофелѣ, содержащемъ 70% воды, находится отъ 16 до 24% крахмала. Въ высушенныхъ при 100° сѣменахъ онъ нашель среднимъ числомъ слѣдующія количества крахмала: сѣмена бобовъ заключали до 38%, гороха — до 39%, овса отъ 37% до 40%, гречихи отъ 44% до 45%, ржи отъ 44% до 48%, пшеницы отъ 53% до 57%, маиса отъ 66% до 67%, риса отъ 86% до 87%.

Инулинъ ($C_6 H_{10} O_5$) — въ корняхъ и корневищахъ многихъ растеній изъ сем. *Compositae*; *Inula Helenium*, въ концѣ сентября, содержитъ иногда до 44%, по вѣсу, инулина; *Dahlia variabilis* Desf. — до 42%; въ живомъ растеніи онъ всегда встрѣчается раствореннымъ въ клѣточномъ сокѣ, нерѣдко въ видѣ пресыщеннаго раствора, такъ какъ количество воды, заключенной въ растеніи, недостаточно для растворенія инулина. Краусъ¹⁾ нашель его во всей группѣ *Campnulaceae* Endl., за исключеніемъ *Brunoniaceae*.

Клѣтчатка или *целлюлоза* — въ стѣнкѣ всякой растительной клѣтки; въ молодомъ возрастѣ клѣтки она представляетъ главную составную часть оболочки; со временемъ отлагаются, кромѣ клѣтчатки, различныя другія соединенія, не вполне опредѣленнаго состава, такъ называемыя *инкрустирующія вещества*, иногда въ количествѣ столь значительномъ, что замаскировываютъ въ оболочкѣ реакціи клѣтчатки. Только въ сравнительно рѣдкихъ случаяхъ, оболочка вполне развитой клѣтки оказывается построенною исключительно изъ клѣтчатки; примѣрами могутъ служить клѣтки нѣкоторыхъ водорослей, волоски, покрывающіе поверхность сѣмянъ хлопчатника, клѣтки бѣлка сѣмени *Phytelephas*; за исключеніемъ тончайшаго наружнаго слоя, стѣнки этихъ клѣтокъ состоятъ изъ чистой клѣтчатки.

Лихенинъ, весьма близкій къ крахмалу углеводъ — въ лишайникахъ *Cetraria*, *Ramalina*, *Usnea*, *Parmelia* и *Cladonia*; *Cetraria islandica* содержитъ до 70% лихенина.

Арабинъ или *арабиновая кислота* — составляетъ главную составную часть камеди, выдѣляемой въ Аравіи, Египтѣ, Гвиней и Сенегамбіи различными видами рода *Acacia*. Густая масса этой камеди на воздухѣ быстро твердѣетъ.

Метаарабиновая кислота или *церазинъ* — въ сердцевинѣ зрѣлой и здоровой свеклы и въ вишневомъ клеѣ; Геренъ Вари нашель въ вишневомъ клеѣ 34,9% церазина, 52,1% арабина; кромѣ того отъ 1% до 3% золы и воду.

Къ тѣламъ подобнаго же состава относятся: а) *трагантъ* или *бассоринъ*, выдѣляемый различными видами *Astragalus*, именно: *A. creticus* Lam., *A. verus* Oliv. и *A. Parnassii* Boiss. б) *камедистыя вещества*, образующіяся частью въ поверхностномъ слое клѣтокъ сѣмянъ (*Linum*, *Plantago*), частью внутри растеній напр., въ *Althaea*, въ корневищѣ *Corallorhiza*, *Epipogon*, *Salvia*,

1) Kraus. Bot. Zeit. 1878; 285.

Orchis, *Symphytum*, *Cynoglossum* и др.; в) *желозъ* (*agaragar*), слизистое вещество въ стѣнкахъ клѣтокъ нѣкоторыхъ океаническихъ водорослей, напр. *Sphaerococcus lichenoides* Ag.

Изъ другихъ углеводовъ попадаютъ еще молочный сахаръ, синантрозъ, мелитозъ, мелизитозъ и микозъ.

Близкою по составу и свойствамъ къ углеводамъ является группа **пектиновыхъ веществъ**. Послѣднія весьма распространены въ растительномъ царствѣ, но весьма мало разслѣдованы съ химической стороны, преимущественно потому, что образуютъ студенистыя массы, лишеныя способности кристаллизоваться. Сюда относятся: пектозъ, пектинъ и метанективая кислота.

Жиры отлагаются въ значительномъ количествѣ большею частью въ сѣменахъ, рѣже въ мякоти плодовъ (*Olea Europaea* L., *Moringa oleifera* Lam., *M. aptera* Gärtн) и въ корневищѣ (*Cyperus esculentus* L., *Aspidium filix mas* Sw.)

Въ сѣменахъ *Sinapis nigra* L. найдено болѣе 30% жира, составленнаго изъ глицеридовъ стеариновой, олеиновой и эруковой кислотъ.

” *Theobroma Cacao* L. — отъ 35% до 55% глицеридовъ преимущественно стеариновой кислоты.

” *Brassica campestris* L. — до 40% глицеридовъ стеариновой, олеиновой и эруковой кислотъ.

” *Ricinus communis* L. — отъ 40% до 45% глицеридовъ стеариновой и рициноловой кислотъ.

” *Amygdalus com-* } въ сладкомъ до 30% } жира, богатаго содер-
munis L. } „ горькомъ до 50% } жаніемъ олеина.

” *Gossypium spec.* — до 45% глицеридовъ пальмитиновой и олеиновой кислотъ.

” *Arachis hypogaea* L. — отъ 43% до 50% обыкновенныхъ глицеридовъ съ примѣсью глицеридовъ арахиновой и гипогеевой кислотъ.

” *Bertholletia incana* — до 50% глицеридовъ пальмитиновой, стеариновой и олеиновой кислотъ.

” *Papaver somniferum* L. — до 55% жира, составленнаго преимущественно изъ глицерида льняной кислоты.

Въ составъ нѣкоторыхъ жировъ, по Кенигу (Land. Vers. 17; 13), входятъ и свободныя жирныя кислоты.

Непосредственно къ жирамъ примыкаютъ **воскообразныя отложенія**, покрывающія поверхность ствола, листьевъ и плодовъ различныхъ растений. По наружному виду и консистенціи они представляютъ массу весьма сходную съ пчелинымъ воскомъ. Подобно воску она мягкая, плавится при температурѣ ниже 100° Ц. и легко растворяется въ спиртѣ; по химическому же составу по видимому съ пчелинымъ воскомъ имѣетъ мало общаго; большая часть хорошо изслѣдованныхъ сортовъ растительнаго воска оказалась составленною преимущественно изъ глицерида пальмитиновой кислоты, съ примѣсью глицеридовъ стеариновой, олеиновой, миристиновой и лавровой кислотъ, а также и малыхъ количествъ различныхъ красящихъ, пахучихъ и смолистыхъ тѣлъ. Въ воскѣ *Copernicia cerifera* Mart. найденъ еще мелиссиновый спиртъ и небольшое количество церотина.

Кромѣ перечисленныхъ группъ соединеній въ растеніяхъ встрѣчаются:

Кислоты. *Щавелевая кислота* ($C_2 H_2 O_4$) — въ большомъ числѣ растеній, преимущественно въ видѣ солей калия и кальція; калийныя соли ея находятся растворенными въ клѣточномъ сокѣ; известковое же соединеніе — образуетъ твердыя отложенія различной формы, заключенныя частью въ содержимомъ клѣтокъ, частью въ оболочкѣ. Чаще всего щавелевая кислота встрѣчается въ соединеніи съ кальціемъ. Особенно изобилуютъ ею нѣкоторые лишайники, сухое вещество которыхъ на половину состоитъ изъ щавелевокислаго кальція. По Шмидту ¹⁾, щавелевокислый кальцій, въ продолженіи усиленной вегетаціи, удерживается въ растворѣ при посредствѣ альбумина и выкристаллизовывается лишь къ концу этого періода. Большимъ содержаніемъ кислой щавелевой соли калия отличаются роды *Oxalis* и *Rumex*, и виды *Geranium acetosum* L., *Spinacia oleracea* L., *Phytolacca decandra* L., *Rheum palmatum* L., и *Atropa Belladonna* L. Въ видѣ солей натрія нашли щавелевую кислоту въ различныхъ видахъ *Salsola* и *Salicornia*. По изслѣдованію Мейера, растворенная въ клѣточномъ сокѣ кислая щавелевая соль калия составляетъ въ листьяхъ *Oxalis acetosella* L. 12%, а въ листьяхъ *O. corniculata* L. до 13% сухаго вещества. Ее нашли, въ видѣ солей щелочей и щелочныхъ земель, въ различныхъ водоросляхъ (*Vaucheria*, *Spirogyra*) и въ 26 грибахъ, напр. въ *Lycoperdon*, *Peziza*, *Sphaeria*.

Ямтарная кислота $C_4 H_6 O_4$ — въ вегетативныхъ органахъ *Lactuca virosa* L., *Lactuca sativa* L., *Artemisia Absinthium* L., *Papaver somniferum* L., *Eschscholtzia californica* Cham. и въ сокѣ незрѣлаго винограда.

Яблочная кислота $C_4 H_6 O_5$, изъ всѣхъ кислотъ наиболѣе распространенная въ растительномъ царствѣ; число растеній, въ которыхъ ее нашли, простирается до 200. Наиболѣе изобилующими ею оказались незрѣлые и кислые плоды. Она встрѣчается въ растеніяхъ въ свободномъ состояніи и въ видѣ солей калия, кальція и магнія, а также и въ соединеніи съ алкалоидами. Количество ея можетъ достигать нѣсколькихъ процентовъ вѣса сухаго вещества. Изъ 100 частей по вѣсу ягодъ *Sorbus aucuparia* L. Винклеру удалось добыть 4½ части яблочнокислаго свинца. Изъ выжатого и сконцентрированного до густоты сиропа, сока стебля и ягодъ *Rheum palmatum* L. и *R. undulatum* L. получено кристаллизацией 3½% яблочнокислаго калия. 100 граммовъ сухихъ листьевъ *Nicotiana Tabacum* L. дали Гупилю отъ 3 до 4 граммовъ яблочнокислаго амміака. Добываемая изъ растеній яблочная кислота вращаетъ плоскость поляризаціи вправо.

Винная кислота (правая) $C_4 H_6 O_6$, подобно яблочной, весьма распространена въ растеніяхъ; она встрѣчается или въ свободномъ состояніи или же въ видѣ солей калия и кальція и отклоняетъ поляризованный свѣтъ вправо. Въ значительномъ количествѣ ее нашли въ корняхъ и листьяхъ *Agave americana* L., въ корѣ и древесинѣ стебля *Rumex acetosa* L.; особенно же много въ мякоти кислыхъ и сладкихъ плодовъ, напр. *Vitis sylvestris* L., *Rhus typhina* L., въ картофелѣ и др. Изомерная съ правой, *лѣвая винная кислота* въ свободномъ состояніи въ растеніи не найдена; но въ виноградномъ сокѣ встрѣчается въ соединеніи съ правой въ видѣ виноградной кислоты.

1) Schmidt. Ann. d. Chem. и Pharm. 61; 297.

Лимонная кислота $C_6 H_8 O_7$ — въ весьма многихъ растеніяхъ, частью въ свободномъ состояніи, частью въ видѣ солей калия и кальція; всего болѣе содержатъ ее плоды *Citrus Medica* L.; и *C. Aurantium* L.; хорошій лимонъ даетъ до 25 граммовъ сока съ 2,5 граммами лимонной кислоты.

Хинная кислота $C_7 H_{12} O_6$ — во всѣхъ сортахъ хинной коры, въ ложной хинной корѣ (*China nova surinamensis*), въ *Vaccinium myrtillus* L.; *Galium Mollugo* L. и въ сѣменахъ кофе.

Галловая или чернильноорышковая кислота $C_7 H_6 O_5$, — въ чернильныхъ орѣшкахъ, въ чаѣ, въ листьяхъ *Arctostaphylos Uva ursi* Spr., въ плодахъ *Caesalpinia Coriaria* Willd. и др. Присутствіе ея въ живыхъ растеніяхъ Гутземайнъ не считаетъ еще доказаннымъ.

Дубильныя вещества по изслѣдованіямъ Шелля¹⁾ оказались не менѣе распространенными въ растеніяхъ, чѣмъ сахаръ; число разслѣдованныхъ видовъ простиралось до 639. Онъ нашелъ дубильныя вещества во всѣхъ хвойныхъ и въ большей части двудольныхъ; изъ послѣднихъ, ему не удалось открыть ихъ только въ трехъ семействахъ: *Cacteeae*, *Solaneae*, *Malvaceae*. Наибольшее скопленіе дубильныхъ веществъ найдено въ *чернильныхъ орѣшкахъ*, т. е. наростахъ на листьяхъ, вызываемыхъ насѣкомыми, которыя кладутъ въ нихъ свои яйца; вокругъ яйца ткань листа начинаетъ вскорѣ разрастаться необыкновенно сильно и образуетъ шаровидное тѣло, въ центрѣ котораго развивается насѣкомое. Китайскіе чернильные орѣшки содержатъ отъ 69% до 77% дубильныхъ веществъ.

Олеиновая кислота $C_{18} H_{34} O_2$, въ видѣ триолеина, — въ большей части жидкихъ и твердыхъ жировъ растеній, изъ которыхъ особенно богаты триолеиномъ масла: миндальное, оливковое и нѣкоторыя другія.

Аспарагинъ или амидо-сукцинаминовая кислота $C_4 H_8 N_2 O_3$ — въ громадномъ числѣ растеній; наибольшія количества его найдены въ сокѣ *Asparagus* и многихъ *Papilionaceae*. Особенно большое скопленіе его, доходящее до $\frac{1}{5}$ всего сухаго вещества, оказалось въ проростающемъ *Lupinus luteus* L.; аспарагинъ найденъ и въ сладкихъ миндаляхъ; изъ 11 килограммовъ миндалей удалось получить 30 гр. аспарагина.

Глюкозиды. **Амигдалинъ** $C_{20} H_{27} NO_{11}$ — въ горькихъ миндаляхъ (отъ 2% до 2%), въ косточкахъ персика (до 3%), въ корѣ, листьяхъ и цвѣтахъ *Prunus Padus* L. и въ нѣкоторыхъ другихъ растеніяхъ.

Салицинъ $C_{13} H_{18} O_7$, — въ корѣ многихъ *Salix* и *Populus*; въ листьяхъ, молодыхъ побѣгахъ и цвѣтахъ онъ тоже находится, но въ меньшемъ количествѣ. Наиболѣе богаты имъ *Salix pentandra* L. и *S. praecox* Норре; онъ содержитъ отъ 3% до 4% салицина. По всему вѣроятію салицинъ находится и въ различныхъ кустарныхъ *Spiraeaceae* и въ *Crepis foetida* L., такъ какъ, при перегонкѣ съ водою, растенія эти даютъ салициловую кислоту.

Перечисленіе остальныхъ глюкозидовъ см. Обмѣнъ веществъ, стр. 26 и слѣд.

Алкалоиды. Изъ нихъ главнѣйшіе слѣдующіе:

Морфинъ ($C_{17} H_{19} NO_3$). Встрѣчающаяся въ продажѣ подъ именемъ *опіума* твердая масса есть ничто иное какъ млечный сокъ *Papaver somniferum*, который

1) Schell. Physiol. Rolle d. Gerbsäure. 1874.

извлекаютъ изъ растенія, надрѣзывая незрѣлыя его коробочки; изъ пораненныхъ мѣстъ вытекаетъ густая жидкость, которая свертывается и твердѣетъ на воздухѣ; ее собираютъ и формуютъ. Въ опиумѣ найдено кромѣ морфина еще шесть другихъ алкалоидовъ. Лучшій сортъ опиума содержитъ отъ 10% до 15% морфина.

Стрихнинъ $C_{21}H_{22}N_2O_2$ — преимущественно въ стручкахъ *Strychnos Ignatii* Berg., *Strychnos Nux vomica* L., въ корнѣ *S. colubrina* L. и въ *S. Tieuté* Lesch., сопровождаемый постоянно бруциномъ ($C_{23}H_{26}N_2O_4 + H_2O$).

Кураринъ, обусловливающий дѣйствіе яда кураре, — въ млечномъ сокѣ нѣкоторыхъ видовъ *Strychnos*.

Алкалоиды Cinchona — преимущественно въ корнѣ хиннаго дерева, въ соединеніи съ хинной кислотой. Изъ нихъ главнѣйшіе: *хининъ* $C_{20}H_{24}N_2O_2 + 3H_2O$ и *цинхонинъ* $C_{20}H_{24}N_2O$. Изъ видовъ *Cinchona* особенно замѣчательны по содержанію этихъ алкалоидовъ *Cinchona Calisaya var. vera* Wedd. и *Cinchona condaminea* Hb. Кора ствола содержитъ сравнительно больше хинина; въ корѣ вѣтвей и побѣговъ преобладаетъ цинхонинъ. Наилучшая кора *Cinchona Calisaya var. vera* Wedd. даетъ 2,7% хинина и 0,26% цинхонина. По опредѣленію де Фриза, кора корня многихъ *Cinchona* богаче алкалоидами чѣмъ кора стебля. Кромѣ этихъ двухъ наиболѣе изслѣдованныхъ найдены въ хинной корѣ еще слѣдующіе алкалоиды: хинидинъ, гидроцинхонинъ, цинхонидинъ и хиноидинъ.

Вератринъ $C_{32}H_{52}N_2O_8$ — въ сѣменахъ *Sabadilla officinalis* Brandt, въ корневищѣ *Veratrum album* Bernh., *V. Lobelianum* Bernh., *V. viride*; изъ сѣмянъ *Sabadilla officinalis* Брандту удалось получить отъ 0,3% до 0,4% вератрина.

Аконитинъ $C_{27}H_{40}NO_{10}$ — въ вегетативныхъ, какъ надземныхъ органахъ, такъ и въ корнѣ *Aconitum Napellus* L.; въ небольшомъ количествѣ въ *A. Stoerkianum* Reicht., *A. variegatum* L., *A. paniculatum* L. и *A. Anthara* L. Количество аконитина, найденное въ корнѣ *Aconitum Napellus*, простирается отъ 0,42% до 0,2%. Изъ 250 граммовъ свѣжихъ листьевъ Шёнбродтъ получилъ 0,3 грамма аконитина въ мелкихъ иглахъ и почти столько же маслообразнаго основанія, которое онъ разсматриваетъ какъ не очищенный аконитинъ.

Атропинъ $C_{17}H_{23}NO_3$ — во всѣхъ органахъ *Atropa Belladonna* L., *Datura Stramonium* L. и въ сѣменахъ *Datura arborea* L. По Лефурту¹⁾, содержаніе его въ листьяхъ *Atropa Belladonna* въ разное время различное; всего больше въ періодъ между цвѣтеніемъ и созрѣваніемъ.

Кокаинъ $C_{17}H_{21}NO_4$, вмѣстѣ съ алкалоидомъ гигриномъ, — въ листьяхъ *Erythroxylon Coca* Lam.; Лоссенъ получилъ отъ $\frac{1}{60}$ % до $\frac{1}{5}$ % кокаина изъ этихъ листьевъ.

Конинъ $C_8H_{15}N$ — во всѣхъ органахъ *Conium maculatum* L.; всего больше въ плодахъ, не совсѣмъ еще созрѣвшихъ. Алкалоидъ этотъ, по всему вѣроятію, находится въ соединеніи съ яблочной кислотой. Гейгеръ получилъ по одной унціи конина изъ 6 фунтовъ незрѣлыхъ и 9 фунтовъ зрѣлыхъ сѣмянъ этого растенія; изъ 100 фунтовъ листьевъ получилось едва $\frac{1}{8}$ унціи конина. Барруель добылъ изъ сухихъ сѣмянъ до 4% нечистаго конина; Шёнбродтъ

1) Just. Jahrb. 1873; p. 431.

получилъ изъ свѣжихъ листьевъ до 0,14%, изъ сухихъ до 0,04%; Вертгеймъ добылъ изъ 336 килограммовъ свѣжихъ сѣмянъ 700 граммовъ чистаго конина.

Никотинъ $C_{10}H_{14}N_2$ — въ сѣменахъ и листьяхъ *Nicotiana rustisa* L., *N. macrophylla* Lehmann. и *N. glutinosa* L. По опредѣленію Шлѣзинга гаванскій табакъ содержитъ 2% никотина, табакъ изъ Кентуки — 6,09%, изъ Виргиніи — 6,87%, французскій отъ 3,21% до 7,96%. Мейэръ указываетъ на присутствіе никотина во всѣхъ органахъ *Nicotiana*; Брандтъ не нашелъ его въ сѣменахъ.

Соланинъ $C_{43}H_{71}NO_{16}$ — въ ягодахъ *Solanum nigrum* L., въ различныхъ органахъ *S. Dulcamara* L., въ клубняхъ *S. tuberosum* L., особенно въ большомъ количествѣ въ зимнихъ и весеннихъ побѣгахъ; въ плодахъ *S. mammosum* L. и *S. verbascifolium* L.; въ послѣднихъ двухъ растеніяхъ соланинъ находится въ видѣ кислой яблочнокислой соли. По изслѣдованію Гандта ¹⁾ большая часть соланина въ клубнѣ картофеля содержится въ кожурѣ; въ молодыхъ клубняхъ его больше, чѣмъ въ старыхъ. Показанія эти подтверждены Вахомъ ²⁾; онъ тоже нашелъ соланинъ главнымъ образомъ въ кожурѣ; внутри клубня соланинъ оказался только въ мѣстахъ, гдѣ сидѣли стеблевые почки (глазки) картофеля.

Углеводороды состава C_nH_{2n+2} (гептанъ, винилбензолъ и др.), терпены (терпентинное масло и его изомеры), полимерные терпены: каучукъ и гуттаперча, и **камфоры** (Японская или обыкновенная камфора, борнеолъ, ментолъ и др.) входятъ въ составъ ароматическихъ маслъ, также млечнаго сока которыя окисляясь на воздухѣ, даютъ *смолы*.

Ферменты — азотистыя соединенія сложнаго еще неопредѣленнаго состава (см. ниже).

Къ числу весьма распространенныхъ въ растительномъ царствѣ соединеній принадлежатъ **пигменты**; изъ нихъ наибольшее значеніе имѣетъ *хлорофиллъ*; о немъ подробнѣе будетъ говорено въ главѣ второй.

Обстоятельное перечисленіе органическихъ соеиненій, встрѣчаемыхъ въ растеніяхъ, съ подробнымъ описаніемъ способовъ ихъ добыванія и распространенія въ растительномъ царствѣ находятся въ слѣдующихъ сочиненіяхъ:

Husemann. Pflanzenstoffe. 2-te Aufl. 1882.

Wiesner. Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 1873.

Flückiger. Lehrbuch der Pharmakognosie des Pflanzenreiches. 2-te Aufl. 1882.

Wiegand. Pharmacognosie. 4-te Aufl. 1887.

Распредѣленіе органическихъ соединеній въ растеніяхъ и микрохимическія реакціи.

Къ совершенно иному приему приходится прибѣгать при разслѣдованіи распредѣленія органическихъ соединеній по растенію. Искомое тѣло не изолируютъ предварительно, какъ это дѣлается при макрохимическомъ изслѣдованіи, но ста-

1) *Handt*. Jahresb. d. Agricult. Chem. 1865; p. 121.

2) *Vach*. Journ. f. pract. Chem. 7; 243 (1873).

раются распознать его въ клѣткѣ или разрѣзѣ подь микроскопомъ, частью по формѣ отложенія, частью по окраскѣ или осадку, вызываемому различными реактивами; пріемъ этотъ въ отличіе отъ предъидущаго называютъ *микрoхимическимъ*. Онъ имѣетъ свои выгоды и слабыя стороны; необходимость опредѣлять химическій составъ тѣла, въ смѣси со множествомъ другихъ, частью совершенно даже не разслѣдованныхъ, чрезвычайно усложняетъ задачу; кромѣ того окраска или осадокъ, получаемые при опытахъ съ химически чистымъ тѣломъ, могутъ легко оказаться замаскированными или, по крайней мѣрѣ въ значительной степени, измѣненными въ присутствіи другихъ соединений. Наконецъ въ сравнительно немногихъ только случаяхъ реакціи эти на столько характерны, чтобы служить вѣрнымъ признакомъ отличія опредѣленнаго соединенія отъ всѣхъ другихъ съ нимъ смѣшанныхъ тѣлъ; этимъ объясняется малочисленность пригодныхъ микрoхимическихъ реакцій и невозможность, на основаніи ихъ однихъ, заключать о составѣ растеній. Не смотря на эти существенные недостатки, микрoхимическія изслѣдованія даютъ весьма цѣнные указанія касательно распредѣленія различныхъ соединений не только по тканямъ, но и въ одной и той же клѣткѣ, и дополняютъ весьма важный пробѣлъ, оставляемый микрoхимическими розысканіями.

Бѣлковыя тѣла въ жизнeдѣятельныхъ клѣткахъ представляютъ аморфную полужидкую массу. Въ мѣстахъ же отложенія запаснаго матеріала въ сѣменахъ, клубняхъ они образуютъ шаровидныя зерна, называемыя *зернами алеурана*. Зерна эти обыкновенно безцвѣтны, рѣдко окрашены.

Основную массу зерна составляетъ бѣлковое вещество, легко растворимое въ водѣ и аморфное, въ которомъ однако удается подмѣтить слоистое строеніе, если предварительно оставить зерно на продолжительное время въ спиртѣ, подкисленномъ сѣрною кислотою и затѣмъ перенести въ воду. Въ аморфномъ веществѣ зерна алеурана находятся всегда различныя твердыя отложенія; чаще всего попадаютъ шаровидныя или бисквитообразныя тѣла — *глобoidы*, безъ кристаллическаго строенія, по одному крупному или же много мелкихъ. По Пфефферу, въ составъ глобoidа входятъ магнезія, известь, фосфорная кислота и какое-то органическое соединеніе. Въ большинствѣ случаевъ зерна алеурана не содержатъ другихъ твердыхъ образований. У нѣкоторыхъ, сравнительно немногихъ растеній, кромѣ глобoidовъ, въ каждомъ зернѣ алеурана заключается еще по одному, рѣже по нѣсколькx кристаллическихъ отложеній, особенно интересныхъ тѣмъ, что оказались построенными изъ бѣлковыхъ соединений, которыя встрѣчаются обыкновенно только въ коллоидальномъ состояніи. Тѣла эти, названныя кристаллоидами бѣлковыхъ тѣлъ, представляютъ, по формѣ, полнѣйшее сходство съ кристаллами, но отличаются въ то же время отъ послѣднихъ тѣмъ, что могутъ, подь вліяніемъ различныхъ реактивовъ, слеживаться и разбухать; въ кипящей водѣ они свертываются, дѣлаются непрозрачными и мелкозернистыми; плоскости ихъ становятся выпуклыми, углы округлыми, и въ то же время въ нихъ проявляется слоистое строеніе.

Размѣры кристаллоида сравнительно съ зерномъ алеурана весьма различны у разныхъ растеній; наибольшей относительной величины они достигаютъ въ картофельномъ клубнѣ, гдѣ кристаллоидъ занимаетъ всю полость зерна алеурана, вытѣснивъ вполне аморфное вещество.

По изслѣдованіямъ Негели ¹⁾, кристаллоиды обладаютъ двойнымъ лучепреломленіемъ и принадлежать моноклиномерной системѣ.

Прилагаемый рисунокъ (рис. 1) изображаетъ зерна алеурана *Ricinus communis* съ глобидомъ и кристаллоидомъ.

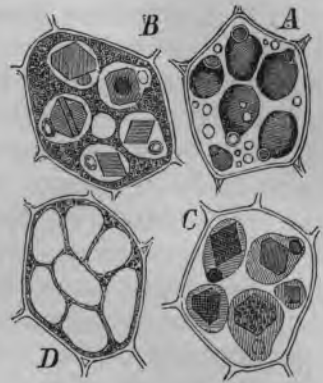
Зерна алеурана разныхъ растений въ различной степени растворимы въ водѣ; зерна *Raeonia* вполне растворимы, зерна *Cynoglossum* только разбухаютъ въ ней. При кипяченіи въ водѣ, а равно и при обработкѣ спиртомъ, они все безъ исключенія свертываются подобно бѣлку куриного яйца и дѣлаются нерастворимыми въ водѣ. Въ слабомъ рѣдкомъ кали, а также и въ смѣси глицерина съ небольшимъ количествомъ рѣдкаго кали, они растворяются вполне, за исключеніемъ вышеописанной оболочки. Замѣчательно, что въ водѣ или рѣпкомъ растворѣ рѣдкаго кали раствореніе зеренъ алеурана идетъ съ поверхности къ центру; при дѣйствіи же весьма слабого раствора кали, прежде всего обнаруживается раствореніе въ центрѣ зерна, и затѣмъ постепенно переходитъ на наружныя его части.

Зерна алеурана весьма бѣдны содержаніемъ жировъ, такъ какъ спиртомъ, эфиромъ и бензоломъ извлекается изъ нихъ лишь весьма небольшое количество вещества.

Вслѣдствіе растворимости аморфнаго бѣлковаго вещества въ водѣ, строеніе зеренъ алеурана изслѣдуютъ въ каплѣ глицерина или прованскаго масла, или же, по указанію Пфеффера, предварительно переводятъ ихъ въ нерастворимое состояніе, погружая на 12 часовъ въ двухпроцентный растворъ сулемы; сулему удаляютъ затѣмъ абсолютнымъ алкоголемъ и свернувшіяся зерна разслѣдуютъ въ водѣ. Для микрохимическихъ изслѣдованій выдѣляютъ ихъ обыкновенно изъ ткани по способу Гартига ²⁾. Измельченную и растертую ткань промываютъ прованскимъ (оливковымъ) масломъ на полотнѣ до тѣхъ поръ, пока стекающая жидкость, въ началѣ мутная отъ увлекаемыхъ зеренъ алеурана, не сдѣлается свѣтлой. Въ маслѣ зерна алеурана постепенно осѣдаютъ на дно сосуда, въ видѣ бѣлой порошокавой массы. Послѣ того какъ большая часть ихъ уже осѣла на дно, масло осторожно сливаютъ сифономъ; самый же осадокъ промываютъ эфиромъ до тѣхъ поръ, пока не удастся удалить масло, до послѣднихъ слѣдовъ. Наиболѣе пригоднымъ матеріаломъ, для изслѣдованія зеренъ алеурана, могутъ служить сѣмена *Ricinus communis* и *Bertholletia excelsa*.

Этимъ способомъ Машке ³⁾ и Саксе ⁴⁾ удалось изъ 100 ч. по вѣсу, сѣ-

Рис. 1.



Ricinus communis. Клетки бѣлка съ зернами алеурана; А въ концентрированномъ глицеринѣ; В и С въ слабомъ глицеринѣ; D зерна алеурана разрушены сѣрной кислотой; уцѣлѣла промежуточная плазма. Въ клеткахъ В и С видны въ каждомъ зернѣ алеурана глобидъ и кристаллоидъ.

1) *Nägeli*. Sitz. Ber. d. Münch. Ak. 1862. B. 1; 120.

2) *Hartig*. Bot. Zeit. 1855 p. 881 u. 1856, p. 257; его же, *Entwickelungsgeschichte d. Pflanzenkeims*. Leipzig. 1858, p. 109.

3) *Maschke*. l. c.

4) *Sachsse*. Die Chemie u. Physiol. d. Farbstoffe etc. 1877.

мянъ *Bertholletia* добыть отъ 10 до 14 частей зеренъ алеурана. Въ нихъ оказалось отъ 9% до 12% азота и около 14% золы. Саксе принимаетъ въ нихъ около 66% до 69% бѣлковыхъ тѣлъ, остальные же 17% до 20% состоятъ, по его мнѣнію, изъ солей металловъ съ органическими кислотами и отчасти изъ углеводовъ.

Изъ очищенныхъ этимъ способомъ зеренъ алеурана извлекаютъ кристаллоиды, по способу Машке, нагревая смѣсь 1 ч. зеренъ съ 10 до 12 частями воды, въ водяной банѣ, при температурѣ отъ 40 до 50° Ц. Кристаллоиды переходятъ въ растворъ; жидкость фильтруютъ чрезъ нагревную фильтру и предоставляютъ медленному испаренію, при той же температурѣ. Выпариваніе доводятъ до конца; изъ сгущеннаго раствора осѣдаютъ на стѣнкахъ сосуда образованія, совершенно сходныя съ кристаллоидами зеренъ алеурана. Саксе выдѣлялъ ихъ изъ сгущеннаго раствора струей углекислоты, но въ этомъ случаѣ получался осадокъ иной формы; вмѣсто кристалловъ въ жидкости появились плоскія таблички. Изъ 20 граммовъ зеренъ алеурана Саксе удалось выдѣлить до 5 граммовъ кристаллоидовъ.

Выдѣленные этимъ способомъ кристаллоиды почти не заключали золы. Саксе нашелъ въ нихъ слѣдующій элементарный составъ: С = (50,75% до 51,14%); Н = (7,16% до 7,33%); N = (18% до 18,2%); О = (21,48% до 21,79%); P₂O₅ = (0,79% до 0,85%); S = (1,30% до 1,43%) и золы = 0,7%; что ясно свидѣтельствуеетъ о принадлежности ихъ къ группѣ бѣлковыхъ тѣлъ. Микрохимическое разслѣдованіе кристаллоидовъ дало результаты вполне сходныя: при обработкѣ зеренъ алеурана водою, кристаллоиды выступаютъ чрезвычайно легко, между тѣмъ какъ окружающая ихъ аморфная масса растворяется. На изолированныхъ кристаллоидахъ легко убѣдиться, что они не растворимы ни въ спиртѣ, ни въ эфирѣ, ни въ глицеринѣ; изъ микрохимическихъ реакцій слѣдующія вполне сходны съ реакціей бѣлковыхъ соединений: отъ іода кристаллоиды окрашиваются въ бурый цвѣтъ; они поглощаютъ пигменты (кошениль, карминъ) изъ раствора, и окрашиваются ими; Миллоновъ реактивъ вызываетъ въ нихъ красную окраску; сахаръ съ сѣрной кислотой — розовую. При нагреваніи въ водѣ до кипѣнія жидкости, они свертываются.

Бѣлковыя тѣла характеризуются слѣдующими микрохимическими реакціями:

Хлористоводородная кислота окрашиваетъ ихъ въ фіолетовый цвѣтъ; окраска эта выступаетъ, при обыкновенной температурѣ, только по прошествіи продолжительнаго времени; кипяченіемъ проявленіе ея ускоряется.

Азотная кислота — въ желтый; цвѣтъ этотъ дѣлается гораздо интенсивнѣе, если чрезъ нѣкоторое время слить азотную кислоту и прибавить амміака.

Крѣпкая сѣрная кислота, въ присутствіи раствора сахара, вызываетъ розовую окраску бѣлковыхъ тѣлъ; препаратъ оставляютъ предварительно нѣсколько минутъ въ концентрированномъ растворѣ тростниковаго сахара, пока онъ имъ не пропитается; а затѣмъ переносятъ въ каплю крѣпкой сѣрной кислоты; ткани, содержащія бѣлковыя тѣла, чрезъ нѣсколько минутъ принимаютъ превосходный розовый цвѣтъ. Въ виду того, что нѣкоторые органическія соединенія (салицинъ, кониферинъ, наркотинъ, вератринъ) окрашиваются въ розовый цвѣтъ отъ одной сѣрной кислоты, необходимо предварительно убѣдиться въ отсутствіи этихъ соединеній, прибавляя къ препарату одной сѣрной кислоты.

Безводноуксусная кислота растворяетъ бѣлковыя тѣла, окрашивая жидкость въ фіолетовый цвѣтъ.

Растворъ іода, какъ водный, такъ и спиртовый окрашиваетъ бѣлковыя тѣла въ бурый цвѣтъ.

Миллоновъ реактивъ (смѣсь азотнокислой окиси и закиси ртути) — въ красный. Реактивъ этотъ готовятъ, смѣшивая, равныя *по весу*, части ртути и крѣпкой азотной кислоты. Ртуть быстро растворяется съ выдѣленіемъ паровъ азотоватой кислоты; только подъ самый конецъ реакціи смѣсь нѣсколько нагрѣвають. Послѣ растворенія послѣднихъ слѣдовъ ртути жидкость разбавляютъ двойнымъ объемомъ воды; на днѣ скопляется кристаллическій осадокъ. По прошествіи нѣсколькихъ часовъ жидкость сливаютъ съ осадка и употребляютъ какъ реактивъ на бѣлковыя тѣла; послѣднія окрашиваются ею въ красный цвѣтъ, особенно интензивно, при нагрѣваніи.

Растворъ мѣднаго купороса и ѣдкаго натра вызываетъ фіолетовую окраску; для полученія ея, цѣльную клѣтку или разрѣзъ опускаютъ на нѣсколько минутъ въ крѣпкій растворъ мѣднаго купороса; затѣмъ, смывъ водою приставшую съ наружи жидкость, переносятъ препаратъ въ кипящій растворъ ѣдкаго натра; содержащая бѣлковыя тѣла плазма тотчасъ окрашивается въ фіолетовый цвѣтъ.

Амміачный растворъ кармина окрашиваетъ бѣлковыя тѣла въ интензивный красный цвѣтъ, вслѣдствіе поглощенія кармина бѣлковыми тѣлами; для полученія этого реактива растворяютъ карминъ въ амміакѣ и выпариваютъ растворъ до суха; оставшаяся масса легко растворяется въ водѣ и употребляется какъ реактивъ.

Послѣдовательная обработка препарата растворами *желѣзисто-синеродистаго калия и хлористаго желѣза* (Реакція Захаріаса, см. Zacharias Bot. Zeit. 1883 p. 209). Препарат оставляютъ въ продолженіи часа въ 10% растворѣ желѣзисто-синеродистаго калия, подкисленнаго уксусною кислотою (на 1 объемъ 10% раствора этой соли прибавляютъ 2 объема уксусной кислоты (1,063 удѣльнаго вѣса), разбавленной на половину водою, за тѣмъ промываютъ препаратъ 60% спиртомъ до исчезанія кислой реакціи жидкости и прибавляютъ немного очень слабаго раствора хлорнаго желѣза. Бѣлковыя тѣла, образовавшія нерастворимое соединеніе съ желѣзисто-синеродистымъ калиемъ, окрашиваются немедленно въ темно-синій цвѣтъ отъ образованія берлинской лазури. Посредствомъ этой реакціи Захаріасъ обнаружилъ въ жизнедѣятельныхъ клѣткахъ бѣлковыя тѣла почти исключительно въ крахмало-образователяхъ и ядрышкахъ (l. c. п. Bot. Zeit. 1885 p. 257).

Къ сожалѣнію вышеприведенныя реакціи, взятыя каждая въ отдѣльности, не вполне надежны и только въ совокупности могутъ служить указаніемъ на присутствіе бѣлковыхъ тѣлъ.

Гораздо легче узнаются *углеводы*:

Клѣтчатка, образуя основу оболочки всякой растительной клѣтки, легко распознается подъ микроскопомъ только въ молодыхъ тканяхъ; въ клѣткахъ же вполне развитыхъ она часто оказывается замаскированной другими соединеніями, отлагаемыми въ оболочкѣ. Наиболѣе характерная реакція оболочки, построенной изъ чистой клѣтчатки, состоитъ въ окраскѣ іодомъ и крѣпкой сѣрной кислотой

въ темносиній цвѣтъ. Препараты обрабатываютъ послѣдовательно этими реактивами; сперва погружаютъ его на нѣсколько минутъ въ каплю раствора іода, затѣмъ удаляютъ избытокъ жидкости пропускною бумагою и переносятъ на препаратъ каплю крѣпкой сѣрной кислоты; для избѣжанія обугливанія его, вслѣдъ за кислотой прибавляютъ каплю воды; окраска препарата въ темносиній цвѣтъ сопровождается значительнымъ разбуханіемъ оболочки клѣтокъ.

Сходную окраску вызываетъ въ клѣтчаткѣ *хлорцинкідозъ*. Его готовятъ, растворяя цинкъ въ чистой соляной кислотѣ и выпаривая жидкость съ металлическимъ цинкомъ до консистенціи сѣрной кислоты; затѣмъ прибавляютъ іодистаго калия и металлическаго іода, до пресыщенія раствора. Реактивъ долженъ имѣть бурый цвѣтъ, издавать запахъ іода и со временемъ выдѣлять небольшіе кристаллы іода.

Растворъ іода окрашиваетъ оболочку въ цвѣта желтый и бурый различныхъ оттѣнковъ; получаемая иногда синяя окраска оказалась обусловленною присутствіемъ, въ растворѣ іода, іодисто-водородной кислоты, которая образуется въ немъ со временемъ, особенно если іодный растворъ оставить стоять на свѣтѣ. Оболочка молодыхъ клѣтокъ, за исключеніемъ только самого наружнаго слоя, обыкновенно кутикуляризованнаго, состоитъ во всей толщѣ изъ клѣтчатки; въ выросшихъ клѣткахъ, сравнительно рѣдко, она представляетъ составъ химически чистой клѣтчатки (волоски сѣмянъ хлопчатника).

Отличаютъ одеревенѣніе, пробкованіе, ослизненіе и окремненіе оболочки.

Обрабатывая измѣнившуюся въ своемъ составѣ одеревенѣвшую оболочку различными реактивами (спиртомъ, эфиромъ, щелочами, кислотами), удается извлечь изъ нея всѣ вещества за исключеніемъ клѣтчатки, вслѣдствіе чего выщелоченная этими реактивами оболочка принимаетъ вновь синій цвѣтъ отъ іода и сѣрной кислоты. На одеревенѣвшую оболочку имѣются двѣ очень хорошія микрохимическія реакціи: 1) *спрнокислый анилинъ*, отъ котораго она принимаетъ золотисто-желтый цвѣтъ, и 2) водный или спиртовый растворъ *флороглюцина*, который, въ присутствіи соляной кислоты, вызываетъ въ ней розовато-красную окраску; изслѣдуемый разрѣзъ смачиваютъ соляной кислотой и прибавляютъ каплю раствора флороглюцина. Одеревенѣнію подвергается оболочка сосудовъ и другихъ элементовъ древесины, большей части волоконъ толстостѣннаго дуба, а также и многихъ клѣтокъ сердцевинны и сердцевинныхъ лучей. Одеревенѣніе раньше всего появляется въ сосудахъ.

Пробкованіе оболочки, состоящее въ отложеніи, въ промежуткѣ между молекулами-клѣтчатки, пробковаго вещества, проявляется у разныхъ растений въ различныхъ тканяхъ; у весьма многихъ въ пробковую ткань превращается кожа, напр. у *Nerium Oleander*; у другихъ (*Quercus*) она образуется изъ слоя коры, непосредственно прилегающаго къ кожицѣ; у третьихъ — изъ внутренней коры (*Rubus* и *Ribes*) и наконецъ она можетъ образоваться въ лубовой части сосудистыхъ пучковъ, напр. у *Vitis*. Кромѣ того, у одного и того же растенія съ возрастаніемъ органа измѣняются иногда и мѣста образованія пробковой ткани. Появленіе пробковой ткани вызывается при пораненіи растенія; въ этомъ случаѣ, прилегающія къ поврежденному мѣсту ткани превращаются въ пробковую ткань, которая предохраняетъ отъ разрушенія подъ нею лежащія части растенія.

Ослизненіе оболочки ограничивается иногда отдѣльными клѣтками или же

распространяется на слой клѣтокъ или на цѣлый участокъ ткани. Ослизненіе оболочки клѣтокъ всего удобнѣе изслѣдовать на желѣзистыхъ волоскахъ и чешуяхъ. По Ганштейну и Де Вари, гуммиобразное вещество накапливается въ толщѣ стѣнки, между кутикулой и слоями утолщенія; кутикула при этомъ вздувается и постепенно отходитъ отъ оболочки; наконецъ въ ней образуется разрывъ и нерѣдко она цѣликомъ сбрасывается клѣткою. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ разорванная кутикула замѣняется новою, которая въ свою очередь разрывается.

Ослизненію подвергаются клѣтки кожицы нѣкоторыхъ листьевъ, сѣмянъ и плодовъ. Ослизненная оболочка быстро разбухаетъ въ водѣ; лучше всего удается прослѣдить ея разбуханіе на разрѣзахъ сухихъ сѣмянъ кресса или льна; вырѣзанный изъ сѣмени поперечный разрѣзъ разсматриваютъ сперва въ каплѣ спирта, въ которомъ разбуханіе вовсе не происходитъ, а затѣмъ уже разбавляютъ спиртъ водою. При ослизненіи цѣлыхъ участковъ ткани въ растеній образуются полости, выполненныя гуммиобразною массою. Онѣ являются разъединенными, отовсюду замкнутыми, или же образуютъ, чрезъ слияніе, систему анастомозирующихся каналовъ. Нерѣдко къ слизямъ примѣшиваются и смолистыя вещества.

Ослизненіе цѣлыхъ участковъ ткани, сопровождаемое выдѣленіемъ къ наружи ослизненныхъ клѣтокъ, обозначаютъ названіемъ *гуммосисъ*. У различныхъ видовъ *Astragalus* оно было изслѣдовано впервые Молемъ ¹⁾, въ семействѣ *Amygdaleae* Вигандомъ ²⁾, Франкомъ ³⁾ и Приллье ⁴⁾.

Гуммиобразная, желтоватаго цвѣта, масса, выдѣляемая *Astragalus*, извѣстна въ торговлѣ подъ названіемъ *трагантъ*; ее собираютъ съ поверхности растенія, въ видѣ затвердѣвшихъ на воздухѣ округлыхъ пластинокъ. Изслѣдуя тонкія пластинки трагантъ подъ микроскопомъ, Моль нашелъ, что онѣ составлены изъ слявшихся и частью уже превращенныхъ въ безструктурную массу клѣтокъ, въ которыхъ нерѣдко удается наблюдать уцѣлѣвшее содержимое съ крахмальными зернами; послѣднія легко было узнать по синей окраскѣ іодомъ. Моль показалъ, что ослизненію подвергаются въ *Astragalus* только сердцевина и сердцевинные лучи; ему удалось прослѣдить въ переходныя стадіи ихъ ослизненія, до окончательнаго превращенія въ трагантъ. Выдѣленіе ослизненныхъ клѣтокъ на поверхность растенія происходитъ, по мнѣнію Моля, въ томъ случаѣ, если въ полость, заключающую трагантъ, попадетъ вода; въ присутствіи воды трагантъ сильно разбухаетъ; стремясь занять большій объемъ, онъ распираетъ окружающую ткань до того, что вызываетъ въ ней разрывъ и, чрезъ образовавшуюся трещину, выходитъ наружу; на поверхности растенія онъ постепенно теряетъ воду и отвердѣваетъ въ вышеописанныя пластинки. Выдѣленіе трагантъ было наблюдаемо у *Astragalus creticus*, *A. verus*, *A. gummifer*, *A. cristatus* и др.

Болѣе разнообразія представляетъ не воплѣ еще выясненный процессъ ослизненія тканей, при образованіи *вишневаго клея* въ *Prunus Avium*. Всего чаще Вигандъ ⁵⁾ наблюдалъ ослизненіе въ лубовой части сосудистыхъ пучковъ, въ ткани, названной имъ *роговою прозенхимомъ* и легко распознаваемой на по-

1) Mohl. Bot. Zeit. 1857; 33.

2) Wiegand. Pringsh. Jahrb. 3; 115 (1863).

3) Frank. Pringsh. Jahrb. 5. (1866—67).

4) Prillieux. Ann. d. Sc. Nat. S. 6, T. 1; 176. (1875).

5) Wiegand. l. c., p. 130.



перечномъ разрѣзѣ коры по волнистому контуру клѣтокъ; ослизнившаяся оболочка оказывается до того утолщеною, что полость клѣтки представляется въ видѣ узкой извилистой линіи; вслѣдствіе роговой консистенціи этихъ клѣтокъ Вигандъ и назвалъ ихъ роговою прозенхимю. Впослѣдствіи Рауенгофъ ¹⁾ доказалъ, что роговая прозенхима ничто иное какъ ситовидные элементы, утратившіе свою первоначальную форму и строеніе; ему удалось прослѣдить постепенное ихъ превращеніе въ роговую прозенхиму Виганда.

Окремненіе оболочки наблюдается чаще всего въ клѣткахъ кожицы стебля и листьевъ; наибольшей толщины достигаетъ слой кремнезема въ кожицѣ *Equisetum*, *Calamus* и въ листьяхъ *Ulmus campestris*, *Ficus sycomorus* и др. Исключительные случаи окремненія клѣтокъ вполне выросшихъ и имѣющіе слѣдствіемъ отмираніе ткани описаны Крюгеромъ ²⁾ и Розановымъ ³⁾.

Къ сравнительно рѣдкимъ отложеніямъ въ оболочкѣ и на ея поверхности принадлежатъ *воскообразныя вещества*.

Нѣкоторыя растенія выдѣляютъ воскообразныя вещества въ столь значительномъ количествѣ, что ихъ собираютъ большими массами и употребляютъ какъ предметъ торговли. Особеннымъ обиліемъ растительнаго воска отличаются пальмы *Copernicia* (*Corypha*) *cerifera*, *Klopstockia cerifera*, *Ceroxylon andicola*. У *Copernicia* онъ покрываетъ съ обѣихъ сторонъ листья; листья осторожно срѣзываютъ съ дерева и стряхиваютъ; спадающую съ нихъ, при этомъ, сѣрую, порошкообразную массу сплавляютъ въ водѣ, надъ огнемъ; куски ея извѣстны въ продажѣ подъ названіемъ карнаубскаго воска. У *Klopstockia* и *Ceroxylon* воскообразное выдѣленіе одѣваетъ толстымъ слоемъ поверхность ствола; его снимаютъ съ коры кусками и формуютъ изъ нихъ большія массы. Съ одного экземпляра *Ceroxylon andicola* удается собрать до 25 фунтовъ растительнаго воска.

Значительное воскообразное отложеніе покрываетъ плоды *Myrica cerifera* и другихъ видовъ этого рода. Его отдѣляютъ, вываривая плоды въ водѣ; плоды опускаются на дно сосуда, между тѣмъ какъ воскообразное вещество всплываетъ на поверхность воды и сплавляется въ куски значительнаго размѣра.

Весьма любопытныя и наиболѣе обстоятельныя свѣдѣнія о строеніи воскообразныхъ отложеній, на поверхности растеній, сообщаетъ Де Бари ⁴⁾.

Крахмалъ встрѣчается въ растеніяхъ всегда въ содержимомъ клѣтки, въ видѣ крупинокъ или зеренъ, въ большей части случаевъ легко распознаваемыхъ по строенію и синей окраскѣ отъ іода. Микрохимическія реакціи на крахмалъ весьма характерны и чувствительны:

Растворъ іода, водный или спиртовой, вызываетъ темносиню окраску. Хотя въ водѣ іодъ и весьма мало растворяется, тѣмъ не менѣе водный растворъ въ большинствѣ случаевъ оказывается вполне пригоднымъ; положенные въ воду кристаллы іода, чрезъ нѣсколько дней, окрашиваютъ жидкость въ желтоватобурый цвѣтъ; зерна крахмала окрашиваются ею немедленно въ темносиній цвѣтъ. Для полученія болѣе концентрированнаго воднаго раствора іода, предварительно

1) *Rauwenhoff*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5; t. 12; 317. (1869).

2) *Crüger*. Bot. Zeit. 1857; p. 281.

3) *Розановъ*. Объ отложеніяхъ кремнезема въ нѣкоторыхъ растеніяхъ. *Натуралистъ* 1867 и *Bot. Zeit.* 1871; p. 748.

4) *De Bary*. Bot. Zeit. 1871 и *Vergleich. Anat.* p. 87.

растворяютъ въ водѣ іодистый калий и затѣмъ уже прибавляютъ іода. Реактивъ этотъ готовятъ, растворяя въ 15 граммахъ дистиллированной воды 20 сантиграммовъ іодистаго калия и 5 сантиграммовъ іода. Хотя спиртовой растворъ іода (тинктура іода) и окрашиваетъ зерна крахмала въ синій цвѣтъ, столь же сильно и быстро какъ и водный растворъ, но послѣдній заслуживаетъ предпочтеніе, такъ какъ при этомъ не получается осажденія іода въ микроскопическихъ кристаллахъ, неизбѣжнаго при употребленіи іодной тинктуры.

Растворъ ѣдкаго кали производитъ быстрое разбуханіе крахмальныхъ зеренъ. Комбинаціей этихъ двухъ реактивовъ пользуются для распознаванія мельчайшихъ крупинокъ крахмала, которыя, даже при сильномъ увеличеніи, представляются точками; вслѣдствіе ихъ незначительнаго размѣра невозможно судить о степени окраски ихъ іодомъ. Чтобы сдѣлать ее видимою, разрѣзъ погружаютъ въ каплю раствора ѣдкаго кали; крупинки крахмала немедленно разбухаютъ; препаратъ промываютъ сперва водою, потомъ слабой уксусной кислотой и прибавляютъ раствора іода; крупинки крахмала представляютъ, послѣ этой обработки, расплывчатые массы, ясно окрашенныя въ синій цвѣтъ.

Сахаръ тростниковый, глюкоза и левулеза встрѣчаются обыкновенно растворенными въ клѣточномъ сокѣ; сравнительно рѣдко (на поверхности нектаревъ) попадаются въ видѣ кристалловъ.

Для распознаванія тростниковаго сахара отъ двухъ остальныхъ, а тоже и для изученія распредѣленія ихъ по тканямъ, прибѣгаютъ обыкновенно къ послѣдовательной обработкѣ препарата растворомъ *мѣднаго купороса* и *ѣдкаго кали*. Разрѣзъ погружаютъ предварительно, на нѣсколько минутъ, въ концентрированный растворъ мѣднаго купороса; затѣмъ, удаливъ по возможности приставшую къ препарату жидкость, переносятъ его въ кипящій растворъ крѣпкаго ѣдкаго кали. Въ клѣткахъ, не содержащихъ сахара, получается черный порошокъ безводной окиси мѣди; въ присутствіи глюкозы или левулезы образуется въ клѣткѣ обильный мелкій красный осадокъ закиси мѣди; въ клѣткахъ, съ тростниковымъ сахаромъ, осадка не получается вовсе; выдѣленная, изъ мѣднаго купороса, окись мѣди удерживается въ полости клѣтки въ растворѣ, образуя голубую жидкость. По предложенію Пфеффера ¹⁾ прибавляютъ къ мѣдному купоросу винокислотно-кислаго натрія (*Tartarus natronatus* аптечный), или же замѣняютъ мѣдный купоросъ винокислотою мѣдью, чтобы присутствіе сахара, если содержаніе его незначительно, не было замаскировано чернымъ осадкомъ окиси мѣди, при избыткѣ реактива.

При употребленіи этой реакціи необходимо имѣть въ виду, что, кромѣ сахара, многія другія соединенія органическія, напр. таннинъ, способны раскислять окись мѣди; только при увѣренности въ отсутствіи послѣднихъ, вышеописанная реакція можетъ послужить вѣрнымъ указаніемъ на распредѣленіе сахара по растенію.

Инулинъ, въ живой клѣткѣ, находится раствореннымъ въ клѣточномъ сокѣ, никогда не образуя твердыхъ отложеній. Присутствіе его легко обнаруживается, если погрузить содержащую его ткань въ крѣпкій спиртъ; спиртъ осаж-

1) Pffeffer—Prings. Jahrb. 8; 538 (1872).

даетъ инулинъ въ видѣ большихъ сферическихъ массъ, на первый взглядъ сходныхъ съ зернами крахмала; сходство это оказывается не только въ формѣ, но и въ слоистой строеніи. Отъ крахмальныхъ зеренъ, отложенія инулина отличаются растворимостью въ водѣ; отъ прибавленія, къ препарату, капли воды они мгновенно исчезаютъ; іодомъ вовсе не окрашиваются. Замѣчательно кромѣ того, что оболочки клѣтокъ не представляютъ препятствія образованію сферическихъ массъ инулина; нерѣдко можно встрѣтить шаровидное отложеніе, общее тремъ клѣткамъ, съ непрерывною шаровидною поверхностью, не смотря на заключенныя въ немъ части стѣнокъ смежныхъ клѣтокъ.

Примѣчаніе. Различныя по составу, но сходныя по формѣ съ инулиномъ сферокристаллы осаждаются, по показанію Пфеффера ¹⁾, спиртомъ въ апельсинахъ. Отъ инулина они отличны тѣмъ, что при кипяченіи съ сѣрной кислотой не даютъ глюкозы; онъ нашелъ ихъ какъ въ зрѣлыхъ, такъ и не зрѣлыхъ апельсинахъ, далъ имъ формулу $C_{25} H_{30} O_{18}$, а самое тѣло назвалъ *гесперидиномъ*. Они обазались также во всѣхъ органахъ *Citrus Aurantium* и *Citrus Limetta*, между тѣмъ какъ въ *C. decumana* и *C. Bigaradia* ихъ найти не удалось.

Сходныя съ инулиномъ отложенія вызываются спиртомъ, по наблюденіямъ Дикштейна ²⁾, въ корневищѣ *Canna spectabilis* и *C. heliconiaefolia* и еще у одного неопредѣленнаго вида этого рода; отъ инулина они отличаются тѣмъ, что не раскисляютъ окиси мѣди въ фелинговой жидкости.

Неопредѣленнаго состава сферокристаллы найдены Кальдерупъ Розенвинге ³⁾ въ различныхъ видахъ *Mesembryanthemum*, оставленныхъ въ спиртѣ. Живыя растенія не содержали ихъ.

Подробное описаніе и подраздѣленіе сферокристалловъ на группы, по ихъ строенію, даетъ Мика ⁴⁾.

Камеди и растительныя слизи, отлагаемая частью въ содержимомъ клѣтокъ, частью же въ оболочкѣ, не представляютъ характерныхъ микрохимическихъ реакцій, за исключеніемъ развѣ указанной Ганштейномъ ⁵⁾ окраски гуммиобразныхъ шаровидныхъ массъ въ розовый цвѣтъ отъ *спиртоваго раствора смѣси аниминъ-фіолета и розанилина*, взятыхъ въ равныхъ количествахъ.

Жиры отличаютъ подъ микроскопомъ, по отложенію ихъ, въ содержимомъ клѣтокъ, въ видѣ маслообразныхъ капель, легко растворимыхъ въ спиртѣ и эфирѣ. Другихъ микрохимическихъ реакцій касательно ихъ не имѣется, поэтому и свѣдѣнія о распредѣленіи ихъ по тканямъ растеній крайне скудны.

Воскообразныя вещества узнаются подъ микроскопомъ по строенію и легкоплавкости; подробнѣе говорено будетъ о нихъ ниже.

Кутинъ, вещество безазотистое, еще не вполне опредѣленнаго состава, весьма богатое углеродомъ, отлагается въ оболочкѣ, преимущественно въ наружной части клѣтокъ кожицы, и распознается по яркобурой окраскѣ оболочки отъ іода и сѣрной кислоты.

1) *Pfeffer. Bot. Zeit.* 1874; 481.

2) *Dickstein. Mittheil. d. Univ. Warschau*, № 4.

3) *Kalderup-Rosenwinde. Just. Jahresb.* 1878; 19. (Vindeskab. Meddelels fd. naturhist. Foren i. Kjöbenhavn).

4) *Mika. Just. Jahresb.* 1878; 20. *Magyar Növénytany Lapok* 1; 93. 2; 1; его же: *Eine botanische Studie.* Klausenburg 1878.

5) *Hanstein. Bot. Zeit.* 1868; 708.

На *суберинъ* (пробковое вещество), пропитывающей оболочку опробкованныхъ клѣтокъ, имѣется слѣдующая микрохимическая реакція, предложенная Генелемъ¹⁾: тонкіе разрѣзы, съ опробкованными клѣтками, кипятятъ въ смѣси азотной кислоты и хлорноватокислаго калия; не опробкованные слои оболочекъ растворяются; мѣста же, содержащія суберинъ, выдѣляютъ цериновую кислоту въ видѣ шаровидныхъ массъ, которыя въ началѣ представляютъ зернистое строеніе, а впослѣдствіи дѣлаются однородными.

Дубильныя вещества, попадающіяся какъ въ оболочкѣ, такъ и въ содержимомъ клѣтокъ, представляютъ нѣсколько характерныхъ окрашиваній, по которымъ они легко распознаются подъ микроскопомъ:

Растворъ стърнокислой окиси желѣза окрашиваетъ нѣкоторыя изъ нихъ въ синій, другія въ зеленый цвѣтъ.

Растворъ пѣдкаго кали — въ красновато-бурый цвѣтъ.

Растворъ двухромокислаго калия переводитъ дубильныя вещества въ нерастворимое, студенистое соединеніе, неспособное проникать сквозь оболочки клѣтокъ. По мнѣнію Шелля, спеціально занимавшагося дубильными веществами растений, изъ всѣхъ реакцій только послѣдняя, предложенная Саніо, можетъ считаться надежною, такъ какъ два предъидущихъ реактива не устраняютъ возможности диффузіи дубильныхъ веществъ въ смежныя клѣтки.

На *смолы* имѣются два микрохимическихъ реактива:

1) *Спиртовый растворъ альканны*; на изслѣдуемый разрѣзъ кладутъ кусочки корня альканны и прибавляютъ нѣсколько капель спирта. Смолистыя отложенія въ плазмѣ окрашиваются въ красный цвѣтъ; по обнаруженіи окраски препаратъ промываютъ спиртомъ; окрашенные мѣста плазмы сохраняютъ свой цвѣтъ²⁾.

2) *Спиртовый растворъ смѣси анилинъ-фіолетовой краски и розанилина*, взятыхъ въ равномъ количествѣ; смолистыя части плазмы окрашиваются ими въ синій цвѣтъ (реактивъ Ганштейна³⁾).

Къ микрохимическимъ реакціямъ относятся предложенныя Бородинымъ⁴⁾ приемы распознаванія аспарагина, тирозина, лейцина въ пластинкахъ, вырѣзанныхъ изъ растений; приемъ этотъ отличается отъ предъидущихъ тѣмъ, что выше-названныя соединенія разслѣдуются виѣ тканей ихъ заключающихъ, и получаютъ въ видѣ кристалликовъ, на стеклѣ, вокругъ препарата. Особенно характерны реакціи на аспарагинъ; къ разрѣзу прибавляютъ каплю крѣпкаго спирта и, покрывъ ее покровной пластинкой, даютъ ей высохнуть; если вырѣзанная пластинка содержитъ аспарагинъ, то находятъ кристаллики его осѣвшими, какъ на предметномъ стеклѣ, такъ и на покровной пластинкѣ. Они отличаются во 1-хъ тѣмъ, что при нагрѣваніи до 100° Ц. теряютъ кристаллизационную воду и плавятся, принимая видъ маслообразной капельки, растворимой въ водѣ; изъ воды удается вновь получить кристаллы аспарагина. Если же ихъ нагрѣть до температуры 200° Ц., то они, плавясь, бурбуютъ и превращаются въ массу, не растворимую

1) *Höhnel*. Sitzber. d. Wien. Ak. 76; 663. (1877).

2) *Müller*. Pringsh. Jahrb. 5; 387.

3) *Hanstein*. Bot. Zeit. 1868; 708.

4) *Borodin*. Bot. Zeit. 1878; 801.

въ водѣ. Для отличія кристалловъ аспарагина отъ различныхъ другихъ тѣлъ, выкристаллизовывающихся обыкновенно одновременно съ нимъ, Бородинъ употребилъ насыщенный растворъ аспарагина; въ каплѣ этого раствора почти мгновенно растворялись кристаллики, не принадлежавшіе аспарагину, между тѣмъ какъ кристаллы аспарагина не только не растворялись, но даже обнаруживали увеличеніе объема. Подобный же приемъ былъ имъ въ послѣдствіи примѣненъ съ успѣхомъ для распознаванія осадковъ тирозина и лейцина.

Пигменты, легко узнаваемые по цвѣту, или окрашиваютъ опредѣленные участки плазмы, называемые *хроматофорами*, напр. хлорофиллъ, оранжевый пигментъ, или же являются растворенными въ клѣточномъ сокѣ, напр. пигменты красный и синій.

II. НЕОРГАНИЧЕСКІЯ СОСТАВНЫЯ ЧАСТИ РАСТЕНІЙ.

Неорганическія составныя части обыкновенно опредѣляютъ, изслѣдуя золу, получаемую сожиганіемъ растенія. Приемъ этотъ имѣетъ много недостатковъ. Нѣкоторыя минеральныя соединенія вовсе не могутъ быть опредѣлены этимъ путемъ, такъ какъ они отъ жара разлагаются и улетучиваются, напр. амміакъ и азотная кислота; другія, напр. сѣрная и фосфорная кислоты, образуются при прокаливаніи растенія, по крайней мѣрѣ отчасти, изъ сѣры и фосфора, которые, до сожиганія, входили въ составъ сложныхъ органическихъ соединеній; при обзаливаніи образуются и углекислыя соли, встрѣчаемая въ живомъ растеніи очень рѣдко въ значительномъ количествѣ; количество послѣднихъ, въ золѣ, обуславливается кромѣ того отношеніемъ основаній и нелетучихъ минеральныхъ кислотъ; при значительномъ содержаніи нелетучихъ кислотъ получается зола, лишенная углекислыхъ солей, вслѣдствіе вытѣсненія углекислоты другими кислотами. Напротивъ того, зола изобилуетъ углекислыми солями, если она богата основаніями и сравнительно бѣдна нелетучими минеральными кислотами.

Принимая во вниманіе вышеказанное, нельзя не согласиться, что изслѣдованіе состава золы даетъ не вполне точное и полное, а только приблизительное представленіе о содержаніи въ растеніи минеральныхъ составныхъ частей. Тѣмъ не менѣе за неимѣніемъ другаго приема опредѣленія минеральныхъ составныхъ частей въ растеніи, приходится въ настоящее время довольствоваться вышеописаннымъ способомъ изслѣдованія; перечисленные его недостатки дополняютъ спеціальными опредѣленіями амміака, азотной кислоты, сѣры и фосфора; потерю же хлористыхъ щелочей, легко улетучивающихся при прокаливаніи, стараются избѣгнуть, обзаливая растеніе при возможно низкой температурѣ (ниже краснаго каленія).

Первыя обстоятельныя изслѣдованія надъ составомъ золы растеній сдѣланы были Соссюромъ; онъ же первый пришелъ къ убѣжденію, что минеральныя составныя части золы представляютъ не случайныя примѣси, а соединенія необходимыя для жизни растенія и что онѣ не образуются внутри растенія, какъ это принимали прежде, а заимствуются изъ почвы.

Въ настоящее время имѣется громадное число анализовъ золы; обзоръ ихъ чрезвычайно облегченъ недавно законченнымъ капитальнымъ трудомъ Вольфа ¹⁾,

1) *Wolff*. Aschenanalysen, 1 Theil, 1871; 2 Theil, 1880.

который не только собралъ и распредѣлил анализы по группамъ, но сдѣлалъ числовыя данныя удобно сравнимыми, перечисливъ ихъ на чистую золу. Преобладающими составными частями золы оказались фосфорнокислыя, сѣрнокислыя, хлористыя и углекислыя соли щелочей (калія и натрія) и щелочныхъ земель (кальція и магнія) желѣза и кремнезема.

Для изслѣдованія содержанія въ растеніяхъ разлагаемыхъ жаромъ неорганическихъ соединеній: амміака, азотистой и азотной кислотъ, употребляются совершенно иные приемы. Fröling u. Grouven. Land. Versuchsst. B. 8, p. 471 (1866) и B. 9, p. 150 (1867). Wulfert. Land. Versuchsst. B. 12, p. 164 (1869). Сорокинъ. Приложение къ протоколу 53-го засѣданія Казанскаго Общества Испитателей природы. Фаминцынъ. Обмѣнъ веществъ, стр. 162.

Непосредственнымъ наблюденіемъ удастся убѣдиться въ присутствіи въ растеніяхъ щавелевокислаго и углекислаго кальція и кремнезема. Изъ этихъ солей, щавелевокислый кальцій оказался въ очень большомъ числѣ растеній; соль эта находится отложенною въ видѣ болѣе или менѣе мелкихъ кристалловъ какъ въ содержимомъ клѣтки, такъ и въ оболочкѣ, а также въ видѣ друзъ и рафидъ въ полости клѣтокъ. Химическій составъ отложеній щавелевокислаго кальція удалось опредѣлить на выдѣленныхъ изъ растеній кристаллахъ при посредствѣ слѣдующихъ реакцій:

1) они не растворяются въ уксусной кислотѣ, слѣдовательно не представляютъ отложенія углекислаго кальція;

2) не растворяются въ водѣ, слѣдовательно не могутъ быть ни солями щелочей, ни гипсомъ;

3) растворяются въ соляной и азотной кислотахъ, безъ выдѣленія газа;

4) послѣ прокаливанія растворяются въ уксусной кислотѣ, съ выдѣленіемъ газа (углекислоты);

5) послѣ растворенія ихъ въ сѣрной кислотѣ, при испареніи жидкости, получаютъ кристаллы гипса и щавелевой кислоты;

6) послѣ отдѣленія фильтрованіемъ кристалловъ гипса, появляются, при медленномъ выпариваніи жидкости, хорошо развитые кристаллы щавелевой кислоты.

Для распознаванія мѣстъ отложенія кремнезема обрабатываютъ разрывъ смѣсью Шульца (т. е. азотной кислотой съ хлорноватокислымъ калиемъ) и затѣмъ прокалываютъ; оставшуюся послѣ прокаливанія массу промываютъ соляной кислотой. Въ остаткѣ получается негоряемый и нерастворимый въ соляной кислотѣ скелетъ кремнезема. (Crüger. Bot. Zeit. 1857, p. 281; Mohl. Bot. Zeit. 1861, p. 208; Розановъ. Bot. Zeit. 1871, p. 748.)

Организованныя образованія и ихъ молекулярное строеніе.

Изъ вышеприведеннаго обзора разслѣдованій химическаго состава растеній оказалось, что, за исключеніемъ воды, которая смачиваетъ ткани, растенія построены изъ совершенно своеобразныхъ, не встрѣчаемыхъ въ окружающей природѣ органическихъ соединеній. Послѣднія, какъ увидимъ ниже, вырабатываются самими растеніями посредствомъ синтеза изъ немногихъ минеральныхъ солей, воды и углекислоты.

Займствуя непосредственно отъ лучей солнца свѣтовую и тепловую энергію, растенія строятъ изъ вышеперечисленныхъ простыхъ тѣлъ соединенія весьма сложнаго состава и богатыя потенціальною химическою энергіею. Но не въ этомъ, хотя и чрезвычайно важномъ химическомъ процессѣ заключается суть жизни растительной клѣтки; приготовленныя въ растеніи путемъ синтеза органическія соединенія представляютъ лишь пластическій матеріалъ, на счетъ котораго растенія разрастаются. Разслѣдованія химическія послѣдняго времени показали, что построеніе органическихъ соединеній путемъ синтеза возможно и внѣ живой растительной клѣтки; число синтезомъ приготовляемыхъ въ лабораторіи органическихъ тѣлъ возрастаетъ ежедневно, и можно не безъ основанія надѣяться, что въ болѣе или менѣе отдаленномъ будущемъ удастся приготовить изъ минеральныхъ веществъ путемъ синтеза сложнѣйшія изъ органическихъ соединеній.

Наиболѣе существенные процессы въ живой клѣткѣ состоятъ въ построеніи, изъ органическихъ соединеній, *организованныхъ* образований: плазмы, ядра съ ядрышкомъ, хроматофоръ, зеренъ алеурона, оболочки клѣтокъ, изъ которыхъ слагаются послѣдовательно клѣтки, ткани, органы и цѣльныя растенія.

Организованныя образования представляютъ слѣдующія характерныя особенности: подобно кристалламъ, они отлагаются въ совершенно опредѣленной формѣ; во всемъ же остальномъ они отъ кристалловъ рѣзко отличаются. Кристаллъ разрастается чрезъ отложеніе новыхъ частицъ на поверхности старыхъ; полученный чрезъ поверхностное нарастаніе кристаллъ, по всей массѣ своей, представляетъ совершенно однообразное строеніе и слагается изъ частицъ совершенно однородныхъ, и сходныхъ какъ по физическимъ свойствамъ, такъ и по химическому составу. Кристаллы имѣютъ настолько плотное сложеніе, что не вбираютъ въ себя никакихъ растворовъ; погруженные въ жидкость, они или остаются безъ перемѣны, или же растворяются въ ней постепенно съ поверхности.

Совершенно иными свойствами обладаютъ организованные образования: строеніе ихъ обыкновенно не однородное; они легко вбираютъ въ себя воду и другія жидкости и при этомъ нерѣдко весьма значительно увеличиваются въ объемъ; отдавая воду при засыханіи, они съеживаются до первоначальнаго размѣра. Всасываніе жидкостей организованными образованиями производится иногда, какъ показали опыты Жамена, Негели и Рейнке, съ необычайною силою и сопровождаются значительнымъ нагрѣваніемъ разбухающаго вещества и сильнымъ сжатіемъ воды. По наблюденіямъ Жамена всасываніе воды сухимъ крахмаломъ происходитъ съ силою, превышающею 6 атмосферъ. Рейнке опредѣлилъ силу всасыванія воды сѣменами гороха и листцемъ морской водоросли *Laminaria*, измѣряя давленіе, потребное для воспрепятствованія всасыванія воды и для выдавливанія ея изъ разбухшей части растенія. Разбуханіе *Laminaria* въ водѣ не удалось задержать даже давленіемъ въ сорокъ атмосферъ; только небольшую часть воды удалось выдѣлить изъ листца этой водоросли вполнѣ насыщенною водою, при слабомъ давленіи; когда же содержаніе воды уменьшилось до 170%, т. е. превосходило еще по вѣсу сухое вещество *Laminaria* почти въ два раза, вода выдѣлялась лишь подъ давленіемъ шестнадцати атмосферъ; для выдавливанія воды, при 93% ея содержаніи, потребовалось увеличить давленіе до 200 атмосферъ.

Всасываніе воды организованнымъ образованіемъ сопровождается болѣе или менѣе значительнымъ выдѣленіемъ тепла; при смачиваніи 40 граммовъ сухаго крахмала равнымъ по вѣсу количествомъ воды, Негели наблюдалъ нагрѣваніе массы на 10° Ц. выше окружающей температуры; особенно быстрое повышеніе температуры обнаружилось въ началѣ смачиванія.

Демонстративнымъ примѣромъ большой силы всасыванія воды организованными тѣлами могутъ служить сухія сѣмена, смоченныя водою въ замкнутомъ пространствѣ. Уже Гелесъ показалъ, что сухія сѣмена гороха, облитыя водою въ желѣзномъ сосудѣ, закрытомъ желѣзною крышкою въ 184 фунта, при разбуханіи, въ состояніи приподнять ее. При посредствѣ сухихъ сѣмянъ гороха удается разъединить кости черепа; полость черепа наполняютъ горохомъ и обливаютъ водою; разбухающія сѣмена обнаруживаютъ столь сильное давленіе, что кости разъединяются по швамъ и отходятъ одна отъ другой.

Увеличеніе объема, при всасываніи воды организованными тѣлами, достигаетъ иногда очень значительныхъ размѣровъ: полоска бумаги, составленная изъ сплетенія растительныхъ волоконъ, увеличивается въ длину, при смачиваніи водою, приблизительно на 10% ; при послѣдующемъ высыханіи сокращается до первоначальнаго размѣра.

Гораздо большее разбуханіе наблюдается при превращеніи крахмала въ клейстеръ. По опытамъ Паэна въ водѣ нагрѣтой до $70 - 72^{\circ}$ Ц., объемъ его увеличивается на 1255% . Не менѣе значительное разбуханіе легко наблюдать на крахмальныхъ зернахъ въ каплѣ раствора ѣдкаго кали подъ микроскопомъ. Къ каплѣ воды съ крахмальными зернами, покрытой покровной пластинкой, прибавляютъ, не снимая послѣдней, каплю ѣдкаго кали; по мѣрѣ смѣшенія кали съ водою, разбуханіе проявляется постепенно и тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ больше около зерна щелочи.

Особенность строенія организованныхъ образованій ясно сказывается въ томъ, что они разбухаютъ не по всѣмъ направленіямъ въ одинаковой степени; внутренніе слои оболочки напр. содержатъ и вбираютъ въ себя большее количество воды, чѣмъ наружные: вслѣдствіе чего, вырѣзанная изъ клѣтки, полоска оболочки дѣлается въ водѣ вогнутою съ наружной стороны и чрезъ нѣкоторое время закручивается даже колечкомъ. Различное разбуханіе по разнымъ направленіямъ наблюдается и въ каждомъ отдѣльномъ слоѣ оболочки.

Вырѣзанные куски оболочки изъ клѣтокъ *Chamaedoris annulata* разбухаютъ, по Негели (*Microsp.* 2, p. 408), значительнѣе въ поперечномъ, чѣмъ въ продольномъ направленіи; сходный результатъ дало Гофмейстеру измѣреніе отрѣзковъ клѣтокъ *Nitella mucronata* и нѣкоторыхъ другихъ водорослей.

Подобныя же явленія обнаружили лубовыя волокна льна, хмѣля и хиннаго дерева, при разбуханіи въ крѣпкой сѣрной кислотѣ или купраммоніи. Негели нашель особенно сильное разбуханіе въ поперечникѣ, который оказался въ 4—6 разъ больше прежняго; разбуханіе въ поперечникѣ сопровождалось значительнымъ укорачиваніемъ отрѣзковъ, по длинѣ, вслѣдствіе закручиванія ихъ вокругъ оси клѣтки. Разбухшіе отрѣзки сдѣлались въ 2—5 разъ короче прежняго, длина же отдѣльныхъ закрученныхъ волоконъ оболочки оказалась замѣтно увеличенною.

О сократимости оболочки живой клѣтки будетъ сказано ниже.

Почти все организованные образования обладают способностью извлекать из растворов и удерживать различные вещества, в особенности пигменты. Поглощение пигментов происходит нередко столь энергично, что раствор обезцвѣчивается, между тем как организованные тѣла принимают яркую окраску. Сюда же относится поглощение крахмаломъ йода изъ воднаго и спиртоваго раствора, при чемъ, отъ малѣйшаго количества йода, крахмальныя зерна принимаютъ темно-синюю окраску.

Въ тѣснѣйшей связи съ проницаемостью организованныхъ образований для различныхъ тѣлъ находятся ихъ діосмотическія свойства. Различною проницаемостью оболочки для различныхъ жидкостей объясняютъ наблюдаемыя измѣненія уровня жидкостей, разъединенныхъ организованной перепонкой, т. е. явления *діосмоса* жидкостей чрезъ перепонку.

Перечисленные свойства организованныхъ образований: разбухаемость, поглощение, изъ растворовъ, пигментовъ и другихъ тѣлъ и діосмозъ жидкостей стараются объяснить особенностью молекулярнаго строенія организованныхъ образований. Между различными взглядами на ихъ строеніе, преобладающее значеніе имѣеть воззрѣніе Негели (Nägeli — Stärkekörner, 1858). Основываясь преимущественно на розысканіяхъ надъ крахмальными зернами и оболочкой клѣтокъ, онъ принимаетъ, что все организованные образования построены изъ весьма мелкихъ частицъ, недоступныхъ, по малой величинѣ своей, микроскопическому разслѣдованію; Негели называетъ ихъ *мицеллами*. Мицелла, по его представленію, состоитъ изъ агрегата молекулъ, или даже изъ комбинаціи нѣсколькихъ агрегатовъ молекулъ и обладаетъ кристаллическимъ строеніемъ и формою; подобно кристалламъ она, не проницаема для жидкостей; при распаденіи ея на части, послѣднія сохраняютъ свойства и особенности цѣльной мицеллы.

По Негели организованные образования построены изъ кристаллическихъ мицеллъ, расположенныхъ въ строго опредѣленномъ порядкѣ и занимающихъ, въ каждомъ организованномъ тѣлѣ, совершенно опредѣленное положеніе.

Строеніемъ изъ мицеллъ объясняется, по Негели, разбуханіе организованныхъ образований: въ сухомъ организованномъ тѣлѣ, мицеллы сближены до прикосновенія; при смачиваніи водою, послѣдняя проникаетъ внутрь организованнаго тѣла, въ промежутки между мицеллами и, покрывая каждую болѣе или менѣе значительнымъ слоемъ, раздвигаетъ ихъ до наступленія равновѣсія между отталкиваніемъ мицеллъ силою воды и взаимнымъ ихъ притяженіемъ. Въ промежуткахъ между мицеллами слагаются, по Негели, при ростѣ организованнаго тѣла, частицы вещества въ новыя мицеллы или же примыкаютъ къ поверхности уже образованныхъ мицеллъ и способствуютъ дальнѣйшему ихъ разрастанію. Въ этихъ же промежуткахъ отлагаются пигменты и другія тѣла, вбираемыя организованными образованиями изъ растворовъ; по нимъ происходятъ, согласно представленію Негели, и діосмотическія токи.

Концентрическія наслоенія оболочки и крахмальныхъ зеренъ Негели рассматриваетъ какъ слѣдствія позднѣйшей дифференцировки (расщепленія) массы ихъ на слои различной плотности; подобною дифференцировкой онъ старается пояснить полосатость оболочки.

Примѣчаніе. Взгляды Негели на возрастаніе оболочки и крахмальныхъ зеренъ подверглись однако въ послѣднее время нападкамъ съ различныхъ сторонъ: Шимперъ, на основаніи розысканій надъ крахмальными зернами, Страсбургеръ и Палладинъ надъ

оболочкой растительныхъ клітокъ, принимаютъ, что разрастаніе организованныхъ образований происходитъ чрезъ *appositio*, т. е. чрезъ отложеніе новыхъ частицъ на поверхности старыхъ; послѣдовательнымъ отложеніемъ образуются, по ихъ мнѣнію, слои утолщенія крахмальныхъ зеренъ и оболочки. Среднее мѣсто между воззрѣніями этихъ ученыхъ и Негели занимаетъ Диппелъ; онъ утверждаетъ, что слои оболочки появляются, каждый совершенно самостоятельно, т. е. образуются чрезъ налеганіе (на поверхности старыхъ или въ промежуткахъ между ними); разрастаніе же каждаго отдѣльнаго слоя въ толщину происходитъ по его мнѣнію чрезъ *intussusceptio*. По моимъ наблюденіямъ наконецъ, надъ нарастаніемъ въ толщину оболочки лубовыхъ волоконъ *Nerium Oleander*, оболочка образуется въ началѣ послѣдовательно чрезъ *appositio* 2—3 толстыхъ слоя, изъ которыхъ въ послѣдствіи, путемъ расщепленія, происходитъ большее число тонкихъ пластинокъ наслоенія.

1) *Schimper*. Unters. üb. d. Wachsthum d. Stärkekörner. Bot. Zeit. 1881, 195.

2) *Strasburger*. Ueber d. Wachsthum u. d. Bau d. Zellhäute 1882.

3) *Dippel*. Die neuere Theorie üb. d. feinere Structur d. Zellhäute, 1878.

4) Фаминцынъ Beitr. z. Entwicklung d. Sclerenchymfasern v. Nerium Oleander. Mel. biol. T. 12 (1884).

Примѣчаніе 2-е. Интересны попытки полученія внѣ клітки искусственныхъ образований, по возможности сходныхъ, по строенію и способу нарастанія, съ оболочкой и зернами крахмала. Сюда относятся полученныя Траубе (*Traube* Bot. Zeit. 1875, p. 57; см. его же подробную статью помѣщенную въ Archiv v. Reichart u. Du Bois Raymond 1867) осадочныя перепонки, также приготовленная мною перепонка изъ кремнекислоты, сходная съ оболочкой растительныхъ клітокъ въ томъ, что при высыханіи значительно съ сживается, при смачиваніи водою вновь разбухаетъ, окрашивается интенсивно фуксиномъ и обнаруживаетъ явленія дісмоза. Къ подобнымъ образованіямъ принадлежатъ округлыя, и сплошныя тѣла, осѣвшія изъ густаго раствора декстрина въ опытахъ Мускулуса и описанныя мною слоистыя отложенія углекислаго кальція и слоистыя мѣлиновыя тѣла.

Фаминцынъ. Ueber amyllumartige Gebilde d. kohlen-sauren Kalkes. (Verhandl. d. naturhist.-medicin. Vereins zu Heidelberg, 1869, и его же: Ueber Kieselsäuremembran u. geschichtete Myelingegebilde. Mémoires de l'Académie des sciences de St-Pétersbourg, T. 12 (1884).

Наиболѣе простыми изъ организованныхъ образований по нарастанію и строенію представляются кристаллоиды бѣлковыхъ тѣлъ, отлагаемые въ зернахъ алеурона. Отложенія эти по формѣ ничѣмъ не отличаются отъ типичныхъ кристалловъ (см. рис. 1, стр. 13); кристаллическая форма ихъ съ точностью опредѣлена Негели, Шмидебергомъ и Шимперомъ (см. *Nägeli*. Sitzungsber. d. Bayer. Ak. 1862, II; *Schmiedeberg*. Zeitschr. f. physiol. Chem. 1877, B. 1; *Schimper*. Untersuchungen über die Proteinkristalloide des Pflanzen. Inauguraldissertation, 1878). Подобно послѣднимъ, они имѣютъ плоскія грани, сходящіяся подъ совершенно опредѣленными углами, и подъ микроскопомъ представляютъ массу вполне однородную. Тѣмъ не менѣе кристаллоиды бѣлковыхъ тѣлъ существенно отличаются отъ кристалловъ по слѣдующимъ признакамъ: 1) подобно остальнымъ организованнымъ образованіямъ, они вбираютъ въ себя различныя пигменты изъ растворовъ и ярко окрашиваются ими; 2) при быстромъ нагрѣваніи жидкости до кипяченія они дѣлаются непрозрачными, свертываются и разбухаютъ; грани ихъ изъ плоскихъ дѣлаются при этомъ выпуклыми, ребра и углы округлыми; 3) въ разныхъ частяхъ своихъ они различно относятся къ реактивамъ.

Выше было уже указано, что удается выкристаллизовать ихъ изъ раствора въ видѣ кристалловъ совершенно тождественныхъ съ находимыми въ зернахъ алеурона. Хотя точныхъ разслѣдованій надъ способомъ ихъ роста сдѣлано не было, то тѣмъ не менѣе нѣтъ основанія предполагать, чтобы они въ своемъ нарастаніи отличались отъ типичныхъ кристалловъ.

Остальныя организованныя образованія не имѣютъ ничего общаго съ кристаллами; изъ нихъ болѣе изслѣдованы, по отношенію къ строенію и развитію, оболочка клітокъ и крахмальныя зерна. Не смотря однако на большое количество разысканій, произведенныхъ въ этомъ направленіи, вопросъ о строеніи и о

способъ нарастанія какъ оболочки, такъ и крахмальныхъ зеренъ, какъ мы видѣли выше (стр. 26), не разрѣшенъ еще окончательно.

Къ наиболѣе сложнымъ организованнымъ отложеніямъ относятся плазма, хроматофоры и ядро (съ ядрышкомъ). Въ каждомъ изъ нихъ отличаютъ двѣ совершенно различныя составныя части: а) вещество болѣе плотное, построенное изъ множества мельчайшихъ тѣлецъ (микрозомъ), имѣющихъ видъ палочекъ, соединенныхъ между собою концами въ болѣе или менѣе явственную сѣть и б) аморфную массу менѣе плотную, слабѣе преломляющую свѣтъ и выполняющую всѣ петли сѣти.

Предполагая уже извѣстнымъ читателю изслѣдованіа надъ сократимостью и движеніемъ плазмы въ живой растительной клѣткѣ, я ограничусь лишь замѣчаніемъ, что и ядра обнаруживаютъ иногда амѣбовидныя движенія и перемѣщеніе въ полости клѣтки, какъ показалъ Іоховъ (*Jochow. Bot. Zeit.* 1881, 729). Объ измѣненіи формъ хроматофоровъ у нѣкоторыхъ растений, подъ вліяніемъ свѣта, будетъ сказано ниже въ главѣ второй.

Изслѣдованія послѣдняго времени раскрыли неподозрѣваемую прежде самостоятельность жизни, т. е. роста и размноженія ядеръ и хроматофоровъ среди окружающей ихъ плазмы. Во всѣхъ точно разслѣдованныхъ случаяхъ хроматофоры и ядра растутъ и размножаются совершенно самостоятельно и относятся слѣдовательно къ плазмѣ какъ тѣла постороннія, не находящіяся съ ней въ генетической связи.

Первыя несомнѣнныя указанія касательно размноженія хроматофоровъ дѣленіемъ были сдѣланы Негели у *Nitella syncarpa*. Зерна хлорофилла расположены у нея въ клѣткахъ листьевъ и стебля въ периферическомъ слое плазмы въ долевыхъ рядахъ, параллельныхъ оси клѣтки. Оказалось, что число долевыхъ рядовъ остается во время развитія клѣтки постояннымъ, между тѣмъ какъ число зеренъ хлорофилла въ каждомъ рядѣ быстро возрастаетъ по мѣрѣ роста клѣтки. Въ наиболѣе короткой верхушечной клѣткѣ самаго молодого листа Негели насчиталъ по 40 зеренъ хлорофилла въ каждомъ долевымъ ряду, въ конечной клѣткѣ слѣдующаго втораго листа 150, третьаго — 500, четвертаго — 2,000. Согласно съ этими наблюденіями, онъ находилъ зерна хлорофилла *Nitella syncarpa* дѣлящимися, лишь въ направленіи перпендикулярномъ къ оси клѣтки, и ни разу не наблюдалъ дѣленія ихъ по длинѣ, параллельно оси клѣтки. Сходный результатъ получился изъ наблюденій надъ размноженіемъ зеренъ хлорофилла въ стеблевыхъ клѣткахъ этого растенія.

Шмицъ показалъ что, во всѣхъ изслѣдованныхъ имъ водоросляхъ хроматофоры растутъ и размножаются дѣленіемъ среди безцвѣтной плазмы совершенно самостоятельно и не находятся съ ней въ генетической связи. Совершенно сходный результатъ получили Мейеръ и Шимперъ относительно хроматофоровъ цвѣтковыхъ растеній. Они нашли хроматофоры обособленными въ плазмѣ въ самой ранней стадіи развитія клѣтокъ; по ихъ наблюденіямъ, при дѣленіи клѣтокъ хроматофоры клѣтки дѣлящейся входятъ въ составъ дочернихъ клѣтокъ и послѣдующимъ дѣленіемъ, производятъ всѣ находимые въ этихъ клѣткахъ хроматофоры

См. *Schimper. Untersuch. üb. d. Chlorophyllkörper. Pringsh. Jahrb.* B. 16; p. 1, гдѣ собрана вся литература по этому предмету.

Шимперу удалось даже, относительно трехъ растений, показать, что и въ яйцеклѣткѣ хроматофоры не происходятъ изъ плазмы, а заимствуются готовыми отъ организма матери и представляютъ слѣдовательно продукты дѣленія хроматофоръ предыдущаго поколѣнія.

Самостоятельность жизни и размноженія ядеръ растительныхъ клѣтокъ выяснилась, благодаря преимущественно розысканіямъ Страсбургера. По его изслѣдованіямъ (Strasburger. Zellbildung und Zelltheilung, 1880) ядра происходятъ исключительно путемъ дѣленія и нигдѣ не возникаютъ, какъ это прежде предполагали, изъ плазмы клѣтки. Изъ этого правила не представляетъ исключенія и ядро яйцеклѣтки, которое, какъ показано будетъ ниже въ главѣ 3-ей, есть ничто иное какъ одинъ изъ продуктовъ дѣленія ядра зародышеваго мѣшка организма матери.

Совокупною дѣятельностью этихъ трехъ главнѣйшихъ организованныхъ образованій: хроматофоръ, ядра и плазмы обуславливается жизнь растительной клѣтки и всего растенія. Къ сожалѣнію однако не удалось еще выяснитъ ближе участія каждаго изъ этихъ образованій въ жизни клѣтки. Особенно загадочною представляется роль ядра. Кромѣ ядрышка въ нѣкоторыхъ, хотя пока и одиночныхъ, но точно разслѣдованныхъ случаяхъ, нашли въ ядрѣ еще и другія включенія, напр. зернышки крахмала (*Tradescantia*, *Chara*), зерна хлорофилла (*Blasia ru-silla*, *Piper*, *Magnolia grandiflora*), и кристаллоиды бѣлковыхъ тѣлъ (*Lathraea squamaria*, *Utricularia*, *Pinguicula*). Ядро представляетъ здѣсь повтореніе строенія въ миниатюрѣ клѣтки, его заключающей. Эти наблюденія заставляютъ безпристрастнаго наблюдателя отложить, до разъясненія вышеприведенныхъ аномалическихъ случаевъ, всякое толкованіе о значеніи и участіи ядра въ жизни клѣтки.

Ростъ растеній.

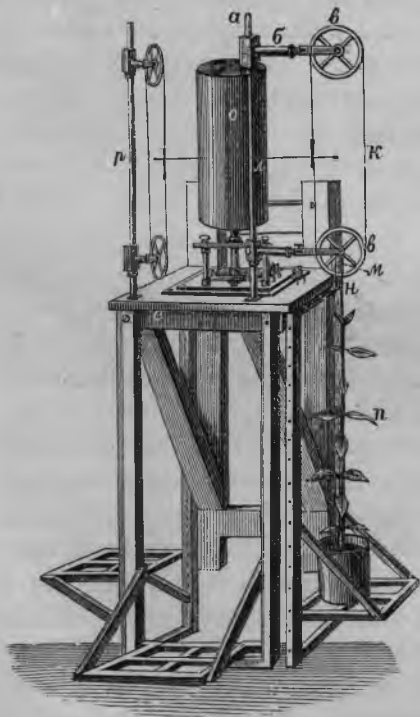
Разрастаніе растенія является результатомъ роста всѣхъ составляющихъ его клѣтокъ; приростъ же каждой растительной клѣтки, построенной изъ организованныхъ образованій, слагается изъ совокупнаго разрастанія послѣднихъ. Мы видѣли сколь мало выяснены способы нарастанія организованныхъ образованій; еще загадочнѣе представляется ростъ цѣлаго агрегата ихъ: растительной клѣтки. Мы знаемъ только, что живую клѣтку вырабатывается, изъ болѣе или менѣе простыхъ продуктовъ окружающей среды, необходимый для построенія ея тѣла пластическій матеріалъ и вмѣстѣ съ пищею накопляется (см. слѣд. главу) запасъ энергіи, необходимый для жизненныхъ отправленій клѣтки.

Какимъ же процессомъ обуславливается построеніе, изъ клѣтокъ, цѣльнаго растенія съ его разнообразными органами и тканями, остается пока еще неразгаданною тайною. Въ розысканіяхъ относительно роста клѣтокъ и растеній почти исключительно преслѣдуется лишь весьма скромная задача: опредѣленіе быстроты разрастанія, по различнымъ направленіямъ, цѣльнаго растенія и различныхъ его частей. Почти всѣ сюда относящіеся наблюденія и опыты сдѣланы надъ высшими растеніями; весьма немногіе надъ одноклѣтными или отдѣльными клѣтками сложныхъ формъ.

Первыя наблюденія произведены были Дюгамелемъ; измѣряя разстоянія

между значками, намѣченными на стволѣ и вѣтвяхъ растений, онъ нашель, что только на концахъ вѣтвей разстоянія между значками увеличивались, на всемъ же остальномъ протяженіи они оставались безъ измѣненія. Изъ этого Дюгамель заключилъ, что разрастаніе въ длину растений обуславливается исключительно нарастаніемъ ихъ конечныхъ частей. Самый ходъ роста болѣе точнымъ образомъ былъ впервые изученъ, подобнымъ же приѣмомъ, Гартингомъ (*Harting*. *Linnaea* 1847) на стеблѣ плюща. Рядомъ послѣдовательныхъ измѣреній онъ убѣдился, что прирость, въ началѣ медленный, постепенно усиливается и, достигнувъ чрезъ нѣкоторое время максимума, столь же постепенно начинаетъ спадать вплоть до окончательной остановки роста стебля. Изъ работъ, сдѣланныхъ въ послѣднее время, главнѣйшія принадлежатъ Саксу (*Sachs*, *Arbeit. d. Würzb. Instit.* 1872. В. 1), который улучшилъ методъ разслѣдованія роста тѣмъ, что во все время наблюденій держалъ растеніе въ возможно одинаковыхъ условіяхъ, причемъ записываніе прироста производилось посредствомъ, приспособленнаго Саксомъ для этой цѣли, самопишущаго прибора, *ауксанометра*, въ послѣдствіи усовершенствованнаго Баранецкимъ. (*Baranetzky*. *Mém. de l'Acad. des sc. de St. Pétersb.* T. VII. 1878).

Рис. 2.



Ауксанометръ Баранецкаго.

маленькаго блока нижней пары; на противоположномъ концѣ шелковинки привѣшенъ грузъ, не превышающій вѣсомъ десяти граммовъ; при посредствѣ его шелковинка плотно налегаетъ на желобокъ блока. По мѣрѣ роста растенія и поднятія вершины его, шелковинка приводитъ блокъ въ движеніе съ право на лѣво и вызываетъ опусканіе указателя, пропорціональное росту растенія. Къ концу (л) ука-

Ауксанометръ Баранецкаго (см. рис. 2) состоитъ изъ слѣдующихъ частей: на желѣзномъ стивѣ (а) прикрѣплены посредствомъ горизонтальныхъ ручекъ 4 блока (с), соединенные по парно и снабженные по окружности желобками; два изъ нихъ большой и малый, имѣющіе общую ось вращения, поддерживаются верхней ручкой (б); подобная же пара блоковъ сидитъ на нижней ручкѣ. Чрезъ оба большіе блока проходитъ безконечная шелковинка, къ которой прикрѣпленъ горизонтальный указатель (к); указатель состоитъ изъ половины расщепленной по длинѣ соломины; на концѣ (л) приклеена тонкая щетинка. При вращеніи большихъ блоковъ, указатель передвигается въ вертикальной плоскости вверхъ или внизъ, смотря по направленію вращения блоковъ. Растеніе, предназначенное для опыта, защемяютъ у вершины разрастающейся части въ петлю шелковинки (м), перекинутой чрезъ желобокъ

зателя приставляется, во время опыта, зачерненная сажей бумага, по которой онъ чертитъ и намѣчаетъ свое передвиженіе. Зачерненная бумага находится на вертикальномъ цилиндрѣ *O*, медленно вращаемомъ, посредствомъ часоваго механизма, со скоростью одного оборота въ часъ. На столикѣ (*c*) находится еще второй желѣзный статуръ (*p*) съ 4-мя попарно соединенными блоками, для одновременнаго наблюденія подъ приростомъ втораго растенія, на рисунокѣ не представленнаго.

Для наблюденій прироста, въ опредѣленные промежутки времени, Баранецкій предлагаетъ двоякаго рода устройство вращаемыхъ цилиндровъ: первый, одинаковый съ употребленнымъ Саксомъ, т. е. цилиндръ безпрерывно вращаемый, со скоростью одного оборота въ часъ, вокругъ эксцентрической оси съ полоской бумаги на сторонѣ, наиболѣе отдаленной отъ оси и проходящей мимо щетинки указателя чрезъ часовой промежутокъ времени; цилиндръ втораго рода, сидящій на центральной оси, но передвигаемый лишь скачками чрезъ часовые промежутки времени на незначительное пространство. Цилиндръ этотъ, покрытый зачерненной бумагой по всей поверхности, въ продолженія всего опыта касается щетинки указателя. Во время часоваго покоя цилиндра указатель, спускающійся по мѣрѣ роста растенія, чертитъ на цилиндрѣ вертикальную черту; по прошествіи часа цилиндръ, посредствомъ часоваго механизма, быстро передвигается на $\frac{1}{100}$ окружности и вновь останавливается на часъ времени. Во время передвиженія цилиндра, указателемъ проводится по бумагѣ горизонтальная черта, затѣмъ вертикальная, соотвѣтствующая приросту его въ слѣдующій часъ времени и т. д. Часовые приросты такимъ образомъ оказываются непосредственно намѣченными на бумагѣ.

Введенный Саксомъ графическій способъ изображенія прироста растеній, даетъ возможность обозрѣть на таблицѣ сразу весь ходъ роста изслѣдуемой части растенія: для этой цѣли ось абсциссъ дѣлать на части, пропорціональныя промежуткамъ времени между двумя послѣдовательными наблюденіями изъ нанесенныхъ точекъ возставляютъ перпендикуляры пропорціональные приросту, и вершины ихъ соединяють между собою. Полученная кривая линія служитъ изображеніемъ хода роста и называется *большою кривою роста*.

Большая кривая роста имѣетъ форму дуги, обращенной вогнутостью внизъ и упирается обоими концами на ось абсциссъ. Точныя измѣренія показали, что характеръ ея не измѣняется, если вмѣсто цѣлаго растенія взята часть его, отрѣзокъ, клѣтка или даже часть клѣтки. Во всѣхъ случаяхъ получается въ началѣ постепенное ускореніе роста, который, по прошествіи нѣкотораго времени, достигаетъ максимума и затѣмъ столь же постепенно спадаетъ до полного прекращенія прироста. (См. ниже *Askenasy. Neue Methode, um die Vertheilung d. Wachsthumsintensität zu bestimmen. Verhandl. d. natur.-hist. Vereins z. Heidelberg, 1878. B. 2, p. 1*). Для выясненія сказаннаго, заимствую изъ книги Сакса (*Sachs. Vorlesung. üb. Pflanzenphys., p. 657*) двѣ нижеслѣдующія таблички; въ первой приведенъ ходъ роста участка междоузлія въ 3,5 миллим. длины фасоли, во второй — разрастаніе отрѣзка корня *Vicia Faba* въ 1 миллим. длины.

Междоузліе Phaseolus multiflorus.

Прорость въ 1-ый день	1,2	миллим.
" 2	1,5	"
" 3	2,5	"
" 4	5,5	"
" 5	7,0	"
" 6	9,0	"
" 7	14,0	"
" 8	10,0	"
" 9	7,0	"
" 10	2,0	"
Всего		59,7 миллим.

Отрѣзокъ корня Vicia Faba.

"	1,8	миллим.
"	3,7	"
"	17,5	"
"	16,5	"
"	17,0	"
"	14,5	"
"	7,0	"
"	0,0	"
Всего		78,0 миллим.

Рис. 3.



Проростокъ гороха. А срисованный немедленно по нанесеніи черточекъ на корнѣ. В. Онъ же, нѣсколько времени спустя; черты нанесенныя близъ вершины значительно разодвинулись.

Эти наблюденія, въ согласіи съ прежними, ясно показываютъ, что нарастаніе въ длину какъ стебля, такъ и корня можетъ обусловливаться лишь возрастаніемъ молодыхъ частей. Длину нарастающаго участка опредѣляютъ посредствомъ ряда поперечныхъ черточекъ, нанесенныхъ на равныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ. (Рис. 3.) При разрастаніи раздвигаются лишь тѣ, которыя находятся на удлиняющейся части растенія, и притомъ пропорціонально росту каждаго изъ участковъ. Сравнивая послѣдующее распредѣленіе значковъ съ первоначальнымъ, можно слѣдовательно не только опредѣлить съ точностью длину нарастающаго участка, но и распредѣленіе въ немъ прироста, какъ видно изъ таблички, тоже заимствованной у Сакса, изображающей прорость конца корня Vicia Faba съ 10-ю черточками, отстоящими одна отъ другой на 1 миллим.

Участокъ 10-й	удлинился въ 24 часа на 0,1	миллим.
" 9-й	"	0,2 "
" 8-й	"	0,3 "
" 7-й	"	0,5 "
" 6-й	"	1,3 "
" 5-й	"	1,6 "
" 4-й	"	3,5 "
" 3-й	"	8,2 "
" 2-й	"	5,8 "
" 1-й	"	1,5 "
Всего		23,0 миллим.

Наибольшій приростъ произошелъ въ 3-мъ участкѣ, считая отъ вершины



корня; по всей измѣряемой длинѣ корня въ 10 миллим. оказался приростъ, хотя и крайне слабый, начиная уже съ 7-го участка.

Подобное же распредѣленіе прироста, незначительное близъ вершины, возрастающее на извѣстномъ протяженіи и затѣмъ опять спадающее до полного прекращенія, обнаруживается въ стеблѣ, съ тою только разницею, что длина нарастающаго участка корня гораздо короче стеблеваго: между тѣмъ какъ въ корнѣ длина его варьируетъ между 2 и 10 миллим., въ стеблѣ она достигаетъ 20—30 сант. (*Hippuris*) и даже 40—50 сант. (*Aristolochia Siphon*) и простирается на 8—10 междоузлій (*Aristolochia Siphon*) и на 25—30 междоузлій у *Myriophyllum verticillatum*. (Pfeffer, Pflanzenphys., B. 2, p. 72.)

Примѣчаніе. Подобное предъидущему непрерывное нарастаніе стебля встрѣчается однако сравнительно рѣдко; гораздо чаще (Haberlandt. Physiologische Pflanzenanatomie p. 123. 1884) нарастающая часть стебля составлена изъ междоузлій удлиняющихся каждое самостоятельно и неравномѣрно по всей длинѣ своей; въ нѣкоторыхъ Gramineae, Equisetum, Polygonum, orientale въ верхнемъ концѣ каждаго междоузлія, ростъ заканчивается гораздо раньше, чѣмъ близъ нижняго конца; эти междоузлія нарастаютъ въ длину преимущественно въ нижней половинѣ; въ другихъ растеніяхъ, напр. въ цвѣтоножкѣ Compositae, раньше заканчивается развитіе междоузлія у нижняго конца, а удлиненіе продолжается лишь въ верхней его половинѣ. Поэтому, по моему мнѣнію, необходимы повѣрочныя наблюденія надъ ростомъ отдѣльныхъ междоузлій и въ растеніяхъ, послужившихъ Саксу и другимъ изслѣдователямъ объектами для измѣренія роста стебля; въ этихъ разслѣдованіяхъ повидимому не было обращено достаточнаго вниманія на вставочный (интеркалярный) ростъ междоузлій.

Рядомъ послѣдовательныхъ измѣреній прироста, при опредѣленныхъ условіяхъ температуры, свѣта, влажности воздуха и почвы, удалось Саксу выяснитъ зависимость прироста растеній отъ нѣкоторыхъ внѣшнихъ вліяній. Для этой цѣли, въ продолженіи всего ряда послѣдовательныхъ измѣреній, внѣшнія условія оставались одинаковыми, за исключеніемъ одного, вліяніе котораго желательнее было разслѣдовать. Саксомъ было преимущественно выяснена зависимость величины прироста отъ температуры окружающей среды и отъ свѣта. Онъ опредѣлилъ предѣльныя температуры, низшую и высшую, за которыми ростъ растеній прекращается, а также температуру наиболѣе благопріятную или *оптимумъ* роста. Изъ приведенныхъ Саксомъ числовыхъ данныхъ видно, что какъ предѣльныя температуры, такъ и оптимумъ для разныхъ растеній различны. Низшая предѣльная температура прорастанія для ячменя и пшеницы оказалась равною 5° Ц., для маиса — $9,4^{\circ}$ Ц., для тыквы — $13,7^{\circ}$ Ц. Для нѣкоторыхъ растеній она спускается до 0° Ц.

Улоту удалось наблюдать прорастаніе сѣмянъ многихъ Gramineae и Cruciferae, заключенныхъ во льду. Проростки имѣли нормальный видъ, тонкіе корни нѣкоторыхъ изъ нихъ (Triticum) пробуравливали куски льда въ $\frac{1}{3}$ метра толщины.

По свидѣтельству Кернера сѣмена многихъ альпійскихъ растеній, оставаясь подъ снѣгомъ, не только прорастаютъ, но и производятъ стебель, листья и даже цвѣты.

Изученіе вліянія свѣта на ростъ обнаружило задерживающее дѣйствіе его; на свѣтѣ приростъ оказался меньше чѣмъ въ темнотѣ. Дѣйствію свѣта Саксъ приписалъ открытыя имъ *суточные* колебанія въ приростѣ, весьма ясно выраженные на таблицахъ, изображающихъ графически приростъ растеній. Въ ранніе утренніе часы, послѣ восхода солнца, ростъ достигаетъ максимума, затѣмъ постепенно спадаетъ до вечера; къ ночи вновь возрастаетъ, достигаетъ максимума

рано утромъ слѣдующаго дня и убываетъ къ вечеру, обнаруживая періодически повторяющіяся суточные колебанія.

Зависимость роста отъ внѣшнихъ условій оказалась однако не столь простою, какъ можно было бы предполагать на основаніи вышеизложенныхъ опытовъ. Суточные колебанія роста не только удерживались при небольшомъ пониженіи температуры ночью и повышеніи ея днемъ, но и продолжали проявляться нѣсколько сутокъ къ ряду у растений, перенесенныхъ въ темноту и вполне устраненныхъ отъ непосредственнаго вліянія свѣта; на подсолнечникѣ, помѣщенномъ въ темноту, Баранецкому удалось наблюдать совершенно ясно выраженную суточную періодичность въ продолженіи 14 дней. По его мнѣнію, продолжающаяся въ темнотѣ суточная періодичность роста принадлежитъ къ классу явленій, обозначаемыхъ названіемъ *послѣдствія* (Nachwirkung), о которыхъ неоднократно еще придется мнѣ упоминать въ послѣдствіи. Подъ именемъ послѣдствія подразумѣваютъ проявленіе растеніями реакцій по внѣшніи раздраженія, спустя нѣкоторое время послѣ того какъ раздраженіе, уже прекратилось. Въ настоящемъ случаѣ свѣтъ, вызывая въ растеніи періодичность различныхъ отравленій его, подобнымъ же образомъ вліяетъ и на его ростъ, и вліяніе это сказывается нѣкоторое время и по прекращеніи освѣщенія.

Примѣчаніе. Отсылая читателя, для болѣе подробнаго ознакомленія со взглядомъ Баранецкаго, къ вышеприведенному его мемуару, я лишь замѣчу, что, слѣдуя Саксу, не могу вполне согласиться со взглядомъ Баранецкаго. Саксъ совершенно правильно указываетъ на нѣкоторые факты, приводимые Баранецкимъ, которые лишь съ большою натяжкой поддаются его объясненію. Къ таковымъ напр. относится указаніе на стр. 17: «этиолованные растенія Brassica Rapa, пишетъ Баранецкій, обнаружили совершенно неожиданно для него суточную періодичность роста *рѣще* и *яснѣе* выраженную, чѣмъ зеленые стебли этого растенія». Данный случай врядъ ли можетъ быть приписанъ послѣдствію свѣта. По мнѣнію Сакса описанные Баранецкимъ факты объясняются вліяніемъ на ростъ, не только внѣшнихъ дѣятелей, но еще и внутреннихъ періодически проявляющихся измѣненій, періоды которыхъ, согласно съ показаніями Баранецкаго, могутъ быть различной продолжительности. При нормальныхъ условіяхъ эти вліянія регулируются свѣтомъ; въ отсутствіи же его выступаютъ рельефно, удерживая нерѣдко (далеко не всегда) суточный періодъ. (Sachs. Vorles., p. 681.)

Ознакомившись съ разслѣдованіями надъ ходомъ роста, рассмотримъ ближайшія причины его и начнемъ съ клѣтки, такъ какъ разрастаніе цѣлаго растенія представляетъ лишь совокупность роста всѣхъ клѣтокъ его составляющихъ.

Каждой молодой, способной къ разрастанію клѣткѣ, присущъ *тургоръ*; этимъ терминомъ обозначаютъ значительное давленіе, оказываемое содержимымъ клѣтки на ея оболочку. За исключеніемъ самаго ранняго возраста, когда клѣтка сплошь занята плазмой, ядромъ и зачаточными хроматофорами, большая часть полости ея наполнена водянистою жидкостью — клѣточнымъ сокомъ; плазма съ остальными вклученіями образуетъ лишь периферическій, нерѣдко весьма тонкій слой, прилегающій непосредственно къ оболочкѣ. Давленіе (тургоръ) производится клѣточнымъ сокомъ непосредственно на периферическую плазму и чрезъ нее на оболочку. Давленіе это можетъ достигать 6—7 атмосферъ. За причину тургора считаютъ въ настоящее время, согласно указанію Фриза (H. de Vries. Bot. Zeit. 1879, p. 841), вырабатываемыя клѣткою и растворенныя въ клѣточномъ сокѣ органическія кислоты, преимущественно яблочную и лимонную и ихъ калийныя соли; по мѣрѣ приготовленія этихъ соединеній клѣткою, усиливается и ея тургоръ; оболочка клѣтки сильнѣе и сильнѣе растягивается; въ промежуткѣ между разодвинутыми молекулами целлюлозы вставляются, въ растущей клѣткѣ,

новья частицы клѣчатки, — происходитъ ростъ клѣтки или, вѣрнѣе сказать, оболочки.

Де Фризь предложилъ слѣдующій способъ измѣрять тургоръ клѣтокъ: давно уже было извѣстно, что при погруженіи живыхъ клѣтокъ въ растворъ сахара, глицерина или минеральныхъ солей значительной концентраціи, происходитъ съживаніе и отставаніе содержимаго отъ оболочки клѣтокъ и уничтоженіе давления содержимаго на оболочку. Дѣйствуя на клѣтки растворами селитры или хлористаго натрія, Де Фризь старался найти концентрацію соли, подъ вліяніемъ которой прекратилось бы давленіе содержимаго на оболочку, — состояніе, названное имъ *плазмолизомъ*. Дѣйствуя осторожно, т. е. постепенно лишь усиливая концентрацію раствора, удается по показанію Негели вызвать съживаніе содержимаго до $\frac{1}{16}$ доли первоначальнаго объема, не убивая клѣтки; если постепенно разбавлять растворъ, то содержимое вновь увеличивается въ объемѣ, достигаетъ прежнихъ размѣровъ и плотно прикладывается къ оболочкѣ; клѣтка, оставленная въ благоприятныхъ условіяхъ, продолжаетъ жить по прежнему. Де Фризь убѣдился въ вѣрности этихъ данныхъ и въ то же время показалъ, что, во всѣхъ разслѣдованныхъ имъ случаяхъ, растворъ въ 10%, а въ нѣкоторыхъ и въ 7% — 6% уже вызывалъ плазмолизъ въ клѣткахъ.

Объектами для разслѣдованія Де Фризу служили клѣтки быстро растущихъ частей растенія; отрѣзки или вырѣзанныя изъ нихъ пластинки погружались въ растворъ соли. При плазмолизѣ проявлялось укорачиваніе этихъ отрѣзковъ, доходившее до 8% — 10%, въ отдѣльныхъ случаяхъ до 14% — 16%. Укорачиваніе это служитъ несомнѣннымъ доказательствомъ, что оболочки живыхъ клѣтокъ сильно растянуты и обладаютъ весьма значительною упругостью, такъ какъ, по минованіи на нихъ давления содержимаго, онѣ значительно сокращаются.

Весьма любопытны также показанія Де Фриза о соотношеніи между плазмолизомъ и быстротой нарастанія отрѣзковъ; онъ нанесъ тушью поперечныя черты на цвѣточной ножки *Butomus umbellatus*, и раздѣлил ее на участки длиною въ 20 миллим. каждый; по прошествіи 12 часовъ, во всѣхъ участкахъ обнаружился значительный приростъ; максимумъ прироста, равный 5,6 миллим., оказался въ четвертомъ участкѣ (считая сверху), въ этомъ же участкѣ обнаружилось наиболѣе сильное укорачиваніе при плазмолизѣ.

Онъ нашелъ также, что черты, нанесенныя на корняхъ клевера, свекловицы и другихъ, послѣ 3 — 6 недѣльнаго пребыванія корней въ почвѣ или минеральномъ питательномъ растворѣ не только не раздвигаются, но оказываются значительно сближенными и разстоянія между ними укоротившимися на 10% — 15%, въ нѣкоторыхъ случаяхъ до 25%. Подобное же укорачиваніе обнаружили вырѣзанныя продольныя пластинки корней по перенесеніи ихъ въ воду. Измѣненіе это сопровождалось возрастаніемъ ихъ тургесценціи. При отнятій воды, куски эти напротивъ того удлинялись, значительно убывая въ ширину. Изъ этого онъ и заключилъ, что въ корняхъ оболочки клѣтки, въ противоположность стеблевымъ, болѣе растяжимы въ горизонтальномъ, чѣмъ въ вертикальномъ направленіи. Въ старыхъ корняхъ укорачиваніе это закрѣпляется ростомъ клѣтокъ, въ слѣдствіе чего плотно прикрѣпленный къ почвѣ корень, при укорачиваніи постепенно, втягиваетъ въ почву основаніе стебля. Подобное опусканіе въ землю стебля съ листьями подмѣчено у значительнаго числа растеній.

Изъ предъидущаго выяснилось, что ближайшею причиною роста оболочки слѣдуетъ считать растяженіе ея содержимымъ на столько, что въ промежуткахъ между частицами клѣтчатки отлагаются новыя частицы клѣтчатки и производятъ ростъ оболочки. Въ виду того, что гидростатическое давленіе на оболочку одинаково во всѣхъ ея частяхъ, мы а ргіогі можемъ заключить, что форма нарастающей клѣтки зависитъ исключительно отъ ея оболочки: если послѣдняя одинаково будетъ поддаваться растяженію по всему своему протяженію, клѣтка сохранитъ во время роста форму шара; при различіи плотности оболочки и различіи въ сопротивленіи ея давленію содержимаго, вставка новыхъ частицъ, т. е. ростъ оболочки, будетъ происходить только въ мѣстахъ наименьшаго сопротивленія и сообразно съ ихъ распредѣленіемъ и получится форма выросшей клѣтки.

Вышеприведенныя данныя относятся до тургесцирующей, свободно растущей клѣтки. Посмотримъ что произойдетъ въ комплексѣ подобныхъ клѣтокъ. Если всѣ онѣ тургесцируютъ и растутъ одинаково быстро, не стѣняя другъ друга, то каждая изъ нихъ будетъ находиться въ условіяхъ роста клѣтки свободной. Совершенно иное получится, если тургесценція и ростъ ихъ не одинаковы. Клѣтки медленнѣе растущія будутъ сдерживать ростъ быстрѣе растущихъ; послѣднія же, стремясь занять большій объемъ, будутъ растягивать первыя. Подобное, взаимное натяженіе (тургесценція) тканей въ дѣйствительности обнаруживается многоклѣтными растеніями. Для проявленія ея не требуется дифференцировки на различныя ткани; значительная тургесценція наблюдается напр. въ ножкахъ шапочныхъ грибовъ, построенныхъ, какъ извѣстно, изъ гифъ однообразнаго строенія; гифы наружной части ножки оказываются растянутыми, между тѣмъ какъ ближайшія къ оси сдавлены и стремятся занять большій объемъ; въ слѣдствіе этого вырѣзанный по длинѣ и доходящій до оси ножки гриба отрѣзокъ изгибается и дѣлается вогнутымъ съ наружной стороны; въ водѣ изгибъ, влѣдствіе эндосмоса, значительно усиливается. Особенно обстоятельно изучено распредѣленіе *тургесцирующихъ* и *растяжимыхъ* тканей въ высшихъ цвѣтковыхъ растеніяхъ.

Выберемъ для этой цѣли совершенно прямой, быстро растущій стебель и снимемъ съ одной стороны, съ измѣреннаго предварительно участка, полоску кожицы. Немедленно, по удаленіи ея, стебель изгибается дугою, выпуклою со стороны, лишенной кожицы. Если приложить затѣмъ содранную полоску кожицы къ прежнему ея мѣсту, то она окажется короче обнаженной части. Сличеніе длины участка, до снятія кожицы, съ длиною содранной полоски кожицы и выпуклой стороны изогнушагося дугою стебля, показываетъ, что полоска кожицы значительно укоротилась, а длина выпуклой стороны напротивъ того стала больше прежней. Наблюденія эти непосредственно указываютъ, что кожица въ живомъ растеніи растянута и сжимаетъ внутреннія ткани, стремящіяся занять большій объемъ противъ того, который онѣ занимаютъ въ живомъ растеніи. Изъ одного вышеприведеннаго опыта можно уже заключить, что различныя неразрывно связанные ткани живаго растенія находятся во взаимномъ натяженіи: однимъ изъ нихъ слишкомъ тѣсно, и онѣ стремятся занять большій объемъ, другія же напротивъ того растянуты съ значительною силою и, послѣ уединенія, значительно сокращаются. Весьма простыми опытами удалось разслѣдовать въ этомъ отношеніи главнѣйшія изъ растительныхъ тканей.

Изъ удлиняющагося междуузлія вырѣзываютъ осевую пластинку въ нѣ-

сколько сантиметровъ длины. Измѣривъ длину пластинки, разрѣзываютъ ее на долевья полоски такъ, чтобы каждая состояла по возможности изъ одной ткани сердцевины, древесины, паренхимы коры или кожицы. Немедленно, послѣ раздѣленія полосокъ, обнаруживается различіе въ ихъ длинѣ; полоска изъ сердцевины оказывается значительно удлинившюся, остальные же короче пластинки и притомъ тѣмъ короче, чѣмъ ближе находилась полоска къ поверхности растенія. Наибольшая разница въ длинѣ замѣчается между полосками изъ сердцевины и кожицы.

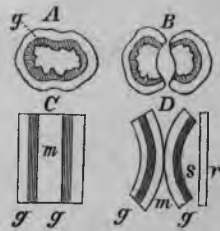
Принимая въ соображеніе измѣненіе длины каждой изъ тканей стебля въ отдѣльности, не трудно дать себѣ отчетъ почему, если разрѣзать осевую пластинку междуузлія по оси на двѣ части, то каждая изъ ея половинъ немедленно изгибается въ дугу, выпуклую со стороны оси междуузлія: въ составъ каждой изъ половинъ пластинки входятъ половина сердцевины, древесина, паренхима коры и кожица; изъ этихъ тканей каждая стремится занять бѣльшій объемъ сравнительно съ наружными, вслѣдствіе чего составленная изъ нихъ полоска изгибается дугою, на выпуклой сторонѣ которой приходится сердцевина, а на вогнутой кожица см. рис. 4 (C и D).

По этой же причинѣ расходятся дугообразно половины разсѣченнаго по оси междуузлія.

Нѣсколько иначе распределяется тургесценція тканей въ сочлененіяхъ листьевъ и въ корнѣ. Если вырѣзать изъ корня осевую пластинку и разсѣчь по оси на двѣ равныя части, то послѣднія изгибаются дугами, которыя обращены вогнутою стороною внутрь, т. е. въ сторону противоположную изгибаемъ, соответствующихъ частей стебля. Различіе это объясняется особенностью ихъ строенія. Въ сочлененіяхъ листьевъ и въ корняхъ осевая часть занята мало растяжимыми сосудистоволокнистыми пучками, къ которымъ снаружи примыкаютъ паренхима коры и кожица. Изъ этихъ тканей одна только паренхима коры тургесцируетъ; съ одной стороны препятствуютъ ея растяженію сосудисто-волокнуистые пучки, съ другой—кожица; влѣдствіе болъшей растяжимости кожицы сравнительно съ древесиною и получается изгибъ внутрь вырѣзанныхъ полосокъ см. рис. 5 (A, B, C).

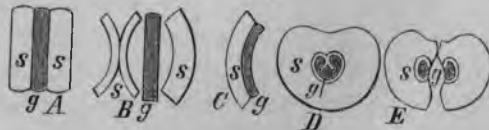
Различіе въ длинѣ уединенныхъ изъ растенія полосокъ тканей, представляя доказательство существованія въ растеніи напряженности тканей, не можетъ служить однако мѣриломъ на-

Рис. 4.



Разрѣзъ черезъ стебель проростка *Phaseolus multiflorus*. A. поперечный разрѣзъ; наружный слой, не зачерченный — кора; затушованное кольцо — древесинное кольцо; внутренняя часть—сердцевина. B. разсѣченный пополамъ разрѣзъ A; мѣста срѣза сдѣлались вогнутыми. C. Осевая долевая пластинка; наружная кора, зачерченная древесина и *m* сердцевина ясно отличимы. D. разсѣленная по сердцевинѣ долевая пластинка; *v* уединенная полоска коры.

Рис. 5.



Разрѣзы изъ сочлененія листа *Phaseolus multiflorus*; A. долевая пластинка; *s* тургесцирующая паренхима; *g* осевой сосудистоволокнистый пучокъ. B. Долевая пластинка, разрѣзанная на полоски; C половина ея, составленная изъ кожицы, паренхимы, коры и половины осевого пучка. D поперечный разрѣзъ сочлененія; E поперечный разрѣзъ, разсѣченный на двѣ половины; видно выпячиваніе коры на мѣстахъ срѣза.

пряженности (какъ полагалъ Краусъ. Bot. Zeit. 1867). Степень укорачиванія или удлиненія зависитъ преимущественно отъ упругости ткани; въ самомъ дѣлѣ, если представить себѣ неразрывно соединенными, очень сильно растянутую пластину каучука и металлическую, то, послѣ разъединенія, каучуковая пластинка чрезвычайно укоротится, металлическая же почти не измѣнитъ своей длины, хотя оказываемое ею противудѣйствіе сокращенію каучука несомнѣнно равнялось упругости каучука, сильно съжившагося послѣ отнятія его отъ металлической пластины.

Для точнаго измѣренія напряженности заземляютъ одну изъ укоротившихся полосокъ ткани за одинъ конецъ, а къ другому привѣшиваютъ грузъ до тѣхъ поръ, пока полоска не вытянется до длины, занимаемой ею въ живомъ растеніи. Подобными приѣмами удалось обнаружить въ нѣкоторыхъ растеніяхъ чрезвычайно сильную напряженность тканей, доходящую до пѣвсолькихъ атмосферъ; въ цвѣточныхъ ножкахъ *Plantago amplexicaulis* она оказалась равною давленію $6\frac{1}{2}$ атмосферъ; въ сочлененіи листьевъ *Mimosa* — 7 атмосферъ, въ междуузліяхъ стебля подсолнечника до $13\frac{1}{2}$ атмосферъ.

Примѣчаніе. Подобными сравнительными опытами нашли, что напряженность тканей въ стеблѣ, растущемъ на свѣтѣ, значительно больше чѣмъ въ растеніяхъ, выращиваемыхъ въ темнотѣ, не смотря на то, что, въ отсутствіи свѣга, междуузлія стеблей достигаютъ (см. слѣд. главу) гораздо большей длины, чѣмъ на свѣтѣ. Этотъ, съ перваго взгляда, странный результатъ удалось выяснитъ сравнительно анатомическимъ разлѣдованіемъ стеблей растеній, выращенныхъ на свѣтѣ и въ темнотѣ: въ послѣднихъ оказались гораздо менѣ развитыми древесина, толстостѣнный дубъ и колленхима, какъ по числу клѣтокъ, такъ и по толщинѣ ихъ стѣнокъ. Поэтому, въ растеніяхъ, оставленныхъ въ темнотѣ, ткани эти оказываютъ лишь слабое сопротивленіе тургесцирующимъ тканямъ и допускаютъ, при мѣньшей напряженности сердцевины, большее растяженіе и болѣшій ростъ междуузлія въ длину.

Кромѣ *долевой* напряженности удалось открыть въ растеніяхъ напряженность *поперечную*; послѣдняя проявляется одновременно съ первой, но значительно усиливается со времени прекращенія роста въ длину изслѣдуемой части растенія. Для обнаруженія ея, достаточно срѣзать со стебля колечко коры; по снятіи съ древесины, кольцевая вырѣзка коры на столько укорачивается, что, при наложеніи ея на прежнее мѣсто, она не сходится краями; для сближенія послѣднихъ требуется значительное усиліе, свидѣтельствующее о сильномъ растяженіи коры древесиною въ живомъ растеніи. Она сказывается также въ изгибѣ срѣза, при разѣченіи пополамъ, вырѣзанныхъ изъ растенія поперечныхъ пластинокъ. Въ стеблѣ (рис. 4. *A* и *B*) каждая изъ разъединенныхъ половинокъ горизонтальной пластинки на мѣстѣ срѣза дѣлается выпуклою; въ сочленіи и корнѣ кора выплываетъ въ значительной степени (рис. 5. *D* и *E*).

Степень напряженности тканей въ значительной степени зависитъ отъ количества воды, заключенной въ тканяхъ; отъ недостатка воды въ почвѣ, ткани растенія теряютъ напряженность, становятся дряблыми и завядаютъ; но стоитъ только полить почву обильно водою, чтобы сообщить тканямъ прежнюю напряженность и возвратитъ растенію прежній, нормальный, свѣжій видъ.

Вышеописанныя удлиненія выдѣленныхъ изъ растенія полосокъ сердцевины, а равно и изгибы дугами разѣченнаго по длинѣ междуузлія или долевой пластинки, могутъ быть по произволу усилены или ослаблены, смотря по количеству воды, которое имъ предоставить. По перенесеніи въ воду, они значительно удлиняются: сердцевина, по наблюденіямъ Крауса, въ продолженіи нѣ-

сколькихъ часовъ, удлиняется на 40%; съ другой стороны, погружая въ концентрированный растворъ сахара или глицерина, можно значительно ослабить или даже совершенно задержать удлиненіе и отстранить искривленіе частей разсѣченного по оси междоузлія.

Весьма вѣроятно, что въ непосредственной связи съ содержаніемъ воды тургесцирующихъ тканей растений находятся суточные, періодически повторяющіяся колебанія долевои и поперечнои напряженности тканей (Kraus. Bot. Zeit. 1867). Обѣ онѣ достигаютъ максимума съ восходомъ солнца, затѣмъ постепенно убываютъ, спадаютъ до минимума послѣ полудня, а съ вечера вновь возрастаютъ до слѣдующаго утра.

Раздражимость растений.

Слагаемая изъ организованныхъ образованій клѣтки и цѣльныя растенія имѣютъ, подобно животнымъ, способность реагировать на внѣшнія раздраженія, т. е. обладаютъ *раздражимостью*. Подобно животнымъ, они, въ продолженіи всей жизни, обнаруживаютъ болѣе или менѣе интензивный обмѣнъ веществъ съ окружающею средою, находясь въ полнѣйшей зависимости отъ окружающихъ внѣшнихъ условій; только при благопріятномъ сочетаніи послѣднихъ они живутъ; въ противномъ же случаѣ—отмираютъ. Для каждаго живаго существа необходимо присутствіе воды, пищи, кислорода, опредѣленной температуры среды, и для большей части растений еще и свѣтъ. Всякій изъ перечисленныхъ внѣшнихъ дѣятелей, вмѣстѣ съ другими, здѣсь не поименованными, каждый по своему, вліяетъ на растенія и вызываетъ со стороны послѣдняго соотвѣтственныя реакціи. Въ этихъ реакціяхъ сказывается своеобразие процессовъ, изъ совокупности которыхъ слагается жизнь живыхъ существъ. Реакціи эти характеризуются слѣдующими замѣчательными отличіями:

1) Слѣдствіемъ ихъ является питаніе и ростъ растений; каждое растеніе вырастаетъ въ форму совершенно опредѣленную, обусловленную внутренними его особенностями и независимую отъ внѣшнихъ условій; всякому извѣстно, что изъ сѣмянъ различныхъ растений вырастаютъ, при совершенно одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ, формы, свойственныя каждому изъ нихъ, до мельчайшихъ подробностей сходныя съ растеніями, которымъ принадлежатъ сѣмена, взятыя для опыта. Индивидуальными особенностями растенія опредѣляется также ходъ синтеза органическихъ соединеній и дальнѣйшія превращенія ихъ въ растенія. Съ этой точки зрѣнія, каждое растеніе представляетъ подобіе фабрики или завода съ опредѣленнымъ техническимъ производствомъ: въ обоихъ случаяхъ получаютъ одинаковые продукты съ небольшими лишь видоизмѣненіями, которыя обусловливаются побочными внѣшними вліяніями. По достиженіи зрѣлаго возраста, вслѣдствіе этихъ же реакцій, наступаетъ періодъ размноженія растений спорами, сѣменами или другими способами и наконецъ—отмираніе.

2) Во многихъ реакціяхъ растений на внѣшнія раздраженія наблюдается несоотвѣтствіе между силой раздраженія и вызванной въ растеніи реакціей; это можно объяснить лишь тѣмъ, что растеніе можно разсматривать какъ машину въ дѣйствіи. Подобно машинисту, который легкимъ движеніемъ руки въ состояніи

привести цѣлый поѣздъ въ движеніе, направить его впередъ и назадъ и вновь остановить по произволу, всякій изъ виѣшнихъ дѣятелей, во многихъ случаяхъ, можетъ вызвать въ живомъ растеніи реакцію несоотвѣтственно большую, чѣмъ раздраженіе. Наглядные примѣры этому представляютъ ниже описанныя, весьма значительныя и быстрыя передвиженія частей растенія, вызываемыя перѣдко самымъ легкимъ прикосновеніемъ.

Разслѣдованія взаимодѣйствія растеній съ окружающею средою обнимаютъ собою всѣ вопросы современной фізіологіи растеній, которые будутъ изложены въ предлагаемомъ сочиненіи въ послѣдовательномъ порядкѣ. Только нѣкоторыя изъ наиболѣе наглядныхъ реакцій растеній на виѣшнія раздраженія войдутъ въ составъ настоящей главы. Къ числу послѣднихъ относятся: 1) заложеніе различныхъ тканей и органовъ подъ вліяніемъ виѣшнихъ условій; и 2) передвиженія (простѣйшихъ) организмовъ и органовъ растеній, вызываемыя виѣшними раздраженіями.

ЗАЛОЖЕНІЕ РАЗЛИЧНЫХЪ ТКАНЕЙ И ОРГАНОВЪ ПОДЪ ВЛІЯНІЕМЪ ВНѢШНИХЪ УСЛОВІЙ.

Примѣрами заложенія различныхъ тканей подъ вліяніемъ свѣта могутъ служить почки размноженія *Marchantia* и листья цвѣтковыхъ растеній. Почки размноженія *Marchantia* развиваются, какъ извѣстно, въ особенныхъ, чашеобразныхъ виѣстилицахъ на верхней поверхности листца. Развитая почка представляетъ бисквитообразную пластинку, построенную изъ клѣтокъ вполнѣ однородныхъ. Изъ почки, со временемъ, развивается новый листецъ *Marchantia* довольно плотнаго строенія, съ очень ясно выраженнымъ отличіемъ въ строеніи верхней и нижней стороны; верхняя, покрытая кожицей, пробуравленной большими отверстіями устьиць, построена главнымъ образомъ изъ рыхлой хлорофиллогической ткани, нижняя—изъ плотной безцвѣтной и покрыта большимъ количествомъ корневыхъ волосковъ. По опытамъ Пфеффера (*Pfeffer Arbeit. d. Würzb. Instit. 1871. V. 1*), подтвержденнымъ и другими наблюдателями, удастся по произволу одну изъ сторонъ пластинки сдѣлать верхнею или нижнею поверхностью листца. Положенная на землю почка размноженія производитъ корневые волоски на нижней, обращенной къ почвѣ поверхности; изъ клѣтокъ же противоположной стороны, обращенной кверху, происходятъ ткани верхней стороны листца. Если оставить пластинку эту только короткое время на почвѣ, и затѣмъ перевернуть верхнею поверхностью внизъ, то произойдетъ дифференцировка тканей соотвѣтственно послѣднему положенію пластинки. По прошествіи нѣкотораго времени, особенности организаціи въ ней однако на столько закрѣпляются, что переверачиваніемъ не удастся болѣе переимѣнить происшедшую дифференцировку. Обращенная, корневыми волосками вверхъ, пластинка продолжаетъ развивать ткани свои въ прежнемъ порядкѣ, но переводитъ ихъ, чрезъ нѣкоторое время, въ нормальное положеніе закручиваніемъ вокругъ своей оси.

Видоизмѣненія въ строеніи тканей въ зависимости отъ освѣщенія, обнаружили листья нѣкоторыхъ цвѣтковыхъ растеній.

Спеціальныя микроскопическія разслѣдованія надъ различіемъ строенія листьевъ растений, выросшихъ на солнцѣ и въ тѣни, были произведены Сталемъ¹⁾. Ему удалось найти весьма рѣзкія отличія. въ особенности у нѣкоторыхъ растений, въ строеніи листьевъ. Особенно замѣчательными оказались уклопенія въ развитіи листовой паренхимы. Мякость листьевъ растений мѣсть тѣнистыхъ (*Oxalis acetosella*, *Mercurialis annua*, *Dentaria bulbifera*, папоротниковъ) состоитъ почти исключительно изъ вѣтвистыхъ клѣтокъ губчатой паренхимы, вытянутыхъ въ плоскости листа; слой палисадовой паренхимы въ нихъ едва обозначенъ. Совершенно иное строеніе обнаружили листья растений, произрастающихъ на открытыхъ мѣстахъ и непосредственно освѣщаемыхъ солнцемъ (*Peucedanum cervaria*, *Linosyris vulgaris*, *Galium verum* и др.); они во всей толщѣ состояли почти исключительно изъ клѣтокъ палисадовой паренхимы. На основаніи цѣлаго ряда наблюденій, Сталь полагаетъ, что палисадовыя клѣтки представляютъ форму клѣтокъ, наиболѣе приспособленную къ сильному свѣту, а клѣтки губчатой паренхимы къ свѣту слабому.

Интересное подтвержденіе представили въ этомъ отношеніи листья большей части древесныхъ породъ, въ особенности бука. Листья, развившіеся на солнцѣ, отличались рѣзко размѣрами и строеніемъ отъ листьевъ, выросшихъ въ тѣни. Листья затѣненные были всегда значительно больше, но въ то же время и тоньше листьевъ, непосредственно освѣщенныхъ солнцемъ.

Особенно поразительное различіе представилось при сравнительномъ изслѣдованіи поперечныхъ разрѣзовъ листьевъ бука подъ микроскопомъ: пластинка листа, выросшаго на солнцѣ, превосходила приблизительно въ три раза толщиной листъ затѣненный и почти исключительно была построена изъ палисадовыхъ клѣтокъ; подъ верхней кожицей число слоевъ ихъ доходило до трехъ; слой подобныхъ же клѣтокъ граничилъ и съ нижнею кожицей. Затѣненные листья бука состояли почти исключительно изъ вѣтвистыхъ клѣтокъ губчатой паренхимы; клѣтки единственнаго слоя палисадовыхъ клѣтокъ имѣли воронкообразную форму. Между этими двумя типами оказались во множествѣ формы переходныя, обусловленныя различіемъ освѣщенія.

Кромѣ паренхимы, различіе въ строеніи и развитіи обнаружилось въ кутикулѣ, кожицѣ, гиподермѣ и межклѣтчныхъ пространствахъ.

О различіи формы и строеніи органовъ растений, выросшихъ на свѣтѣ и въ темнотѣ (этиолованныхъ) будетъ говорено ниже, въ главѣ второй.

Столь же ясно удастся показать зависимость развитія устьицъ отъ среды, окружающей растенія. На листьяхъ подводныхъ, устьица встрѣчаются лишь какъ рѣдкія исключенія, между тѣмъ какъ на воздушныхъ обыкновенно насчитываютъ по нѣскольку сотъ устьицъ на каждый квадратный миллиметръ нижней поверхности листа. (Смотри также разслѣдованія о вліяніи свѣта и теплоты на форму и строеніе растеній: *Баталина*: о вліяніи свѣта на образованіе формы растенія. 1872 и диссертацию Коха. *Koch*. Abnorme Aenderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung).

¹⁾ *Stahl*. Bot. Zeit. 1880. 868.

Его же: Ueb. d. Einfluss d. sonnigen u. schattigen Standortes a. d. Ausbildung d. Laubblätter (1883). Separatabdruck a. d. Zeitschrift f. Naturwissenschaft. XVI; N. F. IX. 1. 2).

Эти немногіе случаи представляют отличные примѣры зависимости развитія и строенія тканей растений отъ внѣшнихъ условій. Далеко однако не все особенности строенія видоизмѣняются или сглаживаются при измѣненіи условій культуры растенія; весьма многія удерживаются съ замѣчательною стойкостью. Въ отличіе отъ первыхъ, легко видоизмѣняемыхъ признаковъ, ихъ разсматриваютъ какъ особенности строенія *наслѣдственныя*, глубоко укоренившіяся въ организаціи растенія, по въ то же время и ихъ истолковываютъ какъ слѣдствія реакцій растенія на внѣшнія раздраженія. Согласно возрѣнію, приобретающему въ настоящее время все болѣе и болѣе значеніе, *распредѣленіе и строеніе всѣхъ тканей представляютъ лишь явленія приспособленія растений къ внѣшнимъ условіямъ*. Исходною точкою этого возрѣнія служатъ слѣдующія соображенія: главнѣйшія жизненныя функціи растений, отъ самаго простаго, построеннаго лишь изъ комочка плазмы, до самаго сложнаго включительно, состоятъ: а) *въ питаніи растенія*, т. е. въ принятіи пищи (твердой, жидкой и газообразной), въ переработкѣ принятой сырой пищи въ сложныя органическія соединенія, въ перенесеніи послѣднихъ изъ мѣста образованія въ мѣста потребленія и въ построеніи изъ нихъ тѣла растенія и б) *въ размноженіи* растений. Въ простѣйшихъ формахъ все отправления совершаются среди каждой отдѣльной клѣтки; по мѣрѣ усложненія организаціи, является соответственная спеціализація физиологическихъ отправленій и распредѣленіе ихъ по тканямъ. Чѣмъ сложнѣе форма и совершеннѣе дифференцировка тканей, тѣмъ болѣе оказывается каждая изъ нихъ приспособленною къ возложеннымъ на нее отправлениямъ; обыкновенно одна изъ функцій ткани является преобладающею. Стремленіемъ къ болѣе совершенному приспособленію ткани къ извѣстной функціи, среди данныхъ внѣшнихъ условій, опредѣляется распредѣленіе ея по растенію, а равно и строеніе, подлежащая измѣненіямъ, согласно потребностямъ растенія. Кромѣ перечисленныхъ отправленій, необходимою потребностью болѣе сложныхъ растений является крѣпость и устойчивость строенія, для противудѣйствія различнымъ разрушительнымъ внѣшнимъ вліяніямъ. Достаточно припомнить, съ какою силою приводятся иногда въ движеніе деревья вѣтромъ, чтобы убѣдиться въ необходимости чрезвычайной крѣпости растений для удерживанія вертикальнаго положенія и предохраненія ствола, вѣтвей и листьевъ отъ перелома или разрыва.

Въ настоящее время признаютъ четыре принципа управляющіе строеніемъ растенія (Haberlandt *Physiol. Pflanzenanatomie* 1883): 1) принципъ раздѣленія труда; 2) крѣпости (*Festigung*); 3) принципъ наименьшей траты матеріала и 4) принципъ увеличенія поверхности. На основаніи этихъ принциповъ и вышеизложенныхъ соображеній произведена Габерландомъ первая попытка распредѣленія тканей по анатомо-физиологическимъ системамъ:

А. Системы защиты:

I. *Накожная система* (Hautsystem) (эпидермисъ, пробка и корка).

II. *Система скелета* (Skeletsystem) (лубъ, либриформъ, колленхима и склеренхима).

В. Системы питанія:

I. *Всасывающая система* (Absorptionssystem) (эпителій корня съ корневыми волосками, ткань присасывательныхъ присосковъ корней, и пр.).

II. *Ассимиляционная система* (Assimilationsystem) (хлорофиллоносная паренхима, налесадовая и губчатая паренхима).

III. *Проводящая система* (Leitungssystem) (проводящая паренхима, паренхима коры и сердцевины, сердцевинные лучи, влагалища съ крахмаломъ и сахаромъ, сосудисто-волокнуистые пучки (Mestom, Hadrom, Leptom), млечныя трубки).

IV. *Система, вмещающая временныя отложенія* (хранилища запасныхъ веществъ сѣмянъ, луковницъ, клубней, ткань содержащая воду и др.).

V. *Система воздушныхъ ходовъ* (Durchlüftungssystem) (наполненные воздухомъ межклетники съ выводящими къ наружи отверстиями устьицъ и чечевичекъ).

VI. *Хранилища секретовъ и экскретовъ* (Secret und Excretbehälter) (желѣзки, вмѣстилища масла, смоль, слизей и гумми; клетки съ кристаллами и шр.).

Система *органовъ размноженія*, описываемая обыкновенно при изложеніи систематики и специальной морфологии растений, здѣсь выпущена.

Основанное на анатомо-физиологическомъ началѣ подраздѣленіе тканей представляеть безъ сомнѣнія въ настоящее время и слабыя стороны. Отношеніе ткани къ той или другой системѣ представляется сомнительнымъ, когда отправление ткани не ограничивается одною функціей, а обнимаетъ нѣсколько; сюда же относятся всѣ, не очень рѣдкіе случаи, когда функція ткани со временемъ измѣняется, напр. образованіе, дѣленіемъ изъ клетокъ кожицы нѣкоторыхъ *Cyperaceae*, пучка лубовидныхъ (механическихъ) элементовъ (Haberlandt l. c. p. 33); разрастаніе верхушечной клетки корня и ближайшихъ сегментовъ корня *Azolla* въ корневые волоски (ib. p. 153) послѣ сбрасыванія чехлика. Тѣмъ не менѣе однако изученіе соотношеній между распредѣленіемъ и строеніемъ ткани и ея физиологическими отправлениями представляется чрезвычайно плодотворнымъ и, не смотря на малую разработку, привело къ весьма любопытнымъ результатамъ. Въ доказательство приведу слѣдующіе факты: по вышеизложенной группировкѣ тканей, сосуды, отнесенные къ системѣ проводящихъ тканей, представляютъ пути передвиженія воды вверхъ по растенію. Сообразно съ этимъ, они, согласно предположенію, являются преимущественно развитыми въ растеніяхъ сухопутныхъ и недоразвитыми или зачаточными въ растеніяхъ водныхъ; число сосудовъ въ стебляхъ водныхъ нерѣдко нисходитъ до одного; послѣдній ресорбируется иногда въ ранней стадіи развитія и замѣняется осевою цилиндрическою полостью. Подтвержденіемъ служитъ и сравнительное изученіе развитія сосудовъ въ родахъ растений, нѣкоторые виды которыхъ принадлежатъ къ воднымъ, другіе же къ сухопутнымъ формамъ, каковы напримѣръ: *Potamogeton*, *Utricularia*; въ формахъ водныхъ сосудистая часть пучка представляется гораздо менѣе развитою, чѣмъ въ сухопутныхъ. Подобное, до деталей, соответственное развитіе изслѣдуемой ткани съ потребностями растенія, въ зависимости отъ внѣшнихъ условій, служитъ отличнымъ пробнымъ камнемъ предположенной функціи ткани. Наибольше нагляднымъ и разработаннымъ представляется вопросъ о строеніи и распредѣленіи, по растенію, механической ткани, главное назначеніе которой, сообщить возможную крѣпость растенію для противодѣйствія: а) изгибамъ, б) растяженію и в) сдавливанію. Относящіяся сюда данныя разработаны почти исключительно Швенденеромъ.

Къ механическимъ элементамъ онъ относитъ преимущественно толстостѣнный лубъ, либриформъ, а также каменистыя клѣтки и колленхиму. Въ соотвѣтствіи съ отправленіемъ ихъ оказались: сравнительно большая длина толстостѣннаго луба и либриформа (у конопли достигающая 10 миллим., у льна—20—40, у крапивы—77, у *Boehmeria nivea* до 220 миллим.). толщина стѣнки и прозенхиматическая форма; заостренными концами они, какъ извѣстно, врастаютъ въ промежутки между клѣтками смежными и сростаются съ ними по всей плоскости прикосновенія. Они оказались кромѣ того специально приспособленными къ механическимъ отправленіямъ; растяженіе ихъ до предѣла упругости производится, какъ показалъ Швенденеръ, грузомъ равнымъ, или даже превышающимъ, тяжесть, потребную для разрыва соотвѣтственной толщины металлическаго прута. Швенденеръ вырѣзалъ, для этой цѣли, изъ листьевъ и стеблей различныхъ растеній, полоски, длиною отъ 150 до 400 миллим. и шириною отъ 2—5 миллим., состоящія преимущественно изъ лубовыхъ клѣточекъ. Одинъ конецъ полоски привинчивался къ стативу, къ другому (нижнему) привѣшивался грузъ; постепенно увеличивая его, Швенденеръ доходилъ до груза, производящаго растяженія за предѣлы упругости и наконецъ разрывъ полоски. Въ прилагаемой табличкѣ сведены наиболѣе интересныя данныя.

	Предѣлъ упругости при 1 кв. мил. толщины.	Предѣльное, сопротивленіе разрыву при 1 кв. мил. толщины.	Удлиненіе у предѣла упругости, выраженное въ % длины полоски.
<i>Dasylium longifolium</i>	17,8 килогр.	21,6 килогр.	13,3
<i>Phormium tenax</i>	20,0 „	25,0 „	13
<i>Papyrus antiquorum</i>	20,0 „	— „	15,2
<i>Molinia coerulea</i>	22,0 „	— „	11,0
<i>Pincenetia recurvata</i>	25,0 „	— „	14,5
Серебро	11,0 „	29,0 „	—
Мѣдная проволока	12,1 „	— „	1,00
Кованное желѣзо	13,13 „	40,9 „	0,67
Нѣмецкая сталь	24,6 „	82,0 „	1,20

Изъ сравненія цифръ видно, что нагрузка луба необыкновенно большая; варьируя между 15—20 килограммами, онъ не уступаетъ нагрузкѣ кованнаго желѣза; у *Pincenetia recurvata* одинакова съ нагрузкой стали.

Отъ металловъ лубъ отличается большею растяжимостью, а также и значительною разницею между предѣльною упругостью и предѣльнымъ сопротивленіемъ разрыву.

Опредѣленный Амброномъ предѣлъ упругости колленхимы оказался меньшимъ (= 10—12 килогр. при 1 квадр. миллим. толщины), но все таки еще очень значительнымъ. Соотвѣтственной толщины полоски тонкостѣнной паренхимы коры и сердцевины разрывались уже при нагрузкѣ одного килогр.

Особенно любопытны указанія Швенденера относительно распредѣленія механическихъ элементовъ въ растеніи; оно оказалось вполне удовлетворяющимъ требованіямъ теоретической механики для достиженія, при наименьшемъ количествѣ матеріала, желаемой крѣпости сооруженія. Въ растеніяхъ мы видимъ типич-

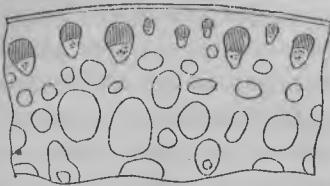
ное распределение механических элементов, сообразное съ потребностями растеніе, въ стеблѣ и листьяхъ — приспособленное для оказанія сопротивленія изгибамъ, а въ корнѣ — для сопротивленія растяженію въ длину.

Чтобы выяснитъ распределение механических элементовъ въ стеблѣ, припомнимъ распределение матеріала въ металлическомъ шестѣ, необходимое для оказанія наибольшаго сопротивленія боковому давленію. Представимъ себѣ горизонтальный металлическій шестъ, покоющійся концами своими на двухъ подставкахъ. Отъ подвѣшаннаго, къ его срединѣ, груза онъ изогнется дугообразно внизъ, причемъ частицы верхней выпуклой стороны его приблизятся одна къ другой, на нижней же выпуклой, разодвинутся на большее разстояніе; верхняя сторона изогнувагося шеста сдѣлается короче, нижняя длиннѣе прежняго. Наибольшему сдавливанію и растяженію подвергаются частицы верхней и нижней поверхности шеста; внутри же его, по мѣрѣ приближенія къ срединной плоскости напряженіе частицъ, а слѣдовательно и разниа между длиною прямого и изогнувагося шеста будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ ближе къ срединной плоскости (*neutrale Faser*), находящейся на границѣ двухъ діаметрально противоположныхъ перемѣщеній частицъ шеста; по этой плоскости, передвиженія частицъ не произойдетъ вовсе и длина шеста, послѣ изгиба, окажется равной первоначальной длинѣ. Поэтому наиболѣе выгоднымъ представляется распределение матеріала въ шестѣ, преимущественно по верхней и нижней его сторонамъ, при сравнительно лишь небольшомъ количествѣ его въ средней части; схематическій поперечный разрѣзъ подобнаго шеста представляется въ видѣ фигуры I. Не трудно убѣдиться на опытѣ, что шестъ этотъ окажетъ гораздо большее сопротивленіе изгибу, по направленію сверху внизъ и обратно, чѣмъ сплошной четырехугольный шестъ одинаковой длины, сдѣланный изъ того же количества матеріала. Прилагая подобныя же разсужденія къ цилиндрическому шесту съ наибольшимъ сопротивленіемъ боковому давленію, не трудно найти для него наиболѣе пригодное распределение матеріала. Нужно себѣ представить его построеннымъ изъ большаго числа II съ одною общею центральною осью. При сліяніи ихъ краями, получится многогранная трубка, переходящая, по мѣрѣ увеличенія числа и уменьшенія ширины граней, въ цилиндрическую поверхность. Распределение механических элементовъ въ стебляхъ вполнѣ соответствуетъ цѣли доставить наибольшее сопротивленіе боковому давленію. Они всегда располагаются по периферіи стебля; здѣсь они или тянутся въ видѣ одного или нѣсколькихъ круговъ отдѣльныхъ шнуровъ, или же представляютъ каждый соединеніе изъ двухъ пучковъ, внѣшняго и внутренняго или же сливаются въ периферическую плотную цилиндрическую поверхность (см. рис. 6, 7, 8 на стран. 46).

Въ листьяхъ, именно въ пластинкахъ, согласно съ требуемымъ сопротивленіемъ изгибамъ, пучки механических элементовъ располагаются попарно въ плоскости перпендикулярной поверхности листа.

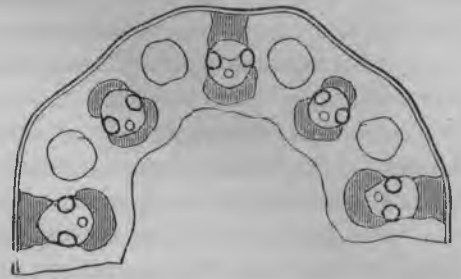
Наконецъ въ корнѣ, они соединяются въ болѣе или менѣе плотный осевой цилиндръ, представляя сопротивленіе растяженію его въ длину.

Рис. 6.



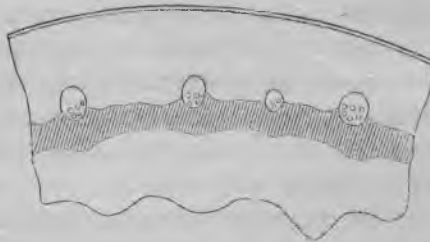
Поперечный разръзъ черезъ черешокъ листа *Colocasia antiquorum*; пучки простые.

Рис. 7.



Поперечный разръзъ соломины *Scirpus caespitosus*; пучки двойные.

Рис. 8.



Поперечный разръзъ стебля *Allium odorum*; пучки слиты въ непрерывное кольцо.

Во всѣхъ трехъ рисункахъ пучки механическихъ элементовъ затушованы.

Внѣшними вліяніями обуславливаются въ значительной степени мѣста заложения органовъ растений. Архегоніи и антеридіи папоротниковъ образуются, какъ извѣстно, всегда на нижней сторонѣ заростка; Лейтгебу же (Leitgeb. Flora, 1879) удалось, освѣщеніемъ заростковъ снизу, вызвать образование половыхъ органовъ на верхней сторонѣ. Онъ проращивалъ, для этой цѣли, споры папоротника *Seratopteris* на поверхности питательной жидкости въ стеклянномъ сосудѣ съ плоскимъ дномъ; при освѣщеніи сосуда сверху, получались антеридіи и археголіи на нижней сторонѣ, при освѣщеніи снизу — на верхней.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ удается обнаружить подобную же зависимость отъ внѣшнихъ условий и въ цвѣтковыхъ растенияхъ. Сюда относятся опыты Сакса (Sachs. Vorlesungen üb. Pflanzenphysiol., p. 628) надъ перемѣщеніемъ мѣсть заложения корней и почекъ на подземныхъ клубняхъ *Thladiantha dubia*; клубни эти имѣютъ форму укороченной четырехсторонней призмы. Однимъ изъ плоскихъ основаній призматической клубень ложится на землю; въ нормальномъ положеніи онъ обращенъ внизъ стороною, ближайшею къ вершинѣ корня, и при прирастаніи образуетъ почки, преимущественно на сторонѣ, обращенной вверхъ; если перевернуть клубень верхней стороною внизъ, то почки появляются на противополож-

ной сторонѣ, обращенной теперь къверху, хотя и въ меньшей степени, чѣмъ въ первомъ положеніи. Мѣста заложенія почекъ оказались слѣдовательно обусловленными отчасти случайнымъ положеніемъ клубня на землѣ; такъ какъ эти результаты получились въ совершенной темнотѣ, то Саксъ приписываетъ ихъ геотропизму (см. ниже).

Въ большинствѣ же случаевъ наиболее вліятельными на мѣста заложенія оказались внутреннія причины, кроющіяся въ организаціи растений. Многочисленные опыты Фехтинга (Vöchting. Ueb. Organbildung im Pflanzenreich, 2 части, 1878—1884) привели его къ слѣдующему результату: 1) въ нормально растущихъ стебляхъ, а равно и въ отрѣзкахъ, почки образуются близъ морфологической вершины, корни — на концѣ противоположномъ; 2) въ нормальныхъ корняхъ и отрѣзкахъ корней почки появляются близъ основанія (граничащаго къ стеблю) корня; корневые развѣтвленія — со стороны нарастающаго конца корня; въ отрѣзанныхъ листьяхъ — у основанія ихъ и почки и корни, первая выше послѣднихъ. Вишніе же причины обнаружили, въ опытахъ Фехтинга, лишь вліяніе второстепенное.

Гораздо большее значеніе придаетъ вишнимъ вліяніямъ Саксъ. Взгляды его и опыты обстоятельно изложены въ слѣдующихъ статьяхъ: Sachs. Stoff u. Form d. Organe. I и II въ Arbeit. d. botan. Instit. in Würzburg; см. также его Vorles. üb. Pflanzenphysiologie p. 626.

Паразитные грибы производятъ нерѣдко характерныя измѣненія въ нарастаніи и формѣ частей растений. Микроскопическихъ размѣровъ грибокъ *Synchytrium*. вызываетъ чрезмѣрное разрастаніе клѣтки кожицы, въ которой онъ развивается, и смежныхъ съ нею; присутствіе *Cystopus* обуславливаетъ чрезмѣрное вздутіе стебля и необыкновенное разрастаніе цвѣтовъ у Cruciferae.

Сюда же относятся метлообразное скучиваніе и разрастаніе побѣговъ (Hexenbesen) сосны и вишни, производимое грибомъ *Peridermium elatinum*, а также и вырастающіе изъ стебля *Laurus canariensis*, длиною въ палецъ, вѣтвистые на подобіе роговъ оленя, отростки, описанные Шахтомъ за воздушные корни, на оказавшіеся, по изслѣдованіямъ Гейлера, выростками, причиняемыми паразитнымъ грибомъ *Exobasidium Lauri*. (De Bary. Vergleich. Morphol. u. Biol. d. Pilze, p. 396. 1881).

Сходныя уродливыя разрастанія вызываются различными насѣкомыми, которыя въ растенія кладутъ яички; повсюду распространенные у насъ яркочерные бутылочкообразные выростки листьевъ, а также шаровидныя наросты на листьяхъ дуба (чернильные орѣшки) представляютъ подобныя образованія. (Подробности см. Frank. Die Krankheiten d. Pflanzen; и Sorauer. Handbuch d. Pflanzenkrankheiten. 2-te Aufl., 1881).

ПЕРЕДВИЖЕНІЯ (ПРОСТѢЙШИХЪ) ОРГАНИЗМОВЪ И ОРГАНОВЪ РАСТЕНІЙ, ВЫЗЫВАЕМЫЯ ВНѢШНИМИ РАЗДРАЖЕНІЯМИ.

Самую яркою иллюстраціей раздражимости растеній служатъ, происходящія подѣ вліяніемъ вѣшнихъ раздраженій, передвиженія цѣлаго организма (у простѣйшихъ) или опредѣленной лишь его части. Особенно интересны тѣ случаи,

гдѣ передвиженія растений носятъ отпечатокъ цѣлесообразности и указываютъ не только на чисто механическую реакцію на внѣшнія раздраженія, но и на первые проблески способности распознаванія окружающихъ предметовъ. Иначе трудно объяснить себѣ ловлю насѣкомыхъ мухоловкой, которая, не только ловитъ насѣкомыхъ, быстро складывая половинки листовой пластинки, но и выдѣляетъ затѣмъ изъ желѣзокъ листа кислый пепсинообразный сокъ, въ которомъ большая часть тканей насѣкомаго растворяется; какъ объяснить иначе, что только пригодныя, для питанія мухоловки, азотистыя органическія вещества (бѣлокъ, мясо) вызываютъ выдѣленіе желѣзокъ; при раздраженіи же листа кусочками стекла, песку, сахара и другими подобными предметами желѣзки остаются сухими и листъ черезъ короткое время раскрывается. Не менѣе изумительно отыскиваніе нѣкоторыми микроскопическими паразитными монадами, нужной для ихъ питанія опредѣленной формы водоросли, а равно и способность живчиковъ *Sphaeroplea annulina* отыскивать яйцеклѣтки и оплодотворять ихъ, не смотря на то, что доступъ къ нимъ возможенъ лишь черезъ мельчайшія отверстія оболочки клѣтки ихъ заключающей.

Реакціи на раздраженія производятся преимущественно, если не исключительно, содержимымъ клѣтокъ. Однимъ изъ доказательствъ этому служитъ проявленіе раздражимости въ организмахъ простѣйшихъ, лишенныхъ оболочки. Въ виду полнаго тождества жизни плазмы свободной и заключенной въ оболочкѣ, съ большимъ вѣроятіемъ можно заключить, что и во всѣхъ остальныхъ растительныхъ организмахъ, построенныхъ изъ клѣтокъ, снабженныхъ оболочками, реакція на раздраженія исходитъ отъ содержимаго клѣтокъ.

А. Передвиженія простѣйшихъ организмовъ, построенныхъ изъ плазмы (безъ оболочки.)

Можно различить два типа ихъ формъ: а) снабженныя рѣсничками (зооспоры и б) амебвидные организмы, перемѣщающіеся посредствомъ отроговъ, попеременно выпускаемыхъ и втягиваемыхъ. Къ первому типу принадлежатъ зооспоры и нѣкоторыя изъ подвижныхъ водорослей, представляющія какъ-бы колоніи зооспоръ (*Volvox*, *Gonium*, *Stephanosphaera*), а также *Euglena*, *Chlamidococcus*, *Oscillaria* и другіе подобные организмы. Исслѣдованія надъ зависимостью движенія ихъ отъ внѣшнихъ условій относятся почти исключительно до зооспоръ, по этому я ограничусь лишь послѣдними.

Снабженныя рѣсничками зооспоры обладаютъ способностью совершать быстрыя и разнообразныя передвиженія. Характеръ движенія обусловливается отчасти числомъ и распредѣленіемъ рѣсничекъ. Рѣсницъ бываетъ или только одна, чаще всего двѣ, иногда 4 или большее число; въ послѣднемъ случаѣ онѣ располагаются равномерно по всей поверхности зооспоръ (*Vaucheria*) или скучены лишь мѣстами, напр. въ видѣ замкнутаго кольца (*Oedogonium*), на границѣ безцвѣтнаго носика зооспоры и остальной зеленой ея массы.

При равномерномъ распредѣленіи рѣсницъ происходитъ вращательное движеніе, сходное съ передвиженіемъ шара, катищагося по ровной поверхности. Когда рѣсницы скучены въ одномъ какомъ нибудь мѣстѣ, то этою частью двигающаяся

зооспора всегда обращена впередъ. Если на пути не встрѣчается препятствія, то движеніе впередъ происходитъ по прямой линіи; при этомъ тѣло зооспоры, подвигаясь впередъ, совершаетъ иногда вращательное движеніе вокругъ оси. Рѣсницы представляютъ органъ передвиженія зооспоры; въ нихъ, по мнѣнію Сакса, сосредоточена раздражимость зооспоры, обуславливающая перемищеніе ея подъ вліяніемъ внѣшнихъ раздраженій.

Давно уже было замѣчено, что при одностороннемъ освѣщеніи сосуда съ жидкостью, въ которой зооспоры свободно плаваютъ, онѣ скопляются вдоль края сосуда, образуя зеленую полоску. Въ тарелкѣ или блюдцѣ, поставленныхъ близъ окошка, уже черезъ нѣсколько минутъ появляется зеленая полоска и притомъ, смотря по обстоятельствамъ, вдоль края, ближайшаго къ окну, или же со стороны противоположной; иногда образуются двѣ полоски одновременно, на этихъ же мѣстахъ. Эти зеленныя полоски, составленныя изъ скопленія безчисленнаго множества движущихся зооспоръ, могутъ быть разрушены посредствомъ моментальнаго затѣненія сосуда, безъ непосредственнаго прикосновенія къ нему. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ оказывается достаточнымъ провести медленно рукою надъ тарелкой, чтобы вызвать исчезновеніе полоски; по минованіи затѣненія, зеленая полоска вновь появляется на прежнемъ мѣстѣ. Если осторожно повернуть тарелку съ зеленой полоской изъ зооспоръ на 180° , такъ чтобы край обращенный сперва внутрь комнаты, былъ обращенъ къ окну, то зооспоры собираются въ новую полоску, вдоль края повернутаго къ окну. Причиною, управляющею въ данномъ случаѣ движеніемъ зооспоръ является свѣтъ. По Страсбургеру, зооспора становится своею осью по направленію падающаго свѣта, обращая при этомъ безцвѣтный конецъ къ свѣту, или же въ сторону противоположную. Эта зависимость положенія зооспоръ отъ свѣта обозначаютъ названіемъ *фототаксиса*; зооспорамъ, передвигающимся въ сторону падающаго свѣта и скопляющимся въ зеленую полоску вдоль края сосуда, со стороны окна, приписываютъ *фототаксисъ положительный*, зооспорамъ же, собирающимся на краю противоположномъ, *фототаксисъ отрицательный*.

Проявляемый зооспорой фототаксисъ не составляетъ однако неизмѣннаго ея свойства; напротивъ того, характеръ фототаксиса, въ весьма сильной степени, обуславливается напряженностью свѣта. При свѣтѣ слабомъ, зооспоры постоянно направляются къ свѣту; при свѣтѣ сильномъ, вмѣсто положительнаго фототаксиса наблюдается отрицательный, т. е. зооспоры образуютъ полоску на краю сосуда, обращенномъ внутрь комнаты. Иногда же въ одномъ и томъ же сосудѣ зооспоры обнаруживаютъ фототаксисъ различный, и не рѣдко, при свѣтѣ напряженности средней, удается наблюдать одновременное появленіе обѣихъ вышеописанныхъ полосокъ. Фототаксисъ измѣняется съ температурой среды, окружающей зооспоры: возвышеніемъ температуры (до предѣла оптимума развитія зооспоры) удавалось Страсбургеру измѣнять въ зооспорахъ фототаксисъ отрицательный въ положительный; наконецъ, въ слѣдствіе не разслѣдованныхъ еще причинъ внутреннихъ, нѣкоторыя изъ зооспоръ, при однихъ и тѣхъ же внѣшнихъ условіяхъ, проявляютъ попеременно фототаксисъ положительный и отрицательный, двигаясь то къ свѣту, то въ сторону противоположную. Причина дѣйствія свѣта на движеніе зооспоры, а равно и другихъ подвижныхъ низшихъ формъ, лишенныхъ оболочки, остается до сихъ поръ совершенно неразгаданной; замѣчено только, что

почти всё чувствительные къ свѣту подвижныя простѣйшіе организмы зеленаго цвѣта, но полнаго соотвѣтствія между окраской и фототаксисомъ не оказалось. Такъ напр. темнозеленыя зооспоры *Vaucheria* не чувствительны къ свѣту; весьма слабый фототаксисъ наблюдается и въ зеленыхъ зооспорахъ морской водоросли *Codium tomentosum*; напротивъ того, безцвѣтныя зооспоры паразитирующихъ водорослей: *Chytridium vorax* и *Polyphagus Euglenae* оказались весьма чувствительными къ свѣту.

Раздражимость зооспоръ, другими внѣшними дѣятелями, почти вовсе не разслѣдована; извѣстно только, что сильнымъ сотрясеніемъ, или электрическимъ токомъ, можно вызвать временную пріостановку въ движеніи зооспоръ.

Примѣчаніе. Весьма загадочны образуемыя зооспорами въ водѣ фигуры, описанныя Негели. Въ тарелкѣ съ зооспорами *Tetraspora lubrica*, Негели¹⁾ наблюдалъ распредѣленіе и сучиваніе зооспоръ на поверхности воды въ различныхъ фигуры, которыя непрерывно измѣняли свой рисунокъ, при этомъ ось фигуры оказывалась всегда направленною къ болѣе или менѣе нагрѣтому краю сосуда. Подобныя фигуры удалось получить Саксу²⁾ и безъ посредства зооспоръ слѣдующимъ способомъ: онъ приготовилъ изъ спирта и воды смѣсь удѣльнаго вѣса, одинаковаго съ оливковымъ масломъ; подкрашивалъ масло въ карсый цвѣтъ корнемъ альканны и, смѣшавъ съ вышеописанною смѣсью спирта съ водою, взбалтывалъ до получения эмульзіи. Эмульзію онъ выливалъ затѣмъ въ плоскій сосудъ; мельчайшіе пузырьки эмульзіи образовали очень быстро скопленія, вполне сходныя съ рисунками Негели. Принимая за причину ихъ образованія токи жидкости Саксъ заключилъ, что не только описанныя Негели скопленія зооспоръ, но и всё остальныя происходятъ отъ этой же причины, при совершенно пассивномъ участіи зооспоръ. Страсбургеръ³⁾ однако показалъ, что, за исключеніемъ фигуръ Негели, происхожденіе которыхъ до сихъ поръ остается не выясненнымъ, всё остальныя передвиженія зооспоръ, какъ въ капляхъ, такъ и въ сосудахъ, являются результатомъ непосредственнаго вліянія свѣта на зооспоры, которыя перемѣщаются активно и совершенно независимо отъ токовъ окружающей жидкости.

Въ большей мѣрѣ, чѣмъ у подвижныхъ организмовъ, снабженныхъ рѣсничками, удалось обнаружить реакціи на внѣшнія раздраженія въ *амебовидныхъ* организмахъ. Новѣйшія данныя, съ указаніями на прежнія работы, собраны въ статьѣ Штала. (*Stahl. Bot Zeit.* 1884. № 10—12). Предметомъ разслѣдованія послужилъ ему плазмодій *Aethalium septicum*, изъ группы слизистыхъ грибовъ (*Mucromycetes*). Построенный изъ полужидкой золотисто-желтой плазмы, лишенный оболочки, плазмодій *Aethalium* перемѣщается сравнительно быстро по субстрату, въ которомъ живетъ; онъ не рѣдко достигаетъ размѣровъ человеческой ладони и можетъ по этому служить однимъ изъ наиболѣе пригодныхъ объектовъ при изученіи жизни голой плазмы. Отдѣленные отъ него кусочки продолжаютъ жить и двигаться самостоятельно. Кочечекъ плазмы, помѣщенный въ темнотѣ на горизонтально лежащей влажной бумагѣ, вскорѣ начинаетъ расползаться во всѣ стороны равномерно; по прошествіи нѣкотораго времени главная масса его располагается болѣе или менѣе правильнымъ желтымъ колечкомъ вокругъ того мѣста, гдѣ она предварительно находилась.

Одностороннимъ измѣненіемъ одного изъ внѣшнихъ условій, напр. влажности почвы, свѣта, подъ вліяніемъ тока воды по субстрату и другихъ вліяній, легко вызвать перемѣщеніе плазмодія въ желаемомъ направленіи. Наиболѣе интересны, слѣдующія его реакціи на раздраженія: *Гидротропизмъ*, обнаруживаемый пере-

1) *Nägeli.* Die Bewegung im Pflanzenreich, въ его Beiträge z. wissenschaftl. Botanik.

2) *Sachs,* Flora 1876; p. 241.

3) *Strasburger.* Wirkung d. Lichtes u. d. Wärme auf Schwärmosporen. 1878.

движеніемъ плазмодія, подѣ вліяніемъ неравномѣрнаго распредѣленія воды въ субстратѣ; комочки быстро двигающагося плазмодія *Aethalium* оставляютъ нѣкоторое время на смоченномъ водою, горизонтально лежащемъ кускѣ бумаги; послѣ распознанія его, въ вышеописанное колечко, бумагу подвергаютъ медленному высыханію; по мѣрѣ высыханія, плазмодій перемѣщается къ мѣсту бумаги, наиболее влажному. Перемѣщеніе это проявляется особенно ясно, когда, для поддержанія влажности, въ опредѣленномъ мѣстѣ надъ бумагой, помѣщаютъ, на разстояніи приблизительно 2-хъ миллиметровъ, стеклянную пластинку, покрытую слоемъ застывшей желатины. Весь плазмодій собирается подѣ желатиной и втягиваетъ въ себя всѣ отрочи съ сухой поверхности субстрата. При дальнѣйшемъ засыханіи бумаги, плазмодій выпускаетъ къ верху отрочи, которые на столько разрастаются въ высоту, что достигаютъ желатины, и распоззаются по ней; по прошествіи нѣкотораго времени, весь плазмодій оказывается переползшимъ съ бумаги на желатину. Несомнѣннымъ доказательствомъ того, что, въ данномъ случаѣ, переползаніе плазмодія обуславливается исключительно лишь разницею во влажности желатины и бумаги, служитъ возможность заставить плазмодій обратно перейти съ желатины на бумагу, если послѣднюю обильно смочить водою; изъ плазмодія выходятъ отрочи, направленные внизъ къ бумагѣ; за ними весь плазмодій вновь перемѣщается на бумагу.

Стремленіе отыскивать мѣста субстрата наиболее влажныя, Сталь называетъ *гидротропизмъ положительнымъ*. Весьма замѣчательно, что этого рода гидротропизмъ оказался лишь въ плазмодіи до начала образованія плодиковъ. Плазмодій же, готовящійся къ плодоношенію, обнаруживалъ постоянно стремленіе перемѣщаться на части субстрата наименѣе влажныя или, другими словами, *гидротропизмъ отрицательный*. Съ влажной желатины или бумаги онъ переползалъ на всякій сухой предметъ, прикасавшійся къ этимъ субстратамъ.

Совершенно необъяснимою является реакція плазмодія на токъ воды, пробѣгающій по субстрату въ опредѣленномъ направленіи. Для проявленія этой реакціи, называемой *реотропизмомъ*, помѣщаютъ плазмодій на конецъ полоски бумаги, перекинутой чрезъ край стакана и опущенной противуположнымъ концомъ въ воду, помѣщенную на днѣ стакана. Конецъ полоски бумаги съ плазмодіемъ опускаютъ ниже уровня воды въ стаканѣ; вслѣдствіе этого, она, на подобіе сифона, обуславливаетъ токъ воды изъ стакана къ плазмодію. Плазмодій, подѣ вліяніемъ этого тока воды, всползалъ по бумагѣ, до верхняго края стакана, перешелъ чрезъ его край, и продолжалъ движеніе безостановочно внутри стакана сверху внизъ до уровня, налитой въ стаканѣ воды.

Кромѣ того Сталю удавалось вызывать перемѣщеніе плазмодія по бумагѣ въ опредѣленномъ направленіи, подѣ вліяніемъ неравномѣрнаго распредѣленія пищи въ субстратѣ, а равно и введеніемъ въ субстратъ различныхъ солей. Для обнаруженія этой реакціи, названной Сталемъ *трофотропизмомъ*, онъ помѣщалъ комочки плазмодія на полоску бумаги, смоченной водою и прижатой къ внутренней стѣнкѣ стакана; если на днѣ стакана находился слой воды, то никакого опредѣленнаго перемѣщенія въ плазмодіи не наблюдалось; напротивъ того, стоило только воду замѣнить подходящею питательною жидкостью, (въ данномъ случаѣ воднымъ настоемъ коры), чтобы вызвать передвиженіе плазмодія внизъ до полнаго погруженія его въ жидкость; если вмѣсто воды помѣстить въ стаканѣ растворъ

поваренной или другой соли, то плазмодій поднимется по бумагѣ вверхъ, обнаруживая стремленіе избѣгнуть вреднаго вліянія примѣси.

Сходное перемѣщеніе плазмодія вызывалъ Сталь при одностороннемъ доступѣ кислорода къ плазмодію. На смоченной и приложенной къ внутренней стѣнкѣ стакана бумагѣ, онъ помѣщалъ кусочекъ плазмодія, въ стаканъ наливалъ прокипяченной воды на столько, чтобы она покрывала половину плазмодія, между тѣмъ какъ остальная половина его оставалась въ воздухѣ; сверхъ воды, для затрудненія къ ней доступа кислорода, былъ налитъ тонкій слой масла. Подъ вліяніемъ этихъ условій весь плазмодій выползалъ, чрезъ нѣкоторое время, поверхъ масла, въ воздухъ.

Плазмодій перемѣщался также подъ вліяніемъ различія температуры; при погруженіи одного конца полоски бумаги съ плазмодіемъ въ холодную воду, а другаго въ воду, нагрѣтую до 30° Ц. плазмодій переползалъ въ теплую воду.

Наконецъ, при одностороннемъ освѣщеніи, плазмодій *Aethalium* передвигался въ сторону наименѣ освѣщенную, бѣжалъ свѣта, обнаруживая (см. ниже) *отрицательный геліотропизмъ*.

В. Реакціи на раздраженія одноклѣтныхъ организмовъ и перемѣщеніе содержимаго клѣтки.

Въ клѣткахъ, снабженныхъ оболочкою, реакціи на внѣшнія раздраженія являются болѣе сложными; кромѣ передвиженія содержимаго внутри оболочки измѣняется форма клѣтки. Гофмейстеръ уже замѣтилъ, что, при одностороннемъ освѣщеніи слабымъ свѣтомъ, нить *Vaucheria* изъ горизонтальнаго положенія переходитъ въ наклонное, располагаясь по направленію падающихъ лучей; при болѣе сильной интензивности свѣта, она перемѣщается на 90°, занимая положеніе перпендикулярное къ падающимъ лучамъ. Соответственно этимъ двумъ различнымъ положеніямъ нитей *Vaucheria*, измѣняется, по Сталю, и распредѣленіе содержимаго; въ первомъ случаѣ, на слабomъ свѣтѣ, зерна хлорофилла располагаются по длинѣ нити двумя полосками, изъ которыхъ одна находится на сторонѣ непосредственно освѣщенной и другая на противоположной. На свѣтѣ же интензивномъ, эти стороны нити *Vaucheria* совершенно свободны отъ зеренъ хлорофилла, послѣднія оказываются перешедшими на боковыя стороны, гдѣ и образуютъ двѣ долевья полосы, окаймляющія совершенно прозрачную и безцвѣтную срединную часть нити *Vaucheria*. Не трудно убѣдиться, что перемѣщеніе нити *Vaucheria* достигается посредствомъ изгиба ея; въ мѣстѣ изгиба, оболочка клѣтки является изогнутою. Вліяніе свѣтоваго раздраженія сказывается слѣдовательно у *Vaucheria* какъ на содержимомъ, такъ и на оболочкѣ клѣтки.

Соответственное перемѣщеніе зеренъ хлорофилла удалось наблюдать у большинства другихъ растений, въ томъ числѣ у многихъ цвѣтковыхъ. Первые наблюденія касательно перемѣщеній зеренъ хлорофилла подъ вліяніемъ свѣта, были произведены Бёмомъ ¹⁾ надъ цѣлымъ рядомъ растений изъ сем. *Crassulaceae*.

¹⁾ *Boehm. Sitzungsber. d. Wien. Ak. 22; 479. (1856) u. 37; 453 (1859).*

Онъ нашель, что расположеніе зеренъ хлорофилла мѣняется сообразно съ напряженностью свѣта; въ растеніяхъ, непосредственно освѣщенныхъ солнцемъ, они оказывались собранными въ кучки, вокругъ ядеръ клѣтокъ; на свѣтѣ разсѣянномъ, напротивъ того, являлись разъединенными и располагались по всей стѣнкѣ клѣтки. Ему удалось, мѣняя освѣщеніе, измѣнять, по произволу, распредѣленіе зеренъ хлорофилла.

Затѣмъ мною ¹⁾ было указано на перемѣщеніе зеренъ хлорофилла, вызываемое свѣтомъ въ клѣткахъ листьевъ мха *Mnium*. Объектъ этотъ оказался особенно пригоднымъ отчасти потому, что пластинка листа *Mnium*, за исключеніемъ срединнаго нерва, однослойная и совершенно прозрачная, отчасти потому, что зерна хлорофилла продолжали перемѣщаться нормальнымъ образомъ и въ отрѣзанныхъ листьяхъ, которые непосредственно могли быть наблюдаемы подъ микроскопомъ. При освѣщеніи лампою, зерна хлорофилла располагались однимъ слоемъ на обѣихъ свободныхъ поверхностяхъ клѣтокъ, на верхней и нижней сторонахъ; при перенесеніи въ темноту, они переползали на вертикальныя, боковыя стороны, которыми клѣтки листа *Mnium* примыкають одна къ другой. Располагаясь на верхней и нижней сторонахъ клѣтокъ листа *Mnium*, зерна хлорофилла занимали положеніе наиболѣе выгодное для полученія максимума количества свѣта. На свободныхъ поверхностяхъ клѣтки, перпендикулярныхъ къ направленію лучей, они предоставляли дѣйствию свѣта болъшую поверхность, чѣмъ на боковыхъ стѣнкахъ, параллельныхъ лучамъ свѣта. Въ первомъ случаѣ, всѣ зерна хлорофилла освѣщались одинаковымъ образомъ; во второмъ, только ближайшій къ источнику свѣта рядъ зеренъ подвергался непосредственному дѣйствию свѣта; всѣ же остальные, затѣненные въ различной степени, ближайшими къ свѣту зернами хлорофилла, получали лишь свѣтъ ослабленный. Кромѣ того каждое зерно хлорофилла въ отдѣльности получало на стѣнкахъ внѣшнихъ больше свѣта, чѣмъ на боковыхъ, въ слѣдствіе того, что у *Mnium* зерна хлорофилла имѣють форму плоскихъ кружечковъ и обращены къ оболочкѣ плоскою стороною. На сторонахъ клѣтки, перпендикулярныхъ къ направленію падающихъ лучей, зерна хлорофилла освѣщались съ плоской стороны; перемѣстившись на боковую стѣнку, они становились къ свѣту ребромъ и получали поэтому меньшее количество свѣта.

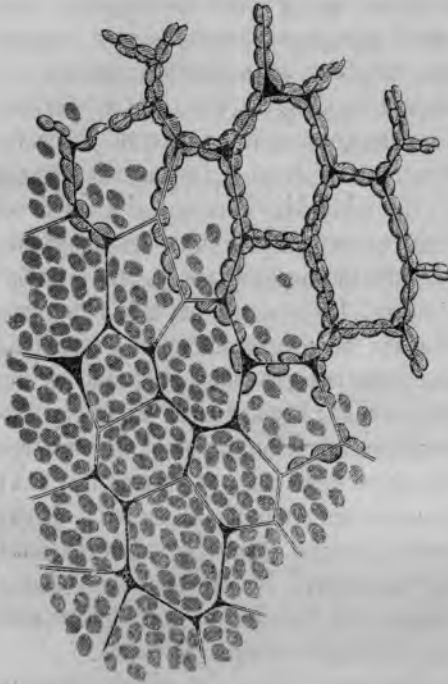
Ближайшее разслѣдованіе этихъ передвиженій зеренъ хлорофилла обнаружило, что они передвигаются пассивно, увлекаемая окружающей ихъ плазмой; послѣдняя слѣдовательно, а не зерно хлорофилла, является реагирующей на свѣтovyя раздраженія; проявленіе подобной реакціи слѣдуетъ поэтому считать свойственной содержанию клѣточекъ безцвѣтныхъ, или другими словами — способностью, присущей плазмѣ всякой живой растительной клѣтки.

Мнѣ удалось кромѣ того показать, что передвиженіе зеренъ хлорофилла производится болѣе преломляемыми лучами спектра. Въ синемъ ламповомъ свѣтѣ, за растворомъ окиси мѣди въ амміакѣ, получалось передвиженіе столь же быстрое, какъ и въ полномъ свѣтѣ; напротивъ того, за растворомъ двуххромовислаго калия, зерна хлорофилла переползали, какъ въ темнотѣ, на боковыя стѣнки клѣтокъ. Результаты эти были подтверждены Бородинымъ и другими изслѣдователями.

¹⁾ *Famintzin*. Mélanges biol. de l'Acad. de St-Pétersbourg, 6; и въ *Pringsheim*. Jahrbüch. 6; 43 (1867—68).

Бородинъ ¹⁾ провѣрилъ мои наблюденія при посредствѣ дневнаго свѣта и подтвердилъ, что, на разсѣянномъ свѣтѣ, зерна хлорофилла занимаютъ указанное мною положеніе. Подобное же перемѣщеніе обнаружили, по его опытамъ, зерна хлорофилла заростковъ папоротниковъ и нѣкоторыхъ цвѣтковыхъ растений, напр. *Lemna*. Подвергая эти растенія непосредственному солнечному освѣщенію, Бородинъ замѣтилъ обратное переползаніе зеренъ хлорофилла на боковыя стѣнки; при этомъ они становились ребромъ къ свѣту и, затѣняя другъ друга, образовали въ каждой клѣткѣ зеленый ободокъ, прилегающій къ внутренней сторонѣ ободочки. Различіе въ расположеніи ихъ обнаруживалось даже въ одной и той же клѣткѣ, если случайно часть ея была затѣнена, а другая непосредственно освѣщалась солнцемъ (рис. 9).

Рис. 9.



Lemna trisulca. На рисункѣ изображены нѣсколько клѣтокъ паренхимы съ хлорофилломъ; прикрывающая ихъ кожица не нарисована. Различное распредѣленіе хлорофилла было вызвано въ нихъ тѣмъ, что клѣтки верхней части рисунка непосредственно освѣщались солнцемъ, между тѣмъ, какъ нижнія были затѣнены и находились въ разсѣянномъ свѣтѣ. Вліяніе различнаго освѣщенія на распредѣленіе зеренъ хлорофилла одинаково рельефно выразилось въ разныхъ частяхъ клѣтокъ, на границѣ свѣта и тѣни; смотря по освѣщенію, зерна хлорофилла расположились различно въ разныхъ частяхъ каждой клѣтки.

Различіе въ расположеніи ихъ обнаруживалось даже въ одной и той же клѣткѣ, если случайно часть ея была затѣнена, а другая непосредственно освѣщалась солнцемъ (рис. 9).

См. также: *Frank. Pringsch. Jahrb. 8; 244 (1872). Prillieux. C. R. 78; 506 и 750; и Stahl. Bot. Zeit. 1880; 364.*

Изъ интересныхъ наблюденій Сталля, относящихся частью до цвѣтковыхъ, частью до споровыхъ растеній, я останавливаюсь только на характерномъ приспособленіи зеренъ хлорофилла къ свѣту, въ палисадовыхъ клѣткахъ листьевъ нѣкоторыхъ цвѣтковыхъ растеній. Въ этихъ клѣткахъ, зерна хлорофилла располагаются обыкновенно однимъ слоемъ на боковой стѣнкѣ клѣтки, перпендикулярной къ поверхности листа, между тѣмъ какъ верхній и нижній концы клѣтокъ остаются отъ нихъ свободными. Зерна хлорофилла, лишеныя въ этихъ клѣткахъ, способности передвигаться, обнаруживаютъ измѣненіе формы сообразно съ напряженностью свѣта; на свѣтѣ разсѣянномъ, они увеличиваютъ свои размѣры параллельно поверхности листа и выпячиваются значительно въ полость клѣтки; при непосредственномъ же освѣщеніи листа солнцемъ, они напротивъ того сплющиваются въ этомъ направленіи, расплываясь по боковой

1) *Borodin. Mélanges biol. de l'Acad. de St.-Petersbourg, 7; 59 (1869).*

стѣнокъ клѣтки. Наблюденія эти, сдѣланныя уже давно Мибели¹⁾, были забыты; Сталь провѣрилъ и подтвердилъ ихъ.

Одновременно съ вышеописаннымъ передвиженіемъ зеренъ хлорофилла самый органъ растенія принимаетъ, посредствомъ изгиба, опредѣленное положеніе относительно падающаго свѣта.

Совершенно своеобразное вліяніе обнаруживаетъ свѣтъ на нѣкоторыя водоросли семейства *Desmidiaceae*. *Stahl Bot. Zeit.* 1880. Обстоятельнѣ всего изучены въ этомъ отношеніи двѣ формы: *Penium curtum* и *Closterium moniliferum*. При одностороннемъ освѣщеніи свѣтомъ средней напряженности, въ стеклянномъ плоскомъ сосудѣ съ водою, клѣтки *Penium* располагаются по направленію падающихъ лучей, обращая къ свѣту болѣе молодую половинку своего тѣла; при косомъ освѣщеніи, онѣ становятся наклонно, придерживаясь однимъ концомъ къ стеклу; если освѣтить ихъ съ противоположной стороны, то онѣ поворачиваются вдоль оси и, чрезъ нѣсколько времени, располагаются вновь соответственно направленію падающаго свѣта; при освѣщеніи снизу, клѣтки *Penium* становятся вертикально, обращая къ свѣту конецъ, до этого направленный вверхъ.

Closterium относится къ свѣту нѣсколько иначе: при освѣщеніи снизу, онъ придерживается однимъ концомъ субстрата, направляя противоположный къ свѣту; въ этомъ положеніи онъ остается лишь нѣсколько минутъ; затѣмъ прикрѣпляется къ субстрату концомъ, обращеннымъ къ свѣту, другой же отдѣляется отъ субстрата и направляется къ свѣту. Подобными повторенными поворачиваніями, попеременно на каждомъ изъ концовъ своихъ, *Closterium*, какъ бы шагая, передвигается на значительныя разстоянія, приближаясь къ мѣсту сосуда наиболѣе освѣщенному. Перемѣщенія эти имѣютъ мѣсто лишь при свѣтѣ средней напряженности; на яркомъ же свѣтѣ, *Closterium* становится перпендикулярно, по направленію падающихъ лучей, обращая къ свѣту выпуклою стороною. При этомъ онъ медленно перемѣщается въ сторону противоположную отъ свѣта.

Вышеописанныя перемѣщенія содержимаго и изгибъ оболочки вызываются не исключительно свѣтовыми раздраженіями. Зерна хлорофилла перемѣщаются также на боковыя стѣнки, если растеніе оставить продолжительное время въ темнотѣ, а также при медленномъ высыханіи; перемѣщенія зеренъ хлорофилла происходятъ также подъ вліяніемъ температуры окружающей среды.

Передвиженія содержимаго и изгибъ оболочки являются слѣдовательно характерными реакціями растительной клѣтки на различныя виѣшнія раздраженія.

В. Реакціи на раздраженія органовъ высшихъ многоклѣтныхъ организмовъ.

Реакціи на раздраженія многоклѣтныхъ органовъ представляются болѣе сложными и слагаются изъ реакцій отдѣльныхъ клѣтокъ, входящихъ въ составъ изслѣдуемой части растенія. Просматривая относящіяся сюда опыты и наблюде-

1) *Micheli*. *Archiv. d. l. Biblioth. Univers. d. Genève*, 29; 26 (1876).

нія, не трудно убѣдиться, что вниманіе изслѣдователей было почти исключительно сосредоточено на передвиженіи растенія, обнаруживающіяся подъ вліяніемъ внѣшнихъ раздраженій, объ участіи же плазмы клѣтокъ почти нигдѣ не упоминается. Этимъ обстоятельствомъ легко объясняется различіе между приѣмами изслѣдованія и описаніемъ реакцій высшихъ растеній на раздраженія и вышеописанными опытами надъ простѣйшими организмами.

Передвиженія растеній принадлежатъ къ самымъ обыденнымъ, и легко наблюдаемымъ явленіямъ. Растеніе начинаетъ проявлять ихъ съ первыхъ шаговъ проростанія и продолжаетъ ихъ обнаруживать во все время своей жизни.

Весьма рѣдки случаи передвиженія растеній, которыя не удалось связать съ внѣшними вліяніями; къ таковымъ относятся передвиженія листьевъ *Hedysarum (Desmodium) gyrans*. Сложный листь этого растенія состоитъ изъ черешка, несущаго на свободномъ верхнемъ концѣ большую овальную пластинку, а нѣсколько ниже, двѣ маленькія. Пластинка эта, соединенная съ черешкомъ посредствомъ сочлененія, находится въ непрерывномъ колебательномъ движеніи, совершая размахъ въ 6° — 20° , продолжающіеся отъ 10 секундъ до двухъ минутъ. Несравненно болѣе быстрыя передвиженія обнаруживаютъ обѣ маленькія боковыя пластинки, тоже снабженныя каждая сочлененіемъ. При благоприятныхъ внѣшнихъ условіяхъ и температурѣ около 35° Ц., каждая изъ нихъ пребываетъ въ непрерывномъ, замѣтномъ простому глазу, передвиженіи, описывая свободнымъ концомъ эллиптическую фигуру; полный оборотъ совершается въ 85—90 секундъ. (Pfeffer. Periodische Bewegungen, 1875).

Большую часть другихъ, считавшихся автономическими, движеній удалось уже, по крайней мѣрѣ отчасти, свести на внѣшнія вліянія; таковы напр. (см. ниже) круговая нугація вьющихся стеблей, измѣненіе въ положеніи листьевъ, при распусканіи почекъ и развитіи листовой пластинки.

Всѣ остальные нижеслѣдующія передвиженія представляются реакціями растеній на внѣшнія раздраженія.

Наиболѣе удачный и доступный объектъ, для обнаруженія передвиженій растеній, представляютъ молодые проростки кресса, подсолнечника, фасоли, гороха и другихъ быстро прорастающихъ растеній. Всякому извѣстно, что, совершенно независимо отъ случайнаго положенія сѣмени въ почвѣ, вышедшій изъ сѣмени стебелекъ, вырастаетъ вертикально вверхъ въ воздухъ, корень же углубляется, по вертикальному же направленію, внизъ въ почву. Изъ осмотра проростковъ не трудно убѣдиться, что, у болѣе части растеній, стебли и корни изогнуты близъ основанія въ дугу, и что только, при посредствѣ изгиба, они могли принять вышеописанное положеніе. По вертикальной же линіи располагаются стебельки и корни, если вести проростаніе въ темнотѣ, при полномъ отсутствіи свѣта. Еще рельефнѣе обрисовываются этого рода передвиженія, если укрѣпить проростокъ въ горизонтальномъ положеніи. Черезъ нѣкоторое время какъ стебель, такъ и корень изгибаются дугообразно: стебель вверхъ, корень внизъ, и передвиженіе ихъ останавливается лишь по достиженіи верхушками стебля и корня нормальнаго вертикальнаго положенія. Это стремленіе растеній удерживать органы свои въ опредѣленномъ положеніи относительно силы тяжести (или горизонта) обозначаютъ названіемъ *геотропизма* и отличаютъ *геотропизмъ положительный*, въ органахъ растущихъ къ визу (корни), и *геотропизмъ отрицательный*

въ органахъ, направленныхъ вверхъ по вертикали. Причиной этихъ передвижений считаютъ въ настоящее время силу тяжести, на основаніи нижеизложенныхъ весьма вѣскихъ доводовъ.

Совпаденіе направленія роста и положеній стебля и корня съ направлениемъ дѣйствія силы тяжести, при отсутствіи другихъ внѣшнихъ вліяній, которымъ можно было бы приписать это дѣйствіе, уже сильно свидѣтельствуютъ въ пользу вышеприведеннаго положенія.

Окончательнымъ же подтвержденіемъ послужили слѣдующіе опыты выращиванія растений на вращающихся аппаратахъ, при устраненіи вліянія на нихъ силы тяжести.

Гунтеръ первый показалъ что, при прорастаніи сѣмени въ бочекѣ съ землею, медленно вращаемомъ вокругъ косою или горизонтальной оси, стебли и корни проростковъ растутъ параллельно оси вращенія. Въ послѣднее время, подобныя же опыты были возобновлены Саксомъ съ помощью особеннаго, для этой цѣли, приспособленнаго прибора, названнаго имъ *клиностатомъ*. Почва съ сѣменами приводится въ постоянное вращательное движеніе, со скоростью 4 — 5 оборотовъ въ часъ; непрерывнымъ перемѣщеніемъ растений, по отношенію къ силѣ тяжести, удается не только парализовать ея дѣйствіе, но и обнаружить зависимость направленія роста стебля и корня отъ нѣсколькихъ другихъ второстепенныхъ вліяній (гидротронизма, нутаціи), едва замѣтныхъ, при обыкновенныхъ условіяхъ роста растений.

Саксу удалось обнаружить ихъ слѣдующимъ простымъ опытомъ: на горизонтальную медленно вращаемую ось былъ положенъ кубикъ изъ торфа, смоченный водою; на всѣхъ шести плоскостяхъ его были посеяны сѣмена кресса; выросшія растенюшка корнями углубились въ землю, между тѣмъ какъ подсѣмядольныя колѣна ихъ заняли положенія большею частью перпендикулярныя къ плоскости, на которой посеяно было сѣмя. Проявившееся несомнѣнное соотношеніе между направлениемъ роста и почвой, Саксъ приписываетъ гидротропизму, уклоненіе же отъ этого соотношенія — нутаціи (см. ниже).

Примѣчаніе. Значительное усовершенствованіе клиностата произведено Пфефферомъ (Pfeffer. Bot. Zeit. 1887, p. 27) и Вортманомъ (Wortmann. Ber. d. d. bot. Ges.).

Нѣсколько иной, но согласный съ предъидущимъ, результатъ дали опыты проращиванія сѣменъ на быстро вращаемыхъ аппаратахъ. Особенною извѣстностью пользуются произведенные въ этомъ направленіи опыты Найта (*Knight. Philos. Transactions. 1806*).

Найтъ заставлялъ прорасти сѣмена на быстро вращаемыхъ колесахъ; одни — на колесѣ, вращаемомъ вокругъ горизонтальной оси въ вертикальной плоскости, другія — на колесѣ, вращаемомъ въ горизонтальной плоскости, вокругъ вертикальной оси. Сѣмена помещались на окружности колеса, въ коробочкахъ со мхомъ. Колеса приводились въ быстрое вращательное движеніе водою; брызгами послѣдней поддерживался мохъ влажнымъ во все время опыта. Каждое колесо имѣло 11 дюймовъ въ діаметрѣ и вращалось со скоростью 80—250 оборотовъ въ минуту. На обоихъ колесахъ обнаружились весьма характерныя отклоненія проростковъ отъ нормальнаго положенія. На колесѣ, вращаемомъ въ вертикальной плоскости, всѣ проростки разрастались въ плоскости колеса; стеблевая части ихъ

росли по радіусу къ центру колеса, а корни — по радіусу, къ окружности колеса. Листья, расположились въ касательной плоскости, перпендикулярно къ плоскости вращенія колеса. Проростки, устраненные отъ дѣйствія силы тяжести, разрастались въ подчиненіи центробѣжной силы и поставили относительно послѣдней стебли, корни и листья въ положенія, совершенно соотвѣтствующія тѣмъ, которыя они, при нормальныхъ условіяхъ, занимаютъ относительно силы тяжести. При продолженіи опыта на столъ, что стебли дорастали до центра колеса, Найту удавалось наблюдать нѣкоторое время ростъ ихъ по другую сторону центра, по направленію отъ центра къ окружности; чѣмъ дальше однако они удалялись отъ центра, тѣмъ интензивнѣе становилось дѣйствіе на вершину стебелька центробѣжной силы; послѣдняя, постепенно возрастая, на извѣстномъ разстояніи отъ центра, вызвала поворотъ верхинки обратно къ центру и ростъ стебля въ центростремительномъ направленіи. По достиженіи центра стебель продолжалъ расти нѣкоторое время по прежнему направленію, т. е. отъ центра къ окружности, пока вновь не были вынуждены, подчиняясь центробѣжной силѣ, расти къ центру колеса; въ концѣ опыта стебли представлялись поэтому изогнутыми, по нѣскольку разъ, въ видѣ цифры 8.

На колесѣ, вращаемомъ въ горизонтальной плоскости, проростки занимаютъ нѣсколько иное положеніе; стеблевая часть направляется косо вверхъ къ оси колеса, а корни косо внизъ въ діаметрально противоположную сторону; какъ тѣ, такъ и другіе образуютъ тѣмъ меньшій уголъ съ горизонтомъ, чѣмъ быстрѣе вращеніе колеса; при 250 оборотахъ въ минуту уголъ, образуемый стеблями и корнями съ горизонтомъ равнялся въ опытахъ Найта 10° ; при болѣе медленномъ вращеніи, именно, при 80 оборотахъ въ минуту, онъ возрасталъ до 45° .

Различіе въ положеніи стеблей и корней на вертикальныхъ и горизонтальныхъ вращающихся колесахъ совершенно понятно: при прорастаніи на колесѣ, вращаемомъ въ вертикальной плоскости, растеніица, изъятая отъ дѣйствія силы тяжести, повинуются лишь центробѣжной силѣ и растутъ въ плоскости вращенія колеса; на колесѣ, вращаемомъ въ плоскости горизонтальной, они направляются по равнодѣйствующей силы тяжести и силы центробѣжной, и образуютъ, съ плоскостью колеса, большій или меньшій уголъ, соотвѣтственно быстротѣ его вращенія.

Обнаруживаемые стеблемъ и корнемъ изгибы отличаются не только направленіемъ, но и нѣкоторыми другими весьма существенными особенностями. Изогнувшійся дугою участокъ стебля занимаетъ значительное протяженіе; дуга же корня короткая (отъ 4 до 10 миллим.) и ограничивается частью ближайшей къ верхинѣ.

Выше было упомянуто, что, если проростки перевести въ горизонтальное положеніе, то стебли и корни изогнутся дугами; стебли вверхъ, корни внизъ. Если за тѣмъ горизонтально поставленные проростки, съ изогнутыми стеблями и корнями, перевернуть на 180° , то стебли постепенно выпрямляются, а затѣмъ направляются кверху, т. е. въ сторону діаметрально противоположную первому изгибу. Опытъ этотъ удается повторять, надъ однимъ и тѣмъ же растеніемъ, по нѣскольку разъ сряду, съ одинаковымъ успѣхомъ.

Нѣсколько иное представилъ изгибъ корня. Корень образуетъ дугу короткую; образованная корнемъ дуга закрѣпляется въ этомъ положеніи очень

быстро, и при переворачиваніи проростка на 180° , болѣе уже не выпрямляется; только часть корня, выросшая въ этомъ послѣднемъ положеніи, изгибается дугою внизъ, въ сторону противоположную прежнему изгибу. При многократномъ повтореніи переворачиванія растенія на 180° , получается поэтому корень изогнутый змѣйкою.

Изгибы стебля и корня весьма легко наблюдать на крессѣ, выращенномъ на, смоченной водою, пропускной бумагѣ. Сложенную, въ нѣсколько разъ, бумагу помѣщаютъ на стеклянной пластинѣ, опущенной въ стаканъ, на дно котораго налита вода. Вода постепенно всасывается бумагою и поддерживаетъ ее влажною долгое время. Сѣмена быстро прорастаютъ; корни вырастаютъ внизъ, подсѣмьдольное колѣно къ верху. По достиженіи проростками опредѣленной длины, стеклянную пластинку поворачиваютъ на 90° и приводятъ такимъ образомъ проростки въ горизонтальное положеніе. Черезъ нѣсколько часовъ обнаруживаются уже геотропическіе изгибы стебля и корня. Затѣмъ пластинку переварачиваютъ на 180° , вслѣдствіе чего вершины корней оказываются обращенными вверхъ, а верхушечныя почки стеблей внизъ. Повтореннымъ переворачиваніемъ, пластинки съ проростками на 180° легко вызываются вышеописанные изгибы.

Занимаемая стеблемъ и главнымъ корнемъ положенія, свойственныя большинству растеній, наблюдаются однако далеко не у вѣсѣхъ растеній. Исключенія представляютъ: 1) нижеописанныя стебли вьющихся, цѣпляющихся и стѣлющихся растеній; 2) корневища *Jucca filamentosa*, *Cordyline rubra*, растущія вертикально внизъ; 3) вѣтви стебля и развѣтвленія корней.

Вышеописанные геотропическіе изгибы свойственны лишь главному стеблю и корню. Вторичные корни менѣе геотропичны чѣмъ главный, но болѣе чѣмъ отходящіе отъ нихъ корни третичные; послѣдніе обыкновенно геотропизма почти не обнаруживаютъ.

Поразительный примѣръ видоизмѣненія геотропизма представляютъ, по наблюденіямъ Франка (Frank. Beiträge zur Pflanzenphysiologie, 1868), вѣтви нѣкоторыхъ хвойныхъ напр., ели. Вѣтви ея пребываютъ, какъ извѣстно, въ горизонтальномъ положеніи; Франкъ нашелъ, что нарастающіе концы вѣтвей, наиболѣе геотропичные, не только сохраняютъ горизонтальное положеніе въ отсутствіи свѣта въ темномъ пріемникѣ, но съ настойчивостью, сходною съ описанной выше для стеблей, стремятся занять его, если помѣстить ихъ иначе: концы вѣтвей ели, оставленныхъ въ соединеніи съ растеніемъ, Франкъ прикрѣплялъ въ вертикальномъ положеніи и окружалъ темнымъ пріемникомъ; по прошествіи нѣкотораго времени, свободныя вершины этихъ вѣтвей оказывались изогнутыми дугою и заняли горизонтальное положеніе.

Горизонтальное направленіе удерживаютъ, по Ельфвингу, и корневища нѣкоторыхъ растеній, напр. *Heleocharis palustris*, *Sparganium ramosum* и *Scirpus maritimus*.

Весьма загадочнымъ и необъяснимымъ является наблюдаемое иногда внезапное измѣненіе характера геотропизма въ корняхъ и вѣтвяхъ, вызываемое срѣзваніемъ верхушки стебля или главнаго корня. Послѣ удаленія вершины стебля, одна изъ вѣтвей пріобрѣтаетъ геотропизмъ положительный и, изгибаясь дугою, переводитъ молодую часть свою въ вертикальное положеніе, которое стремится удержать съ такою же энергіею, съ которой раньше она стремилась сохранить

прежнее положеніе. Совершенно подобное наблюдается и на корнях; при срѣзваніи вершины главнаго корня, одинъ изъ вторичныхъ корней замѣняетъ его, обнаруживая сильный положительный геотропизмъ, присущій, до этого, главному корню.

Совершаемыя, подъ вліяніемъ свѣта, передвиженія частей растенія называютъ *геліотропическими* и отличаютъ *геліотропизмъ положительный*, когда растеніе склоняется въ сторону свѣта, и *геліотропизмъ отрицательный*, если оно наклоняется въ сторону противоположную. Простыми опытами легко обнаружить, что качество наблюдаемаго геліотропизма зависитъ главнымъ образомъ отъ двухъ причинъ: 1) отъ напряженности свѣта и 2) отъ возраста изслѣдуемаго органа. При сравнительно слабомъ свѣтѣ, растенія почти всегда наклоняются къ свѣту; на свѣтѣ же яркомъ, часто проявляется геліотропизмъ отрицательный. Зависимость геліотропизма отъ возраста органа сказывается въ томъ, что молодыя нарастающія части интензивнѣе остальныхъ обнаруживаютъ геліотропизмъ положительный; съ возрастаніемъ органа онъ слабѣетъ а иногда переходитъ впослѣдствіи въ геліотропизмъ отрицательный. По свидѣтельству Сакса, молодыя междоузлія *Tropaeolum majus* наклоняются къ свѣту, между тѣмъ какъ старыя изгибаются въ сторону діаметрально противоположную на столько, что даже прижимаются плотно къ почвѣ. Оба геліотропизма удается наблюдать одновременно на нѣкоторыхъ проросткахъ: изгибъ нарастающей верхушки подсѣмядольнаго колѣна къ свѣту, и изгибъ нижней, болѣе старой части его, въ сторону противоположную. (Wiesner. Die heliotropischen Erscheinungen, I и II (1878—1880).

Примѣрами сравнительно рѣдкаго отрицательнаго геліотропизма могутъ служить побѣги плюща (*Hedera Helix*), воздушные корни *Pothos digitata*, *Hartwegia comosa*, *Stanhopea insignis* и корни растеній *Helianthus annuus*, *Lepidium sativum* и др.

Нѣкоторыя немногія растенія наконецъ вовсе не обнаруживаютъ геліотропизма ни въ стебляхъ, ни въ корняхъ, напр. *Viscum album*; только подсѣмядольному колѣну этого растенія свойственъ отрицательный геліотропизмъ, имѣющій въ данномъ случаѣ весьма важное значеніе: имъ обусловливается успѣшное прорастаніе сѣмянъ этого паразита на вѣтвяхъ питающаго растенія; при полномъ отсутствіи геотропизма, ростъ и дугообразный изгибъ подсѣмядольнаго колѣна, выступающаго изъ сѣмени при прорастаніи, исключительно управляется свѣтомъ; вслѣдствіе темной окраски коры свободный корневой конецъ, изгибаясь подъ вліяніемъ отрицательнаго геотропизма, неминуемо достигаетъ коры вѣтви и врастаетъ въ нее. По разрастаніи подсѣмядольнаго колѣна, *Viscum album* не обнаруживаетъ болѣе, во все время дальнѣйшаго развитія, и признаковъ геліотропизма.

Разслѣдованія вліянія цвѣтныхъ полосъ спектра на наклоненіе растеній, произведенныя въ довольно большемъ числѣ, указываютъ, что наибольшее дѣйствіе обнаруживаютъ лучи болѣе преломляемой половины спектра, преимущественно находящіеся на границѣ ультрафіолетовой и фіолетовой полосы; по мѣрѣ приближенія къ зеленымъ лучамъ, геліотропическое вліяніе ихъ слабѣетъ и въ желтой полосѣ нисходитъ до нуля, затѣмъ опять постепенно возрастаетъ въ оранжевомъ и красномъ свѣтѣ и достигаетъ втораго, сравнительно съ первымъ очень слабого,

максимума въ ультракрасныхъ лучахъ. Менѣе преломляемою половиною спектра вызываются геліотропическіе изгибы лишь въ немногихъ, особенно чувствительныхъ къ свѣтовому раздраженію растеніяхъ (проростки *Vicia sativa*). См. Wiesner, l. с.

Подобныя же дугообразныя изгибы стебля и корня вызываются еще и другими внѣшними вліяніями: сюда относятся явленія *гидротропизма*, обнаруживаемыя корнями и стеблями, подѣ вліяніемъ неравнобѣрнаго распредѣленія влажности въ окружающей средѣ, 3) явленія *реотропизма* въ корняхъ, погруженныхъ въ струю быстро текущей воды (см. Жонсонъ, Jönsson, *Berichte d. d. botan. Gesellsch.* 1883) (Molisch. *Unters. üb. Hydrotropismus.* *Anzeig. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien. Math. Classe.* 1883 (Juli); 4) явленія *термотропизма* тоже въ корняхъ при неравнобѣрномъ распредѣленіи температуры почвы; 5) явленія *гальванотропизма*, вызываемыя въ корняхъ гальваническимъ токомъ и наконецъ 6) дугообразныя изгибы, не обозначенныя особеннымъ терминомъ, происходящія подѣ вліяніемъ непосредственнаго прикосновенія къ корню постороннимъ твердымъ предметомъ.

Для обнаруженія *гидротропизма* корней (Sachs, *Arbeit. d. botan. Instit. z. Würzburg*, V. I. 1874), Саксъ проращивалъ различныя сѣмена въ отрубяхъ, помѣщенныхъ въ ящикѣ косо подвѣшанномъ, дно котораго составляла натянутая канва. Достигнувъ канвы, корни продолжали расти вертикально внизъ, если приборъ помѣщенъ былъ въ воздухѣ, виолнѣ насыщенномъ парами воды; если же воздухъ не былъ совершенно насыщенъ парами, то выступившія изъ канвы верхушки корней отклонялись, при дальнѣйшемъ ростѣ, отъ вертикальной линіи въ сторону канвы и росли въ непосредственномъ прикосновеніи съ нею, попеременно проникая чрезъ отверстія ея въ почву и обратно въ воздухъ.

Противуположный *положительному гидротропизму* корней — *индотропизмъ* отрицательный обнаруживается по Саксу (Sachs. *Vorles. üb. Pflanzenphysiologie*, p. 877. (1882). въ подѣмядольныхъ колѣнахъ проростковъ различныхъ растеній; отрицательнымъ гидротропизмомъ, т. е. стремленіемъ посредствомъ изгиба удалиться въ сторону наименьшей влажности, объясняетъ Саксъ вертикальное положеніе, которое занимаетъ, по отношенію къ влажному субстрату, подѣмядольное колѣно кресса при проращиваніи на кускѣ торфа, вращаемомъ по горизонтальной оси клиностата.

Термотропическіе изгибы корней описаны Вортманомъ (Wortmann. *Bot. Zeit.* 1885 p. 193.

О гальванотропизмѣ корней см. работы Ельфинга *Elfving Bot. Zeit.* 1882. Рашави: къ вопросу о гальванотропизмѣ. 1884, и Брунхорста (Brunhorst. *Ver. d. d. bot. Ges. V. 2 p. 204* (1884) и *Bot. Centrall. V. 23. p. 192.* (1885).

Возможны двоякаго рода опыты раздраженія растеній посредствомъ прикосновенія: а) посредствомъ постояннаго прикосновенія и б) ударами, различной силы, отъ едва ощущаемаго прикосновенія до сильнаго удара. Къ первой категоріи относятся опыты Дарвина надъ корнями (Darwin. *Bewegungsvermögen der Pflanzen*, 1881); приклеенный съ боку къ нарастающей части корня кусочекъ картона вызывалъ въ теченіи 24-хъ часовъ изгибъ ея, направляющійся притомъ въ различныя стороны, смотря по мѣсту прикрѣпленія картона: полу-

чался изгибъ въ сторону картона, если послѣдній прилѣпленъ былъ къ быстро растущей части корня, и въ сторону противоположную, когда картонъ находился на самой вершинѣ корня.

Изгибы растеній отъ сильныхъ сотрясеній и ударовъ были впервые описаны Гофмейстеромъ (Hofmeister Pringsh. Jahrbüch. В. 2. 1860). Колебанія и удары сообщались растенію по возможности въ одной плоскости. Не смотря на грубый приемъ опытовъ сотрясенія растенія руками и ударами по растенію палочкой, или качающимся маятникомъ, Гофмейстеру удалось подмѣтить не только изгибы растенія, но и найти соотношеніе между направлениемъ изгиба и плоскостью сотрясеній и палочныхъ ударовъ; искривленіе стебля всегда совпадало съ этою плоскостью. Ударами по вершинѣ растенія, постоянно вызывался дугообразный изгибъ ея въ сторону противоположную относительно той, по которой ударяли. Изогнувшійся конецъ вѣтви стремился удерживать нѣкоторое время свое положеніе съ извѣстною силой, какъ видно изъ слѣдующихъ опытовъ: отрѣзокъ вѣтви *Vitis*, обращенный вершиной внизъ, былъ защемленъ въ мѣстѣ срѣза; къ нижнему концу вѣтки былъ привязанъ грузъ въ два грамма; отъ нѣсколькихъ ударовъ вѣтвь изогнулась и приподняла, при этомъ, вершину съ привѣшаннымъ грузомъ на 4,7 миллиметра. Для выпрямленія изогнувшейся отъ ударовъ вѣтки, потребовался, въ одномъ изъ опытовъ Гофмейстера, привѣсъ груза до 300 граммовъ. Эти опыты несомнѣнно свидѣтельствуютъ, что, вызываемыя сотрясеніями или ударами, искривленія суть движенія активныя, рѣзко отличающіяся отъ искривленія побѣговъ при завяданіи. Произведенныя сотрясеніемъ и ударами измѣненія въ распредѣленіи напряженности тканей суть только временныя; оставленная въ покоѣ, изогнувшаяся вѣтка, по прошествіи нѣсколькихъ часовъ, сама собою совершенно выпрямляется.

Интересное дополненіе къ опытамъ Гофмейстера представляетъ работа Прилле (Prillieux Ann. d. Sc. Nat. S. 5. T. 9. 1868): онъ подтвердилъ результаты Гофмейстера, но кромѣ того обнаружилъ что, при нанесеніи ударовъ по болѣе старой части, ниже вызываемаго изгиба, получаютъ изгибы вогнутые на сторонѣ удараемой. Удовлетворительнаго объясненія этихъ явленій до сихъ поръ еще не имѣется.

Изъ всего сказаннаго слѣдуетъ, что, независимо отъ характера раздраженія, стебель и корень реагируютъ на раздраженіе дугообразнымъ изгибомъ, въ сторону раздражителя или же по направленію діаметрально противоположному. Реакціи эти находятся, въ ближайшей зависимости отъ роста: только порастающіе въ длину участки стебля и корня проявляютъ ихъ, и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ энергичнѣе ихъ прирость; выросшія же части не въ состояніи болѣе реагировать изгибомъ на вѣшнія раздраженія.

Весьма легко обнаружить зависимость изгиба отъ роста на корняхъ проростковъ гороха и бобовъ. Оставляютъ сѣмена прорасти въ опилкахъ, смоченныхъ водою. По достиженіи корнями длины 3—4 сантиметровъ, выбираютъ наиболѣе прямые и наносятъ на нихъ близъ вершины тушкой или асфальтовымъ лакомъ черточки, отстоящія одна отъ другой на 1 и 2 миллиметра. Затѣмъ помѣщаютъ проростки въ горизонтальномъ положеніи въ темное, насыщенное парами воды пространство. Растеньица удерживаются въ горизонтальномъ положеніи булавкой, продѣтой черезъ сѣмядоли и воткнутой въ вертикально стоящую пробку.

Изгибъ начинаетъ обнаруживаться чрезъ часъ или $1\frac{1}{2}$ часа времени; часовъ чрезъ 7 онъ уже заканчивается. Расстоянія между черточками ясно показываютъ, что мѣсто изгиба совпадаетъ съ наибольшимъ приростомъ корня.

Подобнымъ же приемомъ легко убѣдиться, что и въ стебляхъ, въ большинствѣ случаевъ, обнаруживается связь между геотропическимъ изгибомъ и приростомъ стебля.

Ближайшей причиной изгиба считаютъ въ настоящее время неравномѣрный ростъ верхней съ нижней половиной горизонтально положенныхъ стебля и корня. Непосредственныя измѣренія отрѣзковъ и отдѣльныхъ клѣтокъ показываютъ, что въ стеблѣ вызывается въ данномъ случаѣ болѣе приростъ нижней, въ корнѣ — верхней половины. Изъ сравненія прироста этихъ частей съ приростомъ растенія, оставленнаго въ вертикальномъ положеніи, выяснилось, что приростъ выпуклой стороны изгиба сильнѣе, вогнутой же значительно слабѣ нормальнаго. При медленномъ разрастаніи наблюдается иногда даже укорачиваніе вогнутой стороны.

Въ одномъ изъ опытовъ Сакса надъ *Vicia Faba* получились слѣдующія цифры: въ вертикальномъ проросткѣ, по прошествіи 14 часовъ, кончикъ корня въ 8 милл. длины обнаружилъ приростъ въ 10,5 милл., конецъ горизонтально прикрѣпленнаго корня изогнувшійся, за это время, дугою имѣлъ на выпуклой сторонѣ 18,8 милл., а на вогнутой — всего 14,1 милл.; приростъ (въ 10,8 милл.) выпуклой стороны оказался слѣдовательно нѣсколько значительнѣе, приростъ же вогнутой (6,1 милл.) гораздо слабѣ нормальнаго.

Неравномѣрный приростъ не есть однако непосредственное дѣйствіе силы тяжести; ему предшествуетъ нарушеніе симметричнаго (по отношенію къ оси стебля и корня) распредѣленія напряженности тканей; нарушеніе это оказалось однако также лишь однимъ изъ послѣдующихъ вліяній силы тяжести на растенія. Непосредственнымъ слѣдствіемъ нарушенія симметричнаго распредѣленія напряженности тканей является изгибъ горизонтальной части растенія; выше однако уже было упомянуто, что первые слѣды изгиба обнаруживаются обыкновенно не ранѣе, какъ по прошествіи часа. Тѣмъ не менѣе однако, если оставленное около часа, въ горизонтальномъ положеніи, еще совершенно прямое растенъце поставить вертикально и помѣстить въ темноту, то стебель и корень его изогнутся дугами, каждый по тому направленію, въ которомъ произошелъ изгибъ, если бы растенъце было оставлено въ горизонтальномъ положеніи. Здѣсь обнаруживаются изгибы подъ вліяніемъ измѣненій, вызванныхъ въ растеніи силою тяжести во время горизонтальнаго положенія; послѣднія по прошествіи только болѣе или менѣе продолжительнаго времени производятъ нарушеніе въ распредѣленіи напряженности тканей, сопряженное съ изгибомъ растенія.

Реакція растенія на внѣшнія раздраженія послѣ того, какъ растеніе уже устранено отъ раздраженія, относится къ явленіямъ, обозначаемымъ названіемъ *послѣдствія*.

Въ чемъ состоятъ предшествующія изгибу измѣненія до сихъ поръ остается совершенно неизвѣстнымъ. Дарвинъ (Darwin. Das Bewegungsvermögen d. Pflanzen, 1881) показалъ, что если отрѣзать вершину корня въ $1-1\frac{1}{2}$ миллим. длины, то корень не обнаруживаетъ геотропическихъ изгибовъ, хотя и продолжаетъ расти въ горизонтальномъ положеніи; въ нѣкоторыхъ опытахъ Дарвину удавалось наблюдать на корняхъ, лишенныхъ вершины, приростъ, достигающій

10 миллим. На этомъ основаніи онъ предполагаетъ, что геотропическая воспримчивость сосредоточена только въ кончикѣ корня, и что отсюда она передается по корню вверхъ и вызываетъ изгибъ въ нарастающей части его. Подобную мѣстную воспримчивость къ геотропическимъ раздраженіямъ Дарвинъ нашель и въ нѣкоторыхъ надземныхъ частяхъ растений, напр. въ вершинѣ сѣмядоли *Phalaris arundinacea* и *Avena sativa*.

Предоставляя будущимъ разслѣдованіямъ оцѣнку этихъ показаній и взглядовъ Дарвина, я лишь замѣчу, что какого бы воззрѣнія касательно причины изгибовъ растений, подъ вліяніемъ односторонняго дѣйствія силы тяжести, не придерживались, принятое объясненіе, по всему вѣроятію, должно оказаться примѣнимымъ и къ реакціямъ растенія на всѣ остальные внѣшнія раздраженія.

Особенную рубрику составляютъ стебли *вьющіяся*, *цѣпляющіяся* и *стелющіяся*.

Изъ сѣмянъ *вьющихся* растений вырастаетъ стебель, первыя междоузлія котораго не отличаются отъ вышеописанныхъ растений, ни по отношенію къ геони гелиотропизму. Только начиная съ 5-го междоузлія, обнаруживается въ нарастающей вершинѣ стебля своеобразное круговое движеніе, обозначаемое названіемъ круговой нутаціи (*kreisförmige Nutation*). Вершина сперва склоняется въ сторону на 90 и болѣе градусовъ, и затѣмъ перегибается постепенно вправо или влево, смотря по растенію, описывая полный кругъ въ продолженіи нѣсколько часовъ. Движеніе это продолжается безостановочно, пока стебель не встрѣтитъ на пути своемъ опорки, или другаго посторонняго предмета, вокругъ котораго онъ могъ бы обвиться. Кромѣ круговой нутаціи, передвиженію вершины стебля содѣйствуетъ закручиваніе вокругъ оси болѣе старыхъ его междоузлій.

Процессы, обуславливающіе обвиваніе стеблемъ опорки, совершенно еще не выяснены. Вортманъ (*Wortmann. Theorie d. Windens Bot. Zeit. 1886*), взгляды котораго здѣсь изложены, дѣлая обзоръ литературы, въ началѣ своей статьи пишетъ: „Не смотря на многочисленные опыты и наблюденія, воззрѣнія ученыхъ на обвиваніе стебля вокругъ опорки въ настоящее время столь же различны, какъ и шестьдесятъ лѣтъ тому назадъ“. Въ самомъ дѣлѣ нѣкоторые изъ новѣйшихъ изслѣдователей (Баранецкій, Вортманъ) предполагаютъ, что обвиваніе опорки можетъ быть вполне объяснено круговой нутаціей и отрицательнымъ геотропизмомъ, другіе (Саксъ, Коль) признаютъ, въ вьющихся стебляхъ, раздражимость къ прикосновенію и рассматриваютъ ее какъ одну изъ причинъ обвиванія стебля вокругъ опорокъ. Третьи, наконецъ, (Швенденеръ, Амбронъ), отрицая раздражимость, приписываютъ вьющимся стеблямъ особеннаго рода хватающія движенія (*Greifbewegungen*), вызываемыя, по ихъ мнѣнію, въ вершинѣ стебля присутствіемъ опорки.

Столь же мало единства обнаруживается и во взглядахъ на причину круговой нутаціи; по мнѣнію большинства изслѣдователей, она обуславливается причинами, кроющимися внутри растенія, и должна быть отнесена къ движеніямъ автономическимъ, между тѣмъ какъ, по Баранецкому и Вортману, круговая нутація вызывается отчасти отрицательнымъ геотропизмомъ вершины стебля, и при устраненіи односторонняго дѣйствія силы тяжести (на клиностатѣ), прекращается. Совершенно различныя воззрѣнія имѣются на связь круговой нутаціи съ закручиваніемъ старыхъ междоузлій вокругъ оси. Всѣ изслѣдователи однако со-

гласны въ томъ, что причина круговой нутаціи заключается въ неравномѣрномъ ростѣ различныхъ сторонъ вершины стебля; одна изъ сторонъ удлиняется извѣстное время быстрѣе остальныхъ и обуславливаетъ этимъ дугообразный изгибъ стебля въ сторону противоположную той, гдѣ приростъ наименьшій. Максимумъ разрастанія перемѣщается по боковой поверхности стебля вправо или влѣво, смотря по растенію; въ слѣдствіе этого, если проведемъ тушью черту вдоль выпуклой стороны, то, чрезъ нѣкоторое время, она окажется перемѣщенной на одну изъ боковыхъ сторонъ, затѣмъ перейдетъ на вогнутую, съ нея на вторую боковую, и чрезъ нѣкоторое время опять придется на выпуклой сторонѣ.

Вортманъ поясняетъ это слѣдующимъ образомъ: „Для предварительнаго ознакомленія съ круговымъ перемѣщеніемъ вершины стебля, представимъ себѣ побѣгъ *Calystegia* въ 30 — 35 сант. длины, пребывающій въ круговомъ вращеніи уже въ продолженіи 20 — 30 часовъ. Основная, нижняя часть его, длиною въ 15 — 20 сант., занимаетъ вертикальное положеніе; на остальномъ же протяженіи побѣгъ склонился въ сторону и поставленъ горизонтально или даже нѣсколько опущенъ внизъ. Нанесемъ вдоль верхней, выпуклой стороны, по всей длинѣ ея, долевую полоску тушью и повернемъ къ намъ побѣгъ выпуклою стороною. Изгибъ стебля придется въ плоскости перпендикулярной къ груди наблюдателя; вершина его будетъ находиться на сторонѣ, противоположной наблюдателю. Если мы направимъ ее въ началѣ опыта къ востоку, то по прошествіи получаса обнаружится слѣдующее измѣненіе въ изгибѣ стебля: пребывая въ вертикальной плоскости, онъ окажется обращеннымъ вершиною на сѣверъ, и поставленнымъ параллельно груди наблюдателя; нанесенная тушью линія оказывается сдвинутою на боковую лѣвую сторону. Максимумъ роста передвинулся слѣдовательно по боковой поверхности вправо на 90° , занимая во все время верхнюю, выпуклую сторону изгиба. Другими словами: во время передвиженія максимума роста на четверть окружности вправо, вершина стебля описываетъ горизонтальную дугу въ 90° влѣво. По прошествіи еще получаса обнаруживаются слѣдующія перемѣны въ побѣгѣ: горизонтально поставленная вершина его обращена къ западу; изгибъ, оставаясь по прежнему въ вертикальной плоскости становится вновь перпендикулярно къ груди наблюдателя; полоска туши перемѣщается на нижнюю сторону изгиба, на сторону наименьшаго прироста. Выпуклою является по прежнему верхняя сторона. Слѣдовательно, въ промежутокъ времени между двумя наблюденіями, обнаруживается перемѣщеніе максимума прироста вершины стебля вправо на 90° , перемѣщеніе же вершины побѣга влѣво на четверть окружности. Продолжая передвиженіе, въ описанномъ смыслѣ, по прошествіи еще часа, изгибъ стебля оставаясь въ вертикальной плоскости, переходитъ въ положеніе, совпадающее съ первоначальнымъ, при чемъ намѣченная тушью линія оказывается на верхней, выпуклой сторонѣ изгиба“.

„Эти наблюденія показываютъ слѣдовательно, что круговое вращеніе верхушечной почки обуславливается тѣмъ, что максимумъ роста стебля *Calystegia* и другихъ вьющихся влѣво растеній, перемѣщается по направленію движенія часовой стрѣлки и вызываетъ передвиженіе верхушечной почки въ сторону противоположную. Замѣчательно, что при этомъ максимумъ роста пребываетъ, во все время, на верхней выпуклой сторонѣ изгиба“.

Передвиженія эти вызываются, по Вортману, слѣдующими причинами: 1)

нарастающая часть стебля вьющихся растеній обнаруживаетъ, какъ уже показали Баранецкій, отрицательный геотропизмъ, особенно сильный на разстояніи нѣсколькихъ сантиметровъ отъ вершины. Движенія, вызываемыя имъ, скрыты въ круговомъ движеніи вершины и являются одною изъ причинъ этого движенія. 2) Другой факторъ круговой нутаціи обнаруживается, по Вортману, при наблюденіяхъ надъ вершиною стебля вьющагося растенія, укрѣпленной въ горизонтальной плоскости; въ этомъ положеніи вершина изгибается дугою въ горизонтальной же плоскости. Для наблюденія этого, необходимо выбрать вершину стебля совершенно прямую, находившуюся предварительно въ вертикальномъ положеніи.

Въ стебляхъ растеній, вьющихся влѣво, становится выпуклою правая сторона, у растеній же вьющихся вправо—лѣвая сторона. Если изогнувшійся въ горизонтальной плоскости стебель перевернуть вокругъ оси стебля на 180° , то образованный изгибъ выпрямляется и переходитъ со временемъ въ діаметрально противоположный. Это перемѣщеніе вершины стебля въ сторону, тоже уже описанное Баранецкимъ, Вортманъ называетъ боковымъ изгибомъ (Flanken-Krümmung).

Во все время боковаго передвиженія вершины, стебель совершаетъ геотропическое передвиженіе и приподнимается вверхъ; результатомъ двойкаго перемѣщенія вершины стебля оказывается передвиженіе ея по спирали вверхъ. Для поясненія этого сложнаго передвиженія разсмотримъ каждое изъ составляющихъ движеній въ отдѣльности и вообразимъ ихъ себѣ происходящими не одновременно, а послѣдовательно одна за другою. Представимъ себѣ поставленную въ горизонтальной плоскости, вершину стебля растенія, вьющагося влѣво. Предположимъ, что стебель этотъ образовалъ въ этой плоскости изгибъ; обозначимъ чрезъ *B* сторону выпуклую и нанесемъ на ней полоску туши; противоположную сторону наименьшаго прироста обозначимъ чрезъ *c*, верхнюю сторону — чрезъ *b*, нижнюю чрезъ *d*. Представимъ себѣ далѣе, что, вслѣдъ за изгибомъ вершины въ горизонтальной плоскости, наступаетъ перемѣщеніе ея вверхъ подъ вліяніемъ отрицательнаго геотропизма, и что вершина стебля заняла вертикальное положеніе; выпуклая сторона ея *B* сдѣлается верхнею, при чемъ произойдетъ и перемѣщеніе полоски туши на 90° , *c* — нижнею, *b* лѣвою боковою, *d* — правую боковою. Дальнѣйшее перемѣщеніе вершины набѣга, вслѣдствіе боковаго изгиба въ горизонтальной плоскости, будетъ имѣть слѣдствіемъ перемѣщеніе максимума прироста на сторону *d*, минимума — на *b*; между тѣмъ какъ *B* (съ полоской туши) и *c* станутъ боковыми сторонами изгиба. Подъ вліяніемъ послѣдующаго дѣйствія отрицательнаго геотропизма, горизонтальный изгибъ вершины перейдетъ вновь въ вертикальный, съ перемѣщеніемъ *B* (и полоски туши) на вогнутую сторону изгиба, *c* на выпуклую, *b* и *d* на боковыя стороны. Представляя себѣ, и на все послѣдующее время, передвиженія вершины подъ вліяніемъ боковаго движенія и отрицательнаго геотропизма, мы получимъ передвиженія стебля и перемѣщенія полоски туши совершенно соотвѣтствующія наблюдаемымъ на вьющихся растеніяхъ, съ тою только разницею, что явленія эти усложняются еще тяжестью вершины побѣга и закручиваніемъ старыхъ междоузлій вокругъ оси. Разъясненіе этихъ усложненій читатель найдетъ въ указанной статьѣ Вортмана.

Для устраненія вліянія тяжести склонившейся вершины стебля, подвязываютъ къ ней шелковинку, перекинутую чрезъ блокъ, помѣщенный надъ стеблемъ,

съ грузомъ, уравнивающимъ вѣсъ стебля. Если, въ этихъ условіяхъ, слѣдить за положеніемъ и передвиженіемъ участковъ разрастающагося стебля, намѣченныхъ тушью, то оказывается, что каждый изъ нихъ въ молодомъ возрастѣ перемѣщается по спирали съ очень плоскими оборотами; со временемъ обороты дѣлаются круче; описываемая этими участками спираль становится постепенно все меньшаго діаметра и наконецъ распрямляется въ прямую линію; занявъ вертикальное положеніе, наблюдаемый участокъ стебля остается неподвижнымъ. Стебли вьющихся растений, подобно вышеописаннымъ, стремятся слѣдовательно занять вертикальное положеніе съ тою только разницею, что переходятъ въ это положеніе не непосредственно, а постепенно, перемѣщаясь предварительно по спирали вслѣдствіе собственной имъ круговой нутаціи.

При посредствѣ круговаго перемѣщенія, вершина стебля вьющагося растения отыскиваетъ необходимую для него подпорку; встрѣтивъ ее на пути, стебель обвивается вокругъ нея и растетъ по ней вертикально вверхъ. Подпорка вліяетъ на ростъ и движеніе стебля лишь пассивно, какъ препятствіе къ распрямленію его оборотовъ. Тонкою подпоркой поэтому совсѣмъ почти не видоизмѣняются его движенія; по мѣрѣ увеличенія толщины подпорки, замѣчаются уклоненія, обусловленныя преждевременной задержкой роста въ длину междоузлій, пришедшихъ въ прикосновеніе съ подпоркой; междоузлія, въ послѣднемъ случаѣ, оказываются короче и обороты стебля, вслѣдствіе скорѣйшаго прекращенія роста междоузлій, являются болѣе сближенными.

При обвиваніи подпорки стебель, встрѣчая въ ней сопротивленіе къ распрямленію, оказываетъ на нее боковое давленіе, легко наблюдаемое при обвиваніи стебля вокругъ тонкой нити, которая, отъ давленія стебля, располагается по винтовой линіи.

Близкую къ вьющимся растеніямъ группу представляютъ растенія цѣпляющіяся за посторонніе предметы усиками или листьями. Морфологическое значеніе усиковъ у разныхъ растеній совершенно различное: между тѣмъ какъ у гороха усикъ есть ничто иное, какъ видоизмѣненный участокъ листа, у виноградной лозы онъ соотвѣтствуетъ цѣлой виноградной кисти. Соотвѣтственно съ назначеніемъ усика закручиваться вокругъ постороннихъ предметовъ, онъ обнаруживаетъ, въ продолженіи значительнаго времени, круговое передвиженіе. Отъ вьющихся стеблей усики отличаются нѣсколькими весьма существенными признаками: 1) въ противоположность вьющимся стеблямъ, они весьма чувствительны къ прикосновенію; достаточнымъ оказалось, по Дарвину, привѣсить на вогнутой сторонѣ усика *Pasiflora gracilis* кусочекъ платиновой проволоки, вѣсомъ въ 1,23 миллигр., чтобы вызвать изгибъ его вершины, по прошествіи 25 секундъ; въ большинствѣ случаевъ усикъ обнаруживаетъ чувствительность къ прикосновенію лишь вдоль одной стороны; въ право и въ лѣво отъ нея чувствительность постепенно убываетъ, а на противоположной сторонѣ вовсе не проявляется; 2) совершаемыя нѣкоторое время круговыя движенія отличаются, за немногими исключеніями, отъ сходнаго передвиженія вьющихся стеблей тѣмъ, что стороны усика сохраняютъ, во все время, опредѣленное положеніе; верхняя сторона остается верхнею, нижняя — нижнею, и нанесенная тушью полоска не мѣняетъ своего положенія, какъ это мы видѣли у вьющихся стеблей; 3) передвиженія усиковъ чрезвычайно неправильны; 4) направленіе передвиженія, а равно и обвиваніе вокругъ подпорки бываетъ различное,

не только въ различныхъ усикахъ растенія, но можетъ видоизмѣняться въ одномъ и томъ же усикѣ.

Смотря по возрасту, усики занимаютъ различныя положенія. Подробно изслѣдованный Вортманомъ (Wortmann. Ueber d. rotirenden Bewegungen der Ranken. Bot. Zeit. 1887, p. 49) усикъ *Passiflora gracilis* въ началѣ развитія является загнутымъ въ вертикальной плоскости вершиною внизъ. По прошествіи нѣсколькихъ дней, усикъ выпрямляется, а затѣмъ заворачивается вершиною къ верху. Къ этому времени, усикъ достигаетъ длины 4—6 сантиметровъ и начинаетъ обнаруживать круговое вращеніе, продолжающееся отъ 2—3 дней. Если, за все это время, усикъ не найдетъ опорки, то въ немъ проявляется закручиваніе, начинающееся съ вершины или ниже ея, въ нѣкоторыхъ случаяхъ на среднѣ длины усика; обороты, первоначально весьма большіе и разодвинутые, постепенно сдвигаются и сближаются до взаимнаго прикосновенія въ плотно завитую спираль.

Раздражимость пробуждается въ усикѣ лишь ко времени круговаго вращенія и прекращается нѣкоторое время спустя послѣ закручиванія.

Всѣ разнообразныя и сложныя передвиженія усиковъ объясняются, по Вортману, совокупнымъ вліяніемъ: а) автономическаго движенія, б) отрицательнаго геотропизма и в) тяжести конечнаго участка самаго усика.

Болѣе подробныя указанія находятся въ вышеизложенной статьѣ Вортмана, и въ сочиненіи Дарвина (Darwin. Kletternde Pflanzen. 1876).

Встрѣтивъ опорку, усикъ обвиваетъ ее и сдавлируетъ съ значительной силой. Многіе усики при этомъ значительно укорачиваются и приближаютъ стебель къ опоркѣ.

Реакціи *листьевъ* на внѣшнія раздраженія во многомъ сходныя съ реакціями стеблей и корней, представляютъ въ то же время весьма существенныя особенности. Различія эти обуславливаются отчасти разницею строенія, частью же способностью сочлененій, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ и другихъ частей листа, реагировать на внѣшнія раздраженія и по достиженіи окончательныхъ размѣровъ. Главное отличіе въ строеніи заключается въ томъ, что листья, въ противоположность цилиндрическимъ стеблямъ и корнямъ, разрастаются въ формы плоскія, съ болѣе или менѣе ясно выраженной разницею верхней и нижней стороны; вслѣдствіе этого листъ представляется симметричнымъ только по отношенію къ плоскости, проходящей по главному нерву, перпендикулярно къ поверхности листа, между тѣмъ какъ стебель и корень разсѣкаются, на части совершенно одинаковыя, всякою плоскостью, проходящею по оси. Листья по этому обозначаютъ названіемъ спинно-брюшныхъ (dorsiventral) органовъ, стебель же и корни — органами радиальными (radiär).

Различные листья представляютъ такое же разнообразіе въ реакціяхъ на внѣшнія раздраженія, какъ и стебли и корни различныхъ растеній. Большая часть изъ нихъ очень явственно геотропичны и стремятся удержать опредѣленное положеніе относительно силы тяжести. Одинъ изъ наиболѣе поразительныхъ примѣровъ отрицательнаго геотропизма описанъ первымъ изслѣдователемъ движеній растеній Бонне (Bonnet. Usage des feuilles p.): срѣзанный, близъ основанія черешка, листъ виноградной лозы былъ перенесенъ въ темное помѣщеніе въ селянку, на дно которой было налито нѣсколько воды; основаніемъ черешка, листъ вса-

женъ былъ въ пробку, которою замкнута была склянка. Въ этомъ положеніи пластинка листа находилась приблизительно въ горизонтальной плоскости, обращенная морфологически верхнею поверхностью внизъ. По прошествіи нѣкотораго времени, черешокъ обнаружилъ дугообразный изгибъ, вслѣдствіе котораго листовая пластинка постепенно перемѣщалась до тѣхъ поръ, пока не оказалась повернутою вверхъ морфологически верхнею стороною. Тогда Бонне вновь перевернулъ листъ этою стороною внизъ; въ черешкѣ произошелъ изгибъ въ обратномъ направленіи, и морфологически верхняя сторона вновь приведена была въ нормальное положеніе. Подобныя передвиженія, въ одномъ и томъ же листѣ, Бонне удалось вызывать нѣсколько разъ сряду, пока листъ оставался живымъ. Описанная Бонне усилія листа занять, относительно силы тяжести, прежнее нормальное положеніе, тѣмъ поразительнѣе, что они производились листомъ отрѣзаннымъ отъ растенія.

Подобныя же геотропическія передвиженія описаны Саксомъ и для листьевъ снабженныхъ сочлененіями. Они легко наблюдаются на листьяхъ фасоли, помѣщенной въ темнотѣ вершиною внизъ. Листовая пластинка тоже переводится, чрезъ нѣкоторое время, въ нормальное положеніе и притомъ нѣсколько инымъ способомъ, чѣмъ въ листьяхъ лишенныхъ сочлененій. Въ послѣднихъ изгибается дугообразно черешокъ листа; въ листьяхъ съ сочлененіями черешокъ остается прямымъ, перемѣшеніе же листовыхъ пластинокъ производится исключительно дугообразнымъ изгибомъ сочлененій.

Въ обоихъ описанныхъ случаяхъ, листья обнаруживаютъ стремленіе расположиться въ горизонтальной плоскости, т. е. перпендикулярно къ силѣ тяжести; соотвѣтственное положеніе они занимаютъ и на быстро вращающихся колесахъ; между тѣмъ какъ стебли и корни растутъ по радіусу (см. выш. стр. 58) листья становятся въ касательной плоскости и обращаютъ, къ оси вращенія колеса, морфологически верхнюю сторону.

Различаютъ двоякаго рода реакціи листьевъ по отношенію къ свѣту: 1) геліотропическія и 2) паратоническія, рѣзко различающіяся между собою. Первые вызываются одностороннимъ освѣщеніемъ и обуславливаютъ поворотъ листовой пластинки верхней стороною къ свѣту; вторыя происходятъ, при измѣненіи напряженности свѣта; передвиженія эти (см. ниже) совершаются постоянно по одному опредѣленному направленію, совершенно независимо отъ того, съ какой стороны листъ освѣщается.

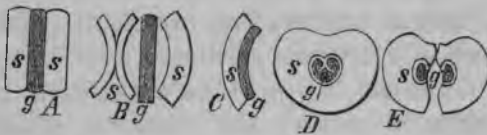
Геліотропическіе изгибы черешка или сочлененія происходятъ медленно, направляются исключительно случайнымъ положеніемъ листа относительно свѣта, и столь сходны, во всемъ существенномъ, съ геліотропическими движеніями стебля и корня, что я, не останавливаясь на нихъ долѣе, перехожу къ описанію своеобразныхъ передвиженій паратоническихъ.

Послѣднія совершаются болѣею частью при посредствѣ сочлененій, какъ основнаго, соединяющаго главный черешокъ листа со стеблемъ, такъ и вторичныхъ, помѣщенныхъ въ основаніи вторичныхъ черешковъ и листовыхъ пластинокъ. Особенности строенія сочлененій заключаются главнымъ образомъ въ томъ, что, отходяшіе изъ стебля въ листъ, сосудистоволокнистые пучки, при входѣ въ сочлененіе, соединяются въ одинъ осевой пучекъ; пучекъ этотъ, тянущійся по оси сочлененія, при переходѣ въ черешокъ, вновь разъединяется на нѣсколько

отдѣльных пучковъ; осевой пучекъ сочлененія отовсюду окруженъ паренхимой коры. Въ спокойномъ состояннн, сочлененіе имѣетъ приблизительно цилиндрическую форму, въ которой однако верхняя и нижняя стороны развиты различно: верхняя выпуклая, нижняя плоская, не рѣдко съ легкою долевою бороздкою. Изгибъ сочлененія происходитъ всегда въ вертикальной плоскости и сопровождается нарушеніемъ напряженности въ паренхимѣ коры верхней и нижней половинъ.

На пластинкѣ, вырѣзанной изъ сочлененія по оси, легко прослѣдить за распредѣленіемъ напряженности въ тканяхъ и выяснитъ зависимость отъ нея формы сочлененія. По расщепленіи осевой пластинки, по оси, на двѣ полоски, немедленно обнаруживается въ каждой изъ нихъ дугообразный изгибъ, выпуклый со стороны кожицы и вогнутый на сторонѣ центральнаго сосудистоволокнистаго пучка (см. рис. 10). При перенесеніи въ воду, по мѣрѣ возрастанія напряженности, изгибы становятся круче:

Рис. 10.



Разрѣзы изъ сочлененія листа *Phaseolus multiflorus*; *A.* долевая пластинка; *s* тургесцирующая паренхима; *g* осевой сосудистоволокнистый пучокъ. *B.* Долевая пластинка, разрѣзанная на полоски; *C* половина ея, составленная изъ кожицы, паренхимы, коры и половины осевого пучка. *D* поперечный разрѣзъ сочлененія; *E* поперечный разрѣзъ, разсѣченный на двѣ половины; видно выпячиваніе коры на мѣстахъ срѣза.

осевая полоска, доходящая до оси междууздія, стремится изогнуться въ сторону оси, и остается прямою только вслѣдствіе сопротивленія супротивной полоски, стремящейся также образовать изгибъ, вогнутый со стороны оси. Мыслимы три различныхъ способа нарушенія напряженности въ сочлененіи: увеличеніе или уменьшеніе напряженности по одну сторону осевого цилиндра, и одновременное усиленіе напряженности одной стороны и убыль напряженности въ сторонѣ противоположной; во всѣхъ трехъ случаяхъ происходитъ, какъ увидимъ ниже, изгибъ сочлененія.

Въ полномъ согласіи съ этими данными, находятся изгибы, обнаруживаемые сочлененіемъ, при срѣзываніи одной изъ половинъ его: верхней или нижней. Лидсей, первый производившій эти опыты, замѣтилъ, что, оставленная на растеніи, половина сочлененія изгибается дугою, вогнутою на плоскости срѣза: по удаленіи верхней половины сочлененія, нижняя образуетъ дугу, обращенную вверхъ, при чемъ приподнимаетъ къ верху весь листъ и становится главнымъ черешкомъ въ вертикальное положеніе, параллельно стеблю; при срѣзываніи нижней половины сочлененія, главный черешокъ опускается внизъ, располагаясь параллельно стеблю. Не трудно убѣдиться, что опусканіе листа вызывается, въ послѣднемъ случаѣ, не тяжестью листа; опущенный внизъ листъ стремится удерживать это положеніе съ значительною силою, и оказываетъ замѣтное сопротивленіе, при поднятіи его вверхъ.

изгибы становятся круче: въ глицеринѣ или растворахъ солей они болѣе или менѣе распрямляются, теряя значительное количество, заключенной въ нихъ, воды. Сочлененіе можетъ оставаться прямымъ лишь при равномерномъ распредѣленіи напряженности вокругъ осевого цилиндра; при нарушеніи этого равновѣсія неизбежно обнаружится изгибъ въ сторону, гдѣ напряженность ткани наименьшая; въ самомъ дѣлѣ, каждая

Брюке (Brücke. Müllers Archiv, 1848; p. 485) показалъ весьма простой и удобный способъ опредѣлять въ какомъ смыслѣ происходитъ, въ каждомъ частномъ случаѣ, измѣненіе въ напряженности сочлененія. Объектомъ изслѣдованія послужили ему сочлененія *Mimosa pudica*. Измѣреніе напряженности тканей въ сочлененіи опредѣлялось слѣдующимъ образомъ: Брюке наклонялъ растеніе на столько, что главный черешокъ наблюдаемаго листа находился въ горизонтальной плоскости, надъ стеблемъ, и, въ этомъ положеніи, измѣрялъ уголъ между черешкомъ и стеблемъ; затѣмъ онъ перевертывалъ растеніе вершиной внизъ, такъ, чтобы черешокъ занялъ вновь горизонтальное положеніе ниже стебля, и измѣрялъ опять уголъ между черешкомъ и листомъ. Разницу угловъ между черешкомъ листа и стеблемъ, въ этихъ двухъ положеніяхъ, опредѣлялась напряженность тканей въ сочлененіи; чѣмъ значительнѣе была напряженность тканей въ сочлененіи, тѣмъ положеніе листа было устойчивѣе, и тѣмъ меньше оказывалась разница угловъ; чѣмъ меньше была напряженность тканей, тѣмъ большее уклоненіе наблюдалось при измѣненіи положенія растенія. Ниже будутъ изложены характерные, полученные этимъ способомъ, результаты.

Паратоническія движенія листьевъ, вызываемыя свѣтомъ, принадлежатъ къ числу самыхъ обыденныхъ явленій: листья весьма многихъ растеній занимаютъ днемъ совершенно иное положеніе, чѣмъ ночью; въ большей части случаевъ они съ вечера начинаютъ опускаться; сложные листья складываютъ свои пластинки и остаются въ этомъ положеніи до слѣдующаго утра. Перемѣщеніе листьевъ изъ дневнаго положенія въ ночное было уже описано Линнеемъ и обозначено названіемъ *сна* растеній.

Перемѣщенія листьевъ изъ дневнаго въ ночное положеніе легко вызвать и днемъ, затѣняя ихъ. Въ темнотѣ листья, чрезъ нѣкоторое время, принимаютъ ночное положеніе. Наиболье удачными объектами могутъ служить снабженныя сочлененіями сложные листья *Phaseolus*, *Oxalis*, *Mimosa* и др. Днемъ черешки и пластинки ихъ расположены приблизительно въ горизонтальной плоскости, сочлененія — почти прямыя; въ темнотѣ, сочлененія изгибаются дугообразно и переводятъ черешки и листовыя пластинки въ ночное положеніе. Я остановлюсь подробнѣе лишь на описаніи листа *Mimosa pudica*, представляющаго наиболье интереса, какъ по сложности передвиженій, такъ и по необыкновенной чувствительности, не только къ свѣтовымъ, но и другимъ раздраженіямъ. Листъ *Mimosa pudica* сложный; главный черешокъ, соединенный со стеблемъ сочлененіемъ, несетъ близъ верхняго конца двѣ пары симметрично расположенныхъ вторичныхъ черешковъ; при основаніи каждаго изъ нихъ тоже имѣется по сочлененію; посредствомъ сочлененій прикрѣпляются попарно сидяція, на вторичныхъ черешкахъ, листовыя пластинки. Днемъ, въ спокойномъ состояніи, главный черешокъ направленъ нѣсколько косо вверхъ, вторичные же черешки съ листовыми пластинками расположены въ горизонтальной плоскости; послѣднія образуютъ съ черешкомъ, на которомъ сидятъ, прямые углы (см. рис. 11 на стр. 72).

При затѣненіи, въ нормальныхъ же условіяхъ, въ сумерки, основное сочлененіе изгибается дугою внизъ и опускаетъ главный черешокъ; вторичные черешки, при посредствѣ изгибовъ своихъ сочлененій, также нѣсколько опускаются внизъ и, приближаясь въ то же время постепенно другъ къ другу, становятся на продолженіи главнаго черешка; одновременно съ перемѣщеніемъ черешковъ измѣняются свое

положеніе и листовыя пластинки. Онѣ приподнимаются къ верху; складываясь попарно верхними поверхностями, онѣ наклоняются вершинками впередъ и ложатся вдоль черешка, на которомъ сидятъ (рис. 12). Въ ночномъ положеніи листа, напряженность тканей въ сочлененіяхъ, по опытамъ Брюке, провѣреннымъ Пфефферомъ (Pfeffer. Physiolog. Untersuchungen. 1873), возрастаетъ. На свѣтъ, листъ вновь переходитъ въ дневное положеніе. Если же оставить растение въ темнотѣ болѣе продолжительное время, напр. до слѣдующаго дня, то одновременно почти

Рис. 11.



Листъ *Mimosa pudica* въ дневномъ положеніи и въ спокойномъ состояніи.

Рис. 12.



Листъ *Mimosa pudica* въ ночномъ положеніи.

съ растеніями, оставленными въ нормальныхъ условіяхъ, листья, не смотря на отсутствіе свѣта, переищаются въ дневное положеніе, къ вечеру же занимаютъ ночное положеніе и повторяютъ подобныя переищенія по разу въ сутки, болѣе или менѣе продолжительное время, смотря по растенію. Съ каждымъ днемъ эти суточные передвиженія однако слабѣютъ и наконецъ прекращаются; листъ дѣлается неподвижнымъ и переходитъ въ состояніе оцѣпененія отъ темноты (Dunkelstarre). Свѣтомъ удается вновь возбудить въ растеніи прежнія періодическія суточные передвиженія листьевъ. При постоянномъ освѣщеніи, листья, въ первое время, продолжаютъ совершать суточные періодическія переищенія. Берту удалось, посредствомъ непрерывнаго продолжительнаго освѣщенія, значительно уменьшить уголъ передвиженія главнаго черешка *Mimosa*, а затѣмъ, по перенесеніи растенія въ нормальныя условія, вновь увеличить его до прежнихъ размѣровъ.

Пфефферъ достигнулъ полнаго прекращенія суточныхъ переищений, подвергая растеніе днемъ разсѣянному дневному свѣту, а ночью освѣщенію посредствомъ трехъ аргантовыхъ лампъ съ рефлекторами. По прошествіи нѣсколькихъ сутокъ, листья заняли дневное положеніе и пребывали въ немъ неподвижно; при этомъ они сохранили нормальную раздражимость въ паратоническомъ отношеніи, т. е. измѣняли положеніе при переищеніи напряженности свѣта, и, при устраненіи свѣта, переходили въ ночное положеніе. Пфефферу удалось ускорить прекращеніе періодическихъ передвиженій листьевъ, затѣняя ихъ ежедневно отъ 3½ до 7

часовъ вечера и затѣмъ, освѣщая ихъ съ 7 часовъ вечера до утра; прекращеніе періодическихъ передвиженій листьевъ обнаруживалось иногда уже на третій день. При этомъ часы перемѣщенія листьевъ, изъ дневнаго положенія въ ночное и обратно, оставались постоянными до полного прекращенія суточныхъ передвиженій листьевъ. Опусканіе листа вечеромъ, не смотря на возрастающую къ этому времени напряженность тканей, Пфефферъ объясняетъ тѣмъ, что вторичные черешки становятся, при переходѣ въ ночное положеніе, по направленію главнаго черешка и усиливаютъ чрезъ это давленіе листа на сочлененіе.

Вполнѣ удовлетворительнаго объясненія причинъ періодическихъ передвиженій листьевъ, въ настоящее время, еще не имѣется. Наиболѣе вѣроятное объясненіе предложено Пфефферомъ: онъ рассматриваетъ ихъ какъ послѣдствія цѣлаго ряда ежесуточно повторяющихся раздраженій растений свѣтомъ. Вызываемыя при этомъ измѣненія внутри растенія не ограничиваются суточнымъ періодомъ, но распространяютъ свое дѣйствіе на болѣе долгое время; вслѣдствіе этого, чрезъ суммированіе остатковъ раздраженій отъ предъидущихъ дней съ новымъ, ежедневно вновь вызываемымъ свѣтовымъ раздраженіемъ, воздѣйствіе растенія на эти раздраженія постепенно усиливается, пока не достигнетъ извѣстнаго предѣла, за который болѣе не заходитъ; этотъ максимумъ реакціи растеній далеко превосходитъ, по Пфефферу, реакцію, вызываемую однократнымъ свѣтовымъ раздраженіемъ, и по удаленіи свѣта, проявляется, въ продолженіи нѣсколькихъ сутокъ, въ видѣ ряда послѣдовательныхъ суточныхъ передвиженій. Только, по истощеніи запаса раздраженій, произведенныхъ въ дни предшествовавшіе опыту, періодическія движенія прекращаются, что также согласно съ объясненіемъ Пфеффера.

Относительно *термотропизма*, *гальванотропизма* и *гидротропизма* листьевъ никакихъ указаній не имѣется; реакціи же листьевъ на раздраженія чрезъ прикосновеніе, моментальное или постоянное, принадлежатъ къ числу наиболѣе любопытныхъ и загадочныхъ проявленій жизни растеній. Весьма характерно, что способностью этою обладаютъ листья лишь немногихъ растеній, принадлежащихъ притомъ къ семействамъ весьма различнымъ; не только близкіе роды, но даже виды одного и того же рода не рѣдко относятся совершенно различно; между тѣмъ какъ одни изъ нихъ весьма чувствительны къ прикосновенію, другіе не проявляютъ этой особенности. Наиболѣе интересные примѣры подобнаго рода реакцій представляютъ листья *Mimosa pudica*, *Dionaea muscipala* и *Drosera rotundifolia*.

При раздраженіи листа *Mimosa pudica* прикосновеніемъ, онъ опускается и складываетъ свои листочки (см. рис. 11 и 12). То же самое получается при раздраженіи листа надрѣзомъ, обжогомъ, каплей кислоты или щелочи. Наибольшую чувствительность проявляютъ сочлененія листа; въ основномъ сочлененіи, особенно воспримчивою къ раздраженію оказалась нижняя сторона; самое легкое прикосновеніе къ этой части вызываетъ опусканіе листа. При мѣстномъ раздраженіи листа удается легко прослѣдить постепенное распространеніе раздраженія на смежныя части. Удобнѣе всего производить раздраженіе обжогомъ, посредствомъ зажигающаго стекла; при этомъ способѣ, вполнѣ устраняется механическое сотрясеніе смежныхъ частей, неизбѣжное при другихъ раздраженіяхъ. Зажигающее стекло направляютъ на одинъ изъ листочковъ конечной пары одного изъ вторичныхъ черешковъ и, по произведеніи обжоба, немедленно удаляютъ. Обожженная пластинка

и соотвѣтствующая ей парная быстро приподнимаются къверху, въ то же время наклоняются впередъ и занимаютъ положеніе, соотвѣтствующее ночному; велѣдъ за конечной парой складываются, подобнымъ же образомъ, листочки второй, третьей пары и слѣдующихъ, вплоть до основанія вторичнаго черешка. Сходное передвиженіе обнаруживается затѣмъ и на смежныхъ вторичныхъ черешкахъ, съ тою только разницею, что, соотвѣтственно передачѣ раздраженія отъ основанія къ вершинѣ черешка, парные листочки складываются попарно въ обратномъ порядкѣ, т. е. послѣдовательно отъ основанія къ вершинѣ черешка. Раздраженіе одновременно распространяется и на главный черешокъ; достигнувъ основнаго сочлененія, оно вызываетъ быстрое опусканіе всего листа. На растеніи вполнѣ живомъ раздраженіе обжогомъ не ограничивается однимъ листомъ, но передается по стеблю вверхъ и внизъ и переходитъ на другіе листья, производя въ нихъ передвиженія, сходныя съ вышеописанными. Если затѣмъ оставить растеніе въ покоѣ, то, по прошествіи нѣкотораго времени, листья мало по малу приподнимаются, раскрываютъ свои листочки и постепенно перемищаются въ положеніе, занимаемое ими до раздраженія. При вторичномъ раздраженіи, листъ *Mimosa pudica* складываетъ вновь листочки и быстро опускается; подобнымъ же образомъ онъ реагируетъ и на слѣдующія раздраженія, съ тою только разницею, что, съ каждымъ разомъ, реакція на раздраженіе дѣлается слабѣе и наконецъ, при учащенномъ повтореніи, перестаетъ обнаруживаться. Притупленіе мимозы къ раздраженіямъ было замѣчено уже Дефонтемомъ: помѣстивъ мимозу въ экипажъ, онъ замѣтилъ, что, при первомъ толчкѣ экипажа, она опустила листья и сложила листочки; въ такомъ положеніи она оставалась нѣкоторое время, но затѣмъ, не смотря на продолжающееся сотрясеніе, она приподняла листья и расправила листочки. При остановкѣ экипажа листья оставались неподвижными, но какъ только экипажъ трогался съ мѣста, они быстро опускались и складывали листочки.

Пфефферъ подтвердилъ результаты Дефонтема инымъ способомъ: къ горизонтальной, легко вращающейся оси прикрѣпляютъ металлическій прутикъ, по срединѣ длины; къ одному изъ концовъ прутика припаивается маленькая металлическая пластинка; половина прутика съ пластинкой должна быть нѣсколько легче другой его половины. Разница въ вѣсѣ обѣихъ половинокъ должна быть при этомъ на столько мала, чтобы можно было вызывать опусканіе половины прутика съ пластинкой, посредствомъ падающей на пластинку, съ нѣкоторой высоты, капли воды. Аппаратъ помѣщаютъ возлѣ мимозы такъ, чтобы конецъ тяжелѣйшаго плеча рычага приходился подъ сочлененіемъ листа; затѣмъ, на пластинку, прикрѣпленную къ противоположному концу прутика, заставляютъ падать воду по каплямъ изъ сосуда, снабженнаго волоснымъ отверстіемъ. Паденіе каждой капли вызываетъ опусканіе этого конца прутика и соотвѣтственное поднятіе конца, помѣщеннаго подъ сочлененіемъ листа мимозы. Этимъ способомъ удается привести прутикъ въ правильное, ритмически повторяющееся колебаніе. При каждомъ поднятіи конца прутика, помѣщеннаго подъ сочлененіемъ мимозы, онъ ударяетъ по нижней сторонѣ сочлененія. Послѣ перваго удара, листъ опускается и складываетъ листочки; по прошествіи же нѣкотораго времени, не смотря на повторяющіеся удары, онъ вновь приподнимается и расправляетъ сложенные попарно пластинки. Чтобы вернуть листу прежнюю раздражимость, достаточно оставить его въ покоѣ; чрезъ нѣкоторое время раздражимость проявляется въ немъ съ прежнею силою.

Мѣняя способъ раздраженія, легко убѣдиться, что реакція листа не зависитъ отъ характера раздражителя; необходимо только, чтобы раздраженіе было достаточно сильное, чтобы вызвать реакцію со стороны листа.

Измѣненія въ сочлененіи, сопровождающія изгибъ, были неоднократно изучаемы. Брюке удалось, по предложенному имъ способу (см. стр. 71), показать, что, въ изогнувшемся отъ раздраженія сочлененіи, напряженность тканей значительно понижена, и что слѣдовательно, не смотря на наружное сходство въ положеніи листа, опустившагося вслѣдствіе раздраженія, съ ночнымъ его положеніемъ, состояніе листа въ обоихъ случаяхъ разное. Пфефферъ нашелъ, что въ моментъ изгиба происходитъ перемѣщеніе значительнаго количества воды изъ вогнутой половины сочлененія въ выпуклую. Пфефферъ принимаетъ перемѣщеніе воды за ближайшую причину изгиба сочлененія.

Выше было уже указано, что, по складыванію листочковъ и времени опусканія всего листа, можно слѣдить за передачей раздраженія по растенію. У мимозы скорость передачи оказалась равною 2—15 миллиметрамъ въ секунду. Передача раздраженія происходитъ, какъ показалъ Дютроше (Dutrochet Mémoires), преимущественно, если не исключительно, по древесинѣ. Въ самомъ дѣлѣ, круговую вырѣзкою коры передача раздраженія не задерживается; вырѣзываніемъ же древесины, при возможно меньшемъ поврежденіи коры, удается задержать передачу раздраженія. Сходный результатъ даютъ уколы стебля: кору можно прокалывать по всѣмъ направленіямъ, не вызывая реакціи на раздраженіе, но послѣдняя обнаруживается немедленно въ листьяхъ, ближайшихъ къ уколу, если конецъ иглы войдетъ въ древесину.

Всѣ вышеописанные факты невольно наводятъ на мысль, что раздражимость мимозы и другихъ, сходныхъ съ нею, въ этомъ отношеніи, растеній и чувствительность животныхъ представляютъ лишь различныя проявленія одного общаго свойства, присущаго всякому живому организму. Передвиженія мимозы, подъ вліяніемъ раздраженій, подобно произвольнымъ рефлекторнымъ движеніямъ животныхъ, происходятъ по опредѣленному направленію, независимо отъ характера раздражителя; подобно животнымъ, при учащенномъ повтореніи раздраженія, растенія реагируютъ съ каждымъ разомъ слабѣе и наконецъ становятся безчувственными къ раздраженію; подобно животнымъ, растенія наконецъ нуждаются въ отдыхѣ для возстановленія прежней чувствительности. Весьма вѣскимъ и любопытнымъ подтвержденіемъ проводимой аналогіи служить возможность вызывать, по произволу, у мимозы временное притупленіе къ внѣшнимъ раздраженіямъ, при посредствѣ тѣхъ же анестезирующихъ веществъ (эфира, хлороформа), которыми достигается временное прекращеніе чувствительности въ животныхъ организмахъ: достаточно помѣстить мимозу подъ стеклянный колпакъ съ губкой, пропитанной хлороформомъ минутъ на пятьнадцать, чтобы сдѣлать ее совершенно безчувственною къ раздраженіямъ; ни уколы, ни порѣзы, ни обжоги не вызываютъ и слѣдовъ реакціи. По перенесеніи на свѣжій воздухъ, мимоза вновь пріобрѣтаетъ чувствительность и реагируетъ, по прежнему, на раздраженія. Дѣйствіе анестезирующихъ веществъ обстоятельно было изучено Пфефферомъ. Pfeffer Physiol. Unters. 1873. Чрезвычайно любопытныя данныя находятъ также въ сочиненіяхъ Клодъ Бернара. Claude Bernard: Leçons sur les phénomènes de la vie, communs aux animaux et aux vegetaux (1878); см. рус-

скій переводъ Антоновича.) и Романеса (Romanes. L'évolution mentale chez les animaux).

Вторымъ, не менѣе поразительнымъ примѣромъ энергической реакціи на вѣшнія раздраженія можетъ служить мухоловка (*Dionaea muscipula*) изъ семейства Росянковыхъ (*Droseraceae*). Небольшое растение это (см. рис. 13) состоитъ изъ нѣсколькихъ листьевъ, расположенныхъ розеткой на укороченномъ стеблѣ, съ весьма слабо развитымъ корешкомъ. На раздраженія и у этого растенія реагируютъ листья,

Рис. 13.



Dionaea muscipula (въ $\frac{1}{2}$ естественной величины) во время цвѣтенія. Расположенные розеткой листья окружаютъ ножку съ соцветіемъ. Въ каждомъ листкѣ можно отличить черешокъ (а) и пластинку (b).

весьма характерные по формѣ и строенію.

Они сидятъ розеткой у основанія укороченнаго стебля; черешокъ и листовая пластинка рѣзко разграничены (см. рис. 13 и 14). Черешокъ (а), у основанія цилиндрической, расширяется постепенно въ пластинку; близъ верхняго конца онъ опять дѣлается цилиндрическимъ и переходитъ здѣсь въ листовую пластинку (b), составленную изъ двухъ симметричныхъ половинокъ, которыя, при спокойномъ положеніи листа, образуютъ между собою приблизительно прямой уголъ. Каждая изъ половинокъ пластинки съ верхней стороны нѣсколько вогнута; по свободному краю онѣ усажены длинными и твердыми шипами (с); при складываніи листа, шипы одной половины приходятся въ промежутки между шипами другой.

Отъ прикосновенія посторонняго предмета, половинки пластины быстро складываются. Онѣ не вездѣ одинаково чувствительны къ раздраженію; наиболѣе чувствительными оказались, по изслѣдованію Дарвина, волоски, которые, въ числѣ шести, сидятъ симметрично на верхней поверхности пластинки, по три на каждой изъ ея половинокъ (рис. 14, d). Малѣйшее прикосновеніе къ нимъ, въ особенности къ основанію волоска, вызываетъ быстрое закрываніе пластины; если раздраженіе вызвано насакомымъ, то оно не успѣваетъ улетѣть и оказывается пойманнымъ. По строенію, волоски не представляютъ ничего особеннаго. Въ составъ cadaго изъ нихъ

входят много клѣтокъ; волоски эти конической формы въ $\frac{1}{20}$ дюйма длины; у основанія волосокъ значительно суженъ; при замыканіи пластинки, каждый волосокъ отгибается у основанія въ сторону, не надламываясь.

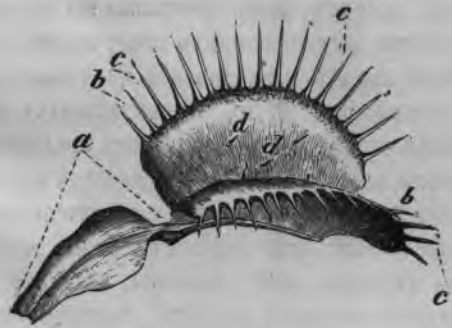
Пойманное листомъ насѣкомое, желая высвободиться, дѣлаетъ усиленные движенія, вслѣдствіе чего половины пластины все плотнѣе и плотнѣе прижимаются одна къ другой; иногда онѣ съ такою силою сдавливаютъ пойманное насѣкомое, что контуръ его отчетливо обрисовывается снаружи сложенного листа. Значеніе

шиповъ, которыми усажены края листовой пластинки, Дарвинъ видитъ въ томъ, что они преграждаютъ выходъ крупному насѣкомому, предоставляя мелкимъ формамъ, слишкомъ ничтожнымъ по количеству пищи, которое могло бы извлечь изъ нихъ растеніе, возможность высвободиться, до смыканія краевъ листа.

Если насѣкомое, причинившее раздраженіе листа, успѣетъ высвободиться, то листъ мухоловки начинаетъ постепенно раскрываться и вновь занимаетъ прежнее положеніе, въ ожиданіи новой добычи.

Дарвинъ замѣтилъ, что вскорѣ послѣ поймки насѣкомаго, въ промежуткѣ между сложенными половинами пластинки, накапливается жидкость; изслѣдуя верхнюю поверхность листа мухоловки, Дарвинъ нашелъ ее усыянною безчисленнымъ множествомъ мелкихъ красныхъ желѣзокъ, едва видимыхъ простымъ глазомъ, но легко различимыхъ лупою. Каждая желѣзка имѣетъ форму выпуклой пластинки, прикрѣпленной ножкою къ листу; въ составъ желѣзки входитъ отъ 20 до 30 клѣтокъ. Поверхность раскрытаго листа представляется постоянно совершенно сухою, не исключая самихъ желѣзокъ. Листъ оставался сухимъ и при складываніи пластины, если раздраженіе производилось предметомъ, не пригоднымъ для питанія, напр. кусочкомъ стекла, камышкомъ, кусочкомъ сахара и т. п.; онъ вскорѣ раскрывался даже въ томъ случаѣ, когда предметъ, вызвавшій раздраженіе, оставался на листѣ. Совершенно иное обнаруживалось, по наблюденіямъ Дарвина, при раздраженіи листа мухоловки насѣкомымъ или какимъ нибудь азотистымъ органическимъ веществомъ, напр. мясомъ или кусочкомъ куринаго бѣлка. Спустя часа четыре послѣ раздраженія и складыванія листа, желѣзки, соприкасающіяся съ защемленною пищею, начинали выдѣлять липкую жидкость; выдѣленіе постепенно охватывало и желѣзки болѣе отдаленныя; высачиваніе изъ нихъ жидкости происходило въ столь большомъ количествѣ, что, чрезъ нѣкоторое время, она переполняла все пространство между листомъ и пойманною добычей. Если въ это время перерѣзать пластинку поперегъ, то изъ вскрытой полости ея вытекаетъ жидкость большими каплями. Въ сложенномъ листѣ выдѣленіе жидкости продолжается непрерывно, пока онъ остается закрытымъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ до 24 дней сряду, и прекращается только ко времени раскрытія листа.

Рис. 14.



Пластинка (b) листа *Dionaea muscipula* съ частью черешка (a). Обѣ половинки пластинки раскрыты на 90°. По краямъ онѣ усажены шипами (c); на верхней поверхности каждой изъ нихъ видны чувствительные волоски (d).

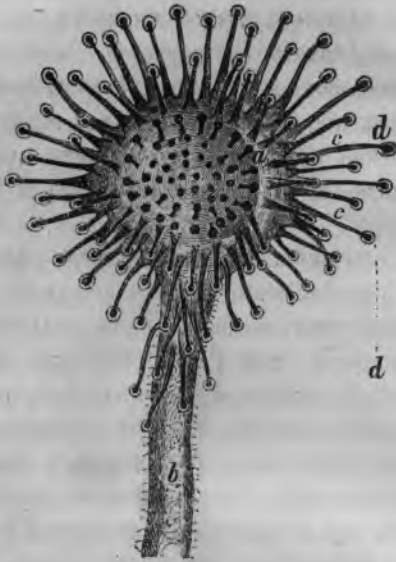
Выдѣленная жидкость постоянно обнаруживаетъ кислую реакцію; защемленные кусочки пищи превращаются въ ней въ прозрачныя полужидкіе комочки, и затѣмъ растворяются съ поверхности, постепенно убывая въ объемъ; при самомъ тщательномъ изслѣдованіи не удавалось находить постороннихъ простѣйшихъ организмовъ, ни въ просвѣтлѣвшихъ комочкахъ пищи, ни въ окружающей ихъ жидкости. Особенный интересъ представляютъ сравнительныя изслѣдованія Дарвина надъ дѣйствіемъ выдѣленной мухоловкой жидкостью и пепсиномъ, на различныя ткани животнаго и растительнаго происхожденія; въ реакціяхъ ихъ оказалась полнѣйшая аналогія: ткани, растворявшіяся въ пепсинѣ, растворялись и въ жидкости листа *Dionaea*; ткани же, не перевариваемыя пепсиномъ, оставались неизмѣненными и въ сокѣ, выдѣленномъ мухоловкой.

Реакціи мухоловки на раздраженія представляютъ еще большій интересъ, чѣмъ передвиженія листьевъ мимозы; онѣ заслуживаютъ особеннаго вниманія по очевидной цѣлесообразности или осмысленности проявляемой растеніемъ реакціи. Первымъ воздѣйствіемъ мухоловки на раздраженіе является быстрое складываніе половинъ листовой пластинки и поимка насѣкомаго, предназначеннаго въ пищу растенію. Второе заключается, какъ описано выше, въ возбужденіи дѣятельности желѣзокъ листа, съ выдѣленіемъ пепсинообразнаго фермента и кислоты; замѣчательно, что выдѣленіе этого фермента вызывается (см. выше), какъ и въ желѣзкѣ животныхъ, лишь присутствіемъ на листѣ азотистыхъ органическихъ соединеній.

Трегій весьма любопытный примѣръ растений, реагирующихъ замѣтнымъ передвиженіемъ на внѣшнія раздраженія, представляетъ *Drosera rotundifolia* (росянка); она встрѣчается большими массами на болотистыхъ мѣстахъ, въ окрестностяхъ Петербурга, и можетъ служить по этому для насъ вполне доступнымъ и болѣе удобнымъ объектомъ для изслѣдованія питанія растеній насѣкомыми, чѣмъ *Dionaea*, которая водится только въ Сѣверной Каролинѣ и доступна весьма немногимъ.

Drosera rotundifolia представляетъ небольшое растенъце съ укороченнымъ стеблемъ и листьями, расположенными розеткой. Для ловли насѣкомыхъ приспособлены, какъ вообще у всѣхъ насѣкомоядныхъ растеній, листья. Черешокъ листа постепенно переходитъ въ округлую пластинку (рис. 15); насѣкомое, попавшее на пластинку листа, задерживается липкою жидкостью желѣзокъ, которыми усыяны листъ; желѣзки сидятъ не непосредственно на листовой пластинкѣ, а помѣщены на болѣе или менѣе длинныхъ выросткахъ, ножкахъ. Желѣзка краснаго цвѣта, овальная или шаровидная; желѣзка съ ножкою называется *щупальцемъ*. Среднимъ счетомъ приходится, по наблюденіямъ Дарвина, около 200 щупалець на листъ; онъ не встрѣчалъ болѣе 260 и менѣе 130. Щупальца средней части листа въ значительной степени отличаются отъ краевыхъ; на срединѣ листа, щупальца имѣютъ ножку сравнительно короткую и желѣзку шаровидной формы; у краевыхъ щупалець ножка гораздо длиннѣе, желѣзка эллипсоидальной формы и прикрѣплена къ ножкѣ не основаніемъ, а боковою стороною. Щупальце имѣетъ довольно сложное строеніе; ножка построена изъ нѣсколькихъ рядовъ паренхиматическихъ клѣтокъ; по оси ея тянется рядъ трахеидъ со спиральными утолщеніями. Близъ основанія ножки, онѣ переходятъ непосредственно въ сѣть сосудистыхъ пучковъ листовой пластинки; дойдя до желѣзки, онѣ вхо-

Рис. 15.



Листовая пластинка (а) *Drosera rotundifolia* съ частью черешка (b). Пластинка усажена щупальцами (с) заканчивающимися желѣзками (d). Краевыя щупальца длиннѣе центральныхъ. Листъ находится въ спокойномъ состояніи и щупальца изображены въ обыкновенномъ ихъ положеніи.

Рис. 16.



Пластинка листа *Drosera rotundifolia*, съ комочкомъ азотистой пищи въ центрѣ пластинки; всѣ щупальца пригнуты къ пищѣ.

дять внутрь ея и образуютъ здѣсь, въ центральной ея части, довольно значительное скопленіе трахеидъ. Трахеиды окружены отовсюду 2—3 слоями паренхиматическихъ клѣтокъ; клѣтки наружныхъ слоевъ содержатъ красный клѣточный сокъ и выдѣляютъ липкую тягучую жидкость, которая постоянно покрываетъ поверхность желѣзки, сплошною каплею. На солнцѣ, желѣзки блестятъ какъ искорки, отливая краснымъ цвѣтомъ. Въ спокойномъ состояніи листа, жидкость, выдѣляемая желѣзками имѣетъ среднюю реакцію, и только, при раздраженіи листа, дѣлается явственно кислою. Не смотря на различіе въ строеніи, листья *Drosera* и *Dionaea*, оказались въ главныхъ чертахъ сходными въ реакціяхъ на раздраженіе. Насѣкомое, попавшее на листъ *Drosera*, прилипаетъ къ каплямъ тягучей жидкости желѣзокъ и задерживается ею. Стремясь высвободиться, насѣкомое раздражаетъ желѣзки, къ которымъ пристало; желѣзки реагируютъ на раздраженіе тѣмъ, что выдѣляютъ большее количество жидкости; капля, на каждой изъ нихъ становится крупнѣе и дѣлается кислою.

Раздраженіе распространяется постепенно на смежныя части листа и сказывается на щупальцахъ тѣмъ, что ножки ихъ начинаютъ загибаться въ сторону насѣкомаго; по мѣрѣ увеличенія изгиба щупальца, желѣзка приближается къ насѣкомому, а чрезъ нѣкоторое время приходитъ въ непосредственное прикосновеніе съ нимъ. Одновременно съ изгибомъ щупалець замѣчается увеличеніе капли и появленіе кислой реакціи въ жидкости, покрывающей желѣзку, въ то

время, когда желѣзка еще не прикасается къ пищѣ. Со временемъ всѣ щупальца, включая и краевыя, оказываются пригнутыми вершинами къ мѣсту, гдѣ случайно помѣщенъ кусочекъ пищи (рис. 16); подъ вліяніемъ кислой жидкости, выдѣленной желѣзками, большая часть тканей наѣкомаго растворяется. Растворенная пища, вмѣстѣ съ жидкостью желѣзокъ, всасывается листомъ. Затѣмъ щупальца распрямляются и занимаютъ прежнее положеніе, а непригодныя для питанія остатки пищи спадаютъ съ листа. Совершенно подобнымъ же образомъ происходитъ раствореніе и всасываніе кусочка мяса, круто свареннаго бѣлка и всякой другой азотистой пищи.

Подобно тому, какъ въ мухоловкѣ, только азотистыя вещества оказались способными вызывать въ листѣ росянки вышеописанные изгибы щупалець и выдѣленіе кислой жидкости желѣзками. Безазотистыя вещества, напр. капли гуммиарабикума, четырехъ различныхъ концентрацій, между $\frac{1}{73}$ и густымъ сиропобразнымъ растворомъ, растворъ сахара ($\frac{1}{70}$), клейстера, алкоголя ($\frac{1}{7}$), оливковаго масла, отваръ чая, не были въ состояніи заставить изогнуться краевыя щупальца. Изъ 64 листьевъ, отъ азотистыхъ веществъ, у 63-хъ ножки краевыхъ щупалець изогнулись; только на одномъ листѣ онѣ остались прямыми, по мнѣнію Дарвина, по той причинѣ, что листъ былъ уже старый; на 61-мъ листѣ положены были различныя безазотистыя вещества; у всѣхъ, безъ исключенія, ножки краевыхъ щупалець остались прямыми.

Въ наиболѣе существенномъ, реакціи на раздраженія листьевъ росянки совершенно сходны съ реакціями мухоловки. Замѣчательно, подмѣченное Дарвиномъ отсутствіе раздражимости обоихъ растений по отношенію къ дождю и вѣтру; даже крупныя капли дождя, ударяющія съ значительною силою не производятъ никакого дѣйствія. При большомъ сходствѣ, реакціи этихъ растений на внѣшнія раздраженія представляютъ слѣдующія существенныя различія: желѣзка росянки сравнительно не чувствительна къ ударамъ; отъ 2 — 3 сильныхъ ударовъ она не измѣняетъ своего положенія, между тѣмъ какъ, при продолжительномъ дѣйствіи, малѣйшее давленіе на желѣзку вызываетъ искривленіе ножки щупальца; положенный на желѣзку отрѣзокъ человѣческаго волоса, въ 0,000822 миллиграмма вѣсомъ, производитъ передвиженіе щупальца. Напротивъ того, гораздо болѣе значительная тяжесть, повѣшанная на чувствительный волосокъ мухоловки, не оказываетъ никакого дѣйствія, но достаточно проведъ по волоску слегка концомъ тонкаго человѣческаго волоса, чтобы вызвать складываніе половинокъ листовой пластинки. Различіе между обоими растениями оказалось и въ путяхъ передачи раздраженія: щупальцы росянки посредствомъ осевого ряда трахеидъ примыкаютъ къ сѣти сосудистоволокнистыхъ пучковъ листа; по послѣднимъ, какъ и у мимозы, происходитъ, по опытамъ Дарвина, передача раздраженія; наиболѣе же воспримчивы къ раздраженіямъ волоски мухоловки, построенные изъ паренхиматической ткани, находятся, какъ мы видѣли, внѣ всякой непосредственной связи съ сосудистоволокнистыми пучками, и поэтому необходимо допустить въ мухоловкѣ передачу раздраженія и чрезъ паренхиму. На основаніи этихъ данныхъ, а равно и вышеприведенныхъ опытовъ надъ мимозой, представляется весьма вѣроятнымъ предположеніе Баталина (Баталинъ. Наѣкомоядныя растенія), что пути передачи раздраженія въ различныхъ растеніяхъ могутъ быть разные; въ каждомъ частномъ случаѣ раздраженіе, подобно гальваническому току,

будетъ передаваться преимущественно по ткани, представляющей наименьшее сопротивление.

Передвиженіе частей *цветовъ*, подъ вліяніемъ внѣшнихъ раздраженій, тоже двоякія: одни неразрывно связаны съ ростомъ, и по достиженіи окончательнаго размѣра органа, прекращаются; другія же проявляются, съ полною силою, и въ органахъ вполне выросшихъ и отъ роста не зависятъ. Къ первымъ относятся: раскрываніе и закрываніе цвѣтовъ, происходящія подъ вліяніемъ измѣненія напряженности свѣта и температуры; уменьшеніе напряженности свѣта и пониженіе температуры вызываютъ закрываніе цвѣтовъ, усиленіе свѣта и нагрѣваніе (до извѣстнаго предѣла) раскрытіе ихъ; при этомъ оказалось, что нѣкоторыя растенія реагируютъ сильнѣе на свѣтъ, другія на температуру. По наблюденіямъ Баталина (Баталинъ. Flora, p. 443 (1873) и Пфеффера (Pfeffer. Periodische Bewegungen (1875)), цвѣты *Crocus vernus*, *C. luteus* и *Tulipa Gesneriana* особенно чувствительны къ повышенію температуры; измѣненія ея на $\frac{1}{2}^{\circ}$ Ц. вызываетъ уже передвиженіе въ цвѣткѣ *Crocus*. Закрытіе и раскрываніе цвѣточнаго покрова всегда сопровождаются усиленнымъ ростомъ стороны, дѣлающейся выпуклою. При закрываніи, по точнымъ измѣреніямъ Баталина и Пфеффера, усиленно разрастается наружная сторона въ мѣстѣ изгиба пурова, при раскрываніи — внутренняя.

Свѣтомъ преимущественно обуславливается раскрываніе и закрываніе цвѣтовъ Compositae, Oxalis и др.

Къ передвиженіямъ частей цвѣтовъ, не зависящимъ отъ роста, относятся перемѣшенія тычинокъ нѣкоторыхъ растеній. Къ числу сравнительно весьма рѣдкихъ случаевъ, реагирующихъ на прикосновеніе тычинокъ, относятся тычинки нѣкоторыхъ *Cynareae* (*Centaurea Jacea*, *Cynara Scolymus*) и *Berberideae* (*Berberis vulgaris*, *Mahonia*). У *Cynareae* тычинки, сросшныя пыльниками, въ числѣ пяти, окружаютъ пестикъ; въ спокойномъ состояніи, нити ихъ изогнуты дугообразно; отъ прикосновенія постороннимъ предметомъ нить быстро сокращается и плотно прикладывается къ пестыку; въ этомъ положеніи, она остается нѣсколько минутъ, и затѣмъ вновь отходитъ отъ пестика и изгибается дугою. Сокращаясь, нить тычинки выводитъ изъ нормальнаго положенія остальные тычинки и даже вѣнчикъ; раздражая послѣдовательно нити тычинокъ въ цвѣткѣ, можно заставить весь цвѣтокъ наклоняться въ разныя стороны. Нити тычинокъ *Cynareae* воспріимчивы къ раздраженію только на внутренней сторонѣ, и притомъ только въ промежутокъ времени отъ распусканія цвѣтка до растрескиванія пыльниковъ. Строеніе нити сократимыхъ тычинокъ *Cynareae* сходно, въ общихъ чертахъ, со строеніемъ сочлененія листьевъ мимозы; за кожей слѣдуетъ многослойная, тургесцирующая паренхима, окружающая со всѣхъ сторонъ осевой сосудистоволокнистый пучекъ. Ткани эти отличаются однако существенно отъ тканей сочлененія мимозы необыкновенною растяжимостью и упругостью; центральный сосудистоволокнистый пучекъ мимозы, при растяженіи до разрыва, обнаруживаетъ лишь слабыя слѣды удлиненія; нить же тычинки *Cynareae* вытягивается до 37% нормальной длины, не переходя за предѣлъ упругости, и можетъ перенести, безъ разрыва, растяженіе до 80% длины. Точныя измѣренія, произведенныя Пфефферомъ, показали, что, при сокращеніи, нить значительно уменьшается въ объемѣ, подобно сочлененію мимозы; при этомъ вы-

талкивается изъ нея вода, что легко наблюдать на срѣзѣ, при раздраженіи отрѣзка нити.

Тычинки *Berberis vulgaris* расположены въ числѣ семи вокругъ пестика; въ спокойномъ состояніи онѣ отогнуты къ наружи и занимаютъ горизонтальное положеніе; подобно тычинкамъ *Cynareae*, онѣ чувствительны къ раздраженію на на внутренней сторонѣ; отъ прикосновенія къ ней постороннимъ предметомъ, тычинка быстро приподнимается вверхъ и, съ значительной силой, ударяетъ пыльниками по рыльцу пестика. По прошествіи 7—8 минутъ, тычинка постепенно переходитъ опять въ прежнее положеніе.

Изъ пестиковъ, реагирующихъ передвиженіемъ на прикосновеніе, я ограничусь указаніемъ на *Mimulus moschatus*; къ прикосновенію чувствительно двулопастное рыльце пестика; въ спокойномъ состояніи обѣ лопасти, поставленныя одна надъ другою, разодвинуты; отъ прикосновенія же быстро сближаются до взаимнаго прикосновенія.

ГЛАВА II.

Питаніе растеній.

Заклученный въ сѣмени зародышъ растенія вырастаетъ въ проростокъ, значительной величины, если ему доставить только воду и кислородъ. Въ первое время онъ вовсе не нуждается въ пищѣ извнѣ, находя ее въ обилии въ своихъ тканяхъ, преимущественно въ сѣмядоляхъ или бѣлкѣ сѣмени. Поэтому разрастаніе зародыша, въ первое время, идетъ одинаково быстро, какъ въ плодородной почвѣ, такъ и въ почвѣ, совершенно лишенной питательныхъ веществъ, напр. въ прокаленномъ и промытомъ пескѣ, въ пемзѣ или дистиллированной водѣ.

По прошествіи однако болѣе или менѣе продолжительнаго времени, смотря по сѣмени, запасъ питательнаго матеріала истощается, и въ почвѣ, лишенной пригодной пищи, растеніе остававливается въ развитіи и отмираетъ.

Необходимыми составными частями сырой пищи оказались, какъ ниже будетъ показано, нѣкоторыя минеральныя соли, вода, углекислота и кислородъ. Изъ этихъ соединеній однако не непосредственно строятся ткани растенія; предварительно изъ нихъ, путемъ синтеза, вырабатываются сложныя органическія соединенія, преимущественно бѣлковыя тѣла, жиры и углеводы, и изъ послѣднихъ уже формируются, внутри растенія, организованныя образованія. Въ питаніи растеній необходимо слѣдовательно отличить двѣ фазы: 1) синтезъ органическихъ соединеній изъ немногихъ минеральныхъ и 2) построеніе организованныхъ образованій изъ органическихъ соединеній. Только грибы, бактеріи и нѣкоторыя изъ паразитныхъ и сапрофитныхъ растеній не въ состояніи питаться одними минеральными соединеніями, хотя и они не лишены способности синтеза нѣкоторыхъ изъ органическихъ соединеній.

Займствуемая растеніемъ извнѣ сырая пища принимается растеніемъ въ видѣ воднаго раствора, перемѣщается по растенію въ листья, гдѣ, при содѣйствіи солнечнаго свѣта, превращается въ органическія соединенія, и затѣмъ разносится по растенію въ мѣста ея потребленія или временнаго отложенія.

Сообразно съ ходомъ процессовъ питанія, я подраздѣляю эту главу на три

отдѣла: 1) синтезъ органическихъ соединеній, 2) построеніе изъ нихъ организованныхъ образованій и 3) принятіе, передвиженіе и выдѣленіе изъ растенія твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ.

I. СИНТЕЗЪ ОРГАНИЧЕСКИХЪ СОЕДИНЕНІЙ.

Большая часть растеній въ состояніи питаться одними минеральными соединеніями: сюда относятся всѣ растенія, окрашенныя хлорофилломъ въ зеленый цвѣтъ. Лишенные же зеленой окраски грибы, бактеріи, и нѣкоторыя изъ паразитныхъ и сапрофитныхъ цвѣтковыхъ могутъ питаться только пищею, содержащей, по крайней мѣрѣ, хотя одно изъ тройныхъ углеродныхъ соединеній, составленныхъ изъ углерода, водорода и кислорода. Синтезъ этихъ растеній я обозначу названіемъ *неполнаго* синтеза, въ отличіе отъ *полнаго* синтеза растеній, снабженныхъ хлорофилломъ.

Синтезъ органическихъ соединеній въ растеніяхъ, снабженныхъ хлорофилломъ.

При изслѣдованіи синтеза органическихъ соединеній въ растеніяхъ представляются три главныхъ вопроса:

1) Какія соединенія составляютъ необходимыя составныя части сырой пищи, и откуда они заимствуются растеніемъ? какія соединенія вводятъ въ растеніе корни изъ почвы и листья изъ атмосферы? 2) какого рода синтезъ имѣетъ мѣсто въ растеніи, при построеніи, изъ сырой пищи, сложныхъ органическихъ соединеній? 3) откуда заимствуется, присущій органическимъ соединеніямъ, запасъ энергии, которымъ обусловливается жизнедѣятельность не только растеній, но и остальныхъ живыхъ существъ на поверхности земнаго шара?

Изъ этихъ трехъ вопросовъ удалось, до нѣкоторой степени, выяснитъ только первый и отчасти третій; относительно втораго вопроса имѣются пока только одни предположенія.

A. Опредѣленіе необходимыхъ составныхъ частей пищи и участія корней и листьевъ въ принятіи сырой пищи.

а) Участіе корней въ принятіи сырой пищи.

У большинства растеній (за исключеніемъ растеній съ водными или воздушными корнями) корни вѣтвятся въ почвѣ и вбираютъ изъ нея необходимую для растеній пищу. Изслѣдованія питанія корнями, при обыкновенныхъ условіяхъ произрастанія растеній, представляютъ почти непреодолимыя трудности. Затрудненія обусловливаются не только чрезвычайнымъ разнообразіемъ и сложностью состава почвы, но еще и тѣмъ, что физическія свойства ея являются почти столь же вліятельными на развитіе растеній, какъ и составъ почвы. Если ограничить

даже разслѣдованіе питанія корней одной какой нибудь изъ плодородныхъ почвъ, то и это не уменьшило бы значительно трудности задачи. Въ составъ плодородной почвы входятъ, кромѣ минеральныхъ соединеній, значительныя количества разлагающихся остатковъ животнаго и растительнаго происхожденія; послѣдніе, разлагаясь, вызываютъ измѣненія въ составѣ сопровождающихъ ихъ минеральныхъ соединеній; подобная почва представляетъ слѣд. средѣ постоянно измѣняющуюся и дѣйствуетъ на корни различно, соотвѣтственно химическимъ процессамъ, которые въ ней происходятъ.

Въ настоящее время, поэтому, при изслѣдованіи питанія, прибѣгаютъ къ *искусственной культурѣ* растений въ условіяхъ, по возможности, опредѣленныхъ: выращиваютъ растеніе изъ сѣмени въ почвѣ извѣстнаго состава и кромѣ того наблюдаютъ, чтобы и остальные внѣшніе дѣятели: теплота, свѣтъ, атмосфера, вліяли, въ продолженіи опыта, равномерно, или же видоизмѣнялись въ извѣстномъ только направленіи, согласно желанію экспериментатора. Кромѣ растенія подвергаютъ анализу и почву. Этимъ путемъ удалось уже выяснитъ нѣкоторыя стороны питанія.

Первыя попытки культуры растений въ искусственной почвѣ были произведены Дюгамелемъ ¹⁾; онъ заставлялъ проращать сѣмена въ губкѣ, смоченной водою, а затѣмъ выращивалъ проросшія растенія, погружая ихъ корнями въ воду. Ему удалось получить, изъ сѣмени боба, растеніе со стеблемъ въ три фута высоты; стебли были покрыты отлично развитыми листьями и цвѣтами; нѣкоторыя цвѣты принесли даже маленькіе плоды. Дикіе каштаны тоже разрастались быстро въ водѣ, и въ первые три года, не отставали въ развитіи отъ посаженныхъ въ обыкновенную почву; миндальное дерево продолжало расти въ водѣ четыре года, дубъ—восемь лѣтъ; по увѣренію Дюгамеля, оба послѣднія деревца погибли лишь случайно. Не отрицая, что приростъ ихъ, съ каждымъ годомъ становился меньше, Дюгамель считалъ вышеприведенные опыты вполне доказывающими возможность нормальнаго питанія растений одною водою и заключилъ изъ нихъ, что растенія въ состояніи вырабатывать изъ воды значительное количество твердаго вещества, между прочимъ и минеральныя соединенія.

Въ настоящее время мы знаемъ, что разрастаніе растений, въ опытахъ Дюгамеля, было обусловлено содержаніемъ неорганическихъ солей въ водѣ, въ которой находились корни растеній, такъ какъ для опытовъ употреблялась безразлично дождевая, колодезная или рѣчная вода; мы знаемъ также, что, при устраненіи минеральныхъ соединеній изъ почвы, при замѣнѣ колодезной или рѣчной воды дистиллированной, получается совершенно другой результатъ. Воззрѣнія, сходныя съ высказаннымъ Дюгамелемъ, господствовали въ наукѣ до начала сороковыхъ годовъ, не смотря даже на капитальные труды Соссюра, который, въ самомъ началѣ настоящаго столѣтія, утверждалъ, что минеральныя составныя части растений заимствуются растеніемъ изъ почвы и необходимы для его питанія. Результаты Соссюра оставались, почти сорокъ лѣтъ, мертвою буквою, такъ что даже въ 1838 году была предложена въ Гёттингенѣ, анонимнымъ любителемъ ботаники, задача: изслѣдовать составляютъ ли неорганическія соединенія необхо-

1) Duhamel. Physique d. arbres. 1-re partie. Paris. 1758.

димыя составныя части растеній? нуждаются ли въ нихъ растенія для своего развитія, и доставляются ли минеральныя составныя части растенію извнѣ? Въ работѣ, представленной Вигманомъ и Польстдорфомъ ¹⁾ и удостоенной премии, предложенные вопросы были рѣшены въ смыслѣ, согласному съ воззрѣніями Соссюра. Они выращивали сѣмена въ платиновомъ тиглѣ, на мелко-изрѣзанной тонкой платиновой проволоцѣ и поливали ихъ дистиллированной водою. Сравнительныя опредѣленія количества золы сѣмянъ *Vicia sativa*, *Hordeum vulgare*, *Avena sativa*, *Polygonum Fagopyrum* и золы, выращенныхъ изъ нихъ растеній, показали, что, при полномъ устраненіи изъ почвы минеральныхъ соединений, вѣсъ золы проросшихъ растеній совпадалъ съ вѣсомъ золы сѣмянъ, взятыхъ для опыта.

Только со времени появленія работы Польстдорфа и Вигмана, ученіе Соссюра, о роли минеральныхъ соединений въ питаніи растеній, сдѣлалось общепринятымъ; упроченію этого взгляда весьма много содѣйствоваль Либихъ ²⁾. Въ послѣднее время удалось наконецъ, посредствомъ культуры растеній въ искусственныхъ почвахъ, поставить внѣ всякаго сомнѣнія необходимость минеральныхъ веществъ въ питаніи растеній.

Растеніе выращивается въ искусственной почвѣ изъ сѣмени. Почвами для культуры растеній служатъ: предварительно прокаленный и промытый песокъ, пемза, бисеръ, уголь, или же дистиллированная вода, къ которымъ примѣшиваютъ смѣсь питательныхъ веществъ, совершенно опредѣленнаго состава. Изъ сравненія вѣса сухаго вещества сѣмени и выросшаго растенія заключаютъ о количествѣ усвоеннаго растеніемъ твердаго вещества.

Выращиваніемъ растеній въ твердой, искусственной почвѣ занимались Бусенго ³⁾, графъ Сальмъ-Горстмаръ ⁴⁾, Гельригель ⁵⁾ и Фитбогенъ ⁶⁾. Бусенго прибавлялъ, къ прокаленной почвѣ, золы того вида растенія, которое желалъ вырастить; остальные же изслѣдователи вводили въ почву смѣсь минеральныхъ солей, руководствуясь, при составленіи смѣси, составомъ золы растенія, предназначеннаго для культуры. Всѣ эти опыты привели къ выводу, что нѣкоторыя, по крайней мѣрѣ, изъ культурныхъ растеній, произрастающія обыкновенно въ почвѣ, богатой гумусомъ, могутъ развиваться вполне и достигнуть нормальныхъ размѣровъ и вѣса, получая пищу, составленную исключительно изъ минеральныхъ соединений.

Водной культурой обозначаютъ способъ выращиванія растеній въ водномъ растворѣ питательныхъ веществъ. Разработкой метода водной культуры обязаны Кнопу. Сѣмена, предназначенныя для культуры, заставляють, въ первое время, прорасти на канвѣ, натянутой надъ сосудомъ съ дистиллированной водою, оставляя ихъ погруженными въ воду только нижнею поверхностью; гніеніе сѣмянъ въ водѣ задерживаютъ, прибавляя къ ней немного гипса. Выступающіе изъ сѣмянъ корешки врастають, сквозь канву, въ воду. Сѣмена оставляють прорасти въ

1) *Wiegmann u. Polstdorf. Ueb. d. anorganischen Bestandtheile d. Pflanzen* 1842.

2) *Либихъ*. Химія, въ приложеніи къ земледѣлю и физиологіи растеній.

3) *Boussingault. Agron. Chim. agricole. Physiol. T. 1 u. 2* (1860).

4) *Graf Salm-Horstmar. Journ. f. pract. Chem.* 46; 193 (1849) 52, 1; (1851) 54; 129 (1851) 61; 149 (1854) 64; 1 (1855) 73; 193 (1858); 84; 140 (1861) ergo же: *Versuche u. Resultate üb. d. Nahrung d. Pflanzen.* 1856.

5) *Hellriegel. Ann. d. Landwirthsch.* 1861; p. 296.

6) *Fittbogen. Land. Vers.* 13; 81 (1870).

водѣ, пока корешки не достигнутъ длины 2—3 сантиметровъ. Тогда переносятъ растеня въ растворъ минеральныхъ солей, концентрація котораго не должна превышать одной тысячной. Въ растворъ солей погружаютъ только корень; верхняя часть проростка остается внѣ жидкости. Растеньце закрѣпляютъ въ разрѣзѣ пробки, посредствомъ ваты слѣдующимъ образомъ: для культуры употребляютъ стеклянный сосудъ съ широкимъ горломъ; въ горлышко всаживается плотно входящая пробка, предварительно разрѣзанная, сверху внизъ, на двѣ равныя части; въ одной изъ половинокъ пробки вырѣзывается на срѣзанной сторонѣ, по оси пробки, желобокъ. При складываніи обѣихъ половинокъ получается такимъ образомъ въ пробкѣ сквозное отверстіе, въ центральной части; разнявъ пробку на части, вводятъ въ желобокъ проростокъ, окруженный ватой; затѣмъ прикладываютъ другую половину пробки и всаживаютъ ее въ горлышко сосуда; вата, не сдавливая растеньца, тѣмъ не менѣе удерживаетъ его, въ одномъ положеніи, совершенно неподвижно (рис. 17). Для устраненія развитія плѣсни на пробкѣ, про-

Рис. 17.



питываютъ ее предварительно парафиномъ. Кнопъ совѣтуетъ увеличивать постепенно концентрацію раствора солей до $\frac{3}{1000}$ — $\frac{5}{1000}$, по мѣрѣ разрастанія расте-

ній. Наибольше удачные результаты ему удалось получить при выращиваніи овса, майса и кресса въ смѣси солей, составленной изъ:

1	части	Ka	NO ₃	
1	„	K ₂	HPO ₄	
1	„	Mg	SO ₄	
4	частей	Ca	(NO ₃) ₂	и

небольшаго количества фосфорнокислаго желѣза, прибавляемаго, въ видѣ осадка, къ раствору солей.

Для полученія этой жидкости готовятъ растворы, опредѣленной концентрации, каждой изъ солей въ отдѣльности; растворы смѣшиваютъ въ опредѣленныхъ объемахъ и разбавляютъ смѣсь водою, до желаемой концентрации; послѣ этого вводятъ въ жидкость небольшое количество фосфорнокислаго желѣза.

Выращиваніе растений, въ водномъ растворѣ солей, удается весьма легко; необходимо только вести опытъ со слѣдующими предосторожностями: 1) устранить растеніе отъ сильнаго солнечнаго свѣта, затѣняя его въ ясные и жаркіе дни; 2) слѣдить за тѣмъ, чтобы растворъ солей, окружающій корни, не имѣлъ щелочной реакціи; вѣрными признаками послѣдней могутъ служить: выдѣленіе сѣрнистаго водорода, легко открываемое по запаху жидкости, и появленіе, на днѣ сосуда и на корняхъ, сѣрнистаго желѣза, въ видѣ чернаго осадка; если уничтожить щелочную реакцію во время, то растеніе остается живымъ; достигнуть этого удается лучше всего, прибавляя къ жидкости, по каплямъ, слабаго раствора фосфорной кислоты, до наступленія средней или слегка кислой реакціи; 3) устранить, отъ раствора солей, свѣтъ; въ противномъ случаѣ въ жидкости вскорѣ появляются, въ большомъ количествѣ, зеленныя водоросли. Разрастаясь на счетъ минеральныхъ солей, онѣ затемняютъ результатъ опыта. Кнопъ совѣтуетъ помѣщать сосудъ съ растворомъ солей въ цилиндръ изъ картона; пространство же между горлышкомъ и стѣнками цилиндра заложить ватой; 4) ко времени цвѣтенія, производить искусственное опыленіе, особенно, если культура производится въ закрытомъ помѣщеніи.

Однаго взгляда на выращенное, въ водномъ растворѣ солей, растеніе достаточно, чтобы заключить о значительной прибыли твердаго вещества во время произрастанія; сравненіе величины сѣмени и растенія не можетъ дать однако опредѣленнаго понятія о количествѣ усвоенной растеніемъ пищи. Для точной оцѣнки необходимо произвести сравненіе вѣса сухаго вещества сѣмени и выращеннаго растенія. Съ этою цѣлью выбираютъ нѣсколько сѣмянъ, по возможности сходныхъ; часть ихъ высушиваютъ при 100° Ц., другія же выращиваютъ въ водномъ растворѣ солей. Изъ убыли въ вѣсѣ сѣмени при высушиваніи, заключаютъ о количествѣ въ немъ воды и твердаго вещества, между тѣмъ какъ привѣсъ твердаго вещества въ выращенномъ растеніи, сравнительно съ сѣменемъ, служитъ указаніемъ на прибыль твердаго вещества въ растеніи.

Нѣкоторыя изъ выращенныхъ растений достигли необыкновенно роскошныхъ размѣровъ; напримѣръ, въ опытахъ Вольфа, изъ одного сѣмени овса выросло отъ 30 до 60 побѣговъ, получалось до 570 сѣмянъ, вѣсомъ въ 19 граммовъ; вѣсъ всего растенія, высушеннаго на воздухѣ, равнялся 81 грамму. Японская гре-

чиха, выращенная Вольфомъ, имѣла 2,14 метра высоты, образовала 115 вѣтвей, 946 листьевъ, 521 кистей цвѣтовъ, 796 совершенно зрѣлыхъ и 108 не вполне созрѣвшихъ сѣмянъ.

Приростъ органическаго вещества, во многихъ случаяхъ, оказался столь значительнымъ, что превышалъ въ нѣсколько разъ вѣсъ сухаго вещества растеній, выросшихъ въ плодородной почвѣ.

Опыты выращиванія изъ сѣмени, картофеля и нѣкоторыхъ древесныхъ породъ, въ водномъ растворѣ солей дали также интересные результаты. Ноббе ¹⁾ удалось вызвать, въ картофелѣ, образованіе клубней, изъ которыхъ нѣкоторые развились въ жидкости, окружавшей корни; наибольшій вѣсъ клубня равнялся, въ свѣжемъ состояніи, 1,5 гр., т. е. приблизительно соответствовалъ вѣсу, достигаемому въ первый годъ клубнями въ землѣ, при выращиваніи картофеля изъ сѣмени. Подобный же результатъ получилъ и Штоманъ ²⁾; одинъ изъ выращенныхъ клубней вѣсилъ, въ свѣжемъ состояніи, двадцать граммовъ. Сорауеръ ³⁾ сообщаетъ, что въ Витмакѣ, уже въ продолженіи трехъ лѣтъ, успѣшно выращиваются, въ водной смѣси неорганическихъ солей, слѣдующія древесныя породы, въ томъ числѣ и нѣкоторыя плодовые деревья: сосна, ель, кленъ, вязъ, ясень, ольха, липа, орѣшникъ, яблоня, груша, вишня, персиковое дерево, виноградъ и др. Они растутъ въ растворѣ, концентрація котораго равняется $\frac{5}{1000}$; въ составъ смѣси солей входятъ:

фосфорнокислый кальцій	0,5 частей.
сѣрнокислый магній	0,4 „
хлористый калий	0,7 „
азотнокислый кальцій	4,0 „

и фосфорнокислое желѣзо, въ небольшомъ количествѣ.

Примѣчаніе. При культурѣ комнатныхъ растеній Кнопъ (Кноп. Lehrb. d. Agriculturchemie, 1839) совѣтуетъ поливать почву растворомъ минеральныхъ солей, гдѣ на 4000 фунтовъ рѣчной воды приходится:

азотнокислаго калия	1 фунтъ.
„ калия	$\frac{1}{4}$ „
фосфорнокислаго калия	$\frac{1}{4}$ „
кристаллизованнаго сѣрнокислаго магнія	$\frac{1}{4}$ „

Не смотря на вышеприведенныя цифры, Кнопъ считаетъ произрастаніе растеній, въ водномъ растворѣ солей, не вполне нормальнымъ и указываетъ на различія между воднымъ растворомъ солей и почвою. Въ самомъ дѣлѣ, вліяніе воднаго раствора солей ясно сказывается на развитіи корней: корень, выросшій, въ водѣ, рѣзко отличается отъ нормальнаго; онъ гораздо длиннѣе и тоньше послѣдняго; кромѣ того онъ вѣтвится въ верхней части сосуда, близъ поверхности жидкости, между тѣмъ какъ въ почвѣ, бѣольшая часть развѣтвленій отходитъ отъ корня на значительной глубинѣ. Различіе это несомнѣнно обусловливается сре-

1) *Nobbe*. Land. Vers. 6; 57 (1864).

2) *Stohmann*. Land. Vers. 6; 348 (1864).

3) *Sorauer*. Monatsschrift d. Vereins z. Beförderung d. Gartenbaues. Berlin, 1877; p. 55 Just J ahresb., 1877; 677).

дою, окружающею корни; промежутки между частицами почвы заняты газами, которые обновляются при посредствѣ атмосферы; при водной же культурѣ корни могутъ заимствоватьъ лишь газы, растворенные въ жидкости; недостатокъ, въ нижнихъ слояхъ раствора, кислорода, необходимаго для произрастанія корней, препятствуетъ развѣтвленію ихъ на значительной глубинѣ и вызываетъ ихъ скученіе въ поверхностномъ слое жидкости. Задержка въ развитіи корней, въ водномъ растворѣ, производится отчасти и тѣмъ, что продукты выдѣленія корня (напр. амміакъ) остаются въ растворѣ и мѣшаютъ росту корня; между тѣмъ какъ, при произрастаніи въ почвѣ, они немедленно ею поглощаются (см. ниже).

Во всемъ остальномъ, за исключеніемъ корней, обнаружилось поразительное сходство между растеніями, выращенными въ почвѣ и въ водномъ растворѣ солей. Мы видѣли, что въ водномъ растворѣ солей растенія достигаютъ полного созрѣванія и не рѣдко даже превосходятъ размѣрами и вѣсомъ растенія, снятыя съ плодородной почвы; они приносятъ сѣмена, совершенно зрѣлыя и тождественныя съ нормальными. Непосредственными опытами удалось убѣдиться, что сѣмена растеній водной культуры не только способны прорасти, но и вырастаютъ, при благоприятныхъ условіяхъ, въ роскошныя растенія.

Наконецъ обнаружилось полное сходство съ нормальными растеніями въ химическомъ составѣ и въ распредѣленіи, по органамъ, органическихъ и минеральныхъ соединений.

Водная культура представляетъ важное преимущество передъ культурой въ искусственной твердой почвѣ въ томъ, что допускаетъ перенесеніе растенія, безъ малѣйшаго поврежденія корней, изъ одного сосуда въ другой; подвергая анализу жидкость, въ которой находились корни, легко опредѣлить въ точности, какія соединенія приняты корнями изъ жидкости, и въ какомъ количествѣ они вошли въ растеніе. При изученіи хода ассимиляціи, жидкость мѣняютъ, по нѣскольку разъ, во время культуры и изслѣдуютъ, чрезъ опредѣленные промежутки времени, измѣненія въ составѣ раствора солей. Въ послѣднее время старались выяснить при посредствѣ водной культуры: 1) вліяніе концентраціи раствора солей на развитіе растеній и 2) роль каждой изъ составныхъ частей искусственной смѣси въ питаніи растеній. Только первый изъ этихъ вопросовъ удалось разрѣшить удовлетворительнымъ образомъ. Концентрація въ $\frac{1}{1000}$ считается наиболѣе пригодною для растеній.

Изслѣдованіе роли каждой изъ составныхъ частей раствора солей, въ питаніи растеній, не удалось довести до конца. Выяснилось только, что, для успешнаго произрастанія растеній, необходимы всѣ составныя части нормальной смѣси; развитіе растенія останавливается, если недостаетъ хотя одной изъ составныхъ ея частей. Для опредѣленія значенія каждой изъ нихъ, производились, при возможно одинаковыхъ условіяхъ, сравнительныя культуры растенія въ полной нормальной смѣси и въ растворѣ не полномъ, изъ котораго изъято было соединеніе, вліяніе котораго требовалось опредѣлить. Посредствомъ этого приѣма, удалось убѣдиться въ полной остановкѣ развитія растенія при отсутствіи кали, также извести, магнезіи, фосфорной кислоты, сѣрной кислоты и желѣза; результатъ получился такой же при *полной* замѣнѣ одной изъ составныхъ частей раствора другою.

Между тѣмъ оказалось возможнымъ, безъ вреда для растеній, измѣнять,

въ значительномъ размѣрѣ, количественный составъ раствора солей; развитіе овса происходило напр., по свидѣтельству Вольфа ¹⁾, успѣшно при замѣнѣ, почти на половину, *калія — натріемъ*, *калія — кальціемъ* и *кальція — магніемъ*. Видоизмѣняя смѣсь солей, Вольфъ вырастилъ овесъ съ золою различнаго состава. Въ нормальномъ растворѣ солей, къ которому была прибавлена кремнекислота, получился овесъ съ золою, содержавшею 30% кремнекислоты, между тѣмъ какъ зола овса, выращеннаго въ нормальной смѣси солей, съ большимъ содержаніемъ азотнокислаго кальція, заключала, вмѣсто кремнекислоты, до 38% извести. Примѣсь кремнекислоты отразилась очень благопріятно на развитіи вегетативныхъ органовъ и въ особенности на плодоношеніи овса; количество зерновкокъ получилось, въ послѣднемъ случаѣ, гораздо большее.

Къ необходимымъ составнымъ частямъ нормальнаго раствора солей, нѣкоторыми изслѣдователями, причисляется еще хлоръ. По опытамъ Ноббе и Зигерта ²⁾, гречиха развивается въ смѣси солей не нормально, если въ ней нѣтъ хлористыхъ соединений. По ихъ наблюденіямъ, отсутствіе хлора оказываетъ только ко времени цвѣтенія: листья гречихи, выращенной безъ хлора, дѣлаются толще нормальныхъ, пріобрѣтаютъ темнозеленый цвѣтъ, становятся ломкими и легко спадаютъ со стебля; кожица ихъ отдѣляется отъ паренхимы, кѣтки которой легко разъединяются, подобно мякоти плодовъ. При этомъ, стебель чрезмѣрно разрастается въ толщину, достигая мѣстами до 8 миллим. въ діаметрѣ и покрывается кольцеобразными вздутіями. Подобно стеблю, разрастаются въ толщину (до 3½ миллим.) и черешки листьевъ. Стеблевая верхушечная почка, къ этому времени, отмираетъ; то же замѣчается и относительно пазушныхъ молодыхъ побѣговъ, которые погибаютъ при самомъ началѣ развитія. Всѣ растенія переполняются, въ отсутствіи хлора, крахмаломъ, такъ что, отъ іода, разрѣзъ листа принимаетъ сплошную, темносинюю, почти черную окраску.

Кнопъ же напротивъ того продолжаетъ отрицать значеніе хлора, какъ необходимой части пищи, и оспариваетъ выводы вышеприведенныхъ изслѣдователей.

Опыты замѣны азотно-кислыхъ солей амміачными солями и азотистыми органическими соединеніями дали пока лишь отрицательный результатъ. (См. Обмѣнъ веществъ, стр. 367 и слѣд.).

б) Участіе листьевъ въ принятіи сырой пищи.

Достаточно обратить вниманіе на составъ среды, окружающей листья, чтобы, не прибѣгая къ опытнымъ разслѣдованіямъ, утвердительно сказать, что участіе листьевъ, въ принятіи сырой пищи, должно рѣзко отличаться отъ роли корней. Известно, что корни находятся въ тѣснѣйшемъ соприкосновеніи съ твердыми частичками почвы и почвенными растворами; при посредствѣ корней вводятся въ растенія, въ видѣ водныхъ растворовъ, необходимыя минеральныя составныя части почвы. Листья, напротивъ того, окружены газообразной атмосферой и, только во время дождя или росы, подвергаются смачиванію водою. Въ большей

1) *Wolf. Land. Vers.* 10; 367 (1868), 20, 397 (1877); 26; 415 (1881).

2) *Nobbe u. Siegert. Land. Vers.* 4, 319; 5, 116; 6, 108; 7, 371.

части случаевъ (см. ниже) однако дождевая вода не проникаетъ внутрь листа, такъ какъ капли скатываются съ листовой поверхности, оставляя ее совершенно сухою.

Главное вниманіе было, поэтому, обращено на обмѣнъ газообразныхъ тѣлъ между листьями и атмосферой. Предстояло выяснитъ на сколько воспринимается листьями, въ видѣ сырой пищи, каждая изъ составныхъ частей атмосферы: кислородъ, азотъ и, постоянно встрѣчаемые въ воздухѣ, вода и углекислота, азотная кислота и аммиакъ.

Прежде всего я останавлиюсь на поглощеніи листьями углекислоты, опишу разслѣдованія, выясняющія отношенія кислорода и азота къ питанію листьями, и за тѣмъ перейду къ опытамъ, надъ усвоеніемъ листьями соединеній азота; опыты надъ всасываніемъ и выдѣленіемъ воды, воздушными частями растеній, будутъ изложены позже.

Усвоеніе листьями углекислоты.

При посредствѣ культуры растеній въ искусственной почвѣ выяснилось, что растенія, по крайней мѣрѣ подвергнутыя опытамъ, могутъ развиваться нормально и достигать даже бѣльшаго вѣса и размѣровъ чѣмъ экземпляры, произрастающіе въ плодородной почвѣ, если погрузить ихъ корнями въ растворъ изъ пяти солей, заключающій слѣдующіе элементы: кислородъ, водородъ, азотъ, сѣру, фосфоръ, хлоръ (?), калий, кальцій, магній и желѣзо.

Просматривая перечисленные элементы нельзя не замѣтить, что между ними нѣтъ одного изъ важнѣйшихъ для растеній, именно углерода. Между тѣмъ, выращенныя въ растворѣ солей, растенія, по составу, ничѣмъ не отличаются отъ выросшихъ, въ нормальныхъ условіяхъ, растеній, и подобно послѣднимъ, почти на половину построены изъ углерода. Культура въ искусственной почвѣ уже несомнѣнно указала, что углеродъ вводится въ растеніе не черезъ корни; заключеніе это находится въ полномъ согласіи съ результатомъ изслѣдованій надъ участіемъ листьевъ въ питаніи растеній. Мы увидимъ, что листья непосредственно поглощаютъ углекислоту изъ атмосферы, и что весь углеродъ, находямый въ растеніяхъ, усваивается растеніями черезъ листья.

По новѣйшимъ опредѣленіямъ, содержаніе углекислоты въ воздухѣ принимается равнымъ $\frac{3}{10000}$ по объему. Съ перваго взгляда можетъ показаться страннымъ, что при столь незначительномъ содержаніи, углекислота атмосферы доставляетъ весь углеродъ, необходимый растеніямъ; между тѣмъ, имѣющіеся на лицо факты не допускаютъ сомнѣній въ данномъ случаѣ и несомнѣнно свидѣтельствуютъ, что вся углекислота, разлагаемая листьями, заимствуется ими непосредственно изъ атмосферы. Поглощая изъ атмосферы углекислоту, листья въ то же время выдѣляютъ кислородъ, въ объемѣ приблизительно равномъ объему исчезнувшей углекислоты. Этотъ обмѣнъ газовъ между листьями (и другими зелеными частями растеній) и атмосферой былъ открытъ еще въ концѣ прошедшаго столѣтія, слѣд. гораздо раньше культуры растеній въ искусственной почвѣ; послѣдняя доставила только косвенное подтвержденіе усвоенія растеніями углерода, при посредствѣ листьевъ.

Исторія разработки этого вопроса представляетъ большой научный инте-

ресь. Первые точныя указанія были сдѣланы Пристлеемъ; изучая измѣненія, вызываемыя въ атмосферѣ животными и растениями, онъ нашель, что заключенное, въ замкнутомъ пространствѣ, животное измѣняетъ составъ воздуха, дѣлая его непригоднымъ ни для дыханія, ни для горѣнія. Совершенно иное вліяніе на составъ воздуха обнаружили, въ цѣломъ рядѣ опытовъ, растения; они, не только не портили его, но даже исправляли воздухъ, испорченный дыханіемъ животныхъ; послѣ пребыванія въ немъ растеній, воздухъ вновь оказывался пригоднымъ для дыханія и горѣнія, иногда даже въ бѣльшей степени, чѣмъ атмосферный воздухъ; въ атмосферѣ, измѣненной растеніями, животныя оставались иногда живыми въ 5—8 разъ болѣе продолжительное время, чѣмъ въ соответствующемъ объемѣ обыкновеннаго воздуха. Въ другихъ опытахъ, при условіяхъ, по видимому совершенно одинаковыхъ, растенія производили измѣненія въ воздухѣ, диаметрально противоположныя и, подобно животнымъ, дѣлали его не пригоднымъ для дыханія и горѣнія. Не смотря на все старанія, Пристлею не удалось разгадать причины полученныхъ противурѣчивыхъ результатовъ; твердо убѣжденный однако, что, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, растенія обогащали окружающую атмосферу кислородомъ, Пристлей считаль все опыты, въ которыхъ растенія портили воздухъ, неудавшимися и произведенными, при условіяхъ неблагопріятныхъ для жизни растеній.

Истинную причину разногласія въ опытахъ Пристлея выяснилъ Ингенхузъ ¹⁾; подтвердивъ результаты Пристлея, онъ въ то же время показалъ, что выдѣленіе кислорода растеніями происходитъ только при слѣдующихъ условіяхъ опыта: 1) если для опыта взяты зеленныя части растеній и 2) подвергнуты, во время опыта, дѣйствию солнечнаго свѣта. Напротивъ того, части растеній не зеленныя, а также и зеленныя, въ отсутствіи свѣта, обнаруживали постоянно, въ опытахъ Ингенхуза, обмѣнъ газовъ диаметрально противоположный: онѣ поглощали кислородъ и выдѣляли углекислоту, т. е. измѣняли воздухъ подобно животнымъ.

Значительный шагъ въ разъясненіи обмѣна газовъ, между зелеными частями растеній и атмосферой, сдѣлаль Сенебье ²⁾; онъ первый, точными опытами, доказаль связь между выдѣленіемъ кислорода листьями и поглощеніемъ углекислоты изъ окружающей среды, и, обстоятельнѣе предшественниковъ, опредѣлиль условія выдѣленія кислорода растеніями. Кромѣ листьевъ и свѣта, онъ призналь еще одно условіе за необходимое: присутствіе углекислоты въ окружающей средѣ.

Вліяніе среды, на выдѣленіе кислорода листьями, наблюдалъ уже Ингенхузъ: изслѣдуя выдѣленіе кислорода листьями, погруженными въ колодезную воду, онъ нашель, что количество кислорода получалось различное, смотря по

1) *Ingenhousz. Versuche mit Pflanzen* 1780; оригинальное сочиненіе вышло въ 1779 году; его же: *Ueber Ernährung, d. Pflanzen u. Fruchtbarkeit d. Bodens* 1798, переводъ съ англійскаго сочиненія, вышедшаго въ 1796 году.

2) *Senebier. Mém. physico-chimiques s. l'influence d. la lumière solaire pour modifier l. êtres d. l. nature et surtout ceux du regne végétal.* Geneve. 1782.

Его же: *Rech. s. l'influence de la lumière solaire pour metamorphoser l'air fixe en air pur, par la végétation.* 1783.

Expériences s. l'action de la lumière solaire s. l. végétation. 1788.
Physiologie végétale. 1800.

тому, была ли взята для опыта свѣжая колодезная вода, или же простоявшая въ открытомъ сосудѣ нѣсколько часовъ; въ первомъ случаѣ выдѣлялось значительно болѣе кислорода. При употребленіи кипяченной воды, кислорода не выдѣлялось вовсе; наибольшія количества его получались при погруженіи листьевъ въ воду, взятую изъ колодца, закрываемаго крышкою. Ингенхузъ не былъ однако въ состояніи объяснить этихъ фактовъ; они стали понятны только послѣ того, какъ Сенебье показалъ, что выдѣленіе кислорода обусловливается поглощеніемъ углекислоты и можетъ проявляться только въ томъ случаѣ, когда въ окружающей средѣ находится углекислота.

Къ концу прошедшаго и началу нынѣшняго столѣтія относятся изслѣдованія Соссюра ¹⁾ надъ обмѣномъ газовъ между растеніями и атмосферой; они представляютъ особенный интересъ по строгости приемовъ и плодотворнымъ результатамъ. Соссюръ разслѣдовалъ преимущественно количественную сторону этого процесса: онъ 1) опредѣлилъ объемы обмѣниваемыхъ газовъ и нашелъ ихъ равными, 2) обнаружилъ, что, при этомъ обмѣнѣ, растеніе увеличивается въ вѣсѣ и 3) доказалъ зависимость разложенія углекислоты листьями отъ содержанія ея въ окружающей атмосферѣ.

Изъ послѣдующихъ работъ надъ обмѣномъ газовъ между зелеными частями растеній и атмосферою, въ присутствіи свѣта, первенствующее значеніе имѣютъ изслѣдованія Бусенго. На основаніи ихъ, въ настоящее время должно признать несомнѣнно доказаннымъ, что этотъ процессъ состоитъ исключительно въ поглощеніи углекислоты и выдѣленіи кислорода, и что ни одна изъ остальныхъ составныхъ частей атмосферы не принимаетъ въ немъ непосредственнаго участія. Дальше будетъ упомянуто о томъ, что Соссюръ и нѣкоторые другіе изслѣдователи утверждали, что вмѣстѣ съ кислородомъ выдѣляется растеніемъ, иногда въ весьма значительномъ количествѣ, и азотъ. Бусенго (см. ниже) весьма основательно опровергнулъ эти показанія.

Большую часть опытовъ Бусенго произвелъ надъ отрѣзанными листьями въ приборѣ крайне простаго устройства. Срѣзанный листъ помѣщается въ эвдіометрическую трубку и придерживается на известной высотѣ; передъ погруженіемъ въ ртуть, вводятъ въ трубку конецъ каучуковой трубки, соединенной съ каучуковымъ шаромъ. Шаръ нѣсколько сжимаютъ рукою и опускаютъ трубку нижнимъ концомъ въ ртуть. Разжавъ нѣсколько шаръ, высасываютъ изъ трубки желаемое количество воздуха, которое замѣщается ртутью; высасываніе воздуха тогда останавливаютъ и удаляютъ изъ трубки каучукъ съ шаромъ. Измѣривъ объемъ газа съ листомъ, впускаютъ изъ газометра требуемое количество углекислоты и вновь опредѣляютъ объемъ газовъ, заключенныхъ въ эвдіометрѣ надъ ртутью. Аппаратъ выставляютъ на свѣтъ, на нѣсколько часовъ, и затѣмъ вновь опредѣляютъ составъ смѣси газовъ въ эвдіометрической трубкѣ. Для опредѣленія углекислоты вводятъ въ трубку ѣдкое кали (въ видѣ шарика на платиновой проволоцѣ, или въ видѣ раствора); оставшаяся неразложенною углекислота поглощается ѣдкимъ кали; по мѣрѣ уменьшенія объема газа, ртуть въ трубкѣ повышается. Измѣряютъ объемъ газа; разница въ объемѣ, до и послѣ введенія ѣд-

1) *Saussure. Recherches chim. s. l. végétation (1804).*

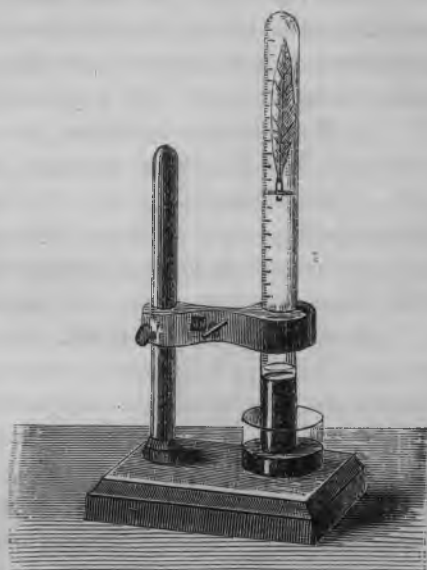
каго кали, указываетъ на количество неразложившейся углекислоты; по вычетѣ его изъ объема углекислоты, введенной передъ началомъ опыта, получается количество углекислоты исчезнувшей, т. е. разложившейся листомъ. Содержаніе кислорода опредѣляютъ, послѣ поглощенія углекислоты ѣдкимъ кали, посредствомъ пирогалловокислаго кали; для этого, не разбирая прибора, вводятъ нѣсколько раствора пирогалловой кислоты. Образовавшееся пирогалловокислое кали быстро поглощаетъ кислородъ смѣси; по уменьшенію объема, заключаютъ о содержаніи въ трубкѣ кислорода.

Совершенно подобный приборъ предложенъ былъ нѣсколько позже для этой же цѣли, независимо отъ Бусенго, Тимирязевымъ ¹⁾ (рис. 18).

На описаніи необходимыхъ поправокъ, при отчитываніи объема газовъ, на температуру и давленіе, я не останавливаюсь, такъ какъ предполагаю ихъ извѣстными читателю, и ограничусь только указаніемъ на сочиненіе Бунзена — *Gasometrische Methoden*, гдѣ онѣ изложены чрезвычайно обстоятельно. Значительное упрощеніе, по отношенію къ измѣренію объема газовъ, введено Дойэромъ ²⁾; при посредствѣ его прибора нѣтъ надобности прибѣгать къ вышеупомянутымъ поправкамъ.

Производство опытовъ, съ изображеннымъ приборомъ, удается весьма легко. Для устраненія вреднаго вліянія паровъ ртути, достаточно ввести въ приборъ нѣсколько воды, чтобы покрыть ею поверхность ртути, или же, слѣдуя совѣту Бусенго, посыпать внутреннія стѣнки трубки сѣрымъ цвѣтомъ. Бусенго ³⁾ убѣдился кромѣ того, цѣлымъ рядомъ предварительныхъ опытовъ, что сѣзанные листья сохраняютъ вполне, въ продолженіи нѣсколькихъ сутокъ, способность разлагать углекислоту, если только ихъ погрузить сѣзаннымъ концомъ въ воду. Такъ, напр., сѣзанный листъ *Nerium Oleander* разлагалъ въ часъ 0,049—0,069 куб. сант. углекислоты, на каждый квадратный сантиметръ поверхности; листья, отдѣленные отъ растений, за сутки, до начала опыта, разлагали 0,045—0,065 куб. сант. углекислоты; листъ, сѣзанный за трое сутокъ, разлагалъ 0,045 куб. сант., и наконецъ одинъ изъ листьевъ, отдѣленныхъ отъ растенія за 12 дней, разложилъ въ часъ — 0,07 куб. сант. углекислоты каждымъ квадратнымъ сантиметромъ поверхности.

Рис. 18.



Приборъ Тимирязева, для изслѣдованія разложенія углекислоты растеніями на свѣтѣ.

1) *Тимирязевъ*. Труды перваго съѣзда русскихъ Естествоиспытателей въ С.-Петербурѣ. 1868. Ботаника, стр. 77.

2) *Doyère*. *Ann. d. Chim. Phys.* S. 3. t. 28, 5 (1850).

3) *Boussingault*. *Agron., Physiol.*, t. 4, 303 (1868).

Убѣдившись въ пригодности этого приема, для изученія разложенія углекислоты листьями въ присутствіи свѣта, Бусенго изслѣдоваль, съ помощью его слѣдующіе интересные вопросы:

1) *Отношеніе объема поглощенной углекислоты и выдѣленнаго кислорода.* Подвергая отрѣзанные листья, въ опредѣленной смѣси углекислоты и воздуха, дѣйствию свѣта, онъ нашель, въ 13 опытахъ изъ 41, объемы углекислоты и кислорода приблизительно равными; въ 15 опытахъ, объемъ кислорода превышалъ объемъ углекислоты, а въ остальныхъ 13 получился небольшой избытокъ поглощенной углекислоты, надъ выдѣленнымъ кислородомъ. Разница между объемами ихъ всегда была незначительна и, ни въ одномъ опытѣ, не превышала 5%; въ большей же части случаевъ была гораздо меньше. Въ согласіи съ этимъ результатомъ, суммы какъ углекислоты, такъ и кислорода, во всѣхъ 41 опытахъ, оказались приблизительно равными: на 1339,38 куб. сант. разложенной углекислоты получилось 1322,61 куб. сант. выдѣленнаго кислорода, т. е. разница, равная приблизительно 16 куб. сантиметрамъ. На основаніи этихъ данныхъ, Бусенго принимаетъ, что, въ присутствіи свѣта, листья обмѣниваются съ атмосферой равными объемами углекислоты и кислорода.

2) *Вліяніе парціального давленія углекислоты на разложеніе ея листьями.* Уже Соссюръ показаль, что въ чистой углекислотѣ растенія отмирають, и что избытокъ ея, въ атмосферѣ окружающей листья, задерживаетъ ея разложеніе. Бусенго не только подтвердилъ показанія Соссюра относительно болѣе успѣшнаго разложенія углекислоты въ смѣси съ атмосфернымъ воздухомъ, но въ то же время выяснилъ, что разложеніе углекислоты, въ послѣднемъ случаѣ, обуславливается не присутствіемъ кислорода, а парціальнымъ давленіемъ углекислоты. Различіе въ быстротѣ разложенія чистой углекислоты и смѣси съ воздухомъ чрезвычайно наглядно обнаружилось въ опытахъ Бусенго ¹⁾.

Не смотря на полученное, хотя и слабое разложеніе чистой углекислоты листьями, Бусенго, согласно съ Соссюромъ, принимаетъ, что чистая углекислота, подъ обыкновеннымъ атмосфернымъ давленіемъ, не разлагается листьями. Несогласные съ этимъ положеніемъ результаты опытовъ онъ объясняетъ слѣдующимъ образомъ: при введеніи въ углекислоту листа, нельзя избѣжать примѣси постороннихъ газовъ, частью заключенныхъ въ межклеточныхъ пространствахъ тканей листа, частью растворенныхъ въ сокѣ его клетокъ. Молекулы углекислоты вошедшія первыми въ листь, образуютъ смѣсь съ газами листа и частью разлагаются; выдѣленное количество кислорода дѣлаеть эту смѣсь болѣе пригодной для разложенія и обуславливаетъ новое разложеніе углекислоты, которое, по мѣрѣ прибыліи кислорода, постепенно ускоряется. Наблюденія надъ ходомъ разложенія углекислоты находятся въ полномъ согласіи съ этимъ объясненіемъ. При погруженіи листа въ чистую углекислоту, въ первые часы опыта, Бусенго замѣчалъ лишь весьма слабое разложеніе; позже, когда къ атмосферѣ, окружающей листь, прибавилось достаточное количество кислорода, разложеніе углекислоты достигало значительной быстроты и могло быть даже доведено до конца.

Благопріятное дѣйствию примѣси воздуха къ углекислотѣ Соссюръ припи-

1) *Boussingault. Agronomie chim. agric. Physiol. 4: 286 (1868).*

сываль непосредственному дѣйствию кислорода на растеніе. Бусенго, напротивъ того, старался показать, что воздухъ играетъ роль второстепенную и служитъ только средствомъ для разрѣженія углекислоты.

Чтобы выяснитъ окончательно этотъ вопросъ, Бусенго изслѣдовалъ разложеніе углекислоты листьями въ смѣси ея съ безразличными, по отношенію къ растеніямъ, газами: азотомъ, водородомъ и болотнымъ газомъ. Согласно предположенію Бусенго, относительно вліянія парціального давленія углекислоты на ея разложеніе, слѣдовало ожидать, что въ смѣсяхъ углекислоты съ вышеназванными индифферентными газами, разложеніе ея проявится съ такою же быстротою, какъ и въ смѣси съ воздухомъ, если только процентное содержаніе углекислоты въ смѣсяхъ будетъ равное. Произведенные, въ этомъ направленіи, опыты дали ожидаемый результатъ ¹⁾.

Результатъ этотъ подтвердился также, при разложеніи чистой углекислоты листомъ *Nerium Oleander* подъ уменьшеннымъ давленіемъ. Бусенго наблюдалъ, что разложеніе чистой, разрѣженной углекислоты, при одинаковомъ парціальномъ давленіи, идетъ столь же быстро, какъ и въ соответствующей смѣси углекислоты съ воздухомъ или индифферентными газами.

Въ близкомъ соотношеніи съ изслѣдованіемъ вліянія парціального давленія углекислоты на ея разложеніе, находится вопросъ объ опредѣленіи смѣси, наиболѣе пригодной для этого процесса.

Непосредственно рѣшеніемъ этого вопроса Бусенго не занимался, но изъ приведенныхъ выше опытовъ его видно, что, при содержаніи углекислоты до 50%, происходило значительное разложеніе; Бусенго находилъ даже выгоднымъ употреблять смѣси, въ которыхъ содержаніе углекислоты заключалось между 29% и 50%.

Съ другой стороны Бусенго доказалъ, что разложеніе углекислоты растеніемъ происходитъ также при весьма незначительномъ ея содержаніи, и что она усваивается растеніями изъ воздуха, не смотря на то, что количество ея обыкновенно не превышаетъ $\frac{3}{10000}$ по объему. Чтобы сдѣлать очевиднымъ разложеніе углекислоты въ этомъ случаѣ, необходимо было прибѣгнуть къ большому объему воздуха. Бусенго ²⁾ ввелъ, въ стеклянный шаръ, вѣтвь виноградной лозы, оставленной въ соединеніи съ растеніемъ. Вѣтвь была пропущена въ шаръ черезъ отверстіе, плотно закрытое пробкою; шаръ съ вѣтвью и атмосфернымъ воздухомъ былъ выставленъ на солнце. Кромѣ отверстія, черезъ которое пропущена была вѣтка, въ шарѣ были еще два отверстія, для пропуска, черезъ приборъ, во все время опыта, тока воздуха. Струя воздуха производилась посредствомъ аспиратора; на пути изъ шара къ аспиратору воздухъ проходилъ черезъ кали-аппаратъ, въ которомъ задерживалась углекислота не разложенная вѣтвью; привѣсъ кали-аппарата, въ концѣ опыта, указывалъ на количество неразложенной углекислоты. Объемъ, пропущеннаго черезъ шаръ съ вѣтвью воздуха, опредѣлялся количествомъ, вытекшей изъ аспиратора, во время опыта, воды. Зная содержаніе углекислоты въ воздухѣ и количество неразложенной углекислоты, задержанной кали-аппаратомъ, Бусенго могъ опредѣлить сколько углекислоты разложено было листьями. При

1) *Boussingault* l. c. p. 298.

2) *Boussingault*. *Economie rurale*, t. 1; 61. (1851).

перечислені вѣса углекислоты на объемъ, оказалось, что воздухъ, содержавшій, по опредѣленію Бусенго, предварительно $\frac{4}{10000}$ углекислоты, при выходѣ изъ шара заключалъ всего только отъ $\frac{2}{10000}$ до $\frac{1}{10000}$ углекислоты.

Опыты Бусенго показываютъ слѣдовательно, что разложеніе углекислоты листьями происходитъ, при весьма различномъ содержаніи ея, въ предѣлахъ варьирующихъ отъ $\frac{3}{100}\%$ до 50% и болѣе.

3) *Связь разложенія углекислоты съ освѣщеніемъ листа.* Бусенго удалось, съ чрезвычайною точностью, доказать, что разложеніе углекислоты листьями обнаруживается въ моментъ непосредственнаго освѣщенія листа солнцемъ и прекращается мгновенно, по перенесеніи въ темноту.

Въ трубку, со смѣсью азота или водорода съ углекислотою, замкнутую ртутью, вводился листъ и рядомъ съ нимъ палочка фосфора. Малѣйшая примѣсь кислорода въ приборѣ сказывалась въ темнотѣ свѣщеніемъ фосфора, а на свѣтѣ, образованіемъ бѣлыхъ паровъ фосфорной кислоты. Приборъ съ листомъ оставался въ темнотѣ, пока фосфоръ не переставалъ свѣтиться, т. е. до исчезанія кислорода въ трубкѣ. Затѣмъ Бусенго переносилъ приборъ на свѣтъ; тотчасъ же появлялись въ трубкѣ бѣлые пары, указывавшіе на выдѣленіе листьями кислорода. При перенесеніи аппарата изъ свѣта въ темноту, свѣченіе фосфора вовсе не обнаруживалось, что ясно свидѣтельствовало о моментальномъ прекращеніи, въ отсутствіи свѣта, выдѣленія листьями кислорода. Опасаясь, что свѣченіе фосфора могло остаться незамѣченнымъ, въ слѣдствіи незначительной напряженности, сравнительно съ дневнымъ свѣтомъ, Бусенго производилъ эти опыты вдвоемъ. Помощникъ его, предназначенный для наблюденія надъ свѣщеніемъ фосфора, оставался, во все время опыта, въ темнотѣ, чтобы приспособить глаза къ воспріятію самыхъ слабыхъ свѣтовыхъ впечатлѣній, но и при этой предосторожности не удалось подмѣтить и слѣда свѣченія фосфора, по перенесеніи аппарата въ темноту.

4) *Опредѣленіе предѣльнаго количества углекислоты, разлагаемаго срѣзаннымъ листомъ.* Бусенго нашелъ, что срѣзанный листъ въ состояніи разложить только опредѣленное, предѣльное количество углекислоты; разложивъ его, онъ не поглощаетъ больше углекислоты изъ окружающей атмосферы. Оказалось, что листъ *Nerium Oleander* въ 463,4 квадратныхъ сантиметра разложилъ 263,2 куб. сант. углекислоты; такъ что среднее предѣльное количество ея равнялось 0,568 куб. сант. на квадратный сантиметръ поверхности листа.

5) *Разложеніе углекислоты верхнею и нижнею поверхностью листа.* Различіе въ строеніи и цвѣтѣ верхней и нижней поверхности листьевъ подало Бусенго мысль изслѣдовать не относится ли онъ различно къ разложенію углекислоты. До появленія работы Бусенго имѣлось только одно указаніе подобнаго рода, и притомъ относительно подводныхъ листьевъ. Клоезъ и Граціоле¹⁾, наблюдая разложеніе углекислоты листьями *Potamogeton perfoliatum*, въ водѣ, содержавшей въ растворѣ углекислый кальцій, замѣтили, что верхняя (морфологическая) поверхность листьевъ покрывалась бѣлою корою этой соли, между тѣмъ какъ нижняя сторона оставалась совершенно чистою. Это различіе обнаруживалось во всѣхъ листьяхъ, независимо отъ случайнаго положенія листовой пластинки

1) Cloëz et Gratiolet. Ann. Chim. Phys. 32; 65 (1851).

относительно горизонта; объясняя себѣ осажденіе углекислой извести, на поверхности листа, разложеніемъ углекислоты въ прикасающемся къ листу слоѣ воды, Клоезъ и Граціоле заключили, что поглощеніе углекислоты производится верхнею поверхностью этихъ листьевъ.

Бусенго ¹⁾ изслѣдовалъ листья сухопутныхъ растений; онъ устранялъ одну изъ поверхностей листа отъ обмѣна газовъ съ атмосферой, замазывая ее саломъ или заклеивая бумагой.

Онъ выбиралъ два листа, по возможности одинаковые; у одного заклеивалъ верхнюю, у другаго нижнюю поверхность, помѣщалъ ихъ въ смѣси воздуха и углекислоты одинаковаго состава и опредѣлялъ количества углекислоты, разложенной каждою изъ поверхностей листа. Онъ изслѣдовалъ также разложеніе углекислоты, производимое парюю листьевъ, склеенныхъ между собою различнымъ образомъ: одна пара была склеена верхними сторонами, другая нижними, въ третьей, верхняя поверхность одного изъ листьевъ была склеена съ нижнею поверхностью другаго; эта пара слѣдовательно соотвѣтствовала приблизительно одному свободному листу. Сообразно съ наблюдаемымъ разнообразіемъ строенія листьевъ у разныхъ растений, большимъ или меньшимъ сходствомъ или различіемъ верхней и нижней поверхностей листа, получались разные результаты, смотря по изслѣдуемому растенію. У однихъ оказалось большое различіе въ количествѣ углекислоты, разложенной верхнею и нижнею стороною листьевъ, у другихъ почти никакой разницы не обнаружилось. Къ послѣднимъ относятся большая часть тонкихъ листьевъ, напр. листья каштана. Примѣромъ растений, которыя обнаружили наибольшее различіе поверхностей листа, по отношенію къ разложенію углекислоты, могутъ служить *Populus alba* и *Nerium Oleander*. Изъ трехъ паръ листьевъ *Populus alba*:

пара со склеенными нижними поверхностями разло- жила	12 куб. сант. углекислоты,
пара со склеенными верхними поверхностями разло- жила	2 " " "
пара, имѣвшая по одной свободной, верхней и ниж- ней поверхности	6,5 " " "

Для сравненія, во всѣхъ трехъ случаяхъ, разложенныхъ объемовъ углекислоты, необходимо раздѣлить первыя два числа на *два*, такъ какъ они представляютъ двойную, верхнюю и нижнюю поверхность листа; третья же пара соотвѣтствуетъ одному листу. Раздѣливъ первыя два числа пополамъ и сложивъ ихъ, получимъ число семь, весьма близкое къ объему углекислоты ($6\frac{1}{2}$), разложенной листомъ, у котораго обѣ поверхности оставались свободными. Верхняя поверхность листа *Populus alba* оказалась слѣд. разлагающею углекислоту въ шесть разъ быстрее нижней.

Этимъ заканчивается длинный рядъ вопросовъ поставленныхъ Бусенго, и разрѣшенныхъ, за немногими исключеніями, съ надлежащею опредѣленностью.

Зависимость разложенія углекислоты отъ напряженности свѣта

1) *Boussingault*. I. с. р. 359.



мало еще изучена. Специально съ этою цѣлью произведены были работы только Волковымъ ¹⁾, Пряничниковымъ, Крейслеромъ ²⁾ и мною ³⁾. Волковъ пришелъ къ заключенію, что, по крайней мѣрѣ, въ извѣстныхъ изслѣдованныхъ имъ предѣлахъ напряженности свѣта, разложеніе углекислоты возрастаетъ пропорціонально послѣдней. Опыты его однако не могутъ считаться удовлетворительными во первыхъ потому, что Волковъ ограничился изслѣдованіемъ вліянія свѣта сравнительно слабого; кромѣ того, употребленный имъ способъ опредѣленія разложенія углекислоты (черезъ отсчитываніе выдѣленныхъ растеніемъ пузырьковъ газа) не принадлежитъ къ точнымъ. Описывая опыты Волкова въ своемъ учебникѣ, Саксъ ⁴⁾ прибавляетъ: „Тѣмъ не менѣе весьма вѣроятно, что существуетъ опредѣленная степень напряженности свѣта, вызывающая наибольшее выдѣленіе кислорода, за предѣлами которой свѣтъ задерживаетъ это отправление или вредитъ растенію. Достигаетъ ли солнечный свѣтъ, на земной поверхности, этого оптимума, или даже превышаетъ его — остается пока неразрѣшеннымъ“.

Первыя опыты на указанія на существованіе, для разложенія углекислоты, оптимума напряженности свѣта, находятся въ трудѣ Пряничникова, о которомъ мною было заявлено въ протоколахъ сѣзда русскихъ естествоиспытателей въ Варшавѣ. По опытамъ Крейслера, произведеннымъ почти исключительно при посредствѣ отсчитыванія количества выдѣляемыхъ *Elodea canadensis* пузырьковъ газа, разложеніе углекислоты растеніями на свѣтѣ возрастаетъ пропорціонально субъективному ощущенію свѣта, приблизительно до достиженія свѣтомъ напряженности равной $\frac{1}{8}$ дневнаго свѣта. При бѣльшей силѣ свѣта, пропорціональности болѣе не наблюдается, и возрастаніе ассимиляціи идетъ въ гораздо меньшей мѣрѣ, вплоть до достиженія полной напряженности свѣта.

Результаты, полученные мною газометрическимъ путемъ, указали кромѣ того на существованіе оптимума напряженности свѣта, для нѣкоторыхъ, по крайней мѣрѣ, растеній. Мнѣ удалось во 1-хъ показать, что разложеніе углекислоты листомъ, затѣненнымъ посредствомъ листа папиросной бумаги, получается равное, иногда даже болѣе энергичное, чѣмъ при непосредственномъ освѣщеніи листа солнцемъ, и 2-хъ вызвать значительное разложеніе углекислоты въ искусственномъ свѣтѣ газовой лампы, въ 50 свѣчей, т. е. съ помощью источника свѣта весьма слабого, сравнительно со свѣтомъ солнечнымъ.

Опыты, съ солнечнымъ свѣтомъ, частью производились въ смѣси воздуха и углекислоты, частью въ водѣ, въ которой была растворена углекислота.

Подтвержденіе этихъ результатовъ см. Рейнке (Reinke. Bot. Zeit. 1883, p. 697).

Примѣчаніе. Сдѣланный вышеупомянутыми изслѣдователями и мною выводъ допускаетъ однако возраженіе, высказанное Прингсшеймомъ (Pringsheim Jahrbüch. f. wissenschaftl. Bot. B. 12 p. 377; 1881): изъ опредѣленій измѣненія въ составѣ атмосферы, окружающей листь, можно, строго говоря, заключать только о преобладаніи, во время опыта, одного изъ діаметрально противоположныхъ обмѣновъ газовъ: дыханія или разложенія угле-

1) *Wolkoff*. Pringsh. Jahrb. 5, 1.

2) *Kreusler* Laudw. Jahrb. 7; 565 (1878).

3) *Famintzin*. Mel. biol. de l'Acad. de. St. Pétersb. 10, 401.

4) *Sachs*. Lehrb. d. Botanik, p. 712 (1874).

кислоты. Получаемый избыток кислорода не может служить, по мнѣнію Прингсгейма, выраженіемъ количества разложенной углекислоты, а указываетъ только на сколько разложение углекислоты преобладаетъ надъ дыханіемъ. Въ самомъ дѣлѣ уменьшеніе прибыли кислорода въ средѣ, окружающей растеніе, при интенсивномъ освѣщеніи, получилось бы также, если предположить, какъ это дѣлаетъ Прингсгеймъ, усиленіе процесса дыханія подъ вліяніемъ свѣта. Предположеніе это однако находится, какъ показали послѣдующія розысканія (см. ниже въ статьѣ о дыханіи растеній), въ противурѣчій съ дѣйствительностью. Дыханіе растеній оказалось въ зависимости отъ свѣта и притомъ въ смыслѣ діаметрально противоположномъ предположенію Прингсгейма. (Способы одновременнаго опредѣленія ассимиляціи и дыханія въ отдѣльности и вліянія каждаго изъ этихъ процессовъ на измѣненіе среды, окружающей растенія, на свѣтѣ, будутъ изложены въ статьѣ о дыханіи растеній).

Вліяніе лучей различной преломляемости на разложеніе углекислоты зелеными частями растеній. Для полученія точнаго вывода касательно вліянія лучей различной преломляемости на разложеніе углекислоты зелеными частями растеній, представляются два пути: 1) изслѣдованіе разложенія ея, въ элементарныхъ (призматическихъ) лучахъ свѣта различной преломляемости, но одинаковой напряженности и 2) изслѣдованіе разложенія углекислоты въ группахъ лучей опредѣленной преломляемости, вѣдѣнныхъ изъ бѣлаго свѣта, безъ замѣтнаго ослабленія напряженности, или, по крайней мѣрѣ, съ уменьшеніемъ напряженности, въ степени одинаковой для всѣхъ лучей цвѣтнаго свѣта.

Къ сожалѣнію, работъ подобнаго рода вовсе не имѣется, и ни одно изъ сдѣланныхъ въ этомъ направленіи розысканій не удовлетворяетъ вышеизложеннымъ условіямъ. обстоятельный разборъ методовъ разслѣдованія, относящихся до этого вопроса, сдѣланъ Волковымъ ¹⁾.

Опыты надъ разложеніемъ углекислоты въ спектральныхъ цвѣтахъ представляютъ одинъ общій недостатокъ; всѣ они были произведены въ спектрѣ призматическомъ, а не диффракціонномъ.

Между тѣмъ извѣстно, что отъ свѣторазсѣянія вещества, изъ котораго сдѣлана призма, употребляемая для опыта, зависитъ, при одинаковомъ преломляющемъ углѣ призмы, не только длина спектра, но и относительная ширина его цвѣтныхъ полосъ; шириною цвѣтной полосы обуславливается степень напряженности ея свѣта; чѣмъ шире полоса, тѣмъ больше пространство, на которое рассѣваются составляющіе ее лучи, тѣмъ меньше они представляютъ напряженности въ каждой отдѣльной точкѣ. Только въ одномъ диффракціонномъ спектрѣ ширина цвѣтныхъ полосъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и напряженность лучей одинакова на всемъ протяженіи спектра. Незначительные размѣры диффракціоннаго спектра составляли однако, до сихъ поръ, непреодолимое препятствіе, при употребленіи его для вышеозначенной цѣли.

Интересное усовершенствованіе въ способѣ разслѣдованія дѣйствія лучей спектра представляетъ *спектрофоръ* Рейнке (Reinke. Bot. Leit. 1884, p. 1). Посредствомъ плоско-цилиндрическихъ стеколъ онъ собираетъ лучи каждаго изъ цвѣтовъ солнечнаго спектра въ узкую полосу; этимъ способомъ устраняетъ вліяніе свѣторазсѣянія и получаетъ цвѣтныя полосы одинаковой ширины, сходныя въ этомъ отношеніи съ полосами диффракціоннаго спектра. Къ сожалѣнію, мѣриломъ

1) Волковъ. Къ вопросу объ ассимиляціи. Одесса, 1875 (изъ 17-го тома «Записокъ» Императ. Новор. Университета).

ассимиляціи употреблено было отсчитываніе пузырьковъ газа, выдѣленныхъ *Elodea canadensis*.

Незначительная напряженность свѣта въ спектрѣ, при узкой щели (не болѣе 1 миллим.), необходимой для полученія чистаго спектра, заставляло большинство изслѣдователей, жертвуя чистотою спектра, прибѣгать къ употребленію щели болѣе широкой, но этимъ обстоятельствомъ ставилась преграда точному рѣшенію имѣвшагося въ виду вопроса.

Поэтому не удивительно, что до сихъ поръ выяснено только, что разложеніе углекислоты происходитъ въ одной срединной свѣтовой части спектра и притомъ преимущественно, если не исключительно, въ менѣе преломляемой его половинѣ, въ лучахъ красныхъ, оранжевыхъ и желтыхъ.

Сходные, но не болѣе опредѣленные результаты получены и въ изслѣдованіяхъ надъ разложеніемъ углекислоты въ цвѣтномъ смѣшанномъ свѣтѣ, получаемомъ при пропусканіи бѣлаго свѣта черезъ окрашенную среду: стекло или жидкость. Изъ стеколъ, для этой цѣли употребляются почти исключительно два стекла: синее, окрашенное окисью мѣди, и красное, окрашенное закисью мѣди. Первое изъ нихъ пропускаетъ лучи болѣе преломляемой части спектра, включая часть зеленыхъ лучей; второе — только одни красные лучи. Гораздо разнообразнѣе выборъ между окрашенными жидкостями. Всего чаще прибѣгаютъ къ двумъ жидкостямъ: къ *синей*, представляющей растворъ окиси мѣди въ амміакѣ, и *оранжевожелтой*, составленной изъ раствора двухромокислаго калия. Черезъ синюю жидкость проходятъ всѣ лучи болѣе преломляемой половины спектра, включая и часть зеленыхъ лучей; черезъ оранжевожелтую — лучи красные, оранжевые, желтые и прилегающіе къ нимъ зеленые лучи; такимъ образомъ, при посредствѣ этихъ двухъ жидкостей, удается разъединить спектръ на двѣ почти равныя части и изслѣдовать вліяніе каждой въ отдѣльности. Изъ остальныхъ окрашенныхъ жидкостей оказались пригодными для этой цѣли слѣдующія:

темно-красная, амміачный растворъ кармина, прозрачная для красныхъ и части оранжевыхъ лучей;

красная анилиновая краска, прозрачная для красныхъ и оранжевыхъ лучей;

зеленая, растворъ хлористой мѣди, пропускающая часть оранжевыхъ, желтые, зеленые и часть синихъ лучей;

фіолетовая анилиновая краска, пропускающая красные, оранжевые, синіе, фіолетовые лучи, задерживая желтые и зеленые;

орсемиль, растворенный въ водѣ, съ небольшою примѣсью амміака; жидкость эта прозрачна по отношенію къ краснымъ, оранжевымъ, зеленымъ, синимъ, фіолетовымъ лучамъ, т. е. ко всѣмъ цвѣтамъ, за исключеніемъ желтаго;

хлорофиллъ (о поглощеніи имъ свѣта см. ниже);

растворъ іода въ спиртѣ, пропускающій только темные теплородные лучи.

Всѣ работы, появившіяся до Сакса, лишены значенія, такъ какъ не заключаютъ вовсе опредѣленія характера свѣта, прошедшаго черезъ окрашенную среду. Въ трудахъ Сакса, а равно и во всѣхъ позднѣйшихъ, находятся, правда, указанія на составъ окрашеннаго свѣта, но также далеко не достаточныя; приведенъ призматическій анализъ свѣта качественный, а не количественный. Между

тѣмъ не подлежитъ сомнѣнію, что свѣтъ, прошедшій чрезъ окрашенную среду, является всегда, въ бѣльшей или меньшей мѣрѣ, ослабленнымъ и при томъ неравномѣрно, по отношенію къ различнымъ элементарнымъ лучамъ, которые входятъ въ его составъ. Поэтому за окрашенной средой получается свѣтъ отличный отъ бѣлаго, не только по отсутствію нѣкоторыхъ составныхъ частей, но и по различной напряженности элементарныхъ лучей.

По справедливому опредѣленію Волкова ¹⁾: „экспериментаторы, освобождая, путемъ поглощенія изъ общаго состава лучей, находящихся въ солнечномъ свѣтѣ, тѣ изъ нихъ, которыхъ дѣйствіе на ассимиляцію подвергалось изслѣдованію, получили результаты, которые во всякомъ случаѣ отвѣчали на вопросъ: *какъ дѣйствуютъ солнечныя лучи, прошедшіе чрезъ такія-то и такія окрашенныя среды, оставляя совершенно нерѣшеннымъ вопросъ: какъ дѣйствуютъ лучи различнаго преломленія собственно солнечнаго свѣта.* Очевидно, что оба эти вопроса до тѣхъ поръ ничего не будутъ имѣть между собою общаго, покуда экспериментаторы не опредѣлятъ: *въ какомъ отношеніи измѣнилось напряженіе лучей различной преломляемости послѣ прохожденія ихъ сквозь окрашенныя среды, ясныѣ: въ какомъ отношеніи состоитъ напряженіе различно окрашенныхъ группъ лучей позади срединъ къ напряженію тѣхъ же группъ въ чистомъ воздухѣ.* „Почти всѣ они (т. е. изслѣдователи) подвергали растворы свои и стекла спектроскопическому изслѣдованію. Поэтому они знали что за свѣтъ они имѣли. Но знали ли они сколько они его имѣли?“

Остальныя сюда относящіяся работы, имѣвшія цѣлью разслѣдовать связь между поглощеніемъ хлорофилломъ лучей свѣта различной окраски и разложеніемъ углекислоты растеніями будутъ изложены ниже въ статьѣ: объ источникѣ энергіи, заимствуемой растеніями извнѣ.

Главнѣйшіе результаты надъ усвоеніемъ листьями составныхъ частей атмосферы получены при посредствѣ анализа газовъ, окружающихъ растеніе. Этотъ способъ, весьма точный, представляетъ однако неудобство въ томъ, что можетъ быть примѣненъ только при значительномъ объемѣ газа и требуетъ продолжительнаго опыта.

Желая избѣгнуть этого неудобства, Саксъ ²⁾ ввелъ, для количественнаго опредѣленія выдѣленнаго кислорода, приемъ, впервые предложенный Дютроше ³⁾, именно: *отсчитываніе пузырьковъ газа, выдѣляемыхъ на свѣтъ водными растеніями.* Для этого погружаютъ въ воду съ углекислотой отрѣзокъ воднаго растенія (*Elodea*, *Hippuris*, *Ceratophyllum*) сръзаннымъ концомъ вверхъ и выставляютъ на свѣтъ; изъ надрѣза немедленно начинаютъ выдѣляться пузырьки газа. По числу пузырьковъ Саксъ полагаетъ возможнымъ заключать о ходѣ разложенія углекислоты. При необыкновенной простотѣ, этотъ приемъ представляетъ удобство еще въ томъ отношеніи, что, для полученія результата, тре-

¹⁾ Волковъ. Къ вопросу объ ассимиляціи стр. 19 и сл. (1875).

²⁾ Sachs Bot. Zeit. 1864; p. 363.

³⁾ Dutrochet. Mémoires, 1837; p. 182.

буется лишъ нѣсколько минутъ. При выставленіи на свѣтъ, уже чрезъ нѣсколько минутъ, устанавливается довольно постоянный токъ газа, измѣряемый посредствомъ отсчитыванія выходящихъ изъ надрѣза пузырьковъ газа. При затѣненіи, почти мгновенно количество пузырьковъ уменьшается; въ темнотѣ прекращается иногда чрезъ нѣсколько минутъ; по выставленіи на свѣтъ тотчасъ возобновляется съ прежнею силою. Къ сожалѣнію однако этотъ изящный и простой пріемъ не принадлежитъ къ числу точныхъ. Результаты опытовъ затемняются нѣсколькими побочными явленіями: 1) выдѣляемые пузырьки газа оказались составленными не изъ чистаго кислорода, а изъ различной смѣси его съ азотомъ и углекислотою; 2) количество выходящихъ пузырьковъ газа можетъ служить указаніемъ на выходненіе лишъ части образованнаго кислорода, такъ какъ несомнѣнно, что онъ, въ значительной степени, можетъ проникать въ воду, діосмируя въ растворенномъ состояніи, чрезъ поверхностные слои растенія; 3) скорость выходненія газа изъ надрѣза обусловливается не только разложеніемъ углекислоты, но и непосредственнымъ нагрѣваніемъ растенія солнцемъ; наконецъ 4) выходненіе газа изъ надрѣза оказалось обусловленнымъ, по изслѣдованіямъ Фанъ-Тигема, двумя причинами, не имѣющими ничего общаго между собою: во 1-хъ выдѣленіемъ кислорода, въ слѣдствіе разложенія углекислоты, и во 2-хъ диффузіей газовъ, проявляемой между растеніемъ и окружающей жидкостью, съ одинаковою силою, растеніями живыми и отмершими. Болѣе пригоднымъ представляется этотъ пріемъ при непосредственномъ опредѣленіи, въ выдѣляемомъ газѣ, содержанія кислорода по способу Тимирязева (см. его статью: L'état actuel de nos connaissances s. l. fonction chlorophyllienne. Bullet. du congrès international d. botanique et d'horticulture réuni à St. Pétersbourg, p. 103 (1884). Посредствомъ спеціального прибора, приспособленнаго къ измѣренію и анализу малѣйшихъ количествъ газа (до $\frac{1}{100000}$ куб. сантим.), Тимирязевъ опредѣляетъ содержаніе кислорода въ газѣ, выдѣляемомъ *Elodea canadensis* подъ вліяніемъ свѣта. Возможность ограничиться малымъ количествомъ газа и быстрота опредѣленія кислорода чрезвычайно облегчаютъ изслѣдованіе. Анализъ газа заканчивается, по показанію Тимирязева, въ двѣ минуты и дѣлаетъ излишними поэтому поправки на давленіе и температуру. Въ виду вышеизложенныхъ обстоятельствъ, весьма желательна точная провѣрка этого микровѣдометрическаго анализа газа.

Совершенно иной способъ наблюденія надъ выдѣленіемъ кислорода зелеными частями растеній предложилъ Энгельманъ ¹⁾.

По вычисленію Энгельмана, способъ этотъ на столько чувствителенъ, что дѣлаетъ возможнымъ открытіе одной сто бильонной части миллиграмма кислорода. Реактивомъ послужили ему бактеріи, всего лучше мелкія формы, напр. *Bacterium Termo Cohn*. Въ молодомъ возрастѣ онѣ быстро двигаются, поглощая съ жадностью кислородъ изъ окружающей среды; при недостаткѣ кислорода дѣлаются неподвижными. Зависимость движенія ихъ отъ присутствія кислорода обнаруживается легко въ каплѣ воды, покрытой покровной пластинкой. По мѣрѣ потребленія кислорода, перестаютъ прежде всего двигаться бактеріи въ срединѣ

1) *Engelmann. Bot. Zeit, 1881; 441.*

капли; по краямъ движеніе ихъ продолжается до тѣхъ поръ, пока сами бактеріи, скопившись массою, не преграждаютъ доступа кислорода внутрь капли и не положить предѣла движенію. Подобную же быструю остановку въ движеніи обнаруживаютъ бактеріи въ струѣ водорода; при замѣнѣ водорода воздухомъ движеніе тотчасъ возобновляется съ прежнею силою. Энгельманъ воспользовался этимъ свойствомъ бактерій, для открытія малѣйшихъ слѣдовъ кислорода въ жидкости. Онъ помѣщалъ, для этой цѣли, въ каплю воды съ бактеріями, клѣтки съ хлорофилломъ, напр. какую нибудь зеленую водоросль и, покрывъ каплю покровною пластинкой, переносилъ въ темноту; по прошествіи нѣкотораго времени, въ срединѣ капли, бактеріи дѣлались неподвижными, за недостаткомъ кислорода. Стоило однако только выставить препаратъ на свѣтѣ, чтобы немедленно возбудить движеніе бактерій, смежныхъ съ водорослью, подъ вліяніемъ кислорода, выдѣленнаго ею на свѣтѣ. По мѣрѣ накопленія кислорода, движеніе распространялось и на другія бактеріи. Особенно наглядно обнаруживалась связь между движеніемъ бактерій и выдѣленіемъ кислорода въ присутствіи клѣтокъ съ различнымъ расположеніемъ хлорофилла. Такъ напр. вокругъ *Zygnema*, въ клѣткахъ которой хлорофиллъ образуетъ два скопленія, движеніе бактерій сосредоточивалось около этихъ мѣстъ каждой клѣтки; водоросль *Mesocarpus*, съ прямой пластинкой хлорофилла, идущей по длинѣ клѣтки, приводила въ движеніе бактеріи вдоль краевъ пластинки; *Spirogyra* вызывала движеніе бактерій по спиральнымъ полоскамъ, параллельнымъ лентамъ хлорофилла. Въ противоположность зеленымъ водорослямъ, клѣтки съ безцвѣтною плазмой (монады, амѣбы, мицелій плѣсней, корневые волоски *Hydrocharis morsus ranae*) не вызывали и слѣда движенія въ бактеріяхъ. Энгельманъ изслѣдовалъ этимъ способомъ выдѣленіе кислорода при ламповомъ свѣтѣ, бѣломъ и окрашенномъ. Въ полномъ ламповомъ свѣтѣ происходило выдѣленіе кислорода; весьма энергичными оказались красные лучи, съ длиною волны 0,70 μ —0,60 μ , также оранжевые и желтые; слабѣе дѣйствовали лучи синіе; еще слабѣе зеленые. Ультра-красные, получаемые при пропусканіи свѣта сквозь растворъ іода въ сѣрнистомъ углеродѣ, не вызывали вовсе движенія бактерій. Изслѣдованія дѣйствія цвѣтнаго свѣта на выдѣленіе кислорода были частью произведены со свѣтомъ спектральнымъ, частью же при посредствѣ смѣшаннаго цвѣтнаго свѣта, тщательно изслѣдованнаго спектроскопомъ и по возможности монохроматическаго. Образование кислорода, обнаруживаемое движеніемъ бактерій, совпадало съ моментомъ освѣщенія и повидимому прекращалось въ моментъ устраненія свѣта. Энгельманъ прибавляетъ, что кромѣ цѣльныхъ клѣтокъ, выдавленные зерна хлорофилла продолжали вызывать движеніе бактерій, до наступленія дезорганизаціи зерна; основываясь на этихъ наблюденіяхъ, онъ принимаетъ, что и удаленное изъ клѣтки зерно хлорофилла сохраняетъ нѣкоторое время способность выдѣлять кислородъ. Изъ наблюденій надъ движеніемъ бактерій, Энгельманъ полагаетъ возможнымъ заключать объ относительной интензивности выдѣленія кислорода и предлагаетъ этотъ пріемъ для количественнаго опредѣленія разложенія углекислоты зелеными частями растений въ микроспектрѣ. См. Engelmann. Bot. Zeit. 1882 p. 419; 1883, p. 17; 1884, p. 81; 1886, p. 43; и возраженія Прингсхейма: Pringsheim. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1885, B. 3; p. LXXII и 1886, B. 4, p. 90.

Наконецъ заслуживаетъ вниманія еще рекомендованная Гоппе-Зейле-

ромъ ¹⁾ реакція на кислородъ, выдѣляемый зелеными частями растеній на солнцѣ. Въ стеклянную трубку въ 1,5—2 сант. ширины и 20—30 сант. длины, запаянную съ нижняго конца, вводятъ отрѣзокъ *Elodea canadensis* въ 1—1½ сантим. длины, и наполняютъ трубку водою съ примѣсью небольшого количества гнилой крови; наполнивъ трубку до верху, ее запаиваютъ. Посредствомъ спектроскопа въ красноватой жидкости легко распознаются линіи поглощенія оксигемоглобина. Если же оставить трубку въ темнотѣ, то послѣ исчезновенія кислорода, получается спектръ поглощенія гемоглобина. При освѣщеніи трубки солнцемъ, въ слѣдствіе выдѣленія кислорода, вновь появляются почти моментально линіи поглощенія оксигемоглобина, сперва только въ жидкости, непосредственно окружающей растеніе, чрезъ нѣкоторое время по всему протяженію трубки. Запаянный въ трубкѣ отрѣзокъ *Elodea canadensis* выросталъ до 8 сант. длины и оставался живымъ въ продолженіи четырехъ недѣль, если только трубка оставалась въ разсѣянномъ свѣтѣ. Пока растеніе живо, удается, по произволу, вызывать въ жидкости спектры поглощенія гемо- и оксигемоглобина.

9

Усвоеніе листьями кислорода, азота и амміака изъ атмосферы.

Усвоеніе кислорода листьями. На стр. 96. и слѣд. описаны опыты, которыми Бусенго доказалъ, что разложеніе углекислоты листьями на свѣтѣ происходитъ безъ участія кислорода и азота воздуха. Между прочимъ выяснилось, что, удерживая углекислоту, листья усваиваютъ не только углеродъ, но и объемъ кислорода, равный половинному содержанію его въ поглощенной углекислотѣ. При этомъ остается еще не рѣшеннымъ принадлежитъ ли кислородъ, выдѣляемый листьями, частью водѣ, доставляемой корнями, или цѣликомъ заимствуется изъ углекислоты атмосферы. Если придерживаться даже перваго предположенія, то необходимо допустить, что, вмѣстѣ съ углеродомъ, усваивается листьями изъ углекислоты и часть кислорода. Усвоеніе кислорода листьями изъ атмосферы, въ видѣ составной части углекислоты, слѣд. не подлежитъ сомнѣнію. Результатъ остается тотъ же, если, согласно съ Рейнке, принять за исходное соединеніе синтеза углеводовъ не ангидридъ угольной кислоты и воду, а гидратъ угольной кислоты ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_3$).

Роль газообразнаго азота въ питаніи листьями не вполне еще выяснена. Касательно участія его въ этомъ процессѣ имѣются показанія діаметрально противоположныя. Соссюръ ²⁾ напр. утверждалъ, что поглощеніе углекислоты листьями, на свѣтѣ, сопровождается выдѣленіемъ не только кислорода, но и азота, и что послѣдній выдѣляется въ такомъ количествѣ, что сумма объемовъ кислорода и азота равняется объему поглощенной углекислоты.

Бусенго, специально занимавшійся ролью азота въ питаніи растеній, самымъ рѣшительнымъ образомъ опровергаетъ это показаніе и рассматриваетъ газообразный азотъ атмосферы за тѣло, совершенно безразлично относящееся къ питанію растеній, по крайней мѣрѣ хлорофиллоносныхъ. Онъ не признаетъ также

1) *Hoppe-Seiler. Zeitschr. f. physiol. Chemie, 2; 427 (1878—1879).*

2) *Saussure. Rech. chim. s. l. végétation. 1804, p. 43.*

вывода Виля ¹⁾, который принимает, что растенія могут усваивать газообразный азотъ изъ атмосферы. Выводы Бусенго ²⁾ были подтверждены англійскими учеными Джильбертомъ, Лоозомъ и Пегомъ ³⁾, потратившими много лѣтъ и труда на выясненіе роли азота въ питаніи растеній; изъ совокупности всѣхъ ихъ опытовъ слѣдуетъ, что растенія не въ состояніи усваивать газообразнаго азота.

Первенствующее мѣсто среди этихъ изслѣдованій принадлежитъ работамъ Бусенго. Показаніе Соссюра о выдѣленіи азота при поглощеніи углекислоты было опровергнуто Бусенго критическимъ разборомъ приведенныхъ Соссюромъ числовыхъ данныхъ.

Бусенго ⁴⁾ кромѣ того предпринялъ рядъ опытовъ, слѣдуя методу, отличному отъ употребленнаго его предшественниками. Онъ не старался устранять азота изъ прибора, но опредѣлялъ измѣненіе въ содержаніи азота, во время опыта, изъ точнаго сличенія количества его въ началѣ и концѣ опыта. Три равныя колбы были до верху наполнены водою, съ одинаковымъ содержаніемъ углекислоты. Въ двѣ изъ нихъ Бусенго ввелъ равныя, по вѣсу, количества листьевъ одного и того же растенія. Одну изъ колбъ выставилъ на свѣтъ; другую же колбу съ листьями, а равно и третью колбу съ одною водою, подвергнулъ тотчасъ же кипяченію въ безвоздушномъ пространствѣ, съ цѣлью выдѣлить, до послѣднихъ слѣдовъ, заключенные въ жидкости газы. Подобному же кипяченію была подвергнута, по окончаніи опыта, колба съ листьями, предоставленная въ продолженіи нѣсколькихъ часовъ дѣйствию солнечнаго свѣта. Газы, извлеченные изъ колбы съ водою безъ листьевъ, указали на составъ газовъ въ жидкости, взятой для опыта; изъ колбы съ листьями, не подвергнутой дѣйствию свѣта, выдѣлились не только газы, заключенные въ жидкости, но и введенные въ колбу вмѣстѣ съ листьями. Посредствомъ вычитанія изъ этихъ чиселъ количества газовъ, добытыхъ изъ колбы съ водою безъ листьевъ, получилось указаніе на газы, содержавшіеся въ листьяхъ, взятыхъ для опыта. Наконецъ газы, выдѣленные изъ колбы съ листьями, подвергнутой дѣйствию свѣта, обнаружили измѣненія, происшедшія въ составѣ газовой смѣси подѣ влияніемъ свѣта. Изъ сравненія состава газовъ всѣхъ трехъ колбъ оказалось, что всѣ они заключали одинаковыя количества азота или, другими словами, что при разложеніи углекислоты листьями на свѣтѣ вовсе не выдѣлилось азота.

Для извлеченія газовъ изъ жидкости кипяченіемъ въ безвоздушномъ пространствѣ Бусенго употребилъ слѣдующій приборъ (рис. 19 на стр. 108): колба (A) съ жидкостью, изъ которой предполагалось извлечь газы, была соединена съ двугорлымъ шаромъ (g) меньшаго размѣра, посредствомъ изогнутыхъ стеклянныхъ трубокъ и каучука. Соещеніе между этими двумя сосудами могло быть прервано или возстановлено съ помощью зажима (d). Во второе горлышко шара (g) была вставлена, посредствомъ каучуковой пробки, длинная, колѣнчато-изогнутая стеклянная трубка (hi), опущенная нижнимъ концомъ въ ртуть. На дно двугорлаго шара была налита вода. Прервавъ, посредствомъ зажима (d), сообщеніе между колбою и шаромъ, Бусенго нагрѣвалъ въ шарѣ воду до кипѣнія и продолжалъ кипяченіе жидкости до тѣхъ поръ; пока не былъ вытѣсненъ изъ шара парами воды весь воздухъ. Поднятіе ртути въ трубкѣ (hi) до барометрической высоты, по прекращеніи нагрѣванія шара, служило указаніемъ на полное вытѣсненіе воздуха. При возстановленіи

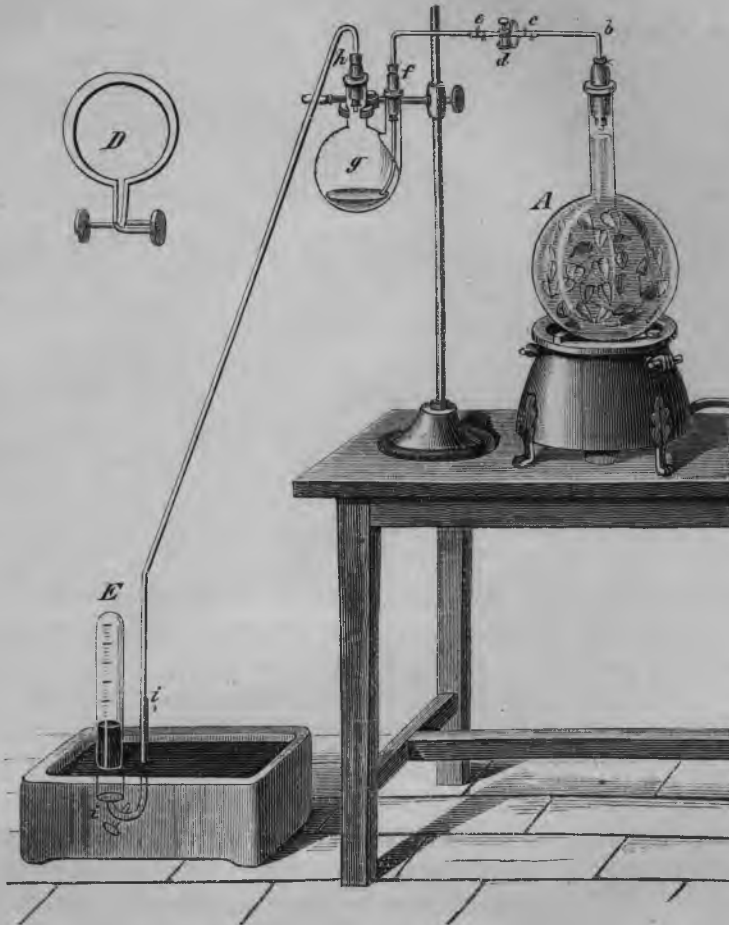
1) G. Ville. Rech. expérimentales sur la végétation, 1868.

2) Boussingault. Agronomie, Chim. agricole, Physiologie, t. 1; 1 (1860) 2; 347 (1861) 3; 266. (1864).

3) Gilbert, Lawes and Pugh. Philos. Mag. Vol. 151, Part. 2 (1861).

4) Boussingault. Agronomie, Chimie agricole, Physiol. t. 3, p. 266.

Рис. 19.



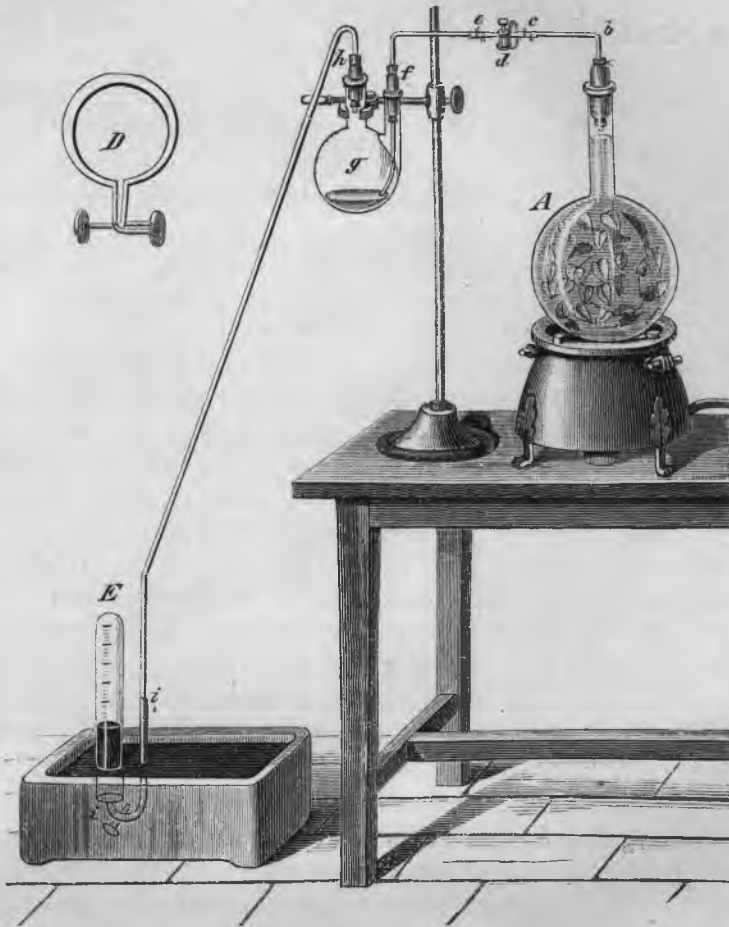
Приборъ Бусенго для анализа газо́въ, выдѣленныхъ изъ жидкости кипяченіемъ въ безвоздушномъ пространствѣ.

сообщенія между шаромъ и колбою (А) часть газо́въ немедленно выдѣлялась изъ жидкости колбы и переходила въ безвоздушное пространство шара, даже безъ нагрѣванія. Нагрѣваніемъ же колбы до кипѣнія жидкости, удавалось легко перегнать въ шаръ (g) съ парами воды, заключенные въ колбѣ газы до послѣднихъ слѣдовъ. Затѣмъ Бусенго вновь разобцалъ колбу съ шаромъ, и наставивъ надъ нижнимъ концомъ трубки (hi) цилиндръ (E), наполненный ртутью, осторожнымъ нагрѣваніемъ перегонялъ въ него собравшіеся въ шарѣ газы. Разслѣдованіе состава смѣси газо́въ производилось посредствомъ общепринятыхъ газометрическихъ приѣмовъ.

Въ отрицательномъ же смыслѣ удалось Бусенго ¹⁾ разрѣшить вопросъ объ усвоеніи газообразнаго азота листьями. Бусенго имѣлъ при этомъ въ виду задачу болѣе широкую: изслѣдовать можетъ ли вообще усваиваться газообразный азотъ растеніями. Полученный отрицательный результатъ разрѣшилъ въ то же время, въ отрицательномъ смыслѣ, вопросъ объ усвоеніи газообразнаго азота

1) *Boussingault. Agron., Chim. agric. Physiol. etc. t. 1, 1.*

Рис. 19.



Приборъ Бусенго для анализа газовъ, выдѣленныхъ изъ жидкости кипяченіемъ въ безвоздушномъ пространствѣ.

сообщенія между шаромъ и колбою (A) часть газовъ немедленно выдѣлялась изъ жидкости колбы и переходила въ безвоздушное пространство шара, даже безъ нагрѣванія. Нагрѣваніемъ же колбы до кипѣнія жидкости, удавалось легко перегнать въ шаръ (g) съ парами воды, заключенные въ колбѣ газы до послѣднихъ слѣдовъ. Затѣмъ Бусенго вновь разобцалъ колбу съ шаромъ, и наставивъ надъ нижнимъ концомъ трубки (h) цилиндръ (E), наполненный ртутью, осторожнымъ нагрѣваніемъ перегонялъ въ него собравшіеся въ шарѣ газы. Разслѣдованіе состава смѣси газовъ производилось посредствомъ общепринятыхъ газометрическихъ пріемовъ.

Въ отрицательномъ же смыслѣ удалось Бусенго ¹⁾ разрѣшить вопросъ объ усвоеніи газообразнаго азота листьями. Бусенго имѣлъ при этомъ въ виду задачу болѣе широкую: изслѣдовать можетъ ли вообще усваиваться газообразный азотъ растеніями. Полученный отрицательный результатъ разрѣшилъ въ то же время, въ отрицательномъ смыслѣ, вопросъ объ усвоеніи газообразнаго азота

1) *Boussingault. Agron., Chim. agric. Physiol. etc. t. 1, 1.*

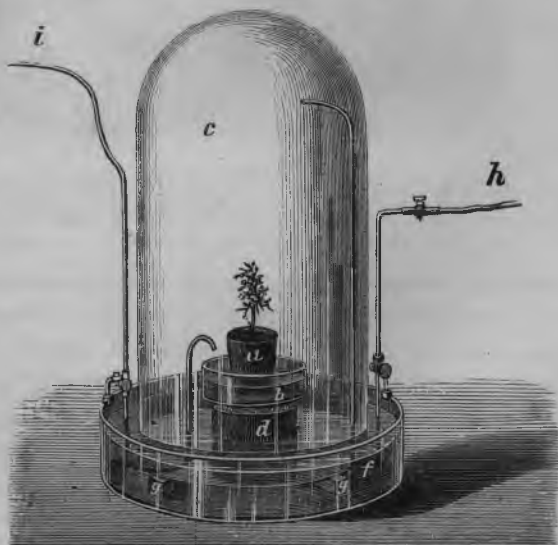
листьями. При культурѣ, изъ сѣмени, въ искусственной почвѣ и атмосферѣ, лишенныхъ соединеній азота, выращенное растеніе заключало количество азота одинаковое съ сѣменемъ. Бусенго убѣдился въ этомъ посредствомъ элементарнаго анализа сѣмени и растенія. Первые опыты культуры, произведенные въ 1837—1838 годахъ въ искусственной почвѣ, лишенной соединеній азота, показали, что, изъ атмосферы, растенія могутъ заимствовать азотъ лишь въ весьма незначительномъ количествѣ, но и эта прибыль азота происходила, какъ увидимъ ниже, на счетъ амміака и азотной кислоты атмосферы, въ которой эти соединенія всегда находятся, хотя и въ минимальныхъ количествахъ.

Вполнѣ точное совпаденіе количествъ азота въ сѣмени и въ растеніи дали культуры, въ которыхъ соединенія азота были устранены не только изъ почвы, но и изъ атмосферы, окружающей растеніе. Бусенго при этомъ указываетъ, что, для полученія почвы совершенно свободной отъ соединеній азота, необходимо прокаленную, еще не остывшую почву перенести въ замкнутый сосудъ съ сѣрной кислотой и держать въ немъ до начала опыта. Въ прокаленномъ пескѣ, оставленномъ открытымъ на воздухѣ, чрезъ трое сутокъ, онъ находилъ до 0,78 миллигр. амміака въ каждомъ килограммѣ песка. Амміакъ былъ имъ найденъ также въ прокаленномъ толченомъ кирпичѣ, въ толченныхъ костяхъ, въ древесномъ углѣ, послѣ того какъ они простояли на воздухѣ въ продолженіи нѣсколькихъ дней.

Опыты надъ усвоеніемъ газообразнаго азота растеніями были произведены частью въ замкнутой атмосферѣ, частью въ струѣ воздуха, предварительно очищеннаго отъ соединеній азота.

Опыты въ замкнутой атмосферѣ располагались слѣдующимъ образомъ: (рис. 20) сосудъ (а), съ прокаленной пемзой или пескомъ и сѣменами, помѣщался на поддонникѣ (b) подъ стекляннымъ колпакомъ (c); поддонникъ поддерживался подставкой (d), въ широкой плоской чашкѣ (f) съ сѣрной кислотой. Стеклянный колпакъ (c), погруженный нижнимъ краемъ въ сѣрную кислоту, стоялъ на трехъ стеклянныхъ подставкахъ (g) и поддерживался ими, на нѣкоторой высотѣ, надъ дномъ чашки. Внутри колпака были проведены двѣ стеклянные, изогнутыя трубы; чрезъ одну (i) подливалась въ поддонникъ вода, чрезъ другую (h) вводилась по временамъ углекислота. Смотря по объему почвы въ горшкѣ, къ ней примѣшивалось отъ 1 до 10 грам-

Рис. 20.



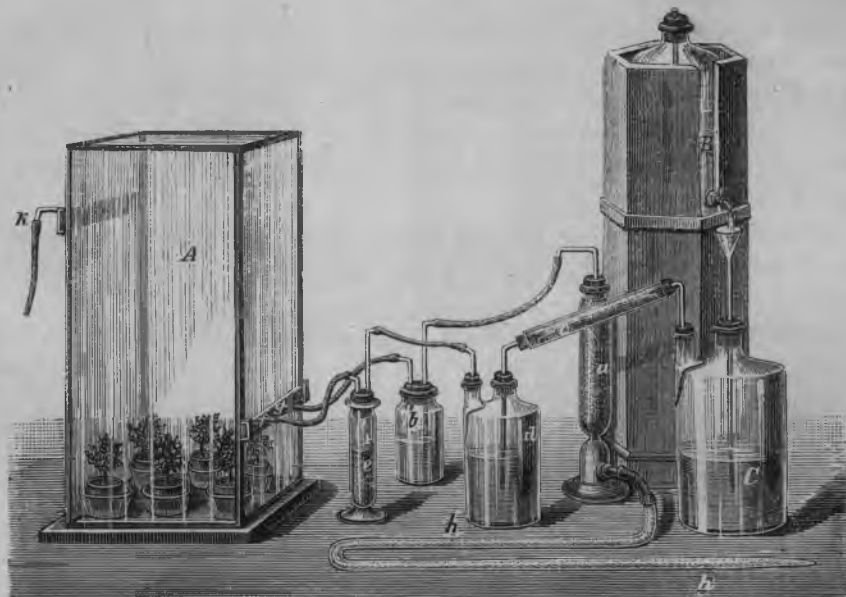
Приборъ Бусенго для выращивания растеній въ замкнутомъ пространствѣ, лишенномъ соединеній азота.

мовъ древесной золы, навоза и нѣсколько золы сѣмянъ того вида растенія, надъ которымъ производился опытъ.

Нѣсколько иной пріемъ изслѣдованія былъ употребленъ Бусенго въ 1853 году. Сѣмена выращивались въ объемистыхъ стеклянныхъ шарахъ (вмѣщавшихъ отъ 30—90 литровъ), въ большомъ количествѣ прокаленной почвѣ съ золою (отъ 94—840 граммовъ). Шаръ въ верхней части суживался въ горлышко, въ которое плотно вставлялась шейка гораздо меньшаго шара, наполненнаго углекислотою. Приборъ этотъ оставался герметически замкнутымъ во все время опыта. Въ выращенныхъ растеніяхъ также не обязалось прибыли азота.

Результатъ опыта не измѣнился при культурѣ растеній въ струѣ воздуха, предварительно очищеннаго отъ соединеній азота (рис. 21). Вышеозначенныя рас-

Рис. 21.



Приборъ Бусенго для выращивания растеній въ струѣ углекислоты и воздуха, лишенныхъ соединеній азота.

тенія выращивались изъ сѣмянъ въ стеклянныхъ сосудахъ, наполненныхъ, какъ и въ предъидущихъ опытахъ, прокаленной почвѣ и золою; сосуды помѣщались въ большомъ стеклянномъ шкафѣ (A). Черезъ шкафъ (A), во все время опыта, проходилъ токъ смѣси воздуха и углекислоты. Вошедшіе газы вытягивались изъ стекляннаго шкафа (A) посредствомъ аспиратора, черезъ трубку (k). Воздухъ проникалъ въ (A) черезъ отверстіе (g), но предварительно, онъ проходилъ 1) черезъ длинную, изогнутую трубку (h), наполненную крупными кусками пемзы, пропитанной крѣпкой сѣрной кислотой, 2) черезъ сосудъ (a), наполненный также кусками пемзы, смоченной сѣрной кислотой, и наконецъ 3) черезъ сосудъ (b), содержащій дистиллированную воду. Углекислота, добываемая въ сосудѣ (C), пропущалась, на пути къ шкафу (A), черезъ трубку (c) съ кусками предварительно

нагрѣтаго мѣла, чрезъ двугорлую склянку (*d*), съ растворомъ двууглекислаго натрія, и наконецъ чрезъ цилиндръ (*e*), содержащій куски цемзы, смоченные также растворомъ двууглекислаго натрія. Углекислота составляла по объему отъ 2% до 3% пропущеннаго чрезъ аппаратъ воздуха. Прибыли азота не оказалось вовсе.

Интересное дополненіе къ предъидущимъ опытамъ представляетъ произведенное Бусенго выращиваніе растеній изъ сѣмени на открытомъ воздухѣ¹⁾. Семя помѣщалось въ горшкѣ съ прокаленной почвою и минеральными солями подъ стеклянный фонарь (рис. 22), въ который свободно могъ проникать свѣжій воздухъ; для этой цѣли, боковыя стѣнки фонаря поддерживались на нѣкоторомъ разстояніи отъ дна подставками; на подобныхъ же подставкахъ покоилась крышка фонаря, оставляя значительную щель между крышкою и стѣнками. Выращенныя растенія обнаружили небольшую прибыль азота.

Рис. 22.



Приборъ Бусенго для выращиванія растеній на вольномъ воздухѣ, въ почвѣ лишенной соединенія азота.

Результаты Бусенго подтверждены были впоследствии Джильтбертомъ, Лоозомъ и Пэгомъ²⁾.

Къ выводамъ совершенно иного рода пришелъ Виль³⁾. Выращивая сѣмена, со всевозможными предосторожностями, въ почвѣ, лишенной соединенія азота, Виль получалъ растенія, заключавшія гораздо больше азота, чѣмъ сѣмена, взятая для опыта. По мнѣнію Вилия, они могли заимствовать азотъ только изъ воздуха, въ видѣ газообразнаго азота.

Основываясь на критическомъ разборѣ числовыхъ данныхъ Вилия (см. обмѣнъ веществъ, стр. 434 и слѣд.), я полагаю, что опыты Бусенго заслуживаютъ предпочтеніе, и что, не смотря на противурѣчивыя показанія Вилия, слѣдуетъ признать, что газообразный азотъ не усваивается хлорофиллоносными растеніями.

Между тѣмъ въ настоящее время совершенно неизвѣстно какими процессами переводится газообразный азотъ въ соединенія азотистыя (азотную кислоту и аміакъ), удобно усваиваемыя растеніями. Образующаяся въ почвѣ селитра происходитъ, во всѣхъ точно разслѣдованныхъ случаяхъ, изъ органическихъ азотистыхъ соединеній, гниющихъ остатковъ животныхъ и растеній; при этомъ не рѣдко

1) *Boussingault* l. c. t. 1, p. 141.

2) *Gilbert, Lawes and Pugh*. *Phil. Mag.* Vol. 151. Part. II (1861).

3) *Ville*. *Recherches expérimentales* s. l. végétation, 1868.

часть связаннаго азота выдѣляется въ видѣ газообразнаго азота. Образование азотной кислоты и амміака, изъ непосредственнаго соединенія кислорода и водорода съ азотомъ, наблюдаемое во время грозъ, чрезвычайно незначительно, сравнительно съ потребнымъ для растений количествомъ связаннаго азота. По опредѣленіямъ Лооза и Джильберта, съ гектара луга, снимается ежегодно съ жатвой отъ 50—60 килограммовъ амміака, между тѣмъ какъ получаемое, въ продолженіи года съ дождевой водой, количество амміака и азотной кислоты равняется лишь 8 килограммамъ.

Въ послѣднее время Бертелло и Андре, въ цѣломъ рядѣ работъ, помѣщенныхъ въ Ann. d. Chim. et d. Phys. S. 6. T. 8. (1866 г.), стараются доказать, что растенія, изобилующія селитрою (*Borrago*, *Amaranthus*), образуютъ азотную кислоту изъ азота воздуха внутри своихъ тканей. По моему мнѣнію однако, результатъ этотъ нельзя считать доказаннымъ; приводимые доводы: малое количество селитры въ почвѣ, сравнительно съ растеніями, преобладаніе селитры въ стебляхъ, при незначительномъ содержаніи ея въ корняхъ, не убѣдительны.

Въ работахъ Бертелло и Андре недостаетъ, къ сожалѣнію, рѣшающаго опыта, именно: выращиванія вышеназванныхъ растений въ растворѣ солей безъ азота; появленіе селитры (азотной кислоты) въ растеніи, въ данномъ случаѣ, послужило бы неопровержимымъ доказательствомъ предполагаемой способности растений образовать азотную кислоту изъ азота атмосферы.

Въ виду отрицательныхъ результатовъ, полученныхъ относительно усвоенія азота хлорофиллоносными растеніями, особенный интересъ приобрѣтаютъ имѣющіяся, еще не опровергнутыя, показанія о способности нѣкоторыхъ простѣйшихъ грибовъ и бактерій переводить газообразный азотъ въ азотистыя органическія соединенія. Бусенго, Вольфъ и Циммерманъ, правда, отрицаютъ способность плѣсней усваивать газообразный азотъ, но съ другой стороны имѣются заслуживающія вниманія, діаметрально противоположныя показанія Жодена, Фогеля и Бертелло. Фогель (*Vogel Sitzungsber. d. Bayer. Ak. 1882. V. 2; 39*) заключаетъ о поглощеніи газообразнаго азота простѣйшими грибами, изъ наблюденія надъ развитіемъ, въ растворѣ углеводовъ (декстрина и сахара), мицелія, въ которомъ оказалось отъ 5%—6,6% азота. Значительное содержаніе азота Фогель приписалъ поглощенію азота изъ воздуха, такъ какъ специальное разслѣдованіе декстрина и сахара, въ растворѣ которыхъ развился мицелій, не обнаружило вовсе азота. Одновременно появилась замѣтка Жодена ¹⁾ о развитіи грибнаго мицелія, богатаго азотомъ (отъ 4%—6%) въ смѣси раствора сахара, виннокаменной кислоты, глицерина и минеральныхъ солей, не содержавшихъ вовсе азота. Мицелій появлялся даже въ запаянныхъ сосудахъ, въ искусственной атмосферѣ изъ кислорода и азота. Жодену удавалось наблюдать исчезаніе азота воздуха, заключеннаго въ сосудѣ, въ размѣрѣ равномъ 6%—7% поглощеннаго растеніями кислорода. Бертелло ²⁾ подтверждаетъ усвоеніе газообразнаго азота грибами (*Penicillium*) цѣлымъ рядомъ опытовъ. Онъ показалъ сперва, что нѣкоторыя органическія соединенія (напр. бензинъ, декстрины) поглощаютъ газообраз-

1) *Jodin*. C. R. 55; 612 (1862).

2) *Bertelot*. C. R. 82; 1283 и 1357 (1876); 83; 677. (1876).

ный азотъ изъ воздуха въ весьма значительномъ количествѣ, если только окружающій воздухъ будетъ наэлектризованъ, хотя бы и въ весьма слабой степени. Для этой цѣли, Бертелло составилъ аппаратъ изъ двухъ стеклянныхъ, тонкостѣнныхъ и запаянныхъ трубокъ, надѣтыхъ одна на другую. Во внутренней трубкѣ, или въ промежуткѣ между внутреннею и наружною, помѣщалась свернутая въ цилиндръ серебряная или платиновая пластинка, плотно приложенная къ стѣнкѣ трубки. Пластинка эта была припаяна къ платиновой провололкѣ, впаянной въ трубкѣ, пропущенной къ наружи. Наружная поверхность внѣшней трубки была покрыта листовымъ оловомъ, которое сообщалось съ почвою. Внутренней пластинкѣ и, слѣд., заключенному въ ней газу, сообщалось атмосферное электричество чрезъ проволоку, которая свободнымъ концомъ была погружена въ аппаратъ Томсона, т. е. въ большой плоскій, сверху открытый сосудъ съ водою, поставленный на высотѣ двухъ метровъ надъ поверхностью земли. Отворяя кранъ, придѣланный съ боку, близъ дна сосуда, можно заставить вытекать изъ сосуда воду. Вытекающая струя воды увлекаетъ электричество, противоположное атмосферному; въ остающейся водѣ оказывается свободное электричество слоя воздуха, въ которомъ помѣщается аппаратъ Томсона; электричество это передается, чрезъ проволоку и внутреннюю арматуру газамъ, заключеннымъ во внутренней трубкѣ. Пространство между трубками наполняется, до запаиванія трубокъ, воздухомъ или азотомъ; здѣсь помѣщается полоска бумаги, смоченная нѣсколькими каплями густаго декстрина; затѣмъ наружная трубка тоже запаивается. Электрическое напряженіе между арматурами равняется разности электричества почвы и слоя воздуха, на двухъ метрахъ высоты надъ почвою. Во всѣхъ трубкахъ съ воздухомъ или азотомъ, какъ запаянныхъ, такъ и въ трубкахъ, оставленныхъ открытыми, оказалось значительное поглощеніе азота органическими веществами; въ каждой трубкѣ было поглощено по нѣскольку миллиграммовъ азота. Особенно много поглотила азота трубочка, въ которой случайно развилась на бумагѣ плѣнь (*Penicillium*?). Поглощеніе азота было доказано нагрѣваніемъ органической массы съ натристою известью до 300° — 400° Ц., причемъ поглощенный азотъ выдѣлялся въ видѣ амміака. По мнѣнію Бертелло, азотъ образовался съ изслѣдованными органическими тѣлами амидообразныя соединенія. Ни азотной, ни азотистой кислотъ не образовалось вовсе въ этихъ условіяхъ. На основаніи своихъ опытовъ, Бертелло предполагаетъ поэтому усвоеніе газообразнаго азота изъ атмосферы не только грибами, но и другими растеніями.

Въ дополненіе къ этимъ опытамъ, Бертелло показалъ, что глинистыя почвы переводятъ газообразный азотъ воздуха въ азотистыя соединенія. Процессъ этотъ онъ приписываетъ микроорганизмамъ почвы, на томъ основаніи, что, нагрѣтая до 100° Ц. почва не фиксируетъ болѣе газообразнаго азота. На свѣтѣ процессъ этотъ идетъ быстрѣе, чѣмъ въ темнотѣ; зимою совершенно прекращается. По вычисленію Бертелло, гектаръ песчанной почвы можетъ получить этимъ путемъ въ годъ до 20 килограммовъ, а глинистая—до 32 килограммовъ связаннаго азота. Berthelot. Compt.-rend., Т. 101; p. 775 (1885).

Наиболѣе извѣстныя работы надъ усвоеніемъ воздушными частями растеній амміака произведены Саксомъ ¹⁾, Мейеромъ ²⁾, Шлѣзин-

1) *Sachs*. Chem. Ackermann. 1860, p. 163 (Jahresb. d. Agr. Chem. 1860; p. 78).

2) *Meyer*. Sand. Vers. 17; p. 329 (1874).

гомъ ¹⁾ и Вилемъ. Онѣ привели къ заключенію, что амміакъ можетъ усваиваться листьями изъ атмосферы.

Виль замѣтилъ чрезвычайно сильное разрастаніе и окраску въ темнозеленый цвѣтъ листьевъ отъ прибавленія къ воздуху $\frac{2}{10000}$ до $\frac{4}{10000}$ амміака. Къ сожалѣнію опыты Вили не представляютъ ручательства въ поглощеніи амміака воздушными частями растеній, такъ какъ дѣйствию смѣси воздуха съ амміакомъ подвергались цѣльныя растенія съ почвой, въ которой произрастали. Въ виду однако, съ одной стороны, вреднаго вліянія углеамміачной соли на корни (см. Обм. вещ. стр. 367), а, съ другой стороны, указанія Вили на примѣсъ амміака не къ почвѣ, а къ атмосферѣ, можно съ большою вѣроятностью принять, что усиленное развитіе растеній, въ опытахъ Вили, обусловливалось поглощеніемъ амміачной соли листовою. Отъ примѣси амміака къ воздуху получались растенія большихъ размѣровъ и вѣса и болѣе богатая содержаніемъ азота.

Виль указываетъ на успѣшное примѣненіе амміака для усиленія роста растеній въ оранжереяхъ. Получались прекрасные результаты отъ примѣси къ воздуху въ оранжереѣ 1,25 гр. амміака на кубическій метръ воздуха. Въ Англии, пишетъ Виль, для этой цѣли натираютъ, по 2 раза въ недѣлю, углекислымъ амміакомъ трубы, служащія для нагрѣванія оранжереи. Виль ²⁾ нашелъ болѣе удобнымъ употреблять приборъ, составленный изъ шара съ плоскимъ дномъ и трехгорлой склянки. Каждое утро вводятъ въ шаръ по нѣскольکو кусковъ извести и опредѣленный объемъ раствора нашатыря. Пробка шара снабжена двумя отверстіями, съ стеклянными трубками; одна изъ нихъ сообщается съ системой свинцовыхъ трубокъ, которыя проводятъ газъ въ 5—6 различныхъ мѣстъ оранжереи; посредствомъ другой — шаръ соединяется съ трехгорлой склянкой. Въ склянку вводятъ мѣлу или мрамора и по временамъ прибавляютъ сѣрной кислоты; развивающаяся углекислота переходитъ въ шаръ и проникаетъ въ оранжерею черезъ свинцовыя трубки, содержащія пары амміака. Особенно сильное вліяніе амміака сказывалось на растеніяхъ, выращенныхъ въ плодородной почвѣ.

Интересны также, приведенныя Вилемъ, наблюденія надъ чрезмѣрнымъ развитіемъ листвы и надъ задержкой развитія цвѣтотвъ у многихъ оранжерейныхъ растеній, вызваннаго пропусканіемъ амміака, по способу Вили. Особенно заслуживаетъ вниманія его указаніе ³⁾, что спрыскиваніемъ, посредствомъ пульверизатора, ягодъ винограда водою съ примѣсью углекислаго амміака, получились ягоды въ 2 раза крупнѣе обыкновенныхъ.

Б. О синтезѣ органическихъ соединеній въ растеніяхъ изъ минеральныхъ составныхъ частей сырой пищи.

Опыты культуры выяснили, что хлорофиллоносныя растенія могутъ развиваться вполне и принести зрѣлыя сѣмена, если имъ доставить водный растворъ пяти неорганическихъ солей: KNO_3 , KH_2PO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 , PFeO_4 , въ

1) *Schloesing*. *Compte-rendu*, 78; p. 700 (1874).

2) *Ville* l. c. p. 85.

3) *Ville* l. c. p. 97.

присутствіи O_2 и CO_2 . При ближайшемъ разсмотрѣніи синтеза органическихъ соединеній въ растеніяхъ прежде всего подлежитъ разрѣшенію вопросъ: всѣ ли органическія соединенія образуются въ растеніяхъ при содѣйствіи свѣта или только нѣкоторыя, и какія именно? На этотъ вопросъ имѣется одно положительное указаніе: доказана зависимость образованія отъ свѣта хлорофилла и углеводовъ; появленіе послѣднихъ, какъ увидимъ ниже, неразрывно связано съ разложеніемъ углекислоты и выдѣленіемъ кислорода зелеными частями растеній на свѣтѣ.

Относительно остальныхъ органическихъ соединеній, положительныхъ данныхъ не имѣется, но существуютъ косвенныя указанія на синтезъ, въ растеніяхъ, сложнѣйшихъ изъ органическихъ соединеній: бѣлковыхъ тѣлъ и жировъ, безъ содѣйствія свѣта, изъ минеральныхъ соединеній и углеводовъ (см. ниже въ статьѣ о питаніи грибовъ).

Среди безчисленнаго количества реакцій синтеза въ растеніяхъ необходимо слѣдовательно различать: 1) реакціи, происходящія только въ присутствіи свѣта и 2) реакціи, не нуждающіяся въ его содѣйствіи.

Реакціи, происходящія только въ присутствіи свѣта.

Все извѣстное о синтезѣ органическихъ соединеній въ растеніяхъ сводится почти исключительно къ изслѣдованіямъ образованія углеводовъ изъ углекислоты и воды; существующія указанія на образованіе, въ нѣкоторыхъ растеніяхъ, путемъ синтеза на свѣтѣ жира, требуютъ еще дальнѣйшаго разслѣдованія; обусловливаемое свѣтомъ зеленѣніе растеній, по всему вѣроятію, не принадлежитъ къ реакціямъ синтеза. Замѣчательно, что новообразованіе всѣхъ этихъ соединеній, подъ вліяніемъ свѣта, происходитъ только въ хлорофиллоносной ткани и притомъ исключительно въ зеленыхъ крахмалообразователяхъ.

Относящіяся сюда изслѣдованія я изложу въ слѣдующемъ порядкѣ: образованіе подъ вліяніемъ свѣта 1) крахмала (и глюкозы), 2) маслообразнаго жира и 3) хлорофилла

Синтезъ крахмала.

Микроскопическія изслѣдованія надъ появленіемъ и исчезновеніемъ отложеній крахмала въ зернахъ хлорофилла. Присутствіе крахмала въ зернахъ хлорофилла было замѣчено еще Мульдеромъ¹⁾; при этомъ онъ полагалъ что зерна крахмала, постепенно зеленѣя, превращаются въ зерна хлорофилла. Моль²⁾ подтвердилъ присутствіе крахмала въ зернахъ хлорофилла, но утверждалъ, что не зерно хлорофилла образуется изъ крахмала, а наоборотъ, крахмаль отлагается въ зернѣ хлорофилла. Въ настоящее время извѣстны случаи образованія, въ крахмалообразователяхъ, хлорофилла до появленія крахмала, а также и случаи отложенія крахмала въ крахмалообразователяхъ, лишенныхъ хлорофилла;

1) *Mulder Versuch einer physiol. Chemie*, p. 294.

2) *Mohl. Vegetab. Zelle*, p. 205.

къ первымъ относятся крахмалообразователи зеленые, называемые обыкновенно зернами хлорофилла; ко вторымъ—крахмалообразователи безцвѣтные, находимые въ тканяхъ растений, устраненныхъ отъ свѣта. Здѣсь я буду имѣть въ виду только первые. Способы отложенія и нарастанія крахмала въ зернахъ хлорофилла были тщательно изслѣдованы въ послѣднее время Шимперомъ ¹⁾.

Наблюдая отложенія крахмала въ зернахъ хлорофилла, Саксъ ²⁾ нашель, что они исчезаютъ, если растеніе перенестъ въ темноту, а на свѣтѣ вновь появляются, и притомъ исключительно въ зернахъ хлорофилла. Предметомъ для его наблюденій послужили листья *Nicotiana tabacum*, *Tropaneolium majus*, *Geranium peltatum*. Листья ихъ, какъ и всѣхъ другихъ растений, обнаружили, на вырѣзанныхъ отрѣзкахъ, присутствіе крахмала въ зернахъ хлорофилла. Затѣмъ растенія были перенесены въ темноту; чрезъ опредѣленные промежутки времени свѣжіе куски листьевъ были изслѣдованы на крахмаль; чѣмъ дольше оставались растенія въ темнотѣ, тѣмъ меньше заключали они крахмала въ зернахъ хлорофилла; по прошествіи нѣсколькихъ сутокъ, исчезли послѣдніе слѣды его, въ чемъ легко было убѣдиться, дѣйствуя на разрѣзы растворомъ іода. Растенія между тѣмъ оставались живыми и образовали, за это время, этиолированные побѣги, на счетъ запаснаго матеріала, который они заключали до перенесенія въ темноту.

При обратномъ перемѣщеніи обезкрахмаленныхъ растений, изъ темноты на свѣтѣ, они вновь образовали крахмаль; по прошествіи нѣсколькихъ дней удавалось убѣдиться въ его присутствіи въ зернахъ хлорофилла; какъ и прежде, нигдѣ, въ другихъ мѣстахъ зеленыхъ частей растенія, его не было.

Саксъ въ послѣднее время предложилъ весьма простой и удобный способъ для наблюденія надъ исчезаніемъ и новообразованіемъ крахмала въ цѣльныхъ листьяхъ. Предназначенный для изслѣдованія листъ кипятятъ въ водѣ, въ продолженіи десяти минутъ, и затѣмъ обезцвѣчиваютъ спиртомъ; обезцвѣченный листъ переносятъ въ водный растворъ іода въ іодистомъ калиѣ. По отсутствію синей окраски, или по болѣе или менѣе синему цвѣту листа, судятъ о количествѣ заключеннаго въ листѣ крахмала. (Sachs. Ein Beitrag z. Kenntniss d. Ernährungsthätigk. d. Blätter. Arb. d. bot. Jnstit. in. Würzburg. B, 3 (1884).

Саксъ совершенно вѣрно заключилъ, на основанія своихъ опытовъ, о зависимости образованія и исчезанія крахмала въ зернахъ хлорофилла отъ свѣта и указаль на крахмаль, какъ на одинъ изъ первыхъ продуктовъ ассимиляціи.

Мнѣ удалось найти объектъ гораздо болѣе удобный для подобнаго рода наблюденій, именно водоросль *Spirogyra*.

Нитчатка эта состоитъ изъ ряда цилиндрическихъ клѣтокъ, сращенныхъ основаніями. Каждая изъ клѣтокъ исполнѣ самостоятельна и можетъ разрастись въ длинную нить. *Spirogyra* удобно разрѣзается ножницами на части, составленныя изъ нѣсколькихъ клѣтокъ; отрѣзанные участки быстро разрастаются. Посредствомъ маленькой кисточки, отрѣзки легко переносить, безъ малѣйшаго поврежденія, изъ одного сосуда въ другой, вслѣдствіи чего удается наблюдать однѣ и тѣ же клѣтки въ продолженіи нѣсколькихъ недѣль. Измѣряя ихъ посредствомъ окулярнаго микрометра, я узнаваль ихъ природу, въ то же время могъ слѣдить

1) *Schimper*. Bot. Zeit. 1880; p. 881 и 1881, p. 185.

2) *Sachs*. Bot. Zeit. 1862, № 44 и 1864 № 38.

за их дѣленіемъ, за накопленіемъ и исчезаніемъ крахмала и другими измѣненіями, которыя въ нихъ происходили. Чтобы устранить поврежденіе, которое могло произойти, при обыкновенномъ способѣ наблюденій подѣ микроскопомъ, отъ защемленія отрѣзковъ въ каплѣ между предметнымъ стекломъ и покровной пластинкой, я наблюдалъ ихъ въ висячей каплѣ. Капля съ водорослью помѣщалась на нижней сторонѣ покровной пластинки, которая поддерживалась, на нѣкоторой высотѣ, надъ предметнымъ стекломъ, двумя картонными или стеклянными перекладами. Въ промежуткѣ между наблюденіями, отрѣзки *Spirogyra* помѣщались въ блюдцѣ съ водою.

Характерную особенность клѣтокъ *Spirogyra* составляютъ, какъ извѣстно, чечевицеобразное ядро и зеленныя ленты, окрашенныя хлорофилломъ и соответствующія зернамъ хлорофилла другихъ растений (рис. 23 на стр. 118). Сообразно съ этимъ слѣдовало ожидать, что въ клѣткахъ *Spirogyra* крахмаль будетъ образоваться исключительно въ лентахъ хлорофилла; наблюденія вполнѣ оправдали высказанное предположеніе.

Нѣсколько отрѣзковъ *Spirogyra* я оставилъ въ темнотѣ; послѣ того какъ весь крахмаль изъ нихъ исчезъ, я перенесъ отрѣзки на свѣтъ; чрезъ 30 минутъ уже появились въ лентахъ хлорофилла вновь зернышки крахмала, не смотря на то, что источникъ свѣта былъ сравнительно слабый, именно ламповый свѣтъ, усиленный двумя рефлекторами и плосковыпуклой чечевицей¹⁾. Опыты эти удаются легко если только, для избѣжанія чрезмѣрнаго нагреванія *Spirogyra*, задержать темныя тепловыя лучи, вставкой между источникомъ свѣта и водорослью, стекляннаго сосуда съ параллельными стѣнками, наполненнаго водою.

При замѣнѣ ламповаго свѣта солнечнымъ, появленіе крахмальныхъ зеренъ обнаруживалось, по наблюденіямъ Крауса²⁾, уже чрезъ пять минутъ. У цвѣтковыхъ (*Raphanus sativus*) удалось Годлевскому³⁾ наблюдать появленіе зернышекъ крахмала послѣ 15-минутнаго пребыванія на свѣтѣ; столь быстрое образованіе крахмала происходило однако только въ смѣси воздуха съ 8% углекислоты. Появленіе крахмала, въ этихъ случаяхъ, несомнѣнно обуславливалось синтезомъ его изъ углекислоты и воды.

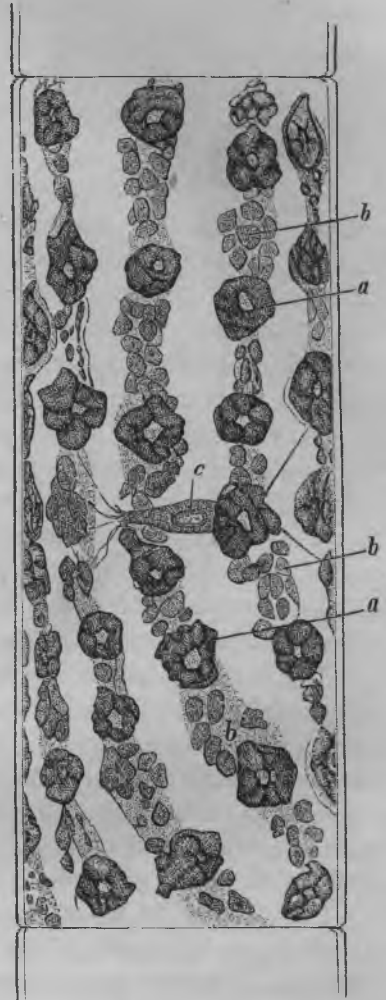
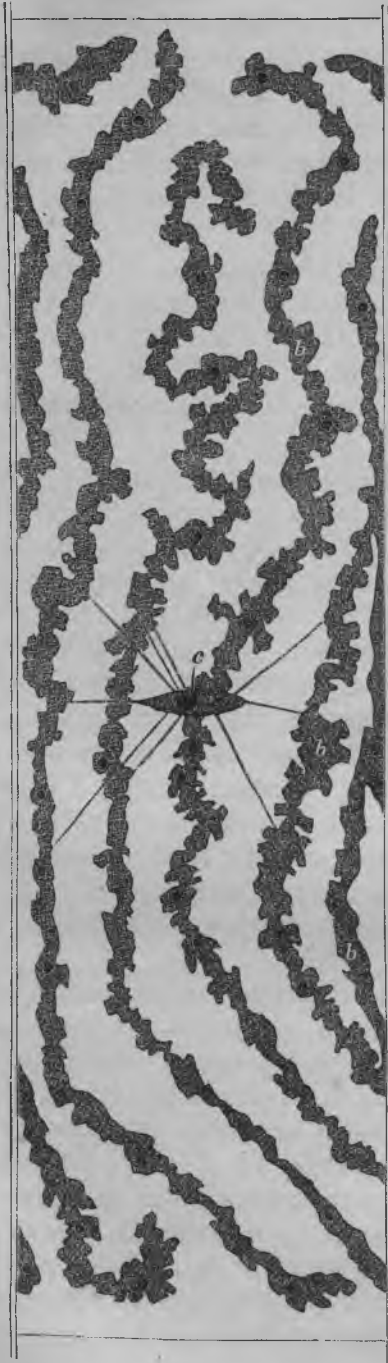
Слѣдую вышеописанному приему, я имѣлъ возможность наблюдать однѣ и тѣ же клѣтки въ продолженіи нѣсколькихъ недѣль, и мнѣ удалось, съ желаемою точностью, прослѣдить, на отрѣзкахъ *Spirogyra*, соотношеніе между потребленіемъ крахмала, отложеннаго въ лентахъ хлорофилла и разрастаніемъ клѣтокъ. Въ клѣткахъ *Spirogyra*, предоставленныхъ непрерывному освѣщенію ламповымъ свѣтомъ, въ продолженіи сутокъ или болѣе, ленты хлорофилла до того переполнялись крахмаломъ, что становились толще, и въ слѣдствіе увеличенія объема дѣлались блѣднозелеными. Если въ переполненномъ крахмаломъ отрѣзкѣ *Spirogyra* измѣрить длину клѣтокъ подѣ микроскопомъ и оставить его въ темнотѣ, то легко замѣтить, повторяя измѣреніе клѣтокъ, что онѣ быстро растутъ и дѣлятся (большою частью только по одному разу). По мѣрѣ разрастанія клѣтокъ прояв-

1) Фаминцынъ. Дѣйствіе свѣта на водоросли. 1866; стр. 39; см. также Mém. biol. de l'Acad. de St. Pétersbourg. 5; 1 (1865); 6; 277 (1867); 7; 1 (1868); 9; 131 (1873).

2) Kraus. Pringsh. Jahrb. 7; 511. (1869—70).

3) Godlewski. Flora 1873; 380.

Рис. 23.



Клѣтки *Spirogyra* (лѣвая не содержитъ крахмала; въ правой ленты хлорофилла переполнены имъ). *a* крахмальные зерна, *b* ленты хлорофилла; *c* ядро съ ядрышкомъ.

ляется постепенная убыль крахмала въ лентахъ хлорофилла. По прошествіи нѣкотораго времени ростъ клѣтокъ съ каждымъ днемъ слабѣетъ и наконецъ совершенно прекращается; къ этому времени въ отрѣзкѣ не оказывается вовсе

крахмала. Между тѣмъ всѣ клѣтки въ отрѣзкѣ еще совершенно живы, и чтобы возбудить въ нихъ прежнюю жизнедѣятельность, стоитъ только вновь предоставить ихъ, на нѣсколько часовъ, дѣйствию свѣта. Измѣняя время пребыванія отрѣзковъ *Spirogyra* на свѣтѣ и въ темнотѣ, я нашелъ наиболѣе выгоднымъ предоставлять ихъ ежесуточно, въ продолженіи шести часовъ, дѣйствию ламповаго свѣта, а на остальные восемнадцать часовъ переносить въ темноту. Въ продолженіи шести часовъ появляются въ клѣткахъ *Spirogyra* весьма значительныя и крупныя отложенія крахмала; при слѣдующемъ восемнадцати-часовомъ пребываніи въ темнотѣ весь крахмаль потребляется, до послѣднихъ слѣдовъ, и клѣтки отрѣзка оказываются, ко времени перенесенія ихъ на свѣтъ, вполне обезкрахмаленными. Повторяя подобныя манипуляціи нѣсколько сутокъ сряду, удается, въ сравнительно короткое время, на одномъ и томъ же отрѣзкѣ, прослѣдить зависимость роста клѣтокъ отъ присутствія въ нихъ крахмала, съ желаемою точностью.

Не подлежитъ сомнѣнію, что одновременно съ крахмаломъ происходитъ синтезъ и другихъ соединений, необходимыхъ для разрастанія клѣтокъ, такъ какъ только при полномъ составѣ запаснаго матеріала, возможно построеніе изъ него новыхъ частей растенія; непосредственныхъ же указаній на это не имѣется. Въ настоящее время можно только утверждать, что, по присутствію или отсутствію запаснаго крахмала, удается опредѣлить съ достовѣрностью (по крайней мѣрѣ для *Spirogyra*) на сколько изслѣдуемый отрѣзокъ способенъ разрастись, при устраненіи условій ассимиляціи углекислоты. На прилагаемомъ рисункѣ (рис. 23) достаточно ясно выражены различія клѣтки *Spirogyra* на свѣтѣ и въ темнотѣ. X

Зависимость синтеза крахмала отъ присутствія углекислоты съ атмосферѣ. Годлевскій¹⁾ и Молль²⁾ изслѣдовали зависимость образованія крахмала на свѣтѣ отъ присутствія углекислоты въ атмосферѣ, и получили весьма любопытные результаты. Годлевскій выращивалъ сѣмена *Raphanus sativus* въ нескѣ съ примѣсью минеральныхъ солей. Когда сѣмядоли выросли и заключали въ зернахъ хлорофилла значительныя отложенія крахмала, Годлевскій переносилъ растеньица въ замкнутую атмосферу, лишенную углекислоты, и выставлялъ на свѣтѣ. Оказалось, что въ растеньицѣ не только не образовалось новаго крахмала, но и накопленный въ зернахъ хлорофилла, крахмаль до начала опыта, исчезалъ столь же быстро, какъ и въ темнотѣ. На основаніи этихъ фактовъ Годлевскій заключилъ, что раствореніе и потребленіе крахмала, образованнаго въ зернахъ хлорофилла, не прекращается на свѣтѣ, и что видимое увеличеніе его массы, подѣ влияніемъ свѣта, обусловливается преобладаніемъ процесса новообразованія крахмала надъ его потребленіемъ.

Послѣднія наблюденія Годлевскаго были въ точности подтверждены Моллемъ; въ листьяхъ *Phaseolus multiflorus*, *Cucurbita Pepo*, *Tropaeolum nanum* и *Beta vulgaris var. saccharifera* перенесенныхъ на свѣтъ, въ атмосферу лишенную углекислоты, крахмаль исчезалъ столь же быстро, какъ въ листьяхъ, оставленныхъ въ темнотѣ. Кромѣ того Моллю удалось доказать, что углекислота,

1) Godlewski. Flora 1873; 378.

2) Moll. Extrait d. Archives Néerlandaises, T. 12 (1876); болѣе подробное изложеніе см. Landw. Jahrbücher 1877; 327.

разлагаемая листьями, заимствуется исключительно из атмосферы, между тѣмъ какъ корни углекислоты не доставляютъ. Выводы свои Молль основываетъ на слѣдующихъ опытахъ: въ первой серіи опытовъ, листья *Typha latifolia*, *T. stenophylla* и *Sparganium ramosum* были обезкрахмалены предварительнымъ пребываніемъ въ темнотѣ. Листъ былъ введенъ нижнею частью въ стеклянный пріемникъ, заключавшій смѣсь воздуха съ 5% углекислоты; средняя часть листа оставалась свободною, а верхняя помѣщалась въ замкнутую атмосферу, лишенную углекислоты. Затѣмъ листъ былъ выставленъ на солнце. По прошествіи 1—2 дней, Молль, согласно ожиданію, нашелъ нижнюю часть листа переполненною крахмаломъ, между тѣмъ какъ въ верхней не было и слѣдовъ крахмала. Во второй серіи опытовъ, вершина листа была защеблена между двумя плотно приложенными стеклянными чашками; въ одной изъ нихъ находился растворъ ѣдкаго кали; остальная часть листа помѣщалась въ смѣси воздуха и 5% углекислоты. Объектами служили листья *Cucurbita Pepo*, *Vitis vinifera*, *Cercis Siliquastrum*, *Viola suava*, *Polygonum bistorta* и *Trifolium pratense*. Не смотря на непосредственное соприкосновеніе части листа, лишенной углекислоты, и части, оставленной въ смѣси воздуха и углекислоты, въ первой не образовалось вовсе крахмала, между тѣмъ какъ вторая заключала его въ изобиліи. Къ подобному результату привели третья и четвертая серіи опытовъ, различающіяся отъ предъидущихъ только тѣмъ, что изслѣдуемая часть листьевъ были отрѣзаны и разъединены до начала опыта.

Быстрота ассимиляціи крахмала въ листьяхъ оказалась, по Мейеру (A. Meyer. Bot. Zeit., p. 417 (1885)), весьма различною въ разныхъ растеніяхъ; двудольныя накапливаютъ крахмалъ въ весьма большомъ количествѣ; однодольныя вообще меньше, нѣкоторыя же изъ нихъ (*Allium*, *Asphodelus*, *Anthericum*) вовсе не образовали крахмала даже въ листьяхъ, отрѣзанныхъ отъ растеній, т. е. при устраненіи перемѣщенія ассимилированного крахмала въ другія части растенія.

Въ листьяхъ, не содержащихъ крахмала, Мейеру удалось обнаружить накопленіе на свѣтѣ растворимыхъ въ водѣ углеводовъ (раскисляющихъ и не раскисляющихъ окись мѣди) и слѣдовательно доказать, что они замѣняютъ въ этихъ растеніяхъ крахмалъ. Подобное же накопленіе тростниковаго сахара въ листьяхъ, подъ вліяніемъ свѣта, обнаружено было Жираромъ въ свекловицѣ. По опредѣленіямъ Жирара (*Compt.-rend.*, Т. 97 (1883) и Т. 99 (1884)), содержаніе тростниковаго сахара въ листьяхъ свекловицы оказалось въ зависимости отъ свѣта. Къ вечеру, въ свѣтлый день, листья содержали больше тростниковаго сахара, чѣмъ въ дни пасмурные. За ночь, почти весь сахаръ исчезалъ изъ листьевъ, перемѣщаясь въ корень.

Попытки замѣнить углекислоту другими источниками углерода. Неоднократно пытались замѣнить углекислоту, въ питаніи хлорофиллоносныхъ растеній, другими источниками углерода. Въ атмосферѣ, лишенной углекислоты, выращивали растенія, погружая ихъ корнями въ питательныя смѣси неорганическихъ солей съ примѣсью углекислыхъ и двууглекислыхъ солей щелочей; соли эти вредно дѣйствовали на корни и растенія не развивались. Сходный результатъ получился при замѣнѣ углекислыхъ солей различными органическими кислотами (щавелевой, виннокаменной). Отрицательный результатъ выпалъ на долю опытовъ Бусенго (*Boussingault. Agron. Chim. agric. et Physiol.* Т. 4; 297 (1868)), ко-

торый пытался замѣнить углекислоту окисью углерода: листья, выставленные на свѣтъ, въ смѣси окиси углерода и водорода, не выдѣляли вовсе кислорода.

Тѣмъ не менѣе однако оказалось, что хлорофиллоносныя растенія могутъ всасывать и потреблять нѣкоторыя изъ предоставленныхъ имъ тройныхъ органическихъ соединений, разрастаться до извѣстной степени на ихъ счетъ, и даже выработывать изъ нихъ крахмалъ, отлагая его въ видѣ зеренъ въ крахмалообразователяхъ. Легче всего удаются эти опыты съ отрѣзками растеній. Бѣмъ первый нашель, что отрѣзки растеній, погруженные срѣзомъ въ 5% — 10% растворъ тростниковаго сахара, развивались сильнѣе и оставались долѣе свѣжими, чѣмъ отрѣзки, опущенные нижнимъ концомъ въ дистиллированную воду. Въ отрѣзкахъ, погруженныхъ въ растворъ сахара, появлялись крахмальные зерна не только на свѣтѣ, но и въ темнотѣ и притомъ исключительно въ зернахъ хлорофилла. (Boehm. Landw. Versuchsstat. B. 23; 124 (1879); его же Bot. Zeit. 1883; p. 33). Результаты Бема были подтверждены почти одновременно Мейеромъ (Arthur Meyer. Bot. Zeit. 1883; p. 81) и Лораномъ (ib. p. 151); оба они наблюдали отложенія крахмала въ отрѣзкахъ различныхъ хлорофиллоносныхъ растеній, погруженныхъ срѣзомъ, или всюю поверхностью въ растворы тростниковаго и винограднаго сахара, маннита, а также и глицерина.

Попытки выяснить характеръ синтеза углеводовъ. Неоднократныя попытки выяснить синтезъ углеводовъ въ зеленыхъ частяхъ растеній не увѣнчались пока желаемымъ успѣхомъ. По мнѣнiю однихъ, образованiе углеводовъ изъ углекислоты и воды происходитъ путемъ постепеннаго раскисленiя; къ этому воззрѣнiю, заявленному въ первый разъ Либихомъ, присоединились въ послѣднее время Мейеръ и Брунеръ. По мнѣнiю другихъ (Бейеръ, Краусъ, Рейнке) первымъ продуктомъ ассимиляции является альдегидъ муравейной кислоты, изъ котораго, уплотненiемъ частицы, образуется углеводъ. Прингсхеймъ наконецъ считаетъ первымъ продуктомъ ассимиляции *липохлоринъ*, соединенiе имъ открытое и описанное. Изъ приведенныхъ объясненiй, второе, по видимому болѣе остальныхъ двухъ, приближается къ истинѣ.

Синтезъ маслообразныхъ, жирныхъ тѣлъ на свѣтѣ.

На стр. 120 были уже указаны растенія, которыя обыкновенно не содержатъ крахмала въ зернахъ хлорофилла; въ нѣкоторыхъ изъ нихъ роль крахмальныхъ отложенiй принимаютъ на себя капельки маслообразнаго вещества. Очень ясно удалось наблюдать это Бородину¹⁾ въ водоросли *Vaucheria sessilis*. Въ ней капли маслообразнаго вещества частью заключены въ зернахъ хлорофилла, частью между ними, въ периферическомъ слоѣ плазмы; подобно крахмальнымъ зернамъ, онѣ исчезали въ темнотѣ, а на свѣтѣ вновь образовались и достигали значительныхъ размѣровъ. Капли маслообразнаго жира доставляли повидимому материалъ для разрастанiя *Vaucheria*; по крайней мѣрѣ отрѣзокъ нити *Vaucheria sessilis* продолжалъ расти въ темнотѣ лишь на столько, на сколько въ немъ было отложено жира; съ исчезанiемъ послѣдняго прекращался ростъ отрѣзка. По наблю-

1) Borodin. Bot. Zeit. 1878; 497.

деніямъ Бородина, капельки маслообразнаго вещества появляются и растутъ внутри зеренъ хлорофилла, обыкновенно подѣ самую поверхность зерна; выросшія освобождаются изъ зеренъ хлорофилла и располагаются между ними, въ безцвѣтной плазмѣ. Весьма характерно, что отсутствіе крахмала въ зернахъ хлорофилла свойственно только нѣкоторымъ видамъ *Vaucheria*; по указанію Вальца¹⁾, *Vaucheria tuberosa* A. Br. содержитъ вмѣсто маслообразнаго тѣла, крахмалъ; у *Vaucheria sericea* Lymb. онъ находилъ отдѣльныя зерна крахмала. По мнѣнію Бородина, эти капельки маслообразнаго жира замѣняютъ въ *Vaucheria sessilis* зерна крахмала.

Напротивъ того роль маслообразныхъ капелекъ въ высшихъ растеніяхъ (*Musa*, *Strelitzia*) осталась до сихъ поръ невыясненною. Бріози²⁾, обратившій особенное вниманіе на растенія, не содержащія крахмала въ зернахъ хлорофилла, высказалъ предположеніе, что маслообразныя капельки имѣютъ составъ близкій къ тріолеину и представляютъ первый продуктъ ассимиляціи. Голле³⁾, также Годлевскій⁴⁾, доказали однако несостоятельность предположенія Бріози. Измѣненія, вызываемыя въ объемѣ и въ составѣ смѣси изъ воздуха и углекислоты листьями *Musa* и *Strelitzia* на свѣтѣ, оказались совершенно сходными съ тѣми, которыя производятъ остальные растенія: 1) объемъ смѣси оставался безъ перемѣны и 2) въ замѣнѣ поглощенной углекислоты былъ выдѣленъ равный объемъ кислорода. Принимая, согласно предположенію Бріози, тріолеинъ за первый продуктъ ассимиляціи, слѣдовало ожидать увеличенія объема смѣси газовъ приблизительно въ 1½ раза, какъ видно изъ слѣдующаго уравненія:



На 57 объемовъ углекислоты должно было выдѣлиться 80 объемовъ кислорода, т. е. приблизительно на 40% больше, противъ объема поглощенной углекислоты. Между тѣмъ Голле, а также Годлевскій показали, что листья *Musa* и *Strelitzia* выдѣляютъ, на свѣтѣ, объемъ кислорода приблизительно равный поглощенной углекислотѣ, такъ что объемъ газовой смѣси, въ продолженіи опыта, остается неизмѣннымъ.

Появленіе крахмала, вмѣстѣ съ равенствомъ объемовъ разлагаемой углекислоты и выдѣляемаго кислорода, Годлевскій приводитъ въ доказательство того, что вышеназванныя растенія, подобно остальнымъ, образуютъ изъ углекислоты и воды углеводы, и что появляющіяся капли маслообразнаго жирнаго вещества представляютъ экскретъ, т. е. соединеніе не пригодное для питанія растенія. Последнее подтверждаетъ и Голле, указывая на неизмѣняемость капелекъ жира въ растеніяхъ, оставленныхъ въ темнотѣ; въ растеніяхъ, пробывшихъ въ темнотѣ около десяти дней, не обнаружилось замѣтной убыли въ содержаніи капелекъ жира, чего не могло быть, если бы, подобно крахмалу, онъ представляли продуктъ ассимиляціи, предназначенный для построенія тканей растеній.

1) *Walz. Pringsh. Jahrb.* 5; 129 (1866).

2) *Briosi. Bot. Zeit.* 1873; 528.

3) *Holle. Flora* 1877; 113.

4) *Godlewski. Flora* 1877; 215.

Образованіе и разрушеніе хлорофилла и нѣкоторыхъ другихъ пигментовъ въ зависимости отъ свѣта.

Объектъ наиболѣе удобный для наблюденій надъ зеленѣніемъ представляютъ прорастающія растенія кресса, гороха, бобовъ и различныхъ злаковъ. Декандоля уже замѣтилъ, что зеленѣніе проявляется, съ большей или меньшей быстротой, смотря по напряженности свѣта, и ему уже было извѣстно, что зеленѣніе происходитъ всего быстрѣе въ свѣтѣ разсѣянномъ, т. е. умѣренной или средней напряженности. Саксъ ¹⁾ подтвердилъ наблюденія Декандоля, но далъ имъ другое толкованіе. Онъ нашель, что, если непосредственно освѣтитъ солнцемъ два горшка съ сѣменами, проросшими въ темнотѣ, и одинъ изъ нихъ прикроетъ, надвинувъ на горшокъ колпачекъ изъ нѣсколькихъ листовъ бумаги, то подъ бумагой растенія зеленѣютъ быстрѣе, чѣмъ въ открытомъ горшкѣ.

Подобную разницу въ скорости зеленѣнія Саксу удалось вызвать на различныхъ мѣстахъ листа маиса, проросшаго въ темнотѣ. Онъ затѣнялъ мѣстами листъ свинцовою пластинкою, которую обертывалъ вокругъ листа въ видѣ пояса; смотря по тому, на сколько плотно была прижата къ листу пластинка, получался результатъ различный. При совершенномъ устраненіи свѣта, посредствомъ плотнаго прикладыванія пластинки, въ прикрытой части, зеленѣнія не происходило вовсе. Если же, между пластинкою и поверхностью листа, оставался небольшой промежутокъ, то затѣненная часть, по выставленіи листа на непосредственный солнечный свѣтъ, оказывалась уже зеленою въ то время, когда остальная, открытая поверхность оставалась еще совершенно бѣлою. Болѣе быстрое зеленѣніе, подъ колпакомъ бумаги и не плотно прижатою свинцовою пластинкою, Саксъ объяснялъ болѣе возвышенной температурой прикрытыхъ растеній.

Толкованіе Сакса оказалось въ данномъ случаѣ ошибочнымъ. Я нашель, что растенія, проросшія въ темнотѣ и выставленныя на солнечный свѣтъ, зеленѣли ²⁾ быстрѣе, при затѣненіи вертикально повѣшаннымъ листомъ бумаги; въ горшкѣ непосредственно освѣщенномъ солнцемъ, всѣ растенія оставались еще бѣлыми въ то время, какъ за листомъ бумаги они принимали уже зеленую окраску. Подобный результатъ получился при мѣстномъ затѣненіи этиолированного листа маиса посредствомъ двойнаго экрана, не допускающаго возможности нагреванія. Затѣненное мѣсто зеленѣло въ то время, когда остальная поверхность листа, по прежнему, оставалась еще бѣлою. Эти наблюденія слѣд. подтвердили выводы Декандоля.

Болѣе быстрое зеленѣніе на свѣтѣ средней напряженности можетъ быть объяснено двоякимъ образомъ: или тѣмъ, что свѣтъ средней напряженности наиболѣе благоприятенъ для образованія хлорофилла, или же, согласно предположенію Виснера ³⁾, тѣмъ что, во время зеленѣнія, въ растеніи одновременно проявляются, подъ вліяніемъ свѣта, образованіе и разрушеніе хлорофилла. Придерживаясь втораго воззрѣнія, необходимо разсматривать появляющійся хлорофиллъ

1) *Sachs*. Handb. d. Experimentalphysiol. 1865, p. 11.

2) *Famintzin*. Mém. biolog. de l'Acad. de St. Pétersbourg, T. 6; 94 (1866).

Wiesner. Entstehung d. Chlorophylls in d. Pflanzen (1877).

3) *Wiesner*. Sitzungsber. d. Wien. Ak. B. 69. Abth. 1; p. 337 (1874).

какъ выраженіе перевѣса процесса его образованія надъ разрушеніемъ, а отсутствіе зеленія, при свѣтѣ большой напряженности, считать признакомъ, если не преобладанія, то по крайней мѣрѣ равенства процесса разрушенія хлорофилла съ образовательнымъ. Не предрѣшая, за недостаткомъ точныхъ фактическихъ данныхъ, толкованія вышеописанныхъ опытовъ, я полагаю наиболее пригоднымъ выразить полученный результатъ слѣдующимъ образомъ: *разсѣянный* (средней напряженности) *свѣтъ наиболее содѣйствуетъ накопленію хлорофилла* въ растеніяхъ; при выраженіи имѣющихся опытныхъ данныхъ такимъ образомъ, вопросъ не предрѣшается произвольно, и, въ выраженіи результата, не вносится ничего субъективнаго.

Весьма любопытныя наблюденія надъ зеленіемъ растеній произвелъ Виснеръ: заставляя проращать сѣмена на смоченной водою бумагѣ, на днѣ большихъ глиняныхъ горшковъ, онъ нашель, что зеленіе обнаруживалось при очень слабомъ свѣтѣ; оно происходило замѣтнымъ образомъ въ горщикахъ, прикрытыхъ 16 листами бумаги и прекращалось только подъ 29—30 листами.

Въ изслѣдованіи вопроса о вліяніи свѣта на зеленіе, Виснеръ ввелъ большое усовершенствованіе тѣмъ, что, вмѣсто измѣнчиваго дневнаго свѣта, употребилъ газовую горѣлку съ регуляторомъ, который, поддерживалъ въ пламени одинаковую напряженность свѣта, независимо отъ измѣненій въ давленіи притекающаго газа. Пламя равнялось 6,5 спермацетовымъ свѣчамъ¹⁾ и горѣло подъ давленіемъ столба воды въ 13,5 миллиметровъ. Свѣтъ этотъ оказался вполне достаточнымъ, чтобы произвести зеленіе растеній въ сравнительно короткое время. При 17,5°—18,5° Ц., на разстояніи 1,5 метра отъ пламени, этиолированные проростки образовывали хлорофиллъ въ нѣсколько минутъ.

Растенца не обнаруживали однако еще замѣтной зеленой окраски; для открытія хлорофилла Виснеръ²⁾ воспользовался спектроскопическимъ анализомъ спиртовой вытяжки. Въ вытяжкѣ, на глазъ совершенно безцвѣтной, присутствіе хлорофилла оказывалось появленіемъ полосы поглощенія между линиями В и С.

Изъ остальныхъ результатовъ Виснера заслуживаютъ особеннаго вниманія еще слѣдующіе: 1) образованіе хлорофилла въ темнотѣ, послѣ непродолжительнаго освѣщенія этиолированныхъ проростковъ солнцемъ; 2) значительное зеленіе, въ темныхъ тепловыхъ лучахъ, растеній, предварительно подвергнутыхъ дѣйствію свѣта въ продолженіи нѣсколькихъ только минутъ; этотъ результатъ тѣмъ замѣчательнъ, что эти лучи сами по себѣ не способны вызывать и слѣда зеленой окраски; 3) зависимость быстроты зеленія въ бѣломъ и окрашенномъ свѣтѣ отъ напряженности свѣта; смотря по напряженности, получалось болѣе интенсивное зеленіе то въ бѣломъ, то въ синемъ или желтомъ свѣтѣ; при средней, опредѣленной напряженности наблюдалось во всѣхъ трехъ аппаратахъ зеленіе приблизительно одинаковое.

Образованіе хлорофилла въ темнотѣ, послѣ непродолжительнаго освѣщенія солнцемъ, Виснеръ обнаружилъ чрезъ сравненіе полосъ поглощенія спиртовой вытяжки хлорофилла изъ 500—600 этиолированныхъ проростковъ ячменя, под-

2) Wiesner l. c. p. 44.

2) Wiesner l. c. p. 84.

вергнутых дѣйствию свѣта отъ 3—5 минутъ; часть проростковъ немедленно была изслѣдована на хлорофиллѣ, другіе же, послѣ освѣщенія, оставались въ темнотѣ въ продолженіи нѣсколькихъ часовъ. Болѣе ясная полоса поглощенія, между *B* и *C*, вытяжки изъ послѣднихъ растений, несомнѣнно свидѣтельствовала объ образованіи въ темнотѣ хлорофилла, хотя и въ минимальномъ количествѣ ¹⁾. Виснеръ объясняетъ образованіе, въ данномъ случаѣ, хлорофилла въ темнотѣ фотохимическою индукціей, открытой Бунзеномъ и Роске, при дѣйствии свѣта на смѣсь хлора и водорода ²⁾.

Виснеръ нашель, что въ темныхъ тепловыхъ лучахъ этиолированные проростки не образуютъ и слѣда хлорофилла. Для уединенія темныхъ тепловыхъ лучей отъ остальныхъ, свѣтъ солнечный или газоваго рожка пропускался чрезъ растворъ іода въ сѣрнистомъ углеродѣ. За эту жидкостью проростки оставались совершенно бѣлыми въ продолженіи нѣсколькихъ сутокъ ³⁾. Растеньица же, предоставленныя дѣйствию свѣта столь короткое время, что на глазъ не было замѣтно зеленѣнія, принимали затѣмъ въ темныхъ тепловыхъ лучахъ замѣтную зеленую окраску. Результатъ этотъ выступалъ особенно ясно, при сравненіи окраски этиолированныхъ проростковъ (маиса, ячменя, тыквы), изъ которыхъ нѣкоторые были перенесены непосредственно за растворъ іода въ сѣрнистомъ углеродѣ, между тѣмъ какъ другіе были оставлены предварительно въ продолженіи одного или двухъ часовъ на столь слабомъ свѣтѣ, что не обнаруживали и слѣда зеленой окраски. При этомъ образовалась, въ слѣдствіе фотохимической индукціи, количество хлорофилла гораздо болѣе, чѣмъ въ темнотѣ. Разница была столь значительна, что сказывалась помимо спектроскопическаго изслѣдованія; растеньица съ хлорофилломъ, образованнымъ чрезъ фотохимическую индукцію въ темнотѣ, заключали его столь мало, что представлялись безцвѣтными; между тѣмъ какъ въ темныхъ тепловыхъ лучахъ они явственно окрашивались въ зеленый цвѣтъ ⁴⁾. Зеленѣніе подъ вліяніемъ темныхъ тепловыхъ лучей можно приравнять, по Виснеру, дѣйствию „rayons continueurs“ Бекереля. Послѣдній замѣтилъ, что дагеротипная пластинка, окрашивающаяся въ спектрѣ только въ голубыхъ, фіолетовыхъ и ультрафіолетовыхъ лучахъ, обнаруживаетъ отпечатокъ остальныхъ лучей свѣтовой части спектра, если предварительно подвергнуть ее дѣйствию слабого бѣлаго свѣта. Въ данномъ случаѣ, лучи свѣта, не дѣйствующіе на пластинку, перенесенную въ спектръ изъ темноты, оставляютъ въ ней слѣдъ, какъ бы продолжая дѣйствіе такъ называемыхъ химическихъ лучей, почему Бекерель и назвалъ ихъ „продолжающими лучами“. Подобной же реакціей темныхъ тепловыхъ лучей объясняется принимаемое ими зеленѣніе ⁵⁾. Сходное дѣйствіе Виснеръ приписываетъ отчасти и ультрафіолетовымъ лучамъ, за которыми однако, въ то же время, признаетъ непосредственное, хотя и слабое вліяніе на образованіе хлорофилла ⁶⁾. По Виснеру, всѣ свѣтовые лучи между *B* и *H* вызываютъ зеленѣніе.

Любопытное дополненіе къ результату Виснера представляетъ работа Ми-

1) Wiesner l. c. p. 88.

2) ib. p. 87.

3) ib. p. 48.

4) ib. p. 49.

5) ib. p. 50.

6) ib. p. 61.



коша и Штёра ⁴⁾ надъ образованіемъ хлорофилла подъ вліяніемъ свѣта, перемѣжающагося съ темнотою. Они нашли, что этиолированные проростки ячменя и овса, при непрерывномъ освѣщеніи въ продолженіи 2¹/₂ минутъ, не обнаружили и слѣда зеленѣнія, между тѣмъ какъ, при перемѣжающемся освѣщеніи и затѣненіи на одну секунду, чрезъ 5 минутъ въ растеніяхъ удавалось открывать присутствіе хлорофилла, не смотря на то, что въ послѣднемъ случаѣ они подвергались дѣйствію свѣта тоже 2¹/₂ минуты. Къ сожалѣнію не во всѣхъ опытахъ ²⁾ получился столь рѣзкій результатъ. Не смотря на это, Микосъ и Штёръ пришли къ слѣдующимъ заключеніямъ: 1) образованіе хлорофилла обусловливается фотохимической индукціей и 2) подобно геліотропическимъ изгибамъ, при постоянномъ освѣщеніи, производится только частью свѣта получаемаго растеніемъ, такъ какъ, если подвергать растенъце попеременно дѣйствію свѣта и темноты, то эффектъ получается одинаковый при менѣе продолжительномъ освѣщеніи.

Интересные результаты дали Виснеру сравнительные опыты надъ зеленѣніемъ въ бѣломъ свѣтѣ и цвѣтныхъ лучахъ, по возможности, одинаковой напряженности. При очень слабомъ свѣтѣ, у задней стѣны комнаты, зеленѣніе всего быстрѣе сказывалось въ бѣломъ свѣтѣ, а затѣмъ въ желтыхъ и другихъ, смежныхъ съ ними лучахъ; всего позже въ синемъ свѣтѣ. На разсвѣтномъ, растенъца зеленѣли почти одинаково быстро въ бѣломъ и цвѣтномъ свѣтѣ; при непосредственномъ же освѣщеніи солнцемъ получился результатъ діаметрально противоположный тому, который замѣчался въ очень слабомъ свѣтѣ: зеленѣніе проявлялось всего скорѣе въ синемъ свѣтѣ, позже въ красномъ, затѣмъ въ зеленомъ, еще позже въ желтомъ и наконецъ въ бѣломъ.

Въ такой же непосредственной зависимости отъ свѣта оказалось образованіе хлорофилла во внутреннихъ частяхъ растеній, кажущихся на первый взглядъ изъятими отъ вліянія свѣта. Саксъ непосредственными опытами однако убѣдился, что и во внутреннихъ тканяхъ, образованіе хлорофилла происходитъ подъ вліяніемъ свѣта. Ему не только удалось показать, что свѣтъ проникаетъ въ растенія на глубину гораздо большую, чѣмъ прежде предполагали, но и опредѣлить изъ какихъ онъ составленъ элементарныхъ лучей. Для этой цѣли послужилъ приборъ, названный имъ діафаноскопомъ. Приборъ этотъ состоитъ изъ двухъ картонныхъ трубокъ, плотно входящихъ одна въ другую; отверстіе ихъ равно приблизительно глазной орбитѣ. Одинъ конецъ приставляется къ глазу; на противоположномъ, каждая трубка снабжена донышкомъ, съ вырѣзкою по срединѣ. Изслѣдуемая часть растенія защемляется между донышками. Свѣтъ, прошедшій чрезъ одинъ листъ, представляетъ зеленую окраску; съ толщиной объекта мѣняется окраска свѣта, особенно рельефно при изслѣдованіи зеленыхъ частей растеній. Такъ на-
примѣръ:

- чрезъ 3 сложенныхъ листа вишни проходилъ свѣтъ интензивно зеленый;
- чрезъ 4 листа вишни — свѣтъ слабый, красновато-бурый;
- чрезъ 5 листьевъ *Polygonum Fagopyrum* проникалъ свѣтъ свѣтлозеленый;
- чрезъ 8 листьевъ *Polygonum Fagopyrum* — кровавокрасный.

4) Mikosch u. Stöhr. Sitzungsber. d. Wien. Ak. 82; 269 (1880).

Помѣстивъ внутри трубки призму со щелью, Саксъ произвелъ спектроскопическое изслѣдованіе свѣта, пропускаемаго различными частями растений, и старался опредѣлить въ какой мѣрѣ поглощаются лучи различной преломляемости и окраски. Для разслѣдованія поглощенія ультрафіолетовыхъ лучей, онъ воспользовался флуоресценціей сѣрноокислаго хирина, который превращаетъ ультрафіолетовые лучи въ синіе и свѣтится синимъ свѣтомъ. Растворъ сѣрноокислаго хирина, подкисленный сѣрною кислотою, помѣщался въ небольшой стеклянный цилиндръ, обвернутый, по всей боковой поверхности, черною бумагой или непрозрачнымъ картономъ, въ которомъ лишь съ одной стороны оставляется небольшое отверстіе, въ нижней части цилиндра. Если повернуть цилиндръ, боковымъ отверстіемъ въ бумагѣ, къ свѣту и смотрѣть на жидкость сверху, то она представляется превосходно голубаго цвѣта; голубой цвѣтъ ея обусловливается присутствіемъ ультрафіолетовыхъ лучей въ свѣтѣ, проникающемъ чрезъ боковое отверстіе въ растворъ сѣрноокислаго хирина. Если же на пути лучей поставить экранъ, поглощающій ультрафіолетовые лучи, то жидкость будетъ казаться безцвѣтною. На этомъ основаніи легко изслѣдовать на сколько поглощаются ультрафіолетовые лучи различными частями растений; изслѣдуемую часть растенія приставляютъ къ вырѣзкѣ картона; степень поглощенія ихъ тотчасъ же скажется въ измѣненіи окраски раствора сѣрноокислаго хирина. Изъ совокупности опытовъ, произведенныхъ съ помощью діафаноскопа, снабженнаго призмою, а равно и раствора сѣрноокислаго хирина, Саксъ пришелъ къ слѣдующему выводу: элементарные лучи солнечнаго спектра поглощаются тканями растеній въ весьма различной степени, всего сильнѣе ультрафіолетовые лучи; они задерживаются сполна самыми поверхностными слоями тканей; нѣсколько глубже проникають фіолетовые, голубые и желтые, всего глубже красные и частью зеленые.

Нагляднымъ примѣромъ могутъ служить слѣдующія наблюденія надъ поглощеніемъ свѣта безцвѣтною тканью клубня картофеля:

кожица пропускала всю свѣтовую часть спектра, но задерживала бѣольшую часть ультрафіолетовыхъ лучей, такъ какъ растворъ сѣрноокислаго хирина обнаружилъ лишь слабую флуоресценцію;

за ломтикомъ паренхимы въ 1 миллим. получились всѣ цвѣта спектра; растворъ сѣрноокислаго хирина обнаруживалъ еще сильную флуоресценцію;

за ломтикомъ паренхимы въ 7 милл. получились всѣ цвѣта спектра; флуоресценція въ растворѣ сѣрноокислаго хирина вовсе уже не обнаруживалось;

за ломтикомъ паренхимы въ 10 милл. виднѣлись лучи отъ красныхъ до синихъ;

за ломтикомъ паренхимы въ 32 милл. виднѣлись лучи отъ краснаго до зеленаго.

Саксъ могъ показать этимъ способомъ прониканіе свѣта до зеленѣющаго мѣста, во всѣхъ тканяхъ, гдѣ внутри растенія происходитъ зеленѣніе; напр. въ зародышѣ *Acer*, *Raphanus*, *Astragalus*, *Celtis*. Бѣмъ ¹⁾ подтвердилъ выводы Сакса; при устраненіи свѣта, зародыши этихъ растеній получились совершенно безцвѣтными.

При этихъ изслѣдованіяхъ обнаружались однако также случаи зеленѣнія

1) *Boehm Sitzungsab. d. Wien. Akad.* 37; 155 (1859).

въ отсутствіи свѣта. Саксъ ¹⁾ показалъ, что при проращиваніи сѣмянъ въ темнотѣ, проростки нѣкоторыхъ хвойныхъ получаютъ зеленыя, въ то время какъ всѣ остальные остаются безвѣтными.

Примѣчаніе. Исключеніе изъ хвойныхъ составляютъ проростки *Larix Europaea*; по наблюденіямъ Виснера ²⁾, они, подобно остальнымъ растеніямъ, не образуютъ хлорофилла въ темнотѣ.

Второй случай зеленѣнія въ темнотѣ, также указанный Саксомъ, представляютъ молодыя вайи папоротниковъ.

Сюда же относится показаніе Флаго ³⁾ относительно зеленѣнія въ темнотѣ листьевъ луковицъ *Crocus vernus* и *Allium Cera*. У перваго растенія зеленѣли только кончики листьевъ, у послѣдняго же вырастали въ темнотѣ листья въ 3—5 сантим. длины темнозеленаго цвѣта; клѣтки ихъ были на столько переполнены, въ периферическомъ слое плазмы, зернами хлорофилла, что послѣдніе принимали, отъ взаимнаго давленія, многоугольный контуръ.

Не многое, извѣстное о разрушеніи хлорофилла въ живой клѣткѣ сводится къ слѣдующему: первыя указанія на измѣненіе окраски живыхъ клѣтокъ сдѣланы Модемъ ⁴⁾; онъ наблюдалъ, что листья *Pinus*, *Abies*, *Taxus*, *Thuja*, *Juniperus* принимаютъ зимою грязно-желтый или бурый цвѣтъ, который однако, при наступленіи весны, опять замѣняется нормальной зеленой окраской. Аскенази ⁵⁾ подтвердилъ эти наблюденія надъ *Thuja* и высказалъ предположеніе, что бурвѣніе листьевъ *Thuja* вызывается свѣтомъ.

Совершенно подобное же измѣненіе въ цвѣтѣ наблюдалъ Краусъ въ листьяхъ *Vixus arborescens*, *Thuja occidentalis*, *Thuja plicata* и *Juniperus sobina*. При этомъ бурая окраска замѣчалась только на наружной сторонѣ листьевъ и только на тѣхъ, которые оставались не прикрытыми. Изслѣдованіе микроскопомъ побурѣвшихъ листьевъ обнаружило, въ столбчатой паренхимѣ, полную дезорганизацію зеренъ хлорофилла. Предполагая, что разрушеніе хлорофилла и бурая окраска были вызваны морозомъ т. е. особенно сильнымъ лучеиспусканіемъ не защищенныхъ частей растенія, Краусъ ⁶⁾ надѣялся вызвать вновь появленіе хлорофилла при посредствѣ комнатной температуры. Опыты оправдали его надежды: побурѣвшіе листья *Vixus* зеленѣли въ комнатѣ чрезъ нѣсколько (отъ 3 до 8) дней, листья *Thuja* — чрезъ 2 или 3 недѣли. Краусъ ⁷⁾ при этомъ утверждаетъ, что зеленѣніе шло одинаково успѣшно на свѣтѣ и въ темнотѣ. Послѣднее показаніе требуетъ провѣрки, такъ какъ, по опытамъ Габерландта ⁸⁾, зеленѣніе проявляется не иначе какъ въ теплой, но въ тоже время и свѣтлой комнатѣ.

Одновременно почти со второй замѣткой Крауса появилась статья Баталина. Баталинъ описалъ разрушеніе свѣтомъ хлорофилла у цѣлаго ряда хвойныхъ растеній, а также у *Saxifraga sarmantosa*, *Cerastium triviale* и *Equisetum*

1) Sachs. Flora 1864; 505.

2) Wiesner. Die Entstehung d. Chlorophylls. p. 117 (1877).

3) Flahaut. Ann. d. Sc. Nat. S. 6. t. 6; 175 (1880).

4) Mohl Vermischte Schriften p. 375.

5) Askensay. Bot. Zeit. 1867; p. 229.

6) Kraus. Bot. Zeit. 1872; p. 109; его же Bot. Zeit. 1874; p. 406.

7) Kraus. Bot. Zeit. 1872; p. 128.

8) Haberlandt. Sitzungsab. d. Wien. Ak. 1876. Aprilheft.

arvensis. Изъ длиннаго списка перечисленныхъ хвойныхъ наиболее пригоднымъ, для этого рода наблюдений, Баталинъ нашель *Chamaecyparis obtusa* S. Z. var. *congesta*. Вѣтви непосредственно освѣщаемыя солнцемъ имѣли цвѣтъ золотисто-желтый и представляли рѣзкій контрастъ, по окраскѣ, съ ярко зелеными, затѣненными вѣтвями внутренней части дерева. Нерѣдко удавалось наблюдать различную окраску въ смежныхъ клѣткахъ, на границѣ затѣненной и освѣщенной части вѣтки. Микроскопическое разслѣдованіе золотисто-желтыхъ вѣтвей обнаружило въ клѣткѣ зѣрна плазмы, совершенно сходныя съ зернами хлорофилла, но отличающіяся отъ нихъ золотисто-желтымъ цвѣтомъ. При затенѣніи, пожелтѣвшія вѣтви дѣлались, чрезъ нѣсколько дней, зелеными. Въ данномъ случаѣ слѣд. разрушеніе хлорофилла свѣтомъ не подлежало сомнѣнію. По мнѣнію Баталина ¹⁾, разрушеніе зеренъ хлорофилла, предшествующее появленію бурой окраски, тоже вызывается свѣтомъ; по крайней мѣрѣ вѣтви *Thuja occidentalis* оставшіяся зелеными не бурѣли, если зимою, не отрывая отъ растенія, выставляли ихъ къ наружи. Онѣ сохраняли не только зеленый цвѣтъ, но и зѣрна хлорофилла. Къ согласному результату пришелъ Габерландтъ въ вышеупомянутой работѣ. Разрушеніе хлорофилла онъ также приписываетъ свѣту и утверждаетъ, что оно происходитъ до наступленія морозовъ; образованіе же бураго пигмента вызывается, по его мнѣнію, морозомъ.

По изслѣдованіямъ Сакса ²⁾, всѣ остальные пигменты, кромѣ хлорофилла, не требуютъ свѣта для своего образованія. Ему удалось выращивать въ темнотѣ изъ луковиць цвѣты, въ большинствѣ случаевъ, сходные съ нормальными не только по формѣ и размѣрамъ, но и по окраскѣ; безцвѣтными оставались только мѣста, окрашенные, при нормальныхъ условіяхъ, въ зеленый цвѣтъ (см. ниже). У цѣлаго ряда другихъ растеній получился подобный результатъ, если листья со стеблемъ оставлены были на свѣтѣ, а только цвѣточные почки заключены въ темный пріемникъ.

Только въ немногихъ исключительныхъ случаяхъ, образованіе краснаго и нѣкоторыхъ другихъ пигментовъ оказалось обусловленнымъ свѣтомъ. Всего яснѣе сказалось вліяніе свѣта по отношенію къ красному пигменту; такъ напр. въ подсѣмядольномъ колѣнѣ проростковъ *Polygonum tataricum*, *P. Fagopyrum*, *P. convolvulus*, *Rumex acetosella*, *Rheum undulatum*, *Celosia coccinea*, *Beta vulgaris* и др., въ корняхъ нѣкоторыхъ ивъ (*Salix viminalis*, *S. Forbyana* Son, *S. alba* и др.) и въ кожицѣ яблоковъ. Зависимость отъ свѣта красной окраски подсѣмядольнаго колѣна гречихи была доказана Веретениковымъ ³⁾ посредствомъ пріема, сходнаго съ употребленнымъ Саксомъ, при изученіи зеленѣнія подъ вліяніемъ свѣта. Веретениковъ обертываль, мѣстами, подсѣмядольныя колѣна проросшихъ въ темнотѣ растеній свинцовой пластинкою, плотно прижимая ее къ растенію. На свѣтѣ, подсѣмядольное колѣно краснѣло по всему протяженію, выше и ниже обвернутаго мѣста; затѣненное же пластинкой мѣсто оставалось бѣлымъ, безъ слѣда красной окраски.

1) *Batalin*. Bot. Zeit. 1874: p. 433.

2) *Sachs*. Bot. Zeit. 1863, Beilage d. Bot. Zeit. p. 117 (1865).

3) *Веретениковъ*. Труды Петербурскаго Общества Естествоиспытателей 1870, стр. 37.

Результаты Веретеникова были подтверждены Шеллем¹⁾ и Баталиным²⁾. Шелль кроме того показалъ зависимость отъ свѣта красной окраски корней вышеназванныхъ ивъ; только въ мѣстахъ, непосредственно освѣщенныхъ, появлялся красный пигментъ.

Баталинъ указалъ на зависимость образованія красного пигмента на свѣтѣ отъ возраста изслѣдуемой части проростка; старыя части совсѣмъ почти не краснѣли на свѣтѣ.

Кромѣ того онъ нашель, что, для образованія красного пигмента, нѣтъ необходимости оставлять растеній продолжительное время на свѣтѣ. Первые признаки окраски въ красный цвѣтъ замѣчаются не раньше какъ послѣ 10 часового освѣщенія растеньицъ; между тѣмъ оказалось, что растеньица, оставляемая на солнцѣ всего часа четыре и перенесенныя въ темноту, еще совершенно безцвѣтными, окрашивались за ночь въ интенсивный красный цвѣтъ. Образованіе красного пигмента въ темнотѣ, вызванное предварительнымъ 4-хъ часовымъ освѣщеніемъ, Баталинъ старается объяснить предположеніемъ, что свѣтъ обусловливаетъ появленіе въ растеньицѣ не самаго пигмента, а только безцвѣтнаго *хромогена*; изъ послѣдняго же происходитъ пигментъ уже безъ содѣйствія свѣта. Образованіе красного пигмента, являющееся здѣсь слѣдствіемъ предварительнаго освѣщенія, представляется вполнѣ аналогичнымъ показанію Виснера, относительно зеленѣнія растеній въ темнотѣ, послѣ кратковременнаго пребыванія на свѣтѣ.

О вліяніи свѣта на красную окраску персиковъ, грушъ, яблоковъ и другихъ плодовъ имѣются указанія Аскенази³⁾; по его наблюденіямъ, они окрашиваются въ красный цвѣтъ только на сторонѣ, непосредственно освѣщенной солнцемъ; затѣнные плоды лишены красной окраски.

Подобную же зависимость отъ свѣта, только въ меньшей степени, представляютъ, по наблюденіямъ Аскенази, не рѣдко и другіе пигменты. Повторяя опыты Сакса (см. ниже) надъ окраской цвѣтговъ, выращенныхъ въ темнотѣ, онъ нашель, въ нѣкоторыхъ изъ нихъ, окраску блѣдную сравнительно съ цвѣтами, выросшими на свѣтѣ.

Реакціи синтеза органическихъ соединеній въ растеніяхъ, происходяція безъ содѣйствія свѣта.

Точныхъ указаній на характеръ и послѣдовательность реакцій, при синтезѣ органическихъ соединеній, имѣется весьма мало; исключеніе составляетъ только синтезъ бѣловыхъ тѣлъ изъ аспарагина и углеводовъ. Давно уже было замѣчено, что въ проросткахъ нѣкоторыхъ растеній (*Lupinus*), выращенныхъ изъ сѣмянъ въ темнотѣ, проявляется большое накопленіе аспарагина, между тѣмъ какъ

1) Шелль. Вліяніе нѣкоторыхъ дѣятелей на окрашивание растеній см. приложение къ протоколамъ 75-го засѣданія Общества Естествениспытателей при Казанскомъ университетѣ 15-го апр. 1876 года и 99-го засѣданія въ 1877 году.

2) Batalin. Die Einwirkung d. Lichtes a. d. Bildung d. rothen Pigmentes. 1879. (Отдѣльный оттискъ изъ Acta horti petropolitani 1879. Т. 6).

3) Askenasy. Bot. Zeit. 1875, p. 498.

при прорастаніи на свѣтѣ содержаніе аспарагина незначительно. Точными опытами удалось (см. слѣд. отдѣлъ) доказать, что весь накапливающийся, въ этихъ случаяхъ, аспарагинъ представляетъ одинъ изъ продуктовъ разложенія запасныхъ бѣлковыхъ тѣлъ сѣмени. Накопленіе аспарагина въ проросткахъ не обусловливается однако исключительно содержаніемъ бѣлковыхъ тѣлъ въ сѣмени; не смотря на обиліе ихъ въ сѣменахъ гороха, въ проросткахъ его не наблюдается накопленія его ни на свѣтѣ, ни въ темнотѣ. По изслѣдованіямъ Пфеффера надъ проростками и Бородина надъ отрѣзками вѣтвей, отсутствіе аспарагина на свѣтѣ и накопленіе его въ темнотѣ находятся въ тѣснѣйшей связи съ содержаніемъ въ растеніяхъ углеводовъ. Уже Гартигъ высказалъ предположеніе, что бѣлковыя тѣла могутъ образоваться въ растеніяхъ изъ аспарагина и углеводовъ. Пфефферъ доказалъ это для проростковъ *Lupinus luteus* слѣдующими опытами: сѣмена *Lupinus luteus* прорастали въ горшкѣ съ землею, помѣщенномъ въ замкнутую атмосферу, на тарелкѣ съ плотно притертымъ стекляннымъ колпакомъ; въ верхней части колпака находилось отверстіе, въ которое была вставлена сквозная трубка, съ кусками ѣдкаго кали; для поддержанія испаренія проростковъ въ колпакѣ, помѣщались также куски хлористаго кальція. Опыты продолжались отъ іюня до сентября. Контрольныя сѣмена выращивались, въ подобномъ же аппаратѣ, отличавшемся отъ описаннаго только тѣмъ, что сквозная трубка была наполнена кусками пемзы, вмѣсто ѣдкаго кали. Послѣднія растенія развились совершенно такъ же, какъ свободно растущія на воздухѣ. Въ аппаратахъ же съ ѣдкимъ кали проростки разрастались нормально до образованія втораго листа; третій постоянно оставался недоразвитымъ. На этой стадіи развитія, растенія останавливались и, дней чрезъ 25—35, погибали. До самаго конца опыта, ткани ихъ оставались переполненными аспарагиномъ и не содержали вовсе ни глюкозы, ни крахмала. Новообразованіе бѣлковъ изъ аспарагина оказалось слѣд. въ зависимости отъ присутствія въ растеніи углеводовъ. Отсутствіе накопленія аспарагина, при прорастаніи гороха въ темнотѣ, объясняется большимъ запасомъ крахмала въ сѣмени; въ проросткахъ гороха не обнаруживается недостатка въ углеводахъ до конца прорастанія, вслѣдствіе чего аспарагинъ постепенно перерабатывается въ мѣстахъ новообразованій въ бѣлковыя соединенія и поэтому не накапливается въ проросткѣ. Синтезъ бѣлковыхъ тѣлъ происходитъ, въ данномъ случаѣ, въ отсутствіи свѣта; путемъ синтеза строятся бѣлковыя тѣла и въ грибахъ, развитіе которыхъ (см. ниже) тоже отъ свѣта не зависитъ. На основаніи этихъ данныхъ, синтезъ бѣлковыхъ тѣлъ относятъ къ реакціямъ, происходящимъ безъ непосредственнаго участія свѣта.

До сихъ поръ не имѣется еще точныхъ указаній относительно мѣста синтеза бѣлковыхъ тѣлъ въ растеніяхъ. Саксъ (Sachs. Vorles. über Pflanzenphysiologie, p. 391) полагаетъ, что они синтезируются изъ крахмала, азотнокислыхъ и сѣрнокислыхъ солей въ ситовидныхъ элементахъ; убѣдительнаго же доказательства въ пользу этого предположенія не приводитъ. По изслѣдованіямъ, производимымъ, въ моей лабораторіи, Храповицкимъ, синтезъ бѣлковыхъ тѣлъ имѣетъ мѣсто преимущественно, если не исключительно, въ зернахъ хлорофидла.

Не подлежитъ также сомнѣнію, что синтезъ жировъ, изъ ближайшихъ составныхъ частей, тоже происходитъ въ отсутствіи свѣта. Объ этомъ предметѣ см. ниже статью о синтезѣ органическихъ соединеній въ грибахъ.

Питаніе водорослей.

Вышеизложенные результаты, касательно полного синтеза органических соединений, получены исключительно из разслѣдованій питанія высшихъ цвѣтковыхъ растений. Надъ хлорофиллоносными споровыми почти не имѣется работъ въ этомъ направленіи; между тѣмъ немногія попытки, произведенныя надъ водорослями, обнаружили въ нихъ отлично приспособленные объекты для разработки вопросовъ, относящихся до питанія растений.

Въ составъ класса водорослей входятъ организмы весьма различной окраски; кромѣ зеленыхъ, отличаютъ багрянки (*Florideae*), преимущественно розоваго и краснаго цвѣта различныхъ оттѣнковъ, діатомовыя (*Diatomaceae*) золотисто-бураго цвѣта, фукусы (*Fucaceae*) оливково-зеленаго и фикохромовыя (*Phycochromaceae*) сизо-зеленаго цвѣта. Всѣ онѣ оказались способными къ полному синтезу органическихъ соединений, и во всѣхъ удалось доказать присутствіе хлорофилла. Я приведу, въ послѣдовательномъ порядкѣ, разслѣдованія по каждой группѣ водорослей въ отдѣльности.

Зеленыя водоросли. Руководствуясь цвѣтомъ, можно было бы а priori утверждать, что онѣ должны представлять, по отношенію къ синтезу органическихъ соединений, полную аналогію съ хлорофиллоносными тканями высшихъ растений. Изслѣдованія вполне подтвердили это предположеніе. Первые указанія на выдѣленіе кислорода зелеными водорослями сдѣланы были еще Пристлеемъ въ 1772 году; онъ замѣтилъ, что на стѣнкахъ наполненнаго водою стекляннаго сосуда, появился зеленый налетъ, выдѣлявшій пузырьки кислорода въ очень значительномъ количествѣ. Выдѣленіе кислорода зелеными морскими водорослями было наблюдаемо Эме ¹⁾ Дильвиномъ ²⁾ Дюклюзо ³⁾. Образованіе крахмала, подъ вліяніемъ свѣта, въ водоросли *Spirogyra* было въ первый разъ доказано мною ⁴⁾ въ 1865 году. Освѣщая *Spirogyra* ламповымъ свѣтомъ, я нашелъ, что крахмальные зерна появлялись въ клѣткахъ этой водоросли исключительно въ лентахъ хлорофилла, и что появленіе и исчезаніе ихъ обуславливалось, какъ въ цвѣтковыхъ растеніяхъ, свѣтомъ (стр. 115). Появлявшіяся зерна крахмала я разсматривалъ какъ продуктъ синтеза изъ углекислоты и воды. Относительно этого предположенія, были высказаны сомнѣнія Бёмомъ ⁵⁾, которому не удавалось обнаружить, при искусственномъ свѣтѣ, выдѣленія кислорода зелеными частями растений. Вслѣдствіе этихъ возраженій я подвергнулъ изслѣдованію газы, выдѣляемые, подъ ламповымъ свѣтомъ, водорослью *Spirogyra*, положенной въ воду съ углекислотою, и мнѣ удалось показать, что выдѣленный газъ состоялъ почти исключительно изъ кислорода ⁶⁾. Этими опытами несомнѣнно было дока-

1) *Aimé*. Ann. d. Sc. Nat. S. 3. t. 2; 333.

2) *Dillwin*. British Confervae 1809; pg. 9 of introduction.

3) *Duchusa*. Essai s. l'histoire d. Conferves d. environs de Montpellier, p. 15. Всѣ эти цитаты заимствованы изъ сочиненія Розанова: физиологическія и анатомическія изслѣдованія въ области морской и прѣсноводной флоры. (1867).

4) *Famintzin*. Mém. biol. de l'Acad. d. St. Pétersb. T. 5 (1865). *Фамилицынъ*. Дѣйствіе свѣта на водоросли. 1866.

5) *Boehm*. Sitzungsber. d. Wien. Ak. 69; 1. Abth., März. (1874).

6) *Фамилицынъ*. Рѣчи и протоколы 6-го съѣзда русскихъ естествоиспытателей и врачей въ Петербургѣ 1879. Ботаника, стр. 8.

зано, что крахмаль, образуемый *Spirogyra*, освѣщаемой лампою, происходилъ путемъ синтеза изъ углекислоты и воды.

Объ ассимиляціи *Vaucheria sessilis* на свѣтѣ см. выше стр. 121, гдѣ приведена работа Бородина.

Сюда же относятся произведенныя мною разслѣдованія надъ выращиваніемъ водорослей (и протонеми мховъ) въ растворахъ неорганическихъ солей ¹⁾. Мнѣ удалось выращивать въ капляхъ жидкости, на предметномъ стеклышкѣ, нѣкоторыя мелкія водоросли въ продолженіи трехъ мѣсяцевъ. Главнѣйшими объектами изслѣдованія послужили: *Chlorococcum infusionum*, *Protococcus viridis*, *Stigeoclonium stellaris* и неопредѣленный видъ рода *Conferva*.

Изъ полученныхъ результатовъ, слѣдующіе представляютъ наибольшій интересъ:

1) Изслѣдованныя водоросли и высшія споровыя растенія (заростокъ мховъ) въ состояніи выдерживать гораздо большую концентрацію, чѣмъ корни цвѣтковыхъ растеній. Въ 3% растворѣ происходило весьма энергичное разрастаніе *Chlorococcum infusionum*, *Protococcus viridis*, а также и заростка неопредѣленного мха; они оставались живыми въ 5%-мъ растворѣ; при этомъ однако оказалось необходимымъ увеличивать концентрацію раствора постепенно.

2) Степень концентраціи раствора обнаружила чрезвычайно сильное вліяніе на развитіе водорослей. Въ очень слабыхъ растворахъ, *Chlorococcum infusionum* и *Protococcus viridis* размножались постоянно только зооспорами; вышедшія зооспоры останавливались и превращались вновь въ зооспорангіи; этотъ способъ размноженія продолжался безъ перерыва во все время, пока концентрація раствора оставалась безъ измѣненія. Начиная съ 2%-ой концентраціи, образование зооспоръ прекращалось и замѣнялось размноженіемъ неподвижными шарами. Разрастаніе водорослей при этомъ, повидимому, не претерпѣвало замедленія. При перенесеніи въ растворъ $\frac{1}{2}$ % и меньшей концентраціи, немедленно обнаруживалось вновь размноженіе зооспорами. Мѣняя концентрацію раствора, удавалось, по произволу, вызывать распаденіе на зооспоры или размноженіемъ неподвижными шарами.

3) Культурой во влажной атмосферѣ, при незначительномъ смачиваніи водорослей растворомъ солей, зеленая окраска замѣнялась красною; при погруженіи покрасившихъ водорослей въ каплю раствора солей, онѣ вновь дѣлались зелеными.

4) *Stigeoclonium* и *Conferva* распадалась на отдѣльные зеленые шары и, изъ нитчатыхъ формъ, превращались въ одноклѣтныя. Послѣднія же, смотря по условіямъ культуры, или продолжали расти и размножаться на подобіе одноклѣтныхъ организмовъ дѣленіемъ, или же вновь вырастали въ нитевидныя формы.

Весьма удовлетворительный результатъ получился мною при культурѣ, въ смѣси солей Кнопа, *Hydrodictyon utricularе*.

Изъ маленькой сѣточки въ 20 миллим. длины, въ нѣсколько недѣль, получался организмъ въ 50 сант. длины и 4 сант. ширины. Сѣточка выращивалась въ плоскомъ, стеклянномъ сосудѣ; при этомъ я доставлялъ углекислоту изъ стекляннаго стаканчика, предварительно наполненнаго жидкостью и опрокинутого отверстіемъ въ растворъ солей, гдѣ помѣщалась водоросль. Не вынимая стаканчика изъ раствора, я наполнял его углекислотой и повторялъ эту операцію еже-

1) *Famintzin*. Mél. biol. d. l'Acad. de St. Pétersbourg. T. 8 (1871).

дневно до конца культуры. Углекислота постепенно диффундировала изъ стаканчика въ окружающую жидкость столь быстро, что на слѣдующій день стаканчикъ оказывался наполненнымъ до верху жидкостью. Наибольшее разрастаніе *Hydrodictyon* получалось при концентраціи въ $\frac{1}{5000}$; въ этомъ отношеніи слѣдовательно обнаружилось различіе отъ вышеупомянутыхъ формъ водорослей. *Hydrodictyon* оставался живымъ и въ 1% — 3%, но росъ очень медленно.

Значительное развитіе *Hydrodictyon utricularе*, въ смѣси неорганическихъ солей съ углекислотою, не исключаетъ однако возможности питанія его органическими, гуминовыми тѣлами. По крайней мѣрѣ, при замѣнѣ дистиллированной воды невскою водою, получилось въ смѣси послѣдней съ неорганическими солями и углекислотою, разрастаніе несравненно болѣе энергичное. Въ шесть недѣль, изъ мѣшечка *Hydrodictyon* въ 30 миллим. длины и $\frac{1}{2}$ миллим. ширины, выростала сѣтка, въ 5 метровъ длины и 6 — 7 сант. ширины, такъ что мнѣ приходилось разрѣзывать сѣтку на куски, и выращивать каждый изъ нихъ въ отдѣльномъ, большомъ блюдѣ.

При выпариваніи невской воды получалась бурая тягучая масса, легко растворяющаяся, послѣ высушиванія, въ водѣ и составленная на половину изъ стораемыхъ соединеній. Къ сожалѣнію, до настоящаго времени, я не имѣлъ возможности въ точности разслѣдовать какимъ образомъ, въ данномъ случаѣ, содѣйствовали органическія соединенія разрастанію водоросли: усваивались ли они непосредственно ею, или способствовали сильному ея развитію какимъ нибудь инымъ способомъ.

Питаніе багряннокъ. По отношенію къ багрянкамъ, первая обстоятельная работа принадлежитъ Розанову¹⁾. Онъ показалъ, что онѣ разлагаютъ на свѣтѣ углекислоту столь же энергично, какъ и зеленныя формы, разслѣдовалъ крахмальныя отложенія, строеніе пигментныхъ зеренъ и оптическія свойства обоихъ заключенныхъ въ нихъ пигментовъ: зеленого и розоваго (хлорофилла и фикоэритрина). Для изслѣдованія разложенія багрянками углекислоты на свѣтѣ, онѣ помѣщались въ большія банки, изъ бѣлаго стекла, наполненныя свѣжею морскою водою. Затѣмъ, надъ водорослями опрокидывалась большая стеклянная воронка, широкій край которой касался дна наружной банки, а обрѣзанное горло приходилось на сантиметръ ниже поверхности воды. На горлышко воронки наставлялась широкая и длинная пробирная трубочка, совершенно наполненная морскою водою. Въ промежутокъ между стѣнками наружной банки и воронки, опускались термометръ и газоотводная трубка, отъ газометра съ углекислотою. Кромѣ многочисленныхъ багряннокъ, Розановъ изслѣдовалъ бурюю водоросль *Ectocarpus confervoides* Roth и *E. firmus* (изъ *Pheosporeae*), также *Fucus serratus* L. и *F. vesiculosus* L. (изъ *Fucaceae*). Онѣ все безъ исключенія разлагали на свѣтѣ углекислоту; въ пробиркѣ надъ воронкой собирался газъ, составленный преимущественно изъ кислорода съ примѣсью азота; послѣдній, по мнѣнію Розанова, выдѣлялся изъ воды.

Изслѣдованія клѣтокъ *Florideae* микроскопомъ обнаружило присутствіе, въ ихъ плазмѣ, округлыхъ розовыхъ отложеній, соотвѣтствующихъ, по положенію, формѣ и физиологическому значенію, зернамъ хлорофилла зеленыхъ растений.

1) Розановъ 1. с.

Въ живой елѣткѣ багрянокъ не удается открыть присутствія хлорофилла; только при обработкѣ ихъ прѣсной водой, извлекающей, изъ розовыхъ пигментныхъ зеренъ, розовый пигментъ, послѣднiя являются окрашенными въ зеленый цвѣтъ пигментомъ, тождественнымъ съ хлорофилломъ. Эти пигментныя зерна представляли слѣдовательно образованiя совершенно аналогичныя зернамъ хлорофилла высшихъ растений. Одно только обстоятельство осталось, по отношенiю къ нимъ, не выясненнымъ Розановымъ; ему никогда не удавалось находить, въ этихъ пигментныхъ зернахъ, отложенiй крахмала. Этотъ фактъ тѣмъ болѣе страненъ, что Розановъ не только подтвердилъ присутствiе въ багрянкахъ зеренъ крахмала, указанное уже въ 1846 году Негели¹⁾ у *Polysiphonia* и въ 1858 г. Фаян-Тигемомъ²⁾ у *Rytiphlea pinastroides* Kütz, но и убѣдился въ присутствiи крахмальныхъ зеренъ во всѣхъ изслѣдованныхъ имъ, въ этомъ отношенiи, багрянкахъ. Особенно обильное отложенiе крахмала онъ находилъ вокругъ органовъ размноженiя, въ старыхъ частяхъ слоевищъ, также во внутренней ихъ ткани³⁾. Весьма желательно тщательная провѣрка этихъ указанiй.

Выдѣленiе кислорода на свѣтѣ водорослями *Diatomaceae* открылъ Кютцингъ⁴⁾. Первые указанiя на разложенiе углекислоты фукусами принадлежатъ Добени⁵⁾; онъ наблюдалъ выдѣленiе кислорода водорослью *Fucus digitatus*.

В. Объ источникѣ энергiи, заимствуемой растенiями извнѣ, для построенiя органическихъ соединенiй и для другихъ жизненныхъ отправленiй.

Процессы синтеза органическихъ соединенiй въ растенiяхъ, кромѣ химической стороны, представляютъ еще другую, въ высокой степени интересную сторону — динамическую.

Примѣчанiе. Считаю полезнымъ изложить вкратцѣ главнѣйшiя положенiя ученiя о сохраненiи энергiи, на сколько они необходимы для пониманiя нижеслѣдующаго, я воспользовался сочиненiемъ Кребса, озаглавленнымъ: «Сохраненiе энергiи, какъ основное положенiе новѣйшей физики».

«Когда поднимають тяжелый камень, несутъ въ амбаръ мѣшокъ съ зерномъ, распиливають пилою дрова, передвигаютъ по землѣ телѣгу, то во всѣхъ случаяхъ совершается «работа». Общее, въ приведенныхъ примѣрахъ, заключается въ томъ, что во всѣхъ преодолѣвается нѣкоторое сопротивленiе, на извѣстномъ разстоянiи. При поднятiи камня на извѣстную высоту, или перемѣщенiи мѣшка въ амбаръ, преодолевается, на извѣстномъ протяженiи, вѣсъ камня и мѣшка; при распиливанiи дерева, преодолевается его твердость, на всемъ пространствѣ, которое прошла пила; при передвиженiи телѣги, по поверхности земли, преодолевается тренiе, на всемъ пути, по которому перетащена телѣга.

Величина работы обусловливается, при этомъ, величиною преодоленнаго сопротивленiя и длиною пройденнаго пути, или другими словами: *работа равняется произведенiю изъ сопротивленiя на пройденный путь.*

Въ большинствѣ случаевъ сила, потребляемая для производства работы, равна сопротивленiю, или немного только больше его, такъ что, въ данномъ случаѣ, можно сказать, что: *работа равняется произведенiю изъ силы на пройденный путь.*

За мѣрило работы условились считать килограмметръ (М. К.), т. е. работу, потребную для поднятiя килограмма на одинъ метръ»⁶⁾.

1) *Schleiden u. Naegeli. Zeitschr. f. wiss. Bot.* 3; 220 (1846).

2) *Van Thiegem. Ann. d. Sc. nat.* S. 5, t. 4; 316 (1858).

3) *Розановъ* l. c., стр. 33 и 34.

4) *Kützing. Die kieselschaligen Bacillarien.* 1844, p. 20.

5) *Daubeny. Philosophical transactions of the royal Soc. of London.* 1836, p. 155.

6) *Krebs. Die Erhaltung der Energie. als Grundlage d. neueren P'hsik.* 1877, p. 30.

«За единицу силы принимают обыкновенно лошадиную силу, т. е. силу, способную произвести, въ секунду, работу равную 75 М. К.» 1).

«Понятіе о работѣ было введено въ науку Понселе и Каріолисомъ и, съ рѣдкой быстротой, приобрѣло право гражданства. Повидимому потребуется не больше времени для упроченія понятія *объ энергіи*, которое впервые ввелъ и строго опредѣлилъ Ранкинъ» 2).

«Подъ *энергіей* подразумеваютъ способность производить работу, придавая слову *работа* вышеозначенный смысл. Состоянія тѣлъ, обладающихъ энергіей, могутъ быть весьма различны. Шаръ, катящійся по землѣ, замедляется въ движеніи; онъ совершаетъ при этомъ работу, преодолевая треніе земли. Выпущенная изъ ружья пуля въ состояніи, находящимся въ движеніи, быстро движется, пробить стѣну до извѣстной глубины, т. е. она въ состояніи произвести работу и преодолѣть крѣпость стѣны, на извѣстномъ разстояніи

Тѣла, находящіяся въ движеніи, въ состояніи слѣдовательно производить работу; они обладаютъ энергіей движенія, или *кинетической* энергіей. Прежде приписывали тѣламъ, находящимся въ движеніи и могущимъ произвести работу, *живую силу*; это выраженіе впрочемъ находится въ большомъ употребленіи и въ настоящее время.

Когда тѣло, находящееся въ движеніи, совершаетъ работу, то скорость движенія его постепенно убываетъ, пока не превратится въ нуль; къ этому времени, произведенная тѣломъ работа оказывается равною работѣ, потребленной для сообщенія тѣлу скорости, которою оно обладало въ началѣ работы.

«Тѣло, пребывающее въ покоѣ, можетъ также обладать извѣстнаго рода энергіей. Вода возвышеннаго пруда можетъ, падая на водяное колесо, привести его въ движеніе; она въ состояніи, слѣдовательно, стекая въ болѣе низменное мѣсто, произвести работу, и притомъ равную той, которая необходима для поднятія воды обратно на высоту пруда. При заводѣ часовъ, поднимаютъ къ верху гири, которыя, при опусканіи, обуславливаютъ ходъ часовъ, совершая при этомъ работу равную той, которая потребовалась для ихъ поднятія.

И такъ вода, помѣщенная на возвышеніи пруда, и поднятыя гири стѣнныхъ часовъ въ состояніи произвести работу, при паденіи сверху внизъ; поэтому говорятъ, что онѣ обладаютъ *потенціальной энергіей* или *энергіей положенія*.

Натянутая и удерживаемая, въ этомъ положеніи, пружина обладаетъ *потенціальной энергіей*; если соединить ее напримѣръ съ часами и отпустить, то она будетъ производить работу, пока не приметъ прежняго вида; потребовалась извѣстная работа, чтобы измѣнить взаимное положеніе частицъ пружины; соотвѣтствующее количество работы производится пружиною, если предоставлена будетъ ей частицамъ возможность занять прежнее положеніе.

Потенціальной энергіей обладаютъ также: порохъ, сжатый въ воздушномъ ружьѣ воздухъ, связанныя электричества заряженной лейденской банки, также и рабочій, способный къ работѣ, въ слѣдствіе принятой пищи и проч. Выпущенная изъ ружья вертикально вверхъ пуля обладаетъ въ началѣ значительной кинетической энергіей; во время поднятія, скорость движенія (полета) пули уменьшается и вмѣстѣ съ нею убываетъ кинетическая энергія; при этомъ, по мѣрѣ достиженія большей высоты надъ поверхностью земли, пуля приобретаетъ способность совершать при паденіи тѣмъ большую работу; при движеніи вверхъ пули, кинетическая энергія превращается въ потенциальную. Достигнувъ высшей точки полета, пуля, на мгновеніе, остается неподвижною; въ этотъ моментъ кинетическая энергія ея равняется нулю, а потенциальная, напротивъ того, достигаетъ наибольшей возможной величины, въ данномъ случаѣ. При послѣдующемъ паденіи пули, ея потенциальная энергія убываетъ, по мѣрѣ приближенія пули къ поверхности земли; скорость движенія возрастаетъ и съ нею вмѣстѣ кинетическая энергія; при этомъ слѣдовательно происходитъ превращеніе потенциальной энергіи въ кинетическую.

При качаніи маятника происходитъ непрерывное превращеніе потенциальной энергіи въ кинетическую и обратно; при поднятіи маятника, уменьшается скорость движенія и увеличивается разстояніе его отъ поверхности земли, т. е. кинетическая энергія превращается въ потенциальную; обратное оказывается при опусканіи маятника» 3). «При этомъ движеніе маятника постепенно ослабѣваетъ и наконецъ прекращается; остановка движенія обуславливается треніемъ, испытываемымъ маятникомъ отъ воздуха и въ точкѣ привѣса; вся энергія маятника превращается наконецъ въ теплоту» 4).

«Всякій разъ, когда задерживается движеніе тѣла, проявляется вмѣсто него теплота; внѣшнее видимое движеніе превращается въ колебательное движеніе частичекъ тѣла, или другими словами, кинетическая энергія превращается въ *калорическую*».

Отъ тренія о колеса осей экипажа уменьшается скорость его движенія, и оси часто разогрѣваются до накаливанія. При ударѣ о стѣну, выпущенной изъ ружья пули, мгновенно прекращается ея движеніе; при этомъ свинцовая пуля нагревается часто до плавленія.

«Всѣ приведенные примѣры свидѣтельствуютъ о томъ, что внѣшнее движеніе (механическая работа) можетъ превращаться въ теплоту; столь же возможенъ переходъ те-

1) I. с. p. 37.

2) I. с. p. 37, 38.

3) I. с. p. 37, 38, 39, 40, 74.

4) I. с. p. 73 и 74.

плоты въ работу. Самый простой примѣръ представляютъ машины, двигаемыя паромъ или нагрѣтымъ воздухомъ. Молекулы пара или нагрѣтаго воздуха съ силою ударяють о поршень; подвигая его впередъ, онѣ совершаютъ работу и при этомъ теряють часть скорости, т. е. охлаждаются.... Топливо подъ котломъ машины, остающемся въ покоѣ, выдѣляетъ, при горѣннн, больше тепла въ окружающую среду, чѣмъ во время работы машины; часть тепла, въ дѣйствующей машинѣ, превращается въ механическую работу» ¹⁾.

«Многія химическія реакціи (соединенія) сопровождаются выдѣленіемъ тепла (и электричества); это заставляетъ предполагать въ продуктахъ соединенія запасъ потенциальной энергіи меньшей, чѣмъ въ тѣлахъ первоначальныхъ. При другихъ химическихъ реакціяхъ (разложенія) требуется затрата теплоты извнѣ, или содѣйствіе гальваническаго тока; получаемые продукты разложенія должны поэтому обладать болѣею потенциальной энергіей, чѣмъ тѣла первоначальныя. Въ одномъ случаѣ происходитъ превращеніе потенциальной энергіи въ теплоту (или электричество), въ другомъ — превращеніе теплоты (или электричества) въ потенциальную энергію» ²⁾.

«Таинственное звено связываетъ двѣ необыкновенно важныя для жизни мірозданія силы — свѣтъ и теплоту».

«Свѣтъ и теплота представляютъ движеніе; нагрѣтыя и свѣтящіяся тѣла переносятъ энергію молекулярныхъ движеній ихъ частицъ на другія тѣла» ³⁾.

«... На сколько, до настоящаго времени, разслѣдованы явленія въ природѣ, нигдѣ не обнаружилось потери энергіи, но только превращеніе одного рода энергіи въ другой. Въ этомъ заключается важный *принципъ сохраненія энергіи*» ⁴⁾.

«Законъ сохраненія энергіи вполнѣ примѣняется и къ лучамъ свѣта; колебанія эфира опредѣленной скорости могутъ превращаться въ другія, обладающія скоростью болѣе или менѣе значительною; никогда однако не могутъ они пропасть безслѣдно; кажущаяся потеря, проявляющаяся при поглощеніи свѣта, есть ничто иное, какъ превращеніе свѣта въ темныя тепловые лучи, или, другими словами, превращеніе колебанія эфира въ колебанія молекулъ» ⁵⁾.

Въ настоящей главѣ мы увидимъ примѣръ превращенія свѣтовой энергіи въ потенциальную, именно въ запасъ химической энергіи.

Изъ раствора пяти минеральныхъ солей и углекислоты, хлорофиллоносныя растенія строятъ разнообразныя органическія соединенія, отличающіяся отъ составныхъ частей сырой пищи не только составомъ, но и запасомъ потенциальной энергіи. Выработанныя, хлорофиллоносными растеніями, органическія соединенія служатъ не только матеріаломъ для построенія тѣла самихъ растеній и животныхъ, но въ то же время и доставляютъ всѣмъ живымъ существамъ, на земной поверхности, запасъ энергіи, необходимый для проявленія жизненныхъ отправленій; по мѣрѣ сожиганія (окисленія) принятой пищи внутри организма, потенциальная энергія превращается частью въ энергію calorическую, частью въ другія, и приводитъ въ дѣйствіе сложные механизмы организма.

Образованіе соединеній, съ болѣшимъ запасомъ потенциальной энергіи, сравнительно съ тѣлами, изъ которыхъ они происходятъ, не мыслимо безъ заимствованія энергіи изъ внѣшняго источника. Вышеизложенные опыты, съ достаточною очевидностью, указываютъ на солнце, какъ на источникъ тепловой и свѣтовой энергіи, при посредствѣ котораго происходитъ синтезъ органическихъ соединеній въ хлорофиллоносныхъ растеніяхъ.

При посредствѣ солнца производится внутри зеренъ хлорофилла, съ затратой части энергіи, химическая работа, состоящая въ отщепленіи кислорода, изъ соединенія его съ углеродомъ и водородомъ. Слѣдствіемъ этого, съ одной стороны, является выдѣленіе кислорода въ газообразномъ состояніи, а съ другой, образованіе органическихъ соединеній, съ запасомъ потенциальной энергіи, именно

1) I. с. p. 76 и 77.

2) I. с. p. 112.

3) I. с. p. 41.

4) I. с. p. 147.

5) I. с. p. 166 и 167.

химической, которая есть ничто иное, как видоизмѣненная энергія солнечныхъ лучей.

Растеніе (зеленяя его часть) унодобляется, въ данномъ случаѣ, машинѣ, а свѣтъ и теплота солнца — силѣ, приводящей машину въ движеніе для производства работы.

Всякая машина утилизируетъ только часть силы, затрачиваемой на приведеніе ея въ дѣйствіе, и притомъ, въ большинствѣ случаевъ, только незначительную ея долю.

Въ послѣднее время, были неоднократно произведены попытки Бекерелемъ ¹⁾, Мюллеромъ ²⁾ и Тимирязевымъ ³⁾ разрѣшить этотъ вопросъ, по отношенію къ усвоенію растеніемъ солнечной энергіи.

Тимирязевъ пришелъ къ заключенію, что зеленымъ листомъ утилизируется среднимъ числомъ 1% солнечной энергіи, и только при самыхъ благоприятныхъ условіяхъ, около двухъ процентовъ. Опыты и вычисленія Мюллера ⁴⁾ дали цифру нѣсколько большую; листья бука, поставленные въ наиболѣе благоприятныя условія, усваивали до $\frac{1}{24}$ всей солнечной энергіи.

На основаніи имѣющихся данныхъ, съ достовѣрностью можно утверждать, что различные лучи солнечной энергіи поглощаются растеніями въ разной степени. Вышеприведенныя разысканія Сакса (стр. 126), надъ прониканіемъ свѣта въ ткани растеній, показали, что сильнѣе всего поглощаются растеніями ультрафіолетовые лучи; изъ лучей свѣтовой части спектра вѣдѣ за ультрафіолетовыми исчезали фіолетовые, глубже проникали синіе лучи; дальше всѣхъ проходили въ растеніе лучи зеленые и въ особенности красные. Изслѣдованіями Эмери ⁵⁾ и Макена ⁶⁾ было обнаружено весьма значительное поглошеніе темныхъ тепловыхъ лучей листьями и стеблями различныхъ растеній. Произведенные опыты однако не приложимы еще, по сознанію Макена, непосредственно къ физиологіи растеній и могутъ только послужить исходной точкой для дальнѣйшихъ розысканій.

Къ этой же категоріи относятся изслѣдованія Мюллера надъ поглощеніемъ зеленымъ листомъ: 1) лучей, дѣйствующихъ на фотографическую бумажку, 2) лучей, ощущаемыхъ зрѣніемъ, и 3) лучей, открываемыхъ термомультипликаторомъ. Въ связи съ этимъ опредѣленіемъ, Мюллеръ изслѣдовалъ диффузію газовъ, при освѣщеніи листа солнцемъ, и опредѣлялъ силу ассимиляціи солнечныхъ лучей газометрическимъ способомъ.

Изъ полученныхъ Мюллеромъ результатовъ я отмѣчу только слѣдую-

1) *Becquerel*. La lumière, ses causes et s. effets. T. 2, p. 290 (1868).

2) *Müller*. Handbuch d. Botanik, p. 481 (1880).

3) *Тимирязевъ*. Рѣчь о физиологическомъ значеніи хлорофилла. См. рѣчи и протоколы съѣзда русскихъ естествоиспытателей и врачей въ Петербургѣ. 1880. Ботаника, стр. 70.

Его же: Жизнь растеній. См. лекцію 10-ую; растеніе какъ источникъ силы.

Его же: L'état actuel de nos connaissances s. l. fonction chlorophyllienne. Bullet. d. Congrès international d. Botanique et d'horticulture, à St. Petersburg. (1884.)

4) *Müller*. Bot. Unters. 5; Ueber d. Einwirkung d. Lichtes u. d. strahlenden Wärme a. d. Grüne unserer Waldbäume, p. 362.

Его же: Handbuch d. Botanik. B. 1, p. 523 (1880).

5) *Emery* Ann. d. Sc. Nat. S. 5; t. 17; 195 (1873).

6) *Maquenne*. Ann. d. Sc. Nat. S. 6; t. 10; 333 (1881); болѣе подробное изложеніе см. Annales agronomiques (Octobre 1880).

щій ¹⁾: подвергая освѣщенію, въ смѣси опредѣленнаго состава, нѣсколько наложенныхъ одинъ на другой листьевъ, онъ замѣтилъ, что они разлагали больше углекислоты, чѣмъ одинъ листъ. Напр. три листа *Castanea vesca* разложили больше углекислоты, чѣмъ одинъ листъ; подобное получилось и съ листьями *Fagus sylvatica*; четыре сложенныхъ листа бука разлагали больше одного листа. Мюллеръ объясняетъ полученный результатъ тѣмъ, что съвозъ верхній листъ проникало еще достаточное количество солнечнаго свѣта, чтобы вызвать разложение углекислоты затѣненными листьями.

Остальные результаты частью не примѣнимы непосредственно къ ассимиляции листьями, частью не доказаны достаточно строго и возбуждаютъ сомнѣніе.

Въ тѣснѣйшей связи съ поглощеніемъ солнечной энергіи находится вопросъ о потребленіи ея растеніемъ. Она потребляется, какъ ниже будетъ изложено, 1) на образованіе соединеній съ большимъ запасомъ химической энергіи, чѣмъ вещества исходныя; 2) на передвиженіе частей содержимаго клѣтокъ, цѣлыхъ частей растеній или даже всего организма (зооспоръ и подвижныхъ формъ простѣйшихъ организмовъ); 3) на всасываніе, передвиженіе по растенію и выдѣленіе газообразныхъ жидкихъ и твердыхъ тѣлъ. Въ первомъ случаѣ, происходитъ превращеніе свѣтовой солнечной энергіи въ потенциальную химическую энергію; во второмъ и третьемъ — превращеніе свѣтовой и тепловой солнечной энергіи въ механическую, или, другими, словами превращеніе движенія частицъ эфира и молекулъ въ движеніе массы.

Изъ этихъ трехъ случаевъ, въ настоящемъ отдѣлѣ будутъ разсмотрѣны только первый, изслѣдованія же надъ потребленіемъ солнечной энергіи на испареніе и всасываніе воды и передвиженіе газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ тѣлъ по растенію будутъ изложены ниже. Вліяніе свѣта на передвиженіе цѣльныхъ (простѣйшихъ) организмовъ и органовъ высшихъ растеній уже разсмотрѣны въ первой главѣ.

Химическія реакціи, вызываемыя солнечной энергіей въ растеніяхъ.

Химическія реакціи, вызываемыя солнечной энергіей въ растеніяхъ, заключаются въ синтезѣ нѣкоторыхъ органическихъ соединеній. Реакціи синтеза органическихъ соединеній въ растеніяхъ представляютъ, какъ съ химической, такъ и съ динамической стороны, двѣ рѣзко разграниченныя группы. Къ одной относятся реакціи, сопровождаемыя поглощеніемъ энергіи извнѣ и образованіемъ соединеній, съ большимъ запасомъ энергіи, чѣмъ тѣла реагирующія; отличительнымъ признакомъ ихъ служитъ выдѣленіе кислорода въ газообразномъ состояніи и полученіе, въ слѣдствіе этого, продуктовъ разложенія, сравнительно бѣдныхъ кислородомъ. Вторую группу составляютъ реакціи синтеза, происходящія на счетъ потенциальной энергіи исходныхъ соединеній, такъ что сумма энергіи продуктовъ разложенія не можетъ превышать количества энергіи тѣлъ, вступившихъ въ реакцію. Поэтому, если, въ послѣднемъ случаѣ, между продуктами реакціи появляется тѣло, превосходящее запасомъ энергіи первоначальныя соединенія, то оно

1) Müller. I. с. p. 355.

образуется не иначе, какъ съ выдѣленіемъ другаго продукта разложенія, болѣе бѣднаго потенциальной энергіей, чѣмъ исходныя соединенія; одновременно съ раскисленіемъ идетъ процессъ окисленія. Смотри по интензивности его, образуется углекислота и вода, или соединенія промежуточные между разлагаемымъ тѣломъ и углекислотой; въ болѣе части случаевъ, при этомъ родѣ синтеза, отщепляется углекислота, выдѣляемая въ газообразномъ состояніи.

Нагляднымъ примѣромъ синтеза органическихъ соединеній, сопровождаемаго поглощеніемъ энергіи, можетъ служить образованіе глюкозы (крахмала) изъ углекислоты и воды



Мы знаемъ, что, при сжиганіи сахара въ углекислоту и воду, выдѣляется определенное количество тепловой энергіи, которое можетъ быть съ точностью измѣрено посредствомъ калориметра. На основаніи закона сохраненія энергіи не подлежитъ сомнѣнію, что, при обратной реакціи, т. е. при образованіи сахара изъ углекислоты и воды, необходимо должно произойти поглощеніе энергіи, равное энергіи, выдѣленной при сжиганіи, и притомъ совершенно независимо отъ пути, которымъ будетъ достигнутъ синтезъ сахара. Поглощеніемъ энергіи должно слѣдовательно сопровождаться образованіе сахара (крахмала) изъ углекислоты и воды въ растеніяхъ.

Изъ всѣхъ органическихъ соединеній, встрѣчаемыхъ въ хлорофиллоносныхъ растеніяхъ, одни углеводы, по видимому, требуютъ для своего образованія затраты энергіи. Синтезъ же всѣхъ остальныхъ соединеній происходитъ при посредствѣ углеводовъ, на счетъ присущей послѣднимъ потенциальной энергіи. Этому положенію не противурѣчитъ, болѣе, сравнительно съ углеводами, содержаніе энергіи въ цѣломъ рядѣ органическихъ соединеній (напр. жировъ), образованныхъ при посредствѣ углеводовъ. Оно легко объясняется, согласно вышеизложенному, тѣмъ, что при ихъ синтезѣ, сопровождаемомъ отщепленіемъ болѣе окисленнаго соединенія, потенциальная энергія углевода концентрируется на меньшее количество вещества.

Въ настоящемъ случаѣ, при изслѣдованіи вопроса объ источникѣ энергіи, накопленной въ органическихъ соединеніяхъ, представляютъ интересъ только реакціи синтеза, сопровождаемая поглощеніемъ энергіи извнѣ, т. е. исключительно процессъ образованія углеводовъ изъ углекислоты и воды, при содѣйствіи свѣта.

Съ химической стороны онъ былъ уже подробно рассмотрѣнъ выше; мы видѣли, что, на основаніи цѣлага ряда точныхъ опытовъ, синтезъ углеводовъ можетъ проявляться только въ клѣткахъ, содержащихъ хлорофилловыя зерна или же зерна пигмента инаго цвѣта, но изъ которыхъ удается различными манипуляціями извлечь хлорафиллинъ; процессъ ассимиляціи углерода идетъ притомъ не иначе, какъ въ присутствіи углекислоты въ окружающей средѣ и при непосредственномъ освѣщеніи клѣтки солнцемъ, или какимъ нибудь другимъ, сильнымъ источникомъ свѣта.

Участіе хлорофилла и другихъ пигментовъ въ синтезѣ углеводовъ.

При разсмотрѣніи условій синтеза углеводовъ, одними изъ первыхъ представляется вопросы: почему синтезъ углеводовъ происходитъ только въ клѣткахъ, содержащихъ зеленый пигментъ?; какою особенностью строенія или состава отличаются онѣ отъ клѣтокъ, лишенныхъ зеленой окраски? Самое тщательное сравненіе не обнаружало между ними никакого различія, кромѣ окраски.

Это незначительное и, съ перваго взгляда, не существенное различіе оказалось однако, при ближайшемъ разслѣдованіи, столь постояннымъ, что, руководствуясь исключительно цвѣтомъ, можно (за немногими исключеніями, гдѣ хлорофиллъ замаскированъ другими пигментами; см. ниже) безошибочно предсказать, будетъ ли предложенная часть растенія разлагать на свѣтѣ углекислоту съ выдѣленіемъ кислорода. Связь зеленой окраски органа съ образованіемъ углеводовъ на столько постоянна, что въ настоящее время не извѣстно ни одного исключенія изъ этого правила; немногіе случаи, представлявшіеся исключеніями, при ближайшемъ разсмотрѣніи, послужили интереснымъ и неожиданнымъ подтвержденіемъ этой связи.

Къ числу такихъ случаевъ относится напр. разложеніе углекислоты красными листьями *Atriplex hortensis*, *Amaranthus caudatus*. Разложеніе углекислоты красными листьями *Atriplex hortensis*, извѣстное уже Соссюру, было подтверждено Коренвиндеромъ ¹⁾; оба изслѣдователя, на основаніи этихъ наблюденій, не признавали связи между зеленымъ цвѣтомъ растеній и разложеніемъ углекислоты. Клоезъ ²⁾ однако вскорѣ показалъ ошибочность ихъ вывода; онъ нашель, изслѣдуя листья *Atriplex hortensis* подъ микроскопомъ, кромѣ краснаго пигмента, зеленый; оба пигмента оказались во многихъ клѣткахъ одновременно отложенными; красный пигментъ — въ видѣ раствора, въ клѣточномъ сокѣ, зеленый — въ периферической плазмѣ, въ зернахъ хлорофилла. Присутствіемъ хлорофилла, замаскированнаго пигментомъ, объяснилась способность этихъ листьевъ разлагать на свѣтѣ углекислоту.

Примѣчаніе. О синтезѣ углеводовъ растеніями съ пигментными зернами краснаго и розоваго цвѣта различныхъ отдѣлковъ (Florideae), золотисто-желтаго пвѣта (Diatomaceae), оливково-зеленаго (Fucaceae) и бураго (*Neottia nidus avis*, *Monotropa Hypopitys* и др.) см. ниже.

Постоянное присутствіе зеленой окраски въ частяхъ растеній, производящихъ синтезъ углеводовъ изъ углекислоты и воды, и неспособность къ этому процессу клѣтокъ, лишенныхъ хлорофилла, невольно наводитъ на мысль, что разложеніе углекислоты растеніями на свѣтѣ обусловливается хлорофилломъ, или точнѣе, оптическими его свойствами. Не смотря однако на громадное число разслѣдованій, сдѣланныхъ въ этомъ направленіи, вопросъ о роли хлорофилла въ процессѣ ассимиляціи углеводовъ до сихъ поръ остается еще не рѣшеннымъ. Не удалось даже выяснитъ съ достаточною точностью, содержатся ли въ зернахъ хлорофилла одинъ пигментъ или нѣсколько. Если облить нарѣзанные на куски листья крупнымъ спиртомъ, то, по прошествіи нѣкотораго времени, спиртъ принимаетъ изумрудно-

1) *Corenwinder*. C. R. 57; 266 (1863).

2) *Clôez*. C. R. 57; 834 (1863).

зеленую окраску, между тѣмъ какъ листья совершенно обезцвѣчиваются. Подвергая спиртовую вытяжку хлорофилла дальнѣйшей обработкѣ, легко убѣдиться въ присутствіи въ ней, по крайней мѣрѣ, двухъ пигментовъ: темно-зеленаго хлорофиллина и золотисто-желтаго — ксантофилла. Всего легче обнаружить ихъ по Краусу¹⁾ слѣдующимъ образомъ: къ спиртовой вытяжкѣ прибавляютъ бензина, который смѣшивается со спиртомъ въ однообразную жидкость; если затѣмъ къ ихъ смѣси прибавлять по каплѣ воды и жидкость взбалтывать, то черезъ нѣкоторое время бензинъ и спиртъ разъединяются и образуютъ два совершенно рѣзко разграниченныхъ, различныхъ по окраскѣ, слоя: верхній — зеленый изъ бензина и нижній — золотисто-желтый, спиртовый. Разъединеніе пигментовъ однако при этомъ происходитъ не совсѣмъ полное, въ чемъ можно убѣдиться, разслѣдуя оптическія свойства каждаго изъ растворовъ. Болѣе чистыми удается получить растворы пигментовъ, взбалтывая спиртовой растворъ съ новыми порціями бензина и растворъ пигмента въ бензинѣ — со спиртомъ.

Совершенно оптически чистыми они получаются по способу Фреми²⁾, видоизмѣненному Тимириазевымъ. Къ зеленой спиртовой вытяжкѣ прибавляютъ баритовой воды, въ слѣдствіе чего, на днѣ сосуда, получается зеленый осадокъ, заключающій оба пигмента, а жидкость надъ осадкомъ дѣлается почти безцвѣтною. Затѣмъ отдѣляютъ осадокъ отъ жидкости фильтрованіемъ; оставшійся на фильтрѣ осадокъ промываютъ крѣпкимъ спиртомъ. Спиртъ извлекаетъ изъ осадка желтый пигментъ (филлоксантинъ Фреми, ксантофиллъ Тимириазева) и стекаетъ въ видѣ жидкости золотисто-желтаго цвѣта, между тѣмъ какъ другой пигментъ, темнозеленый (филлоцианинъ Фреми, хлорофиллинъ Тимириазева), остается на фильтрѣ въ видѣ нерастворимаго осадка въ соединеніи съ баритомъ. Промываніе осадка спиртомъ продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока стекающій спиртъ не дѣлается совершенно безцвѣтнымъ. Для полученія зеленаго пигмента неизмѣннымъ, по крайней мѣрѣ, по отношенію къ оптическимъ свойствамъ, Тимириазевъ³⁾ предложилъ разлагать соединеніе зеленаго пигмента съ баритомъ не кислотой, а крѣпкимъ растворомъ ѣдкаго кали. Переходящій въ растворъ пигментъ окрашиваетъ жидкость въ изумрудно-зеленый цвѣтъ. Для извлеченія его изъ соединенія съ ѣдкимъ кали, наливаютъ на жидкость слой эфира и затѣмъ осторожно, по каплямъ, прибавляютъ кислоты до насыщенія ѣдкаго кали; какъ только жидкость становится среднею, весь пигментъ почти мгновенно переходитъ изъ нижняго слоя жидкости въ верхній, эфирный, и окрашиваетъ его въ превосходный зеленый цвѣтъ, нѣсколько болѣе темный, чѣмъ спиртовая вытяжка хлорофилла, въ слѣдствіе отсутствія желтаго пигмента. Разъединенные этимъ путемъ *ксантофиллъ* и *хлорофиллинъ* представляютъ два пигмента, рѣзко различные по характернымъ оптическимъ свойствамъ.

Растворъ *ксантофилла* получается въ видѣ жидкости золотисто-желтаго цвѣта. Спектральное изслѣдованіе обнаружило полное поглощеніе лучей болѣе преломляемыхъ, между тѣмъ какъ красные, оранжевые, желтые, зеленые проходили почти безъ измѣненія напряженности. Золотисто-желтый растворъ не обна-

1) *Kraus*. Zur Kenntniss d. Chlorophyllfarbstoffe u. ihrer Verwandten. 1872.

2) *Fremy*. С. R. Т. 50, p. 405 (1860) и Т. 84, p. 983 (1877).

3) *Тимириазевъ*. Спектральный анализъ хлорофилла 1871.

руживалъ кромѣ того ни слѣда флуоресценціи. Совершенно иныя оптическія свойства оказались въ растворѣ хлорофиллина. При пропусканіи чрезъ него свѣта, получался спектръ, изборожденный семью отдѣльными полосами поглощенія, перемежающимися съ болѣе свѣтлыми частями спектра. Распредѣленіе полосъ поглощенія въ спектрѣ съ точностью удалось обозначить съ помощью линій Фраунгофера. По направленію отъ краснаго конца спектра къ фіолетовому, онѣ слѣдуютъ одна за другою въ слѣдующемъ порядкѣ: первая полоса поглощенія, весьма рѣзкая, и считаемая обыкновенно за наиболѣе характерную, приходится въ красномъ цвѣтѣ, между линіями *B* и *C*; она обозначается въ спектрѣ, даже при употребленіи раствора пигмента столь слабого, что зеленая окраска жидкости съ трудомъ только распознается. Одновременно съ нею, по Волкову¹⁾, еще раньше ея, обозначается поглощеніе свѣта въ болѣе преломляемой части спектра; все пространство отъ *F* до *H* является сильно затѣненнымъ, за исключеніемъ двухъ болѣе свѣтлыхъ промежутковъ. Кромѣ этихъ четырехъ полосъ поглощенія, т. е. полосы поглощенія въ красномъ свѣтѣ и трехъ, между *F* и *H*, въ спектрѣ хлорофиллина средней концентраціи, обозначаются еще три полосы поглощенія, сравнительно весьма слабыя и расположенныя въ средней свѣтовой части спектра, между линіями *C* и *E* (рис. 24, фиг. I и II, на стр. 144).

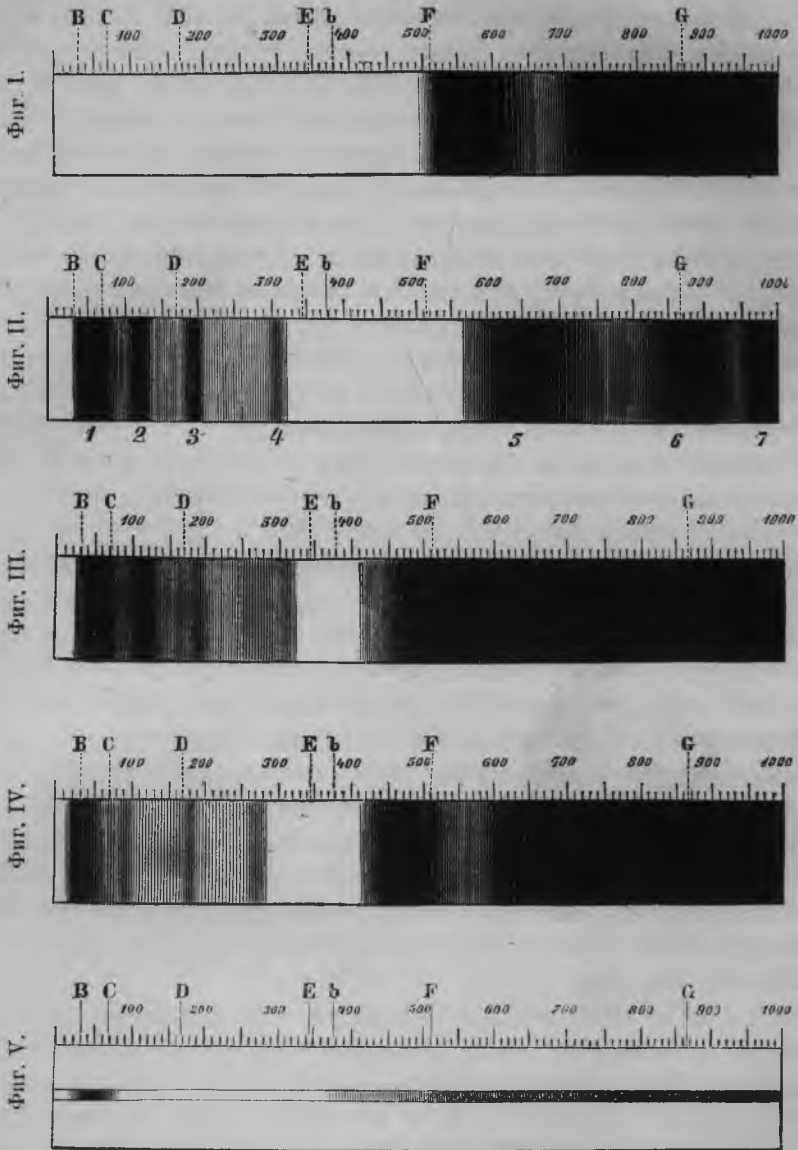
Растворъ хлорофиллина отличается чрезвычайно сильной красной флуоресценціей, особенно ясно видной, если освѣтитъ жидкость, посредствомъ двояковыпуклаго стекла, конусомъ сходящихся лучей; на всемъ протяженіи конуса, жидкость принимаетъ кровавокрасный цвѣтъ.

Спиртовая вытяжка, заключающая оба пигмента, даетъ спектръ сочетанный, т. е. составленный изъ линій поглощенія каждаго изъ пигментовъ. Въ слѣдствіе сплошнаго поглощенія ксантофилломъ болѣе преломляемыхъ лучей свѣтового спектра (фиг. III), спиртовая вытяжка представляетъ всего пять полосъ поглощенія: первую между *B* и *C*, вторую — по срединѣ между *C* и *D*, третью — на линіи *D*, четвертую — по лѣвую сторону отъ *E* и пятую, сплошную, обнимающую весь правый конецъ свѣтового спектра, начиная приблизительно отъ линіи *b*. Кромѣ того спиртовая вытяжка обладаетъ флуоресценціей, вслѣдствіе флуоресценціи хлорофиллина.

На основаніи этихъ данныхъ, большинство изслѣдователей принимаетъ одновременное нахожденіе въ зернахъ хлорофилла двухъ пигментовъ: ксантофилла и хлорофиллина. Нельзя однако не сознаться, что возможны еще два предположенія: возможно, во 1-хъ, предположить, что оба находимые, въ спиртовой вытяжкѣ, пигмента въ растеніи составляютъ продукты распадѣнія болѣе сложнаго тѣла, зеленого пигмента живой кѣтки; въ пользу этого предположенія говоритъ наблюдаемое неполное соотвѣтствіе полосъ поглощенія спиртовой вытяжки хлорофилла и живаго листа. Въ самомъ дѣлѣ, при сравненіи въ микроспектроскопѣ Сорби-Браунинга, спектровъ живаго листа и спиртовой вытяжки хлорофилла, полосы поглощенія живаго листа являются сдвинутыми въ лѣвую сторону (см. рис. 24, III и IV). Причина этого сдвиженія до сихъ поръ не вполне выяснена (см. Тимирязевъ *Sur la fonction chlorophyllienne* (1884). Reinke Pho-

1) *Wolkoff*. Die Lichtabsorption i. d. Chlorophylllösungen. 1876.

Рис. 24.



Фиг. I. спектр поглощенія ксантофилла изъ *Deutzia scabra*.
 » II. » » хлорофиллина изъ *Deutzia scabra*.
 » III. » » хлорофилла изъ *Primula sinensis*.
 » IV. » » живаго листа *Deutzia scabra*.
 » V. » » зерна хлорофилла изъ листа *Clivia*.

tometr. Unters. üb. d. Absorption d. Lichtes i. d. Assimilationsorganen. Bot. Zeit. 1886, p. 162). Подобное же предположеніе о существованіи, въ живомъ растеніи, пигмента отличнаго отъ пигментовъ изъ него извлекаемыхъ, возможно относительно діатомовыхъ, багрянокъ, осциллярій, фукусовъ, *Neottia nidus avis*. въ которыхъ хромагофоры живыхъ кѣлокъ окрашены въ цвѣта золотисто-жел-

тый, розовый и красный различных оттенков, сизо-зеленый, зеленовато-бурый. Только послѣ умерщвления клѣтки, извлекаются изъ нея смѣси пигментовъ, между которыми постоянно встрѣчается хлорофиллинъ. Тѣмъ не менѣе большинство физиологовъ принимаютъ, что перечисленныя растенія содержатъ въ хроматофорахъ одновременно нѣсколько пигментовъ; отсутствіе же слѣда зеленой окраски хроматофоръ объясняютъ тѣмъ, что сопутствующіе хлорофиллинъ пигменты замаскировываютъ его присутствіе. Воззрѣніе это основывается главнымъ образомъ на томъ, что спектръ поглощенія каждаго изъ поименованныхъ растеній представляетъ спектръ сочетанный, составленный изъ полосъ поглощенія растворовъ хлорофиллина и его сопровождающихъ пигментовъ, что врядъ имѣло бы мѣсто, если бы извлекаемые пигменты представляли только продукты распаденія болѣе сложнаго химическаго соединенія. Второе возможное предположеніе, діаметрально противоположное первому, заключается въ томъ, что вышеописанными приемами не достигается разьединеніе отдѣльныхъ пигментовъ живой клѣтки, а лишь сходныхъ группъ пигментовъ, и что, какъ въ растворѣ ксантофилла, такъ и хлорофиллина находится по нѣскольку различныхъ пигментовъ. Въ пользу этого воззрѣнія говорятъ слѣдующія показанія Бородина ¹⁾: обрабатывая подъ микроскопомъ, спиртомъ, разрѣзы различныхъ растеній, ему удалось, по испареніи спирта, получить осажденіе нѣсколькихъ пигментовъ въ видѣ микроскопическихъ кристалловъ.

Особеннаго вниманія заслуживаютъ зеленые кристаллы, въ видѣ треугольныхъ, иногда по угламъ притупленныхъ пластинокъ, легко растворимыхъ въ спиртѣ и эфирѣ; онѣ оказались почти совершенно нерастворимыми въ бензинѣ, петролейномъ эфирѣ и сѣрнистомъ углеродѣ ²⁾.

Кромѣ этихъ зеленыхъ кристалловъ появились одновременно кристаллики, окрашенные въ различные оттенки краснаго, фіолетоваго, желтаго и бураго цвѣта. Особенно любопытно, что смѣсь этихъ пигментовъ получалась также при обработкѣ спиртомъ водоросли *Spirogyra*; просушивъ между пропускной бумагой, Бородинъ обливалъ ее, въ маленькомъ сосудѣ съ притертой стеклянной пробкой, очень малымъ количествомъ крѣпкаго спирта и оставлялъ въ темнотѣ на сутки; въ калѣ этой жидкости удавалось открыть множество вышеописанныхъ кристалловъ. На основаніи этихъ опытовъ и подобныхъ, произведенныхъ надъ пѣлымъ рядомъ другихъ растеній, Бородинъ принимаетъ, что окрашенныя въ зеленый цвѣтъ растенія, кромѣ хлорофиллина, заключаютъ нѣсколько другихъ пигментовъ, распадающихся на двѣ легко различимыя группы, по различной растворимости ихъ въ бензинѣ и спиртѣ; къ первой, въ бензинѣ легко растворяющейся группѣ относятся, между прочимъ, красные кристаллы (эритрофиллъ Бугареля), постоянно сопровождающіе хлорофиллинъ; ко второй — не измѣняющіеся въ бензинѣ и легко растворимые въ спиртѣ золотисто-желтые кристаллы

1) Бородинъ. Труды С.-Петербургскаго Общества Естествоиспытателей. 1881. и Bot. Zeit. 1882, p. 608.

2) О полученіи хлорофилла въ видѣ кристалловъ см. Trecul. Compt.-rend., T. 59, p. 435 (1865) и T. 80; p. 833 (1879).

О кристаллическомъ хлорофилланѣ (видоизмѣненномъ хлорофиллинѣ): Hoppe Seiler. Zeitschr. f. physiol. Chemie. B. 3, p. 339 (1879); B. 4, p. 193 (1880) и B. 5, p. 75 (1881). Gautther. Compt.-rend., T. 89, p. 861 (1879).

ксантофилла; послѣдніе представляютъ повидимому тоже смѣсь двухъ различныхъ пигментовъ.

Въ дальнѣйшей макрохимической разработкѣ фактовъ, указанныхъ Бородинымъ, въ изученіи состава и оптическихъ свойствъ найденныхъ имъ разнообразныхъ пигментовъ кроется, по моему мнѣнію, возможность разрѣшить удовлетворительнымъ способомъ вопросъ о значеніи пигментовъ растеній въ процессѣ ассимиляціи углерода. Въ настоящее время по этому предмету имѣются воззрѣнія чрезвычайно различныя, нерѣдко діаметрально противоположныя, которыя ясно свидѣтельствуютъ о недостаточной разработкѣ занимающаго насъ вопроса. Всѣ они построены на предположеніи, что хлорофиллоносныя растенія заключаютъ два вышеописанныхъ пигмента: ксантофиллъ и хлорофиллинъ; послѣднему, исключительно, приписываютъ болѣе или менѣе важную роль при синтезѣ углеводовъ изъ углекислоты и воды. Относительно роли хлорофилла (т. е. смѣси хлорофиллина и ксантофилла) въ ассимиляціи углерода существуютъ слѣдующія воззрѣнія:

1) По мнѣнію Прингсхейма (Pringsheim. Ueb. d. chemischen Theorien d. Chlorophyllfunction. Ber. d. d. Bot. Ges. Generalvers. Berlin. 1886, p. LXXIX) хлорофиллъ не принимаетъ непосредственнаго участія съ ассимиляціи углерода; поглощая опредѣленные лучи свѣта, хлорофиллъ служитъ только ширмою или защитою безцвѣтной плазмѣ отъ быстрого окисленія ея подѣ вліяніемъ слишкомъ яркаго свѣта.

2) Громадное большинство физиологовъ приписываютъ напротивъ того хлорофиллу весьма существенную, активную роль въ ассимиляціи углерода, но совершенно расходятся во взглядахъ на ближайшее участіе его въ этомъ процессѣ. По мнѣнію однихъ (Пфефферъ, Саксъ и его школа) синтезъ углеводовъ изъ углекислоты и воды производится преимущественно желтыми лучами, которые хлорофилломъ не задерживаются замѣтнымъ образомъ; они принимаютъ, что потрачиваемая, на синтезъ углеводовъ въ растеніяхъ, часть солнечной энергіи столь незначительна, что ослабленіе свѣта, при обыкновенномъ способѣ наблюденія, не сказывается. Другіе изслѣдователи (Мюллеръ, Müller. Unters. üb. d. Sauerstoffausscheidung d. grünen Pflanzen im Sonnenlicht. (Bot. Unter. I. 1872), Тимирязевъ, l. c. Рейнке, Reinke. Unters. üb. d. Einwirkung d. Lichtes a. d. Sauerstoffausscheidung d. Pflanzen. Bot. Zeit. 1884, p. 1) напротивъ того настаиваютъ на томъ, что синтезъ углеводовъ производится преимущественно лучами красными, поглощаемыми хлорофилломъ въ промежуткѣ между линіями Фраунгофера *B* и *C*. Желтые лучи производятъ, по ихъ указаніямъ, лишь сравнительно слабое дѣйствіе. Мы видѣли выше, что хлорофилломъ поглощаются, кромѣ красныхъ, еще и другіе лучи, особенно сильно лучи болѣе преломляемой части спектра; но этимъ послѣднимъ, на основаніи какъ опытныхъ данныхъ, такъ и теоретическихъ соображеній, вышеназванные ученые не придаютъ значенія въ процессѣ ассимиляціи углерода. Развитіе этого взгляда изложено Тимирязевымъ ¹⁾ въ сообщеніи, сдѣланномъ въ 1884 году на конгрессѣ ботаниковъ и садоводовъ въ Петербургѣ.

1) Тимирязевъ. (L'état actuel de nos connaissances sur la fonction chlorophyllienne. Bull. d. Congrès p. 103. Въ концѣ статьи находится полный перечень работъ Тимирязева по этому предмету.

3) Наконецъ Энгельманъ, приписывая также синтезъ углеводовъ лучамъ, задерживаемымъ хлорофилломъ, утверждаетъ, что не только поглощаемые хлорофилломъ красные лучи, между *B* и *C*, но и лучи болѣе преломляемой части спектра играютъ роль въ этомъ процессѣ. Онъ ссылается при этомъ на полученные имъ, изъ сравнительныхъ опытовъ, результаты относительно совпаденія въ спектрѣ мѣстъ поглощенія и наиболѣе энергичнаго разложенія углекислоты растеніями и утверждаетъ, что, при посредствѣ вышеописаннаго (стр. 104) бактеріальнаго метода изслѣдованія, ему удалось во 1-хъ обнаружить для хлорофиллоносныхъ клѣтокъ, кромѣ перваго максимума разложенія углекислоты въ красномъ цвѣтѣ (между *B* и *C*), еще второй, въ болѣе преломляемой половинѣ спектра; во 2-хъ показать, что клѣтки, окрашенные въ другіе цвѣта, чѣмъ зеленый, именно: въ желтоватобурый (*Diatomaceae*), сизозеленый (*Phycochromaceae*), красный (*Florideae*), производятъ наибольшее разложеніе углекислоты въ другихъ мѣстахъ спектра, совпадающихъ съ темными полосами поглощенія содержащихся въ нихъ пигментовъ (см. возраженія Прингсхейма: *Pringsheim. Ber. d. d. Bot. Ges.* 1885. В. 3, р. LXXII). Синтезъ углеводовъ въ растеніяхъ, по Энгельману¹⁾, не составляетъ слѣдовательно функціи, присущей лишь лучамъ опредѣленной окраски или длины волны, но свойственъ и другимъ лучамъ солнечнаго свѣта; единственнымъ необходимымъ условіемъ для проявленія его, признается Энгельманомъ, присутствіе въ клѣткѣ поглощающаго свѣтъ пигмента.

Синтезъ органическихъ соединеній въ насѣкомоядныхъ растеніяхъ и зеленыхъ цвѣтковыхъ паразитахъ и сапрофитахъ.

Синтезъ органическихъ соединеній въ насѣкомоядныхъ растеніяхъ и зеленыхъ цвѣтковыхъ паразитахъ почти вовсе не разслѣдованъ. Возможность успешнаго выращиванія насѣкомоядныхъ въ замкнутомъ пространствѣ, подъ стекляннымъ колпакомъ, при полномъ устраненіи отъ листьевъ насѣкомыхъ и всякаго другаго азотистаго вещества, несомнѣнно доказываетъ, что полученіе азотистой пищи, чрезъ листья, не составляетъ необходимаго условія жизни насѣкомоядныхъ растеній. Съ другой стороны зеленая окраска листьевъ, ничѣмъ не отличающаяся отъ окраски другихъ растеній, заставляетъ предполагать, что они могутъ выработывать на свѣтѣ углеводы изъ углекислоты и воды и производить слѣд., подобно остальнымъ хлорофиллоноснымъ растеніямъ, полный синтезъ органическихъ соединеній.

Относительно питанія зеленыхъ паразитныхъ растеній сдѣлано весьма мало. Несомнѣнно доказано только разложеніе углекислоты на свѣтѣ листьями *Viscum album*. Отрѣзокъ *Viscum*, помѣщенный въ смѣсь изъ 30 куб. сантим. углекислоты и 50,4 куб. сантим. воздуха, разложилъ 9,9 куб. сантим. углекислоты и выдѣлилъ равный объемъ кислорода. Остальныя стороны питанія этого растенія совершенно не разслѣдованы; не извѣстно вовсе, какія соединенія высасываются паразитомъ изъ питающаго растенія, ограничивается ли *Viscum album* заимство-

1) *Engelmann. Farbe u. Assimilation. Bot. Zeit.* 1883, p. 1.

ваніемъ только неорганическихъ соединеній, или нуждается также въ органическихъ и въ какихъ именно.

Нѣкоторыя зеленія паразитныя растенія представляютъ по видимому смѣшанный способъ питанія. По опытамъ Корню ¹⁾ напр. выращиваніе паразитнаго растенія *Melampyrum arvense* изъ сѣмени удается отлично, если ввести одновременно въ почву нѣсколько сѣмянъ злаковъ. Корни *Melampyrum* оказались срощенными съ корнями прорастающаго злака; послѣдній отмиралъ чрезъ нѣкоторое время, между тѣмъ какъ *Melampyrum* продолжало разрастаться весьма сильно. Корню заключилъ изъ этого, что *Melampyrum* нуждается въ злакахъ, лишь въ первое время развитія. Указанія на питаніе двоякаго рода, сдѣланы Друде ²⁾ касательно *Monotropa*; это растеніе можетъ, по его наблюденіямъ, жить какъ сапрофитъ и въ тоже время паразитировать на другихъ растеніяхъ.

Къ переходнымъ формамъ между зелеными растеніями и совершенно лишенными хлорофилла, относятся *Corallorhiza*, *Neottia nidus avis* и слѣдующіе виды *Orobanche*: *O. cruenta* Bert., *O. rubens* Wallr., *O. Galii* Duby и *O. epithymum* DC.; они всѣ содержатъ хлорофиллъ, но въ столь небольшомъ количествѣ, что онъ можетъ лишь играть второстепенную роль въ питаніи. Въ перечисленныхъ видахъ *Orobanche*, зерна хлорофилла были найдены Виснеромъ ³⁾; иногда ему удавалось наблюдать въ нихъ отложенія крахмала; но зерна эти сохраняли зеленый цвѣтъ лишь въ молодомъ возрастѣ, а затѣмъ принимали желтую окраску. Незначительная роль въ ассимиляціи хлорофилла, заключеннаго въ *Orobanche*, было уже давно доказано Лори ⁴⁾. Подвергая отрѣзки различныхъ видовъ *Orobanche* дѣйствию свѣта, въ замкнутыхъ пріемникахъ съ воздухомъ и углекислотою, ему никогда не удавалось подмѣтить ни малѣйшаго выдѣленія кислорода; напротивъ того, растенія эти выдѣляли, на солнечномъ свѣтѣ, больше углекислоты, чѣмъ въ тѣни и въ темнотѣ, по всему вѣроятію, вълѣдствіе нагрѣванія ихъ солнцемъ.

Виснеру ⁵⁾ удалось также открыть хлорофиллъ и въ *Neottia nidus avis*; онъ замѣтилъ, что, при погруженіи въ спиртъ, растеніе изъ бурога дѣлалось ярко-зеленымъ, а затѣмъ блѣднѣло по мѣрѣ окраски въ зеленый цвѣтъ окружающаго спирта. Изслѣдуя микроскопомъ, Виснеръ нашелъ хлорофиллъ въ пигментныхъ зернахъ бурога цвѣта, которыя зеленѣли въ спиртѣ и обнаруживали при этомъ присутствіе хлорофилла. Въ виду однако незначительнаго содержанія хлорофилла, Саксъ ⁶⁾ и Рейнке ⁷⁾ полагаютъ, что только часть крахмала, находимаго въ *Neottia*, могла быть образована при посредствѣ хлорофилла. Рейнке совершенно опредѣленно указалъ на гумусъ почвы, какъ на второй источникъ крахмала. Для болѣе точнаго опредѣленія роли хлорофилла въ процессѣ ассимиляціи крахмала въ *Neottia*, Виснеръ ⁸⁾ сравнилъ количество хлорофилла въ этомъ растеніи съ иглами *Pinus sylvestris* и нашелъ, что послѣднія заключаютъ приблизительно

1) Cornu. Bull. d. l. Soc. bot. d. France, 23; 195 (1876) (Just. Jahresb. 1876, p. 891).

2) Drude. Biologie v. Monotropa u. Neottia. 1873, p. 62.

3) Wiesner. Pringsh. Jahrb. 8; 582 (1872).

4) Lory. Ann. d. Sc. Nat. S. 3, t. 8; 158 (1847).

5) Wiesner. ib. p. 576.

6) Sachs. Experimental-Physiol. p. 126.

7) Reinke. Flora 1873, p. 179.

8) Wiesner. Flora 1874, p. 73.

только въ 7,3 раза больше хлорофилла. Поэтому Виснеръ признаетъ за хлорофилломъ *Neottia* большее значеніе въ питаніи, чѣмъ Саксъ и Рейнке. Диаметрально противоположный взглядъ проводятъ Прильё¹⁾ и Линдтъ (Bot. Zeit. 1885, p. 825); оба отрицаютъ присутствіе хлорофилла въ живомъ растеніи.

Еще меньшимъ содержаніемъ хлорофилла отличается *Corallorhiza*. Въ немъ не удалось даже вовсе находить зеренъ хлорофилла, и на присутствіе послѣдняго указываетъ лишь свѣтло-зеленый цвѣтъ перикарпія и зеленая окраска спиртовой вытяжки изъ этого растенія.

Переходною формою къ зеленымъ орхиднымъ служитъ, по указанію Рейнке, *Epipactis microphylla*, отличающееся различною окраскою листьевъ, которые на нѣкоторыхъ экземплярахъ совершенно блѣдные, у другихъ же ясно окрашены въ зеленый цвѣтъ.

Весьма замѣчательно, что не только вышеописанныя формы, бѣдныя содержаніемъ хлорофилла, заключаютъ не меньше крахмала чѣмъ зеленныя, но и *Epipogon*, совершенно лишенное хлорофилла, образуетъ внутри себя громадное количество крахмала.

По аналогіи съ этими растеніями, Рейнке считаетъ возможнымъ усвоеніе крахмала изъ гумуса также орхидными, снабженными листьями нормальнаго зеленого цвѣта, напр. *Epipactis*, *Cephalanthera*, *Listera*, *Cypripedium*, *Orchis* и др. Весьма интересно было бы провѣрить это положеніе выращиваніемъ зеленыхъ орхидныхъ въ гумусѣ и въ атмосферѣ, лишенной углекислоты. Питаніе этихъ растеній принадлежитъ къ непочатымъ вопросамъ физиологіи растеній.

Синтезъ органическихъ соединеній въ растеніяхъ, лишенныхъ хлорофилла.

Къ растеніямъ совершенно лишеннымъ хлорофилла принадлежатъ немногіе цвѣтковые паразиты, сапрофиты, весь классъ грибовъ и бактеріи.

Изъ цвѣтковыхъ сюда относятся: сем. *Balanophoreae*, *Rafflesiaceae*, родъ *Cuscuta* и виды *Monotropa Hypopitys* и *Epipogon Gmelini*. Всѣ они, за исключеніемъ послѣднихъ двухъ формъ, паразиты; относительно *Monotropa*, Друде утверждаетъ, что оно можетъ жить и сапрофитомъ; *Epipogon Gmelini* принадлежитъ къ сапрофитамъ. Питаніе ихъ вовсе не разслѣдовано; по всему вѣроятію, оно окажется сходнымъ, въ главныхъ чертахъ, съ питаніемъ грибовъ.

Грибы и водоросли, лишенные хлорофилла (бактеріи).

По отношенію къ синтезу органическихъ соединеній, разслѣдованы только три слѣдующія группы простѣйшихъ представителей растительнаго царства: 1) бродильные грибы, 2) нѣкоторые плѣсни: *Mucor*, *Penicillium* и *Aspergillus* (послѣдніе два гриба въ видѣ конидіальной формы) и 3) *Schizomyces* (бак-

1) *Prillieux*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19; 108 (1874).

теріи). Всѣ они, при обыкновенныхъ условіяхъ культуры, развиваются на разлагающихся животныхъ и растительныхъ продуктахъ, рѣже встрѣчаются въ видѣ паразитовъ на животныхъ и растеніяхъ. По химическому составу, они мало отличаются отъ остальныхъ растений и, подобно послѣднимъ, состоятъ главнымъ образомъ изъ бѣлковыхъ тѣлъ, жировъ и углеводовъ. Наиболѣе существенное различіе въ питаніи отъ хлорофиллоносныхъ растений обнаружилось въ усвоеніи углерода. Между тѣмъ какъ зеленія растенія строятъ углеродистыя соединенія изъ углекислоты и воды, выдѣляя избытокъ кислорода въ видѣ газа, грибы лишены этой способности. По этой причинѣ, они не развиваются въ смѣси неорганическихъ солей, вполне пригодной для хлорофиллоносныхъ растений; кромѣ этихъ соединеній, грибы и бактеріи требуютъ еще тройнаго углеродистаго соединенія, въ большинствѣ случаевъ сахара, изъ котораго они заимствуютъ углеродъ.

Изъ имѣющихся изслѣдованій, только незначительная часть можетъ служить для разъясненія химическихъ процессовъ питанія грибныхъ организмовъ. Между условіями, необходимыми для полученія надежныхъ результатовъ въ подобнаго рода работахъ, главнѣйшее заключается въ абсолютной чистотѣ культуры; только въ томъ случаѣ, если въ искусственной смѣси развивается одна избранная опредѣленная форма, безъ малѣйшей примѣси постороннихъ организмовъ, возможно полученіе опредѣленныхъ указаній на процессы ея питанія.

Въ виду этихъ соображеній, я изложу отдѣльно *культуры чистыя* одного избраннаго грибнаго организма, произведенныя со всѣми надлежащими предосторожностями, и *культуры смѣшанныя*, въ которыхъ выращивались различныя формы грибовъ и бактерій, случайно попадавшія въ субстратъ, кромѣ посѣянной.

Чистыя культуры. Для полученія чистыхъ культуръ прибѣгаютъ къ слѣдующимъ приемамъ: выращиваютъ избранную форму, изъ споръ, въ замкнутомъ сосудѣ, который вмѣстѣ съ субстратомъ предварительно стерилизуютъ нагрѣваніемъ до $150 - 160^{\circ}$ Ц.; субстратомъ для развитія гриба или бактеріи выбираютъ жидкость опредѣленнаго состава. Одинъ изъ наиболѣе удобныхъ и простыхъ приборовъ, предложенный Пастѣромъ, составленъ изъ шара съ двумя отводными трубками, изъ которыхъ одна изогнута, а другая прямая и замыкается кускомъ стеклянной палочки, вставленной въ отрѣзокъ каучука (рис. 25). Жидкость вливаютъ чрезъ прямую трубку, посредствомъ длинной воронки, и подвергаютъ сильному кипяченію. Въ моментъ прекращенія кипяченія немедленно замыкаютъ прямую шейку и даютъ жидкости совершенно остыть.

Рис. 25.



Приборъ размыкаютъ затѣмъ только на мгновеніе, для посѣва споръ, и вновь немедленно надѣваютъ на прямую шейку каучукъ съ стеклянной палочкой. Для избѣжанія примѣси, къ высѣваемымъ спорамъ, постороннихъ организмовъ, необходимо снять споры съ возможно чистой культуры гриба. Послѣднюю готовятъ, выращивая грибокъ или бактерію въ замкнутомъ сосудѣ, предварительно стерилизованномъ вмѣстѣ съ жидкостью. Чрезъ два или три послѣдовательныхъ посѣва получается

развитіе одного посѣяннаго организма, безъ постороннихъ примѣсей. Споры для посѣва снимають съ гриба свѣжепрокаленною, только-что остывшею платиновою проволокой, прикасаясь ею къ созрѣвшимъ спорангіямъ или конидіямъ и, вмѣстѣ съ приставшими спорами, бросаютъ ее въ приготовленную жидкость и сосудъ закупориваютъ ¹⁾).

Изъ немногихъ работъ, произведенныхъ вышеуказаннымъ способомъ, въ очень незначительномъ числѣ, имѣлось въ виду разслѣдованіе химическихъ процессовъ, происходящихъ въ выращиваемомъ организмѣ; главною цѣлью большинства ихъ было изученіе измѣненій, производимыхъ грибомъ въ жидкости окружающей, т. е. процессы броженія или гненія, вызываемыя въ жидкости присутствіемъ этихъ организмовъ. Незначительные результаты касательно питанія грибовъ объясняются совершенно естественно недостаткомъ изслѣдованій въ этомъ направленіи.

Бродильные грибки. Обстоятельнѣе остальныхъ изученъ въ этомъ отношеніи бродильный грибокъ Пастёромъ ²⁾. Ему удалось вырастить, изъ невольсого количества дрожжей, большую массу грибка въ различныхъ жидкостяхъ, предварительно стерилизованныхъ нагрѣваніемъ. Возможность устранить твердыя составныя части субстрата было уже важнымъ шагомъ при разслѣдованіи питанія бродильнаго грибка. Пастёръ пошелъ еще далѣе и приготовилъ смѣсь веществъ еще болѣе простую и вполне пригодную для нормальнаго развитія бродильнаго грибка и для синтеза главнѣйшихъ составныхъ его частей: бѣлковыхъ тѣлъ, клѣтчатки и жира. Смѣсь эта, называемая обыкновенно жидкостью Пастёра, заключаетъ на 100 куб. сант. воды: 10 граммовъ тростниковаго сахара, 0,1 грамма виннокаменнокислаго амміака, 0,07 грамма золы, полученной чрезъ обзаливаніе одного грамма сухихъ дрожжей. Развитіе бродильнаго гриба происходило въ этой смѣси нормальное, но гораздо медленнѣе, чѣмъ въ виноградномъ сокѣ, въ сокѣ свекловицы и въ водной вытяжкѣ дрожжей, въ слѣдствіе замѣны сложныхъ азотистыхъ соединеній амміачною солью.

Видоизмѣняя, по произволу, составъ этой простой смѣси, Пастёръ получилъ, при посредствѣ ея, слѣдующіе интересные результаты: а) всѣ составныя части смѣси оказались въ равной степени необходимы для развитія бродильнаго грибка; б) бродильный грибокъ усваивалъ бѣлковыя соединенія винограднаго сока, сока свекловицы, водной вытяжки дрожжей, серумъ крови, жидкость выжатую изъ мускуловъ, но оставлялъ нетронутымъ бѣлокъ изъ куринаго яйца; в) развитіе грибка происходило одинаково на свѣтѣ и въ темнотѣ: разрастаніе грибка на воздухѣ (при избыткѣ кислорода) сопровождалось поглощеніемъ кислорода и выдѣленіемъ равнаго объема углекислоты; г) при этомъ, грибокъ вырабатывалъ въ себѣ, путемъ синтеза, изъ минеральныхъ солей и сахара, бѣлковыя тѣла, жиры и клѣтчатку, безъ посредства свѣта и безъ выдѣленія кислорода въ газообразномъ состояніи.

Результаты Пастёра были подтверждены всѣми послѣдующими розысканіями.

1) О методахъ чистой культуры грибовъ см. *Brefeld. Methoden zur Unters. d. Pilze. Verhandl. d. phys.-med. Gesellsch. N. F. 8; 4* (1874).

2) *Pasteur. Ann. d. Chim. et de Phys. S. 3. T. 58, p. 381* (1860). *Compte-rendu. T. 52, p. 1260* (1861). *Etudes s. l. bière, p. 84* и сл. (1876).

Дальнѣйшее упрощеніе смѣси было предложено Мейеромъ ¹⁾; онъ замѣнилъ въ ней виннокислотную кислоту азотной; амміакъ былъ введенъ въ видѣ азотной соли; изъ органическихъ соединеній смѣси оставленъ былъ слѣдовательно только сахаръ. Смѣсь эта заключала, на 100 частей воды:

1 5	граммовъ сахара
1	граммъ азотнокислаго амміака
0,5	„ фосфорнокаліевой соли
0,05	„ фосфорнокальціевой соли
0,25	„ сѣрномагніевой соли.

Эта смѣсь тоже оказалась пригодною для развитія бродильнаго грибка.

Изъ результатовъ работы Мейера, я останавлиюсь лишь на одномъ, который былъ подтвержденъ въ послѣдствіи Негели ²⁾ именно: на неспособности бродильнаго грибка усваивать азотъ изъ азотной кислоты. Согласно съ Мейеромъ, Негели нашель, что въ искусственной смѣси, составленной изъ сахара и минеральныхъ солей, развитіе бродильнаго грибка происходило одинаково слабое какъ и въ смѣси, къ которой былъ прибавленъ азотнокислый натрій, между тѣмъ какъ въ смѣсяхъ, съ различными солями амміака или различными азотистыми органическими соединеніями, получался значительный приростъ бродильнаго грибка.

Уже Пастёръ въ точности опредѣлилъ различіе въ питаніи бродильнаго грибка въ присутствіи свободнаго кислорода и безъ него. Негели ³⁾ дополнилъ эти данныя рядомъ интересныхъ параллельныхъ опытовъ надъ произрастаніемъ бродильнаго грибка въ разнообразныхъ смѣсяхъ на воздухѣ и въ отсутствіи кислорода.

Въ присутствіи воздуха, получалось разрастаніе бродильнаго грибка въ смѣсяхъ весьма различнаго состава, между тѣмъ какъ, при устраненіи воздуха, бродильный грибокъ развивался только въ жидкостяхъ, содержавшихъ сахаръ; при этомъ сахаръ оказалса, до нѣкоторой степени, суррогатомъ кислорода, такъ какъ получалось развитіе бродильнаго грибка, въ вышепоименованныхъ смѣсяхъ, и въ отсутствіи кислорода, если къ нимъ только прибавлено было достаточное количество сахара.

При выращиваніи бродильнаго грибка, въ смѣси неорганическихъ солей и сахара, необходимо предположить въ немъ, какъ и въ остальныхъ растеніяхъ, процессы двоякаго рода: 1) синтезъ (хотя и не полный) органическихъ соединеній и 2) потребленіе ихъ, на построеніе организованныхъ образованій. Не смотря на то, что строгаго разграниченія этихъ двухъ фазъ питанія бродильнаго грибка провести еще не удается, въ существованіи ихъ едва ли возможно сомнѣваться, такъ какъ, при культурѣ грибка въ жидкости, содержащей всѣ необходимыя органическія соединенія, первая фаза питанія совершенно выпадаетъ и проявляется только вторая. Въ полномъ согласіи съ этимъ воззрѣніемъ, находится указанное Пастёромъ болѣе быстрое развитіе грибка въ жидкости, заключающей всѣ не-

1) Meyer. Unters. üb. alkoholische Gährung. 1869.

2) Nageli. Sitzungs. d. Bayer. Ak. Sitz v. 3 Mai 1879, p. 447.

3) Nageli. Sitzungs. d. Bayer. Ak. 1879, p. 472 (Nachtrag z. Sitzung d. math.-phys. Classe v. 5 Juli 1879).

обходимыя органическія соединенія, въ видѣ готоваго матеріала для построенія его клѣтокъ. Одною изъ ближайшихъ задачъ изслѣдованій питанія бродильнаго грибка будетъ разграниченіе этихъ процессовъ.

Описанныя здѣсь изслѣдованія относятся почти исключительно къ грибку *Saccharomyces Cerevisiae*. Другіе виды этого рода: *S. ellipsoideus*, *S. apiculatus*, *S. Pastorianus*, *S. conglomeratus* не представили ничего существенно различнаго въ способѣ питанія. Только одинъ изъ видовъ, именно *Saccharomyces Mycoderma*, отдѣляемый нѣкоторыми авторами въ особый родъ *Mycoderma* (*M. vini*), представляетъ замѣчательную особенность, заключающуюся главнымъ образомъ въ появленіи и чрезвычайно сильномъ развитіи на перебродившихъ жидкостяхъ, не пригодныхъ, по видимому, для остальныхъ видовъ *Saccharomyces*.

Питси. Свѣдѣнія о питаніи плѣсней крайне скудны. Удалось только вырастить нѣкоторыя изъ нихъ въ смѣсяхъ опредѣленнаго и простаго состава. Къ тому же, безукоризненно чистыхъ культуръ очень мало.

Самыя обстоятельныя изслѣдованія относятся къ *Aspergillus niger* и произведены Роленомъ ¹⁾. Онъ поставилъ себѣ задачею найти наиболѣе пригодную смѣсь, изъ минеральныхъ солей и сахара, для выращиванія этой плѣсни. Труды его увѣнчались желаемымъ успѣхомъ, такъ какъ ему удалось съ точностью опредѣлить условія, при которыхъ, въ составляемой имъ смѣси, изъ невѣсомаго количества споръ *Aspergillus niger*, въ продолженіи 6 дней выращивается количество мицелія, который вѣситъ, послѣ высушиванія при 100° Ц., около 25 граммовъ; разница въ вѣсѣ сухаго мицелія, въ различныхъ опытахъ, не превосходила $\frac{1}{20}$ его вѣса; при этомъ мицелій *Aspergillus* получался совершенно чистый, безъ примѣси постороннихъ организмовъ.

Нормальная смѣсь Ролена состояла изъ:

воды	1500	граммовъ.
сахара	70	"
виннокаменной кислоты	10,00	"
амміака	2,00	"
фосфорной кислоты	0,40	"
сѣрной кислоты	0,25	"
кремнекислоты	0,03	"
кали	0,40	"
магнезіи	0,20	"
окиси цинка	0,04	"
окиси желѣза	0,03	"



Для успѣха культуры кромѣ того оказалось необходимымъ поддерживать температуру въ 35° Ц., выращивать плѣснь въ жидкости, налитой въ плоскіе сосуды, и пропускать чрезъ аппаратъ, гдѣ производится культура, непрерывную струю влажнаго воздуха, во все время опыта. Отклоненіе, въ какомъ бы то ни

1) *Rautin*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5. t. 11; 93 (1869).

было направлени отъ описанныхъ условій культуры, немедленно отражалось невыгодно на результатѣ. Приемы, посредствомъ которыхъ Ролену удалось получить столь значительный синтезъ органическихъ соединений, подробно изложены въ его статьѣ.

Разрастаніе *Aspergillus niger*, хотя и гораздо менѣе значительное, получили Фанъ-Тигемъ¹⁾, посѣявъ споры его на поверхность смѣси, составленной изъ 300 куб. сант. воды, 29 граммовъ танина, небольшого количества азотно-кислаго амміака и золы дрожжей. Черезъ 8 дней выросъ мицелій, вѣсившій, послѣ высушиванія, 3,5 грамма. Изъ 29 граммовъ твердаго вещества оказалось въ растворѣ 2,6 гр., въ которомъ заключалось 1,1 гр. неразложеннаго танина и 1,5 гр. галловой кислоты. Всего исчезло твердаго вещества, за это время, 26,52 гр., въ замѣнъ котораго образовалось 3,5 гр. мицелія; остальное вещество, равное 23 граммамъ, оказалось сожженнымъ.

Подобный же результатъ былъ полученъ Кономъ при посѣвѣ споръ *Penicillium glaucum*²⁾ въ смѣсь 300 куб. сант. воды, 14,55 гр. танина, 0,3 гр. азотнокислаго амміака и 0,3 гр. золы дрожжей. Высушенный при 100° Ц. мицелій вѣсилъ 3,10 грамма; количество танина убыло на 12,45 граммовъ; изъ него 10,71 гр. были сожжены, 1,74 гр. разложены на глюкозу и галловую кислоту.

Бактеріи. Для выращиванія различныхъ бактерій употребляется весьма часто съ уснѣхомъ смѣсь, составленная Кономъ³⁾.

На 100 куб. сант. воды берутъ:

1,00	граммъ	виннокаменнокислаго амміака,
0,50	”	фосфорнокаліевой соли,
0,05	”	фосфорнокальціевой,
0,25	”	сѣрномагніевой.

Пастёръ составилъ простую смѣсь, для культуры *Mycoderma aceti*, въ составъ которой вошли:

вода	100,00	куб. сант.
абсолютный спиртъ	22,50	” ”
кристаллизованная уксусная кислота	12,75	граммовъ.
фосфорнокислый амміакъ	0,20	”
фосфорнокислый магній	0,10	”
фосфорнокислый калій	0,10	”
фосфорнокислый кальцій	0,10	”

При выращиваніи, въ присутствіи кислорода, *Mycoderma aceti* развивается весьма быстро, окисляя при этомъ спиртъ въ уксусную кислоту. Окисленіе спирта кислородомъ, поглощаемымъ изъ воздуха, происходитъ, какъ показалъ Пастёръ⁴⁾,

1) *Van Thiegem.* Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 8; 234. (1867).

2) *ib.* p. 223.

3) *Cohn.* Beiträge z. Biologie der Pflanzen.

4) *Pasteur.* Etudes s. l. vinaigre, 1869; см. также Etudes s. l. bière, p. 120.

безъ выдѣленія углекислоты. Объемъ воздуха, замкнутый ртутью съ жидкостью, заключающей *M. aceti*, быстро убывалъ. Оставшійся газъ оказался, по Пастёру, составленнымъ изъ 1,17% углекислоты и 98,83% азота. (Послѣдній однако не былъ опредѣленъ непосредственно.)

Конъ относитъ форму бактеріи, переводящую спиртъ въ уксусную кислоту къ *Microbacteria* ¹⁾. Въ смѣси Пастёра, развитіе *Mycoderma aceti* шло столь быстро, что уже на четвертый день количество уксусной кислоты въ жидкости возрасло съ 12,75 гр. до 21,2 граммовъ. Прибавляя къ этой смѣси по нѣсколько разъ спирту, Пастёръ получилъ 126,8 граммовъ уксусной кислоты. Пастёръ несомнѣннымъ образомъ доказалъ тѣсную связь окисленія спирта съ питаніемъ и разрастаніемъ *M. aceti* посредствомъ слѣдующаго опыта: по ниткѣ, вертикально повѣшанной (натянутой), покрытой *M. aceti*, онъ заставлялъ стекать, по каплямъ, изъ трубки съ волоснымъ отверстіемъ, растворъ вышеописанной смѣси спирта, уксусной кислоты и минеральныхъ солей; въ стекающей жидкости удалось показать прибыль уксусной кислоты; при замѣнѣ питательной смѣси однимъ спиртомъ, *M. aceti* не разрасталась и въ то же время не обнаруживалось образованія изъ спирта уксусной кислоты ²⁾.

Результаты Пастёра вполне подтвердились изслѣдованіемъ Мейера и Книрима ³⁾.

Къ характернымъ особенностямъ питанія *M. aceti* принадлежитъ отношеніе ея къ уксусной кислотѣ; пока въ жидкости находится спиртъ, уксусная кислота остается нетронутой; по истощеніи же спирта, *M. aceti* начинаетъ разрушать уксусную кислоту и переводить ее въ углекислоту и воду.

Негели ⁴⁾ нашелъ наиболѣе пригодною, для чистой культуры бактерій, смѣсь

изъ 100 куб. сант. воды
„ 1,00 грамма амміака
„ 0,10 „ фосфорнокалиевой соли
„ 0,02 „ сѣрнокислаго магнія
„ 0,01 „ хлористаго кальція.

Всѣ эти искусственныя смѣси, приспособленныя для успѣшнаго выращиванія бактерій, особенно интересны въ томъ отношеніи, что составлены изъ соединений, которыя уже получены путемъ синтеза внѣ живой растительной клѣтки, или другими словами, бактеріи представляютъ организмы, развитіе которыхъ мыслимо на земной поверхности, безъ содѣйствія растений хлорофиллоносныхъ.

Смѣшанныя культуры. Сюда отнесены культуры въ искусственныхъ смѣсяхъ различнаго состава, произведенныя не съ одной какою нибудь опредѣленною формою, а со смѣсью различныхъ грибныхъ организмовъ, въ большинствѣ случаевъ, обозначаемыхъ авторами однимъ общимъ именемъ плѣсней.

1) Cohn l. c. p. 172 и 173.

2) Pasteur. Etudes s. l. vinaigre, p. 88.

3) Meyer u. Knieriem. Landw. Vers. 16, 305 (1873).

4) Nägeli. Sitzungsber. d. Bayer. Akad., Nachtrag d. Sitzung d. math.-phys. Classe v. 5 Juli 1879, p. 443.

Изъ совмѣстной культуры бродильныхъ грибовъ, плѣсней и бактерій давно уже выяснилось, что развитіе каждой изъ этихъ трехъ группъ организмовъ зависитъ, въ высокой степени, отъ реакціи жидкости на лакмусовую бумажку, въ слѣдствіе чего оказалось возможнымъ доставить, по произволу, преобладаніе любой изъ этихъ группъ, дѣлая жидкость щелочною, среднею или кислою. Совершенно опредѣленные указанія касательно этого находятся уже у Пастёра ¹⁾ и въ послѣднее время подтверждены Негели. Въ жидкости одного и того же состава, при щелочной реакціи, развиваются преимущественно бактеріи; при средней, получаютъ преобладаніе бродильные грибки; при реакціи кислой, перевѣсъ оказывается на сторонѣ плѣсней.

Смѣшанныя культуры конечно не въ состояніи выяснитъ столь точно процессы питанія какъ чистыя, но тѣмъ не менѣе, при посредствѣ ихъ, удалось получить нѣсколько цѣнныхъ результатовъ касательно синтеза органическихъ соединений въ грибахъ, именно указанія на соединенія наиболѣе пригодныя для усвоенія каждого изъ органогеновъ. Между этими изслѣдованіями наиболѣе интересны работы Цёллера ²⁾, Штуцера ³⁾ и Негели ⁴⁾.

Цёллеръ производилъ поствѣ споръ плѣсней въ водный растворъ смѣси уксуснокислыхъ солей амміака, калия, натрія, кальція и магнія, кислаго фосфорнокислаго калия и сѣрнокислаго магнія; концентрація раствора въ однихъ опытахъ равнялась $1\frac{1}{2}\%$, въ другихъ была въ три раза слабѣе. Во всѣхъ культурахъ получилось разрастаніе плѣсней; мицелій ихъ вѣсилъ въ сухомъ состояніи отъ $1\frac{1}{2}$ до 2,3 грамма, заключалъ около 8% золы и состоялъ изъ жидкаго жира, углеводовъ и бѣлковыхъ тѣлъ. Единственнымъ источникомъ углерода была уксусная кислота, источникомъ азота — амміакъ. При посредствѣ одной только уксусной кислоты и минеральныхъ солей, грибы (плѣсени?) обнаружили слѣдовательно синтезъ всѣхъ остальныхъ необходимыхъ органическихъ соединений, въ томъ числѣ углеводовъ, жировъ и бѣлковыхъ тѣлъ. При этомъ однако остается не рѣшеннымъ, на сколько этотъ синтезъ былъ произведенъ плѣснями и на сколько не устраненными бактеріями. Штуцеръ и Негели изслѣдовали главнымъ образомъ, какія изъ органическихъ соединений наиболѣе пригодны, какъ источники углерода и азота при питаніи грибовъ (и бактерій).

Вліяніе свѣта на развитіе грибовъ.

Хотя синтезъ органическихъ соединений въ грибахъ не зависитъ отъ свѣта, тѣмъ не менѣе свѣтъ вліяетъ до нѣкоторой степени на развитіе грибовъ; но вліяніе его проявляется между прочимъ въ томъ, что нѣкоторые грибы только на свѣтѣ образуютъ споры; свѣтомъ вызывается укороченный ростъ, а также и изгибы гриба, при одностороннемъ освѣщеніи. Данныхъ относительно вліянія свѣта на грибы имѣется весьма немного; въ виду того, что грибы въ состояніи совершать полный циклъ своего развитія въ темнотѣ, почти не обращали

1) *Pasteur. Etudes s. l. bière*, p. 35 и 36 (1876).

2) *Zoller. Journ. f. Landwirthschaft*, 6; 284 (1871).

Его же: *Anzeigen d. Wiener Ak.* 1874; 9 Juli. (*Just. Jahresb.* 1874; p. 213.)

3) *Stutzer. Landw. Vers.* 21; 114 (1878).

4) *Nägeli. Sitzungsab. d. Bayer. Ak.* 1879. (Sitzung v. 3 Mai u. 5 Juli.)

вниманія на отношеніе ихъ къ свѣту, считая его вліяніе болѣе, чѣмъ второстепеннымъ. Между тѣмъ этотъ вопросъ заслуживаетъ полнаго вниманія физиологовъ. Нѣкоторыя грибныя формы обнаружили несомнѣнную зависимость въ развитіи отъ свѣта.

Примѣромъ сравнительно бѣльшаго разрастанія въ длину въ отсутствіи свѣта, можетъ служить *Pilobolus crystallinus*, что замѣтилъ уже Гофмейстеръ¹⁾. Брефельдъ²⁾ подтвердилъ то же самое для *Pilobolus microsporus*, *Coprinus stercorarius*, *Coprinus ephemerus*, Вайскъ — для *Phycomyces nitens*. Особенно интересна значительная разница въ ростѣ гифъ *Pilobolus microsporus*; по наблюденіямъ Брефельда, онѣ не даютъ даже фруктификации въ темнотѣ и продолжаютъ расти неопредѣленно долгое время въ длину. Геліотропизмъ грибовъ, притомъ положительный, наблюдали: Гофмейстеръ у гифъ *Pilobolus* и у ножекъ *Coprinus niveus*, Регель — у *Pilobolus crystallinus* и *Mucor Mucedo*. Воронинъ — на шейкахъ плодовъ *Sordaria fimiseda*, Винтеръ — у плодоносецъ *Peziza Fuckeliana de Bary* и у шеекъ перитециевъ *Sordaria decipiens Wint*³⁾. Краббе⁴⁾ упоминаетъ о геліотропизмѣ *Baeomyces roseus*; въ темномъ мѣстѣ, при полномъ отсутствіи свѣта, или одностороннемъ, слабомъ освѣщеніи, онъ наблюдалъ чрезвычайно сильное удлиненіе ножки, между тѣмъ какъ головка съ гименіемъ оставалась недоразвитою.

Измѣненія, вызываемыя простѣйшими грибами и бактеріями въ субстратахъ, служащихъ для ихъ развитія.

Измѣненія, вызываемыя грибами и бактеріями въ окружающей ихъ средѣ, обозначаютъ обыкновенно собирательнымъ названіемъ броженія и гніенія; они весьма различны и зависятъ съ одной стороны отъ организма, съ другой отъ состава субстрата. Броженіе и гніеніе не поддаются рѣзкому разграниченію. Обыкновенно *броженіемъ* называется разложеніе субстрата, сопровождаемое выдѣленіемъ газовъ, чаще всего одной углекислоты, рѣже виѣстѣ съ водородомъ, азотомъ или углеводородами; разложеніе, сопровождаемое выдѣленіемъ газовъ, неприятно дѣйствующихъ на обоняніе, обозначаютъ названіемъ *гніенія*.

До сихъ поръ не удалось еще выяснитъ окончательно связи броженія и гніенія субстрата съ питаніемъ грибовъ. Склоняясь на сторону Траубе, Гоппел-Зейлера и Вертело, которые приписываютъ разложенія, производимыя грибами въ субстратахъ, не непосредственно имъ самимъ, а выдѣляемымъ ими аморфнымъ ферментамъ, и признаютъ необходимымъ, для произведенія броженія и гніенія, присутствіе грибовъ только какъ аппаратовъ, приготовляющихъ аморфные ферменты, я нашелъ болѣе удобнымъ изложить свѣдѣнія о броженіи и гніеніи отдѣльно отъ процессовъ нормальнаго питанія и развитія грибовъ.

Спиртовое броженіе. Уже давно было извѣстно, что преобладающею

1) Hofmeister. Die Lehre v. d. Pflanzenzelle, p. 289. 1867.

2) Brefeld. Sitzb. d. naturf. Gesellsch. z. Berlin. 17 April. (1877).

3) Sydney v. Vines. Arbeit. d. Bot. Instit. z. Würzburg. B. 2; 134. (1878).

4) Krabbe. Bot. Zeit. 1882; p. 93.

реакціей, при спиртовомъ броженіи, является распаденіе глюкозы на спиртъ и углекислоту, въ слѣдствіе чего и самое броженіе получило названіе спиртоваго броженія. Затѣмъ Гей-Люссакъ показалъ, что сумма вѣса образованнаго спирта и углекислоты приблизительно равна исчезнувшей глюкозѣ. Наиболѣе тщательныя разслѣдованія, касательно измѣненія жидкости, при спиртовомъ броженіи, были произведены Пастѣромъ ¹⁾. Онъ также нашелъ, что матеріаломъ броженія служить сахаръ; если въ жидкости содержится не глюкоза, а тростниковый сахаръ, то послѣдній сперва превращается въ глюкозу, по формулѣ $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_{12}H_{24}O_{12}$, присоединяя къ себѣ частицу воды, и затѣмъ уже расщепляется на нѣсколько болѣе простыхъ тѣлъ. Кромѣ спирта и углекислоты, уже указанныхъ предшествовавшими изслѣдователями, Пастѣру удалось отереть, въ числѣ постоянныхъ продуктовъ спиртоваго броженія, еще глицеринъ и янтарную кислоту. Такъ напр. изъ 100 частей тростниковаго сахара Пастѣръ получилъ въ одномъ случаѣ 105,26 частей, по вѣсу, глюкозы, которыя при спиртовомъ броженіи дали:

51,11	частей	алкоголя
50,00	„	углекислоты
3,16	„	глицерина
0,67	„	янтарной кислоты.

(1,00 часть сахара была при этомъ усвоена дрожжами). Другими словами, при спиртовомъ броженіи тростниковаго сахара, изъ 100 частей его, 95 распались на спиртъ и углекислоту, 4 на глицеринъ и янтарную кислоту и 1 часть сахара вошла въ составъ дрожжей.

Приведенныя цифры, по свидѣтельству Пастѣра, обнаруживаютъ однако колебанія въ извѣстныхъ предѣлахъ, вызванныя различіями условій опыта, такъ напр. количество глицерина колебалось между 2% и 6%, количество янтарной кислоты — между 0,5% и 0,7%.

Пастѣръ поясняетъ между прочимъ, что не слѣдуетъ представлять себѣ, чтобы, при спиртовомъ броженіи, указанные реакціи были совершенно независимы одна отъ другой и распредѣлялись по различнымъ молекуламъ глюкозы. Онъ разсматриваетъ спиртовое броженіе за весьма сложный процессъ, вызываемый клѣтками бродильнаго грибка; измѣненія, обусловливаемыя этими клѣтками въ жидкости, тѣсно связаны, по представленію Пастѣра, съ жизнью грибка и съ созиданіемъ въ немъ сложныхъ органическихъ соединеній, каковы напр. клѣтчатка, жиры и бѣлковыя тѣла.

Пастѣръ нашелъ кромѣ того, что относительныя количества образованнаго бродильнаго грибка и разложеннаго сахара могутъ быть весьма различны, смотря по условіямъ опыта. Видоизмѣняя доступъ кислорода, онъ по произволу измѣнялъ отношеніе количества образованныхъ дрожжей къ разложенному сахару, въ предѣлахъ между $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{176}$; въ этихъ дробяхъ числитель выражаетъ вѣсъ образованныхъ дрожжей, а знаменатель — вѣсъ разложеннаго сахара. При этомъ

1) *Pasteur. Ann. Chim. Phys. Sér. 3. T. 58; 323 (1863).*

оказалось, что только очень молодыя дрожжи разрастались въ отсутствіи кислорода; старыя же производили броженіе, не размножаясь.

Вопросъ о вліяніи кислорода на самое броженіе еще далекъ отъ окончательнаго рѣшенія. См. Pasteur. Etudes s. l. bière, 1876. Schützenberger. Sur les fermentations. Nägeli. Theorie d. Gährung, 1879.

Различные виды *Saccharomyces* оказались совершенно сходными, по отношенію къ спиртовому броженію. Разница между ними проявилась пока лишь въ томъ, что нѣкоторые виды не содержатъ инвертина, и обладая способностью производить спиртовое броженіе глюкозы, не разлагаютъ раствора тростниковаго сахара. По указанію Ганзена ¹⁾, къ послѣднимъ относится *Saccharomyces apiculatus*; подобную же форму бродильнаго грибка, не образующую инвертина, нашелъ Ру ²⁾ на поверхности кусковъ глюкозы. Грибокъ этотъ отличался малымъ размѣромъ и округлою формою клѣтокъ.

Выше уже было указано, что *S. Mycoderma* появляется обыкновенно на поверхности перебродившихъ жидкостей и вскорѣ затягиваетъ ее въ видѣ сплошной морщинистой плѣнки. Въ этомъ случаѣ грибокъ живетъ какъ плѣсень, развивается весьма быстро, поглощая громадное количество кислорода, но не производитъ вовсе спиртоваго броженія. Если же стряхиваніемъ и взбалтываніемъ погрузить плѣнку на дно сосуда, то при содержаніи сахара въ жидкости обнаруживается, по наблюденію Пастёра, спиртовое броженіе, отличающееся отъ обыкновеннаго только гораздо меньшею интензивностью.

По изслѣдованіямъ Пастёра, подтвержденнымъ Фицемъ и Брефельдомъ, спиртовое броженіе вызывается въ сахаристыхъ жидкостяхъ, при недостаточномъ доступѣ воздуха, не только бродильными грибами, но и нѣкоторыми изъ наиболѣе извѣстныхъ плѣсней (*Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*). Подобно бродильнымъ грибамъ, эти плѣсени питаются и развиваются различно, смотря по количеству предоставленнаго имъ кислорода. Въ присутствіи достаточнаго количества кислорода, онѣ очень сильно разрастаются, поглощаютъ очень большое его количество, выделяютъ соотвѣтствующій объемъ углекислоты и не производятъ вовсе спиртоваго броженія. При недостаткѣ же кислорода, грибки эти развиваются очень слабо и, какъ бы въ замѣнъ роста, вызываютъ спиртовое броженіе въ жидкости. Изъ *Mucor* оказались способными производить спиртовое броженіе различные виды этого рода, въ особенности *M. racemosus*. См. Pasteur. Etudes s. l. bière, Brefeld Flora 1873; p. 385. Fitz. Ber. d. d. chem. Ges. 6, p. 48 (1873). Brefeld. Unters. üb. Gährung, II, p. 111.

Совершенно подобную зависимость отъ условій культуры обнаружили, по опытамъ Пастёра ³⁾, *Penicillium glaucum* и *Aspergillus glaucus*. Развиваясь на поверхности жидкости, они покрывались спорангіями и конидіями и вовсе не вызывали спиртоваго броженія; при погруженіи въ жидкость, измѣняли форму клѣтокъ въ округлую и разлагали сахаръ на спиртъ и углекислоту. Изъ минимальнаго количества споръ *Penicillium*, Пастёръ ⁴⁾ получилъ, при свободномъ до-

1) Hansen. Zeitschr. f. d. g. Brauwesen, 4; 449. Jahresb. Agric. Chem. 1881; p. 501.

2) Roux. Bull. de la soc. chim. 35; 371. (Jahresb. Agric. Chem. 1881; p. 581.)

3) Pasteur. Etudes s. l. bière, p. 86.

4) Pasteur ib. p. 99 и 100.

ступѣ воздуха, около 1 грамма мицелія; жидкость не заключала и слѣда спирта. При культурѣ грибка на днѣ сосуда, въ отсутствіи кислорода, мицелій разросся очень мало; въ жидкости же накопилось значительное количество спирта.

Галловое броженіе. *Penicillium* и *Aspergillus* отличаются отъ всѣхъ до сихъ поръ описанныхъ формъ тѣмъ, что они способны производить два рода броженія, не имѣющихъ ничего общаго между собою. Кромѣ спиртоваго, общаго съ *Mucor* и *Saccharomyces*, они производятъ еще *галловое броженіе*. При выращиваніи этихъ плѣсней въ отварѣ чернильныхъ орѣшковъ въ искусственной смѣси танина и минеральныхъ солей, при недостаточномъ количествѣ воздуха, мицелій развивается весьма слабо, но при этомъ разрушаетъ количество танина, превосходящее вѣсъ мицелія болѣе чѣмъ въ 1000 — 2000 разъ, разлагая его на глюкозу и галловую кислоту; послѣдняя, по мѣрѣ образованія, выкристаллизовывается на стѣнкахъ сосуда и на нитяхъ мицелія. Въ видѣ примѣра, привожу слѣдующій опытъ: въ 200 куб. сант. воды было растворено 20 граммовъ танина, 0,2 гр. азотнокислаго амміака, 0,2 гр. золы дрожжей. Надъ жидкостью находилось 40 куб. сант. воздуха, заключавшихъ 8 куб. сант. кислорода. Присутствіе этого незначительнаго количества кислорода было достаточно для разложенія, въ 10 дней, всего танина, не смотря на слабое развитіе мицелія; на каждые 10 гр. исчезнуваго танина образовалось 8,02 гр. галловой кислоты и 2,82 гр. глюкозы.

Всѣ остальные броженія, а также и разложенія субстратовъ, называемыя гніеніемъ, производятся бактеріями. Изъ нихъ наиболѣе извѣстны:

Уксусное броженіе. Названіемъ уксуснаго броженія обозначаютъ измѣненіе спиртовой жидкости, производимое *Mycoderma aceti*; оно не имѣетъ со спиртовымъ броженіемъ ничего общаго, и должно быть приравнено къ процессамъ питанія бродильнаго грибка и плѣсней на поверхности жидкости при свободномъ доступѣ кислорода. Аналогію съ спиртовымъ броженіемъ должно искать, по моему мнѣнію, въ измѣненіяхъ жидкости, вызываемыхъ *M. aceti*, погруженной на дно сосуда; въ этомъ случаѣ, какъ и у всѣхъ только-что разсмотрѣнныхъ простѣйшихъ грибовъ, видоизмѣняются какъ развитіе и питаніе *M. aceti*, такъ и разложеніе окружающей жидкости. Измѣненія эти весьма мало еще изслѣдованы, но изъ того, что извѣстно, уже видно, что они совершенно различны отъ разсмотрѣнныхъ броженій. Пастёру удалось показать, что *M. aceti* не производитъ спиртоваго броженія, даже въ условіяхъ для него наиболѣе благоприятныхъ, ни въ виноградномъ сокѣ, ни въ другихъ сахаристыхъ жидкостяхъ. При затрудненномъ доступѣ кислорода, отдѣльныя палочки *M. aceti* покрываются слизистою оболочкою; продолжая дѣлиться, онѣ слипаются въ комки слизи; комки эти быстро разрастаются и нерѣдко, наполнивъ всю жидкость, достигаютъ поверхности ея, и затягиваютъ ее сплошной слизистой плѣнкой. Пока *M. aceti* остается покрытою жидкостью, почти не замѣчается поглощенія кислорода воздуха, и не обнаруживается также окисленія спирта въ уксусную кислоту; но лишь только слизистыя массы ея достигаютъ до поверхности жидкости, оба послѣдніе процесса проявляются съ чрезвычайною энергіей.

Негели ¹⁾ нашель, что *Mycoderma aceti* переводитъ также метиловый спиртъ въ муравейную кислоту.

1) Nägeli. Theorie d. Gährung, p. 110.

Амміачное броженіе. Этимъ именемъ обозначаютъ измѣненія, которымъ подвергается моча, оставленная на воздухѣ. Изслѣдованія показали, что при этомъ мочевины $\text{CO} \begin{Bmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{Bmatrix}$, соединяясь съ H_2O , образуетъ $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$, т. е. углекислый амміакъ, обуславливающей амміачный запахъ гніющей мочи. При этомъ моча, въ свѣжемъ состояніи кислая, пріобрѣтаетъ щелочную реакцію. Изслѣдованія Пастёра ¹⁾ и Фанъ-Тигема ²⁾ показали, что разложеніе мочи обуславливается присутствіемъ грибка, по формѣ сходнаго съ бродильнымъ, но легко отличимаго по гораздо меньшей величинѣ клѣтокъ; наибольшій разиѣръ клѣтки его равенъ 0,0015 миллим. Микель ³⁾ описалъ ферментъ амміачнаго броженія подъ названіемъ *Torula ammoniacale* и относитъ его къ организмамъ, не нуждающимся въ кислородѣ.

Мускулусъ ⁴⁾ открылъ, что амміачное броженіе мочи можетъ быть вызвано также *аморфнымъ* ферментомъ. Прибавивъ спирта къ мочѣ больного, страдавшаго катарромъ мочевого пузыря, онъ получилъ осадокъ, который, въ высушенномъ состояніи, сохранялъ долгое время способность вызывать амміачное броженіе мочи; осадокъ этотъ растворялся въ водѣ безъ остатка, и не содержалъ никакихъ клѣтокъ. Мускулусъ принялъ его за продуктъ выдѣленія поверхностныхъ клѣтокъ мочевого пузыря. Присутствіе въ мочѣ аморфнаго фермента подтвердилось изслѣдованіями Пастёра и Жубера ⁵⁾; тѣмъ не менѣе они принимаютъ, что разложеніе мочи не происходитъ безъ участія организованнаго фермента; аморфный ферментъ мочи представляетъ, по ихъ мнѣнію, продуктъ выдѣленія грибка, описаннаго Пастёромъ, а не клѣтокъ мочевого пузыря.

Молочное броженіе происходитъ въ смѣси азотистыхъ и сахаристыхъ веществъ, оставленной на воздухѣ, и характеризуется появленіемъ въ жидкости кислой реакціи, обусловленной образованіемъ молочной кислоты. Уже Фреми и Бутронъ замѣтили, что, по мѣрѣ возрастанія кислой реакціи въ жидкости, образованіе молочной кислоты постепенно ослабѣваетъ и затѣмъ совершенно прекращается; имъ удалось вызвать образованіе гораздо болѣе значительнаго количества молочной кислоты, нейтрализуя жидкость углекислымъ натріемъ. Лучшій результатъ получается отъ прибавленія къ жидкости мѣла, который насыщаетъ молочную кислоту по мѣрѣ ея образованія. Пастёръ ⁶⁾ нашелъ, что молочное броженіе производится особеннымъ микроскопическимъ организмомъ, изъ округлыхъ, весьма мелкихъ клѣтокъ (въ $\frac{1}{600}$ миллим. въ діаметрѣ), соединенныхъ въ цѣпочки; не опредѣляя этого организма обстоятельнѣе, Пастёръ назвалъ его ферментомъ молочнаго броженія. До настоящаго времени не удалось опредѣлить природы его точнѣе. Пастёръ получалъ успѣшное развитіе этого фермента, сопровождаемое молочнымъ броженіемъ, въ смѣси отвара дрожжей, сахаристаго вещества и мѣла.

Масляное броженіе сопровождается образованіемъ масляной кислоты, углекислоты и выдѣленіемъ водорода; послѣдній признакъ однако не вполне вѣр-

1) *Pasteur. C. R.* 52 (1860).

2) *Van Thiegem. C. R.* 58 (1864).

3) *Miquel Bull. d. l. soc. chim.* 29; 387 (1878) (*Jahresb. d. Agric. Chem.* 1878, p. 571)

4) *Musculus. C. R.* 82; 333 (1876).

5) *Pasteur et Joubert. C. R.* 83; 5 (1876).

6) *Pasteur. Ann. Chim. Phys. S. 3, t. 52* (1858).

Его же. *C. R.* 48; 337 (1859).

ный, такъ какъ Пастёру неоднократно удавалось наблюдать масляное броженіе (при разложеніи молочнокислаго кальція) безъ выдѣленія водорода. Между продуктами маслянаго броженія Пастёръ находилъ часто бутылочный спиртъ. Масляному броженію легко подвергаются бѣлковыя соединенія, сахаристыя тѣла, крахмаль, а также кислоты: виннокаменная, молочная, лимонная, яблочная, слизистая и др.

Пастёръ ¹⁾ первый замѣтилъ, что масляное броженіе обусловливается бактеріей, имѣющей видъ маленькихъ палочекъ, нерѣдко соединенныхъ въ цѣпочки изъ 2, 3 и болѣе члениковъ; каждый членикъ закругленъ на концахъ. Пастёръ назвалъ его *fermentum butyricum*; по Кону ²⁾ бактерія эта есть *Bacillus subtilis*; Празмовскій ³⁾ отрицаетъ тождество этихъ организмовъ и рассматриваетъ бактерію маслянаго броженія за форму особенную, которую относитъ къ новому, установленному имъ роду *Clostridium*, и къ виду *Clostridium butyricum*. Уже Пастёръ наблюдалъ, что бактерія маслянаго броженія не только не нуждается въ свободномъ кислородѣ, но повидимому отмираетъ при перенесеніи изъ бродящей жидкости въ воздухъ. Въ жидкости, совершенно лишенной этого газа, она развивалась превосходно; палочковидныя клѣтки при этомъ быстро двигались и размножались; отъ перенесенія въ воздухъ, движеніе ихъ почти моментально прекращалось и клѣтки повидимому отмирали ⁴⁾. Наблюденія надъ этой бактеріей послужили поводомъ Пастёру къ раздѣленію простѣйшихъ грибовъ, производящихъ броженія, на формы, требующія кислорода для своего развитія, и формы, не нуждающіяся въ этомъ газѣ. При этомъ однако, до сихъ поръ остался неразрѣшеннымъ вопросъ, на сколько тѣсно связана съ формою грибка принадлежность его къ одной изъ этихъ категорій. Празмовскій склоненъ повидимому признать двѣ совершенно различныя категоріи организмовъ. Положеніе это однако нельзя признать доказаннымъ, такъ какъ Пастёръ считаетъ этотъ вопросъ открытымъ, и даже относительно бактеріи маслянаго броженія не утверждаетъ, что она вовсе не способна жить въ присутствіи кислорода; онъ считаетъ возможнымъ, что, въ наблюденныхъ имъ случаяхъ, причиной отмирания этой бактеріи на воздухѣ было внезапное измѣненіе условій культуры.

Вредное вліяніе кислорода на бактерію маслянаго броженія Пастёръ показалъ слѣдующимъ нагляднымъ способомъ: двѣ пробирныя трубочки были на половину наполнены жидкостью, находившейся въ масляномъ броженіи; чрезъ одну изъ нихъ пропускался воздухъ, чрезъ другую — струя углекислоты. Въ первой, чрезъ $\frac{1}{2}$ часа, бактеріи оказались неподвижными, отмерли и броженіе прекратилось; во второй, по прошествіи трехъ часовъ, бактеріи найдены были еще въ быстромъ движеніи и броженіе продолжалось.

Не менѣе интересенъ, предложенный Пастёромъ ⁵⁾, простой способъ для обнаруженія различнаго отношенія къ кислороду бактерій обѣихъ вышеописанныхъ категорій. На предметныя стеклышки помѣщаютъ по каплѣ жидкости,

1) *Pasteur. Etudes s. l. bière, p. 295.*

2) *Cohn Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. B. 1; p. 188 (1872).*

3) *Prazmowski. Unters. üb. d. Entwicklungsgeschichte u. Fermentwirkung einiger Bac-
terienarten. 1880.*

4) *Pasteur l. c. p. 298.*

5) *Pasteur l. c. p. 294.*

одну съ бактеріями, нуждающимися въ кислородѣ, другую — съ бактеріями маслянаго броженія; обѣ капли покрываютъ покровными пластинками. Бактеріи маслянаго броженія перестаютъ раньше двигаться вдоль краевъ покровной пластинки и тѣмъ дольше пребываютъ въ движеніи, чѣмъ ближе находятся къ центру капли; напротивъ того, бактеріи, развившіяся въ присутствіи воздуха и нуждающіяся, для жизни, въ кислородѣ, переходятъ въ неподвижное состояніе прежде всего въ центрѣ капли и гораздо позже вдоль краевъ пластинки.

Особенную категорію составляютъ *пигментныя броженія*, сопровождаемыя образованіемъ различныхъ пигментовъ, окрашивающихъ частью бактеріи, частью субстратъ; этого рода броженія были разслѣдованы главнымъ образомъ Кономъ¹⁾ и Шрётеромъ²⁾. Между пигментами этихъ броженій они наблюдали красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий и фіолетовый. По Шрётеру, всѣ они вызываются одной формой бактерій, которую онъ назвалъ *Bacteridium prodigiosum*. По мнѣнію Кона, форма, обозначенная этимъ именемъ Шрётеромъ, не представляетъ самостоятельнаго организма и заключаетъ въ себѣ нѣсколько видовъ, принадлежащихъ къ родамъ *Micrococcus* и *Bacterium*, установленнымъ Кономъ.

Относительно бактерій, вызывающихъ *гниеніе*, показанія не согласны; Конъ³⁾ приписываетъ гниеніе одной только формѣ *Bacterium Termo*; по наблюденіямъ Фанъ-Тигема⁴⁾ гниеніе растительныхъ тканей обусловливается *Bacillus amylobacter*.

Къ процессамъ гниенія должно быть отнесено разложеніе бактеріями органическихъ соединеній, въ томъ числѣ и вулканизированнаго каучука, сопровождаемое выдѣленіемъ сѣроводорода. По наблюденіямъ Микеля⁵⁾, разложеніе это производится особенною формою бактеріи. Сюда относятся и разложенія, производимыя, въ органическихъ субстратахъ, *Beggiatoa*, которую нѣкоторые изслѣдователи относятъ къ бактеріямъ, другіе къ водорослямъ *Oscillariaceae*. Разложеніе жидкости *Beggiatoa*, сопровождаемое выдѣленіемъ сѣроводорода, проявляется особенно сильно, при возможно большемъ устраненіи кислорода; при этомъ нити ея не только остаются живыми, но и продолжаютъ расти. Лотаръ-Мейеръ⁶⁾ нашелъ въ водѣ горячаго источника Ландека, оставленной въ продолженіи четырехъ мѣсяцевъ съ *Beggiatoa*, въ пять разъ больше сѣроводорода, чѣмъ въ водѣ, не содержавшей этого организма. Выдѣленіе сѣроводорода *Beggiatoa* было наблюдаемо Кономъ на днѣ акварія, въ которомъ бѣлыя нити ея оставались покрыты землею. Этому организму Конъ приписываетъ обильное выдѣленіе сѣроводорода вдоль береговъ Даніи, между Копенгагеномъ и Гельсингёромъ, которое по временамъ до того усиливается, что беспокоитъ прибрежныхъ жителей.

Кромѣ того Конъ наблюдалъ выдѣленіе сѣры на поверхности жидкости и внутри клѣтокъ *Beggiatoa*, если держать ее въ водѣ, въ открытомъ сосудѣ. Сѣра выдѣляется въ видѣ мельчайшаго порошка, легко пристающаго ко всякому опускаемому въ воду предмету; со временемъ значительная часть ея оседаетъ на дно сосуда.

1) Cohn. Beitr. z. Biol. d. Pflanzen.

2) Schröter, см. Cohn. Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, B. 1. ä H. 2.

3) Cohn. Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, B. 1; 202 (1872).

4) Van Thiegem. Bullet. d. l. Soc. bot. de France 24; 128 (1877).

5) Miquel (Bullet. Par. 31; 530) (Jahresb. Agr. Chem. 1880, p. 528).

6) Lothar Meyer. Journ. f. pract. Chem. 91; 1 (1864).

Примѣчаніе. Сѣру находили кромѣ того въ клѣткахъ *Oscillaria*, *Clathrocystis rosea persicina*, *Monas Okeni*, *Ophidomonas (Spirillum) sanguinea*. На сколько эти организмы въ состояніи жить безъ кислорода и способны, подобно *Beggiatoa*, выдѣлять сѣроводородъ, остается пока неизвѣстнымъ.

Въ заключеніе мнѣ остается еще упомянуть о разложеніи бактеріями сѣрно-кислыхъ солей съ выдѣленіемъ сѣроводорода, о раскисленіи нитратовъ въ нитриты и объ образованіи, при посредствѣ бактерій, въ почвѣ селитры.

Раскисленіе сѣрнокислыхъ солей, съ выдѣленіемъ сѣроводорода, производится, по наблюденіямъ Планшо ¹⁾, особою формою бактеріи, въ видѣ безцвѣтныхъ нитей, наполненныхъ шаровидными тѣльцами, которыя къ сожалѣнію яснаго не описаны. Подобныя наблюденія сдѣланы Фицомъ ²⁾; онъ приписываетъ раскисленіе сѣрнокислыхъ солей бактеріи изъ рода *Micrococcus*.

Бешанъ ³⁾ и Мейзелъ ⁴⁾ наблюдали раскисленіе азотнокислыхъ солей бактеріями. По мнѣнію Фица ⁵⁾, появленіе нитритовъ и дальнѣйшихъ степеней раскисленія азотнокислыхъ солей не находится въ непосредственной связи съ развитіемъ бактерій и представляетъ лишь побочное явленіе, вызываемое водородомъ, который выдѣляется бактеріями изъ окружающей жидкости.

Селитряное броженіе. Весьма любопытныя изслѣдованія произведены въ послѣднее время Шлѣзингомъ и Мюнцомъ ⁶⁾ надъ селитрянымъ или азотнокислымъ броженіемъ. Они показали, что образованіе селитры, какъ въ почвѣ такъ и въ селитряницахъ, обусловливается присутствіемъ бактерій. Образованіе селитры происходило при медленномъ фильтрованіи грязной воды изъ водосточныхъ трубъ, сквозь трубку съ мелкимъ кварцевымъ пескомъ и известью. Широкая стеклянная трубка, въ 1 метръ длины, была наполнена смѣсью изъ 5 килограммовъ кварцеваго, предварительно прокаленного песку и 100 граммовъ известковаго порошка. Фильтрованіе происходило медленно, и только на 8-й день послѣ первой поливки песка, начала вытекать вода изъ нижняго конца трубки. Въ первые двадцать дней фильтратъ не заключалъ еще селитры, и количество амміака, въ фильтруемой жидкости, оставалось постояннымъ. Затѣмъ появилась азотная кислота; содержаніе ея съ каждымъ днемъ увеличивалось и возрасло наконецъ до того, что чрезъ нѣкоторое время весь амміакъ, пропускаемый чрезъ трубку въ жидкость, оказывался превращеннымъ въ азотную кислоту. Значительное запаздываніе въ появленіи селитры заставило уже усумниться въ томъ, что образованіе азотной кислоты изъ амміака происходило, какъ это предполагали, въ слѣдствіе непосредственнаго окисленія амміака и органическихъ соединеній кислородомъ воздуха. Это запаздываніе между тѣмъ становилось понятнымъ, при предположеніи участія, въ образованіи селитры, какого нибудь организованнаго фермента. Имѣя въ виду, что предполагаемый ферментъ могъ развиться только изъ сравнительно незначительнаго количества зародышей, случайно попавшихъ въ жидкость извнѣ, Шлѣзингъ и Мюнцъ заключили, что, согласно получен-

1) *Planchau*. C. R. 84; 235 (1877).

2) *Fitz*. Ber. d. d. Chem. Ges. 12; 474 (1879).

3) *Beschamp*. C. R. 83; 158 (1876).

4) *Meusel*. Ber. d. d. Chem. Ges. 8; 1214 (1875).

5) *Fitz*. Ber. d. d. Chem. Ges. 9; 1349 (1876).

6) *Schloesing et Müntz*. C. R. 84; 301 (1877) и C. R. 89; 891 (1879).

ному результату, обусловленное этимъ организмомъ броженіе должно было сдѣлаться замѣтнымъ только по прошествіи нѣсколькихъ дней.

Предположеніе свое они старались провѣрить различными путями. Мюнцу уже раньше удалось открыть средство распознавать, производится ли броженіе организованнымъ ферментомъ или аморфнымъ. Для этого оказалось достаточнымъ, подвергнуть бродящую среду дѣйствию паровъ хлороформа. Хлороформъ, убивая организмы, прекращалъ броженіа, производимыя организованными ферментами и не задерживалъ разложеній отъ ферментовъ аморфныхъ.

Въ одномъ изъ опытовъ, продолжавшемся 4 мѣсяца, Шлѣзингъ и Мюнцъ наполнили трубку парами хлороформа. Слѣдствіемъ этого было прекращеніе образованія селитры; при медленномъ прохожденіи жидкости по трубкѣ нельзя было и ожидать быстрого уменьшенія и исчезанія селитры въ фильтратѣ; мы видѣли, что налитая въ трубку жидкость достигала нижняго ея конца только по прошествіи 8 дней. Въ соотвѣтствіи съ этимъ, спустя 10 дней послѣ начала дѣйствія паровъ хлороформа, въ фильтратѣ совершенно исчезла селитра и стекающая жидкость содержала вновь, какъ въ самомъ началѣ опыта, все количество амміака, которое заключалось въ наливаемой въ трубку жидкости. Содержимое трубки было подвергнуто дѣйствию паровъ хлороформа въ продолженіи 15 дней; стекавшая изъ трубки вода обнаруживала запахъ хлороформа, въ продолженіи слѣдующихъ двухъ недѣль. Селитра не появлялась въ приборѣ въ продолженіи всего слѣдующаго мѣсяца. Тогда Шлѣзингъ и Мюнцъ попробовали произвести посѣвъ предполагаемаго организованнаго фермента; распутивъ въ водѣ 10 граммовъ почвы, содержащей селитру, они полили эту мутную жидкостью песокъ трубки. На девятый день, согласно ихъ ожиданію, селитра въ первый разъ вновь появилась въ фильтратѣ; количество ея съ тѣхъ поръ постепенно возрастало до конца опыта.

Въ послѣдствіи Шлѣзингу и Мюнцу удалось увидѣть организмъ, причиняющій азотнокислое броженіе. Они достигли этого, заставляя его развиваться въ предварительно прокипяченной жидкости, къ которой прибавили нѣсколько почвы, заключавшей уже селитру. Для этой цѣли, они воспользовались частью профильтрованной и предварительно прокипяченной водой изъ водосточныхъ трубъ, частью различными искусственными смѣсями изъ минеральныхъ солей и органическихъ соединеній. Жидкости эти оставались безъ измѣненія неопредѣленное время, при устраненіи зародышей бактерій селитрянаго броженія. При посѣвѣ ихъ, уже въ скоромъ времени появились въ жидкости, въ большомъ количествѣ, незначительной величины организованныя тѣльца. Тѣльца эти состояли изъ округлыхъ, нѣсколько удлинненныхъ клѣтокъ, размножающихся почкованіемъ, и представляли нѣкоторое сходство съ *M. aceti*. Они лежали свободно, или соединены были попарно. При температурѣ въ 100° Ц., они погибали по прошествіи минутъ десяти. Кромѣ того оказалось, что они погибаютъ отъ высыханія почвы при обыкновенной температурѣ. Земля, заключавшая селитру, послѣ высушиванія на воздухѣ, не образовала селитры. Въ воздухѣ не удалось еще открыть зародышей этого организма.

Замѣчательно, что ни плѣсни (*Penicillium glaucum*, *Aspergillus niger*, *Mucor Mucedo*, *M. racemosus*, *Mycoderma vini*), ни *Mycoderma aceti* не оказались способными переводить амміакъ и органическія соединенія въ азотную

кислоту. При культурѣ въ смѣси съ азотнокислыми солями, всѣ эти организмы производили раскисленіе азотной кислоты, превращая ее въ органическія азотистыя соединенія, или въ амміакъ.

Примѣчаніе. Открытіе зависимости образованія въ почвѣ селитры отъ присутствія въ ней бактерій, въ связи со всѣми остальными вышеизложенными наблюденіями надъ участіемъ простѣйшихъ организмовъ въ разложеніи мертвыхъ остатковъ животнаго и растительнаго происхожденія, наводитъ на мысль, что и разложенія, имѣющія мѣсто въ почвѣ, особенно удобренной, тоже сведутся, со временемъ, къ исключительному почти участію простѣйшихъ организмовъ. Если предположеніе это подтвердится фактами, то можетъ оказаться необходимымъ позаботиться о введеніи въ почву не только смѣси органическихъ веществъ и минеральныхъ, но и достаточнаго количества простѣйшихъ организмовъ, для возможно успѣшнаго разложенія почвы. Поэтому не безъ основанія можетъ быть поставленъ вопросъ: не сведется ли въ будущемъ успѣшная культура и богатые урожаи хлѣбныхъ растений на приспособленіе почвы къ роскошному развитію въ ней микроскопическихъ организмовъ? Не окажется ли плодородіе почвы, приписываемое окисленію составныхъ частей ея кислородомъ воздуха, слѣдствіемъ невѣдомой для насъ, но чрезвычайно интенсивной жизни микроскопическихъ существъ, вводимыхъ въ почву съ удобреніемъ?

Теорія броженій (и мненія). Изъ приведеннаго краткаго обзора наиболѣе извѣстныхъ броженій и гненій уже видно, на сколько разнообразны относящіяся сюда процессы. Для болѣе удобнаго обозрѣнія, можно сгруппировать ихъ въ три категоріи: 1) процессы гидратаціи, 2) окисленія и 3) процессы распадаенія соединеній на частицы болѣе прочнаго строенія и съ меньшимъ запасомъ энергіи. Примѣрами броженій первой категоріи могутъ служить: измѣненія тростниковаго сахара въ превращенный и амміачное броженіе мочевины; примѣромъ второй категоріи — броженія укусуное, молочное; третьей — распаденіе глюкозы на спиртъ и углекислоту.

Въ настоящее время никто не сомнѣвается въ томъ, что всѣ эти разложенія несомнѣнно обусловливаются присутствіемъ вышеописанныхъ микроскопическихъ существъ, такъ какъ, при устраненіи послѣднихъ, животныя и растительныя субстраты остаются безъ измѣненія неопредѣленно долгое время. Всѣ, кромѣ того, болѣе или менѣе согласны касательно значенія броженія для жизни организмовъ, которые ихъ производятъ.

Взгляды ученыхъ расходятся только по отношенію способовъ, которыми организмы вызываютъ броженіе; по мнѣнію однихъ, причиняемые организмами броженія существенно различны отъ броженій, происходящихъ при участіи аморфныхъ ферментовъ; по мнѣнію другихъ, оба рода броженій аналогичны и различаются лишь тѣмъ, что, въ одномъ случаѣ, броженіе производится аморфными ферментами готовыми и предварительно уединенными отъ организма, въ другомъ — аморфными же ферментами, выдѣляемыми организмами, во время самаго броженія; согласно этому воззрѣнію, организмы играютъ лишь роль аппаратовъ, приготовляющихъ аморфные ферменты. Послѣдній взглядъ мнѣ кажется болѣе правильнымъ.

Обмѣнъ газовъ, сопровождающій броженіе и питаніе грибовъ и бактерій.

Совершенно неразработанную сторону жизни грибовъ и бактерій представляетъ вопросъ объ обмѣнѣ газовъ съ окружающею средою. Для остальныхъ растений признаютъ нормальнымъ только обмѣнъ съ атмосферой кислородомъ и углекислотой; всякое другое выдѣленіе или поглощеніе газовъ растеніемъ считаютъ,

если не признакомъ полной остановки нормальной жизни, то во всякомъ случаѣ значительнаго ея нарушенія.

По отношенію къ грибамъ и бактеріямъ, показанія касательно обмѣна газовъ съ окружающею средою на столько различны и, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, противорѣчивы, что не даютъ почти опредѣленныхъ выводовъ. Невозможность съ точностью различать, въ настоящее время, принадлежитъ ли газъ, выдѣленный при броженіи и гніеніи, грибу, или же разлагаемому субстрату, также затемняетъ результатъ опыта. Имѣющіяся фактическія данныя сводятся къ слѣдующимъ: къ числу нормальныхъ отправленій большинства грибовъ и бактерій несомнѣнно относится поглощеніе изъ атмосферы кислорода, сопровождаемое выдѣленіемъ соотвѣтствующаго объема углекислоты; по отношенію къ кислороду они являются такимъ образомъ сходными съ остальными растительными организмами, но и это положеніе не можетъ быть принято безъ нѣкотораго ограниченія. Выше были приведены примѣры грибовъ и бактерій, изъ которыхъ нѣкоторыя, повидимому, вовсе не нуждаются въ кислородѣ (бактерія маслянаго броженія), другіе, напр. бродильный грибокъ, могутъ не только обходиться безъ кислорода долгое время, но даже и разрастаться, хотя и въ меньшей степени, чѣмъ въ присутствіи этого газа.

Наконецъ Лёзекъ ¹⁾ наблюдалъ выдѣленіе синеродистоводородной кислоты грибомъ *Agaricus Oreadus* Volten, послѣ того, какъ онъ пролежалъ нѣсколько часовъ на воздухѣ.

О поглощеніи водорода бактеріями упоминаетъ Бёмъ ²⁾; онъ открылъ поглощеніе водорода отмершими водными растеніями (*Cladophora fracta*, *Oedogonium tumidulum*, *Vaucheria*, *Spirogyra quinina*, *Ranunculus aquatilis*) въ отсутствіи кислорода и приписываетъ это особеннаго рода броженію. Въ подтвержденіе своего взгляда онъ приводитъ, что предварительнымъ нагрѣваніемъ растеній до 60° — 80° Ц., въ аппаратахъ, замкнутыхъ ртутью, удавалось прекращать поглощеніе водорода. Хотя Бёмъ и не указываетъ въ этомъ случаѣ на бактеріи, какъ на непосредственную причину броженія, но въ этомъ едва ли можно сомнѣваться.

Выдѣленіе водорода бактеріей маслянаго броженія давно уже обратило на себя вниманіе и считалось прежде однимъ изъ характерныхъ признаковъ этого броженія.

Бёмъ ³⁾ нашелъ, что при гніеніи сухопутныхъ растеній выдѣляются почти исключительно водородъ и углекислота, между тѣмъ какъ, при разложеніи подъ водою водныхъ растеній, происходитъ, рядомъ съ вышеописаннымъ броженіемъ, еще другое, сопровождаемое выдѣленіемъ смѣси углекислоты и болотнаго газа. Приписывая каждое изъ этихъ броженій особенной формѣ бактерій, Бёмъ предполагаетъ, при разложеніи водныхъ растеній, между этими двумя организмами борьбу за существованіе, сообразно съ ходомъ которой получается большее или меньшее преобладаніе одного изъ броженій.

1) *Löseke*. Chem. Centralb. 1871; 590.

2) *Boehm*. Ueb. eine mit Wasserstoffabsorption verbundene Gährung. Sitzungsab. d. Wien. Ak. 71 (1 Abth.); 13 Mai 1875.

3) *Boehm*. Sitzungsab. d. Wien. Ak. 71 (1 Abth.), 25 April 1875, p. 23.

Выдѣленіе водорода въ газообразномъ состояніи высшими грибами изслѣдовано Мюнцомъ ¹⁾. Онъ нашелъ, что высшіе грибы, оставленные на воздухѣ, поглощали кислородъ, выдѣляя соотвѣтствующій объемъ углекислоты; въ атмосферѣ же лишенной этого газа выдѣлялась смѣсь газовъ различная, въ зависимости отъ углевода, заключеннаго въ грибѣ. Уже раньше Мюнцъ показалъ, что нѣкоторые грибы содержатъ только маннитъ, другіе трехалозу одну, или въ смѣси съ маннитомъ, третьи — сахаристое вещество, близкое къ глюкозѣ. Только первые (напр. *Agaricus campestris*) выдѣляли, кромѣ углекислоты, водородъ; при этомъ маннитъ переходилъ въ грибѣ въ глюкозу, при дальнѣйшемъ разложеніи которой накоплялось въ грибѣ значительное количество спирта; выдѣленіе водорода оказалось слѣд. обусловлено присутствіемъ въ грибѣ маннита.

Примѣчаніе. Интересно было бы посмотрѣть не выдѣляютъ ли водородъ, при интрамолекулярномъ дыханіи, въ отсутствіи кислорода, богатыя маннитомъ цвѣтковыя растенія, напр. *Fraginus Ornus*, *Tilia Europaea*, *Larix Europaea*, *Olea Europaea* и др. Де Лука ¹⁾ нашелъ, что листья, цвѣты и плоды различныхъ растеній, оставленные въ атмосферѣ водорода или азота, выдѣляютъ изъ себя, кромѣ углекислоты, водородъ; онъ объясняетъ это присутствіемъ въ нихъ маннита. Между изслѣдованными растеніями находились *Olea Europaea* и *Ligustrum*, содержащія, какъ извѣстно, маннитъ. Изъ опытовъ Де Лука однако не выяснилось, было ли обусловлено разложеніе маннита интрамолекулярнымъ дыханіемъ взятыхъ для опыта растеній, или же вызвано простѣйшими организмами, попавшими случайно въ аппаратъ вмѣстѣ съ цвѣтковыми растеніями.

2) *De Luca*. Ann. d. Sc. Nat. S. 6 t. 6, 291 (1868).

Итогъ результатовъ, полученныхъ относительно синтеза органическихъ соединеній въ растеніяхъ сводится къ слѣдующимъ положеніямъ:

1) Способность образовывать сложныя органическія соединенія, изъ минеральныхъ и болѣе простыхъ органическихъ, свойственна всѣмъ растеніямъ безъ исключенія.

2) Между процессами синтеза органическихъ соединеній отличаютъ двѣ категории: къ первой относятъ образованія органическихъ соединеній сопровождаемыя поглощеніемъ энергіи (свѣта и тепла) и выдѣленіемъ кислорода въ газообразномъ состояніи; къ второй — образованія органическихъ соединеній, способами, сходными съ практикуемыми въ лабораторіяхъ, т. е. чрезъ соединеніе остатковъ, съ выдѣленіемъ воды, или при посредствѣ отщепленія углекислоты; эти процессы происходятъ безъ поглощенія свѣтовой энергіи, идутъ одинаково быстро на свѣтѣ и въ темнотѣ; на сколько поглощается или выдѣляется при этомъ тепловая энергія совершенно не извѣстно.

О постепенномъ ходѣ реакцій синтеза органическихъ соединеній въ настоящее время ничего положительнаго мы не знаемъ, и должны довольствоваться только одними предположеніями, безъ опредѣленной фактической подкладки.

3) По отношенію къ синтезу органическихъ соединеній, растенія представляютъ двѣ различныя группы: къ первой принадлежатъ хлорофиллоносныя растенія, въ которыхъ происходятъ процессы синтеза обѣихъ категорій; поэтому они нуждаются въ свѣтѣ и погибаютъ въ его отсутствіи; они могутъ довольствоваться пищею, составленною исключительно изъ минеральныхъ соединеній и вы-

1) *Müntz*. С. R. 76, 643 (1873); 79, 1182 (1874) и 80, 178 (1875).

работываютъ изъ нихъ сами всѣ органическія соединенія. Ко второй группѣ относятся растенія, лишенные зеленой окраски; въ послѣднихъ имѣютъ мѣсто лишь процессы синтеза второй категоріи; не нуждаясь въ свѣтовой энергіи, растенія, лишенные хлорофилла, развиваются одинаково хорошо на свѣтѣ и въ темнотѣ. Не имѣя способности вырабатывать углеродистыя соединенія изъ углекислоты и воды, они требуютъ для своего развитія, кромѣ минеральныхъ солей, присутствія хотя бы одного изъ простыхъ углеродистыхъ соединеній (въ большинствѣ случаевъ — углевода).

4) Для синтеза органическихъ веществъ, необходимо предоставить хлорофиллоноснымъ растеніямъ смѣсь изъ соединеній слѣдующихъ элементовъ: углерода, кислорода, водорода, азота, сѣры, фосфора, хлора (?), калия, кальція, магнія и желѣза. Изъ этихъ элементовъ одинъ только кислородъ принимается растеніями въ свободномъ состояніи; всѣ же остальные въ видѣ соединеній: воды, углекислоты, фосфорнокислыхъ и сѣрнокислыхъ (и хлористыхъ?) солей щелочей, щелочныхъ земель и желѣза.

5) Главное участіе въ принятіи и переработкѣ сырой пищи принимаютъ корни и листья. При посредствѣ корней вводятся въ растенія вода и всѣ минеральныя соли. Весь же, находимый въ растеніяхъ, углеродъ усваивается изъ углекислоты атмосферы, проникая въ растенія чрезъ листья. Въ листьяхъ, или точнѣе въ зеленой ихъ ткани, происходятъ первые продукты синтеза органическихъ соединеній изъ углекислоты и воды, въ числѣ которыхъ постоянно оказываются углеводы: крахмалъ и глюкоза.

6) Усвоеніе углекислоты изъ атмосферы сопровождается выдѣленіемъ объема кислорода, равнаго объему поглощенной углекислоты; азотъ атмосферы не принимаетъ участія въ этомъ обмѣнѣ газовъ. Разложеніе углекислоты обуславливается въ высокой степени парціальнымъ давленіемъ углекислоты. Оно обнаруживается въ моментъ освѣщенія растенія и прекращается немедленно въ отсутствіи свѣта, возрастаетъ по мѣрѣ увеличенія напряженности свѣта, но, при извѣстной напряженности свѣта, достигаетъ максимума (по крайней мѣрѣ у нѣкоторыхъ растеній). При дальнѣйшемъ усиленіи свѣта, разложеніе углекислоты не только не увеличивается, но даже иногда уменьшается. Лучи свѣта содѣйствуютъ разложенію углекислоты различнымъ образомъ: лучи менѣе преломляемой половины спектра преимущественно, если не исключительно, обуславливаютъ разложеніе углекислоты; лучи половины спектра болѣе преломляемой способствуютъ этому процессу инымъ способомъ: они вызываютъ изгибы въ листьяхъ и переводятъ ихъ въ положеніе, наиболѣе приспособленное къ воспріятію дѣйствія лучей свѣта, разлагающихъ углекислоту.

7) Подъ непосредственнымъ вліяніемъ свѣта, кромѣ углеводовъ образуется и хлорофиллъ; проростки хвойныхъ, зеленѣющихъ въ темнотѣ, представляютъ единственное исключеніе изъ этого правила. Значеніе хлорофилла въ ассимиляціи углерода нельзя считать окончательно выясненнымъ; ему приписываютъ важную роль при разложеніи углекислоты, главнымъ образомъ, на томъ основаніи, что только клѣтки, содержащія хлорофиллъ, оказались способными разлагать углекислоту на свѣтѣ. До сихъ поръ, по крайней мѣрѣ, не встрѣтилось ни одного исключенія изъ этого правила.

8) При посредствѣ минеральныхъ солей и углеводовъ (можетъ быть и бо-

лѣ простыхъ продуктовъ синтеза) въ хлорофиллоносныхъ растеніяхъ образуются всѣ остальные болѣе раскисленные и сложнѣйшія органическія соединенія. Относительно хода синтеза послѣднихъ ровно неизвѣстно ничего. Мы знаемъ только, что между окончательными продуктами синтеза преобладаютъ въ растеніяхъ три группы соединеній: бѣлковыя тѣла, жиры и углеводы, изъ которыхъ почти исключительно построены растенія.

9) О синтезѣ въ растеніяхъ, лишенныхъ зеленой окраски, извѣстно, что они способны построить изъ минеральныхъ солей и одного изъ тройныхъ углеродистыхъ соединеній — всѣ остальные, что послѣднія сходны съ окончательными продуктами синтеза хлорофиллоносныхъ растеній и что синтезъ въ безцвѣтныхъ, организмахъ происходитъ безъ содѣйствія свѣта.

II. ПОСТРОЕНІЕ ОРГАНИЗОВАННЫХЪ ОБРАЗОВАНІЙ РАСТЕНІЙ ИЗЪ ОРГАНИЧЕСКИХЪ СОЕДИНЕНІЙ ¹⁾.

Химическія превращенія пластическаго матеріала.

Необходимымъ условіемъ жизни всякаго организма, растительнаго и животнаго, является принятіе пищи извнѣ и переработка ея въ *организованныя* образованія — клѣтки и ткани; обмѣномъ веществъ съ окружающею средою поддерживается жизнь организма и его разрастаніе.

Всякому извѣстно, что лишенное пищи животное теряетъ значительно въ вѣсѣ, слабѣетъ и затѣмъ умираетъ; совершенно подобное происходитъ, при недостаткѣ пищи, и съ растеніемъ. Въ растеніи, какъ и въ животномъ, значеніе

1) Для устраненія недоразумѣній по поводу употребленныхъ мною, въ заголовкѣ статьи, словъ: «изъ органическихъ соединеній» считаю необходимымъ сдѣлать слѣдующую оговорку: въ большинствѣ случаевъ совершенно неизвѣстно въ видѣ какихъ соединеній содержатся въ растеніи элементы, находимые въ золѣ; всѣми напр. признано, что углекислыя щелочи и, въ большинствѣ случаевъ, щелочныя земли, образуются при сжиганіи отъ разрушенія органическихъ соединеній, въ составъ которыхъ входятъ калий, кальцій и магній; то же принимается и относительно другихъ главныхъ составныхъ частей золы, напр. сѣрноокислыхъ и фосфорнокислыхъ солей щелочей и щелочныхъ земель; въ какомъ соединеніи въ растеніи пребываетъ желѣзо также неизвѣстно. Имѣя это въ виду, я полагаю болѣе правильнымъ обозначить названіемъ «органическихъ соединеній» совокупность соединеній, входящихъ въ составъ пластическаго матеріала, который непосредственно употребляется растеніемъ для построенія его тѣла. Подъ именемъ органическихъ соединеній я разумѣю здѣсь напр. запасной матеріалъ, временно отлагаемый въ сѣменахъ, луковицахъ, а равно и въ стволѣ и корнѣ древесныхъ породъ, на счетъ котораго разрастается, въ присутствіи воды и кислорода, заключенный въ сѣмени зародышъ, вырастаютъ молодые побѣги, соцвѣтія и другія части растеній. Подъ вышеприведенное опредѣленіе органическихъ соединеній подходятъ также разлагающіяся животныя и растительныя массы неопредѣленнаго состава, которыя служатъ субстратами для развитія простѣйшихъ организмовъ. Здѣсь слѣдовательно терминъ: *органическія соединенія* употребленъ въ болѣе широкомъ смыслѣ, чѣмъ въ первой главѣ, гдѣ подъ этимъ названіемъ подразумѣвались только сгораемые составныя части растеній, въ противоположность несгораемымъ — золѣ. Значеніе, приданное мною, въ настоящемъ случаѣ, словамъ «органическія соединенія» вполнѣ соотвѣтствуетъ значенію ихъ въ органической химіи; здѣсь, какъ и тамъ, въ число органическихъ тѣлъ включаются соединенія, которыя послѣ прокалыванія оставляютъ золу, напр. соединенія органическихъ кислотъ съ неорганическими основаніями, также металлоорганическія соединенія и органическія тѣла, содержащія сѣру, фосфоръ, хлоръ, бромъ, іодъ и другія составныя части золы.

пищи двоякое: съ одной стороны она доставляетъ матеріалъ для построения его органовъ, съ другой—служитъ источникомъ силы для жизненныхъ отправленій организма. Первое само по себѣ понятно; второе требуетъ разъясненія. Не вся пища, а только извѣстная часть ея идетъ на построение тѣла растенія или животнаго; значительное количество ея сжигается внутри организма. Непосредственныя наблюденія несомнѣнно показали, что, за весьма немногими исключеніями, для поддержанія жизни, какъ животнаго такъ и растенія, необходимо присутствіе свободнаго кислорода въ окружающей средѣ. Въ отсутствіи его, какъ увидимъ ниже, почти мгновенно прекращается движеніе плазмы, останавливается ростъ, уничтожается чувствительность къ вѣшнимъ раздраженіямъ; если задержать доступъ кислорода только на короткое время, то прекратившіяся отправленія проявляются вновь съ прежнею силою и организмъ возвращается къ жизни; при болѣе долгомъ отсутствіи кислорода наступаетъ неминуемо смерть. Освобождаемая, при поглощеніи кислорода, тепловая энергія служитъ источникомъ силы, которою приводится въ дѣйствіе сложный механизмъ животнаго и растительнаго организма. Безъ затраты энергіи жизнь органическая невысказима, въ той же мѣрѣ, какъ невысказима машина, работающая по собственному почину, безъ потребленія вѣшной силы.

Въ питаніи растеній необходимо (см. стр. 83) различать двѣ фазы: 1) синтезъ органическихъ соединеній и 2) переработку ихъ въ организованнаго образованія, въ клѣтки, ткани и органы растеній. Синтезъ органическихъ соединеній, изъ простѣйшихъ минеральныхъ, составляетъ характерную особенность питанія большинства растеній. У животныхъ эта фаза питанія выпадаетъ, такъ какъ они питаются или непосредственно растеніями или же поѣдаютъ другихъ животныхъ, которыя требуютъ растительной пищи. Питаніе животныхъ сводится слѣдовательно на построение ихъ тѣла изъ сложныхъ органическихъ соединеній. Совершенно подобнымъ же образомъ происходитъ построение организованнаго образованій во всѣхъ растеніяхъ, безъ исключенія. Всѣ они строятъ свое тѣло на счетъ органическихъ соединеній. Сходство въ этой фазѣ питанія животныхъ и растеній не есть только кажущееся, вѣшнее; какъ въ животныхъ, такъ и въ растеніяхъ преобладаютъ въ пластическомъ матеріалѣ три группы органическихъ соединеній: бѣлковыя тѣла, жиры и углеводы; разложенія производятся главнымъ образомъ аморфными ферментами; при этомъ происходятъ химическія реакціи съ выдѣленіемъ тепловой энергіи; эти процессы питанія сопровождаются наконецъ, какъ въ растеніяхъ, такъ и въ животныхъ, одинаковымъ обмѣномъ газовъ съ окружающею средою, именно: поглощеніемъ кислорода и выдѣленіемъ углекислоты.

Химическія превращенія, при посредствѣ которыхъ происходитъ переработка пластическаго матеріала въ организованнаго образованія, совершенно не зависятъ отъ того, вырабатываетъ ли самъ организмъ вещества, необходимыя для построения его тѣла, или заимствуетъ онъ ихъ извнѣ, пользуясь соединеніями уже готовыми. Примѣрами могутъ служить прививки и черенки, разрастающіеся въ большія вѣтви съ цвѣтами и плодами, даже и въ томъ случаѣ, если дичекъ принадлежитъ не только другому виду, но и роду растеній; привитая зачаточная часть растенія вырабатываетъ изъ органическихъ соединеній, доставляемыхъ дичкомъ, ткани и органы, вполне сходные по составу и строенію съ соответствующими частями растенія, съ котораго былъ снятъ прививокъ или черенокъ. Еще

болѣе наглядный примѣръ представляют простѣйшіе грибы; они разрастаются въ формы совершенно тождественныя на почвѣ, содержащей всѣ необходимыя для нихъ органическія соединенія и въ искусственной смѣси изъ минеральныхъ солей и сахара, не смотря на то, что, въ послѣднемъ случаѣ, они принуждены сами выработывать внутри себя бѣлковыя тѣла и жиры, необходимыя для построенія грибной ткани.

Процессы построенія организованныхъ образованій изъ органическихъ соединеній, свойственные каждой живой клѣткѣ и не прекращающіеся во все время ея жизни, имѣютъ, съ физиологической точки зрѣнія, гораздо большее значеніе, чѣмъ процессы синтеза органическихъ соединеній.

На счетъ запаснаго пластическаго матеріала происходятъ: прорастаніе сѣмянъ, ростъ листовыхъ побѣговъ въ первое время развитія, разрастаніе болѣе части тканей ствола стебля, вѣтвей и корней, питаніе цвѣтовъ и плодовъ. Сюда же относятся процессы питанія, лишенныхъ хлорофилла, паразитовъ изъ цвѣтковыхъ растений, питаніе насѣкомоядныхъ растений насѣкомыми, питаніе всего класса грибовъ и бактерій (*Schizomycetes*). Сообразно съ этимъ, въ настоящей главѣ, удобно произвести слѣдующія подраздѣленія и изложить въ послѣдовательномъ порядкѣ:

- 1) прорастаніе сѣмянъ;
 - 2) питаніе листовыхъ побѣговъ въ первое время ихъ развитія;
 - 3) питаніе ствола, вѣтвей и корней;
 - 4) питаніе цвѣтовъ и плодовъ;
 - 5) питаніе паразитовъ изъ цвѣтковыхъ;
 - 6) питаніе насѣкомоядныхъ растений;
 - 7) питаніе грибовъ и бактерій;
- и 8) сопровождающій построеніе организованныхъ образованій обмѣнъ газовъ растений съ окружающей средой—дыханіе растений.

I. Прорастаніе цвѣтковыхъ растений.

Наиболѣе существенную часть сѣмени составляетъ зародышъ; между сѣменами отличаютъ безбѣлковыя и бѣлковыя; въ первыхъ сѣмя состоитъ изъ зародыша, прикрытаго кожурою; въ послѣднихъ, кромѣ зародыша, заключается въ сѣмени бѣлокъ, т. е. паренхиматическая ткань, переполненная запаснымъ матеріаломъ, предназначеннымъ для питанія зародыша во время прорастанія.

Въ сѣменахъ безбѣловыхъ запасной матеріалъ заключенъ въ сѣмядоляхъ зародыша; въ бѣловыхъ — въ бѣлкѣ, положеніе котораго, относительно зародыша, у разныхъ растений различно; у хвойныхъ напр. онъ окружаетъ зародышъ со всѣхъ сторонъ, у злаковъ прилегаетъ къ нему съ одной стороны.

Составъ сѣмянъ и химическія превращенія, сопровождающія прорастаніе.

Составъ сѣмянъ. Между составными частями запаснаго матеріала сѣмени главную роль играютъ бѣлковыя тѣла, жиры и углеводы; бѣлковыя тѣла отлагаются въ видѣ зеренъ алеурона; жиры всего чаще встрѣчаются въ видѣ триглицеридовъ жирныхъ кислотъ пальмитиновой, стеариновой и олеиновой; изъ угле-

водовъ попадаетъ почти исключительно крахмаль. Въ сѣменахъ жиры преобладаютъ надъ крахмаломъ. По изслѣдованіямъ Негели ¹⁾, приблизительно только $\frac{1}{10}$ часть родовъ цвѣтковыхъ заключаетъ въ сѣменахъ крахмаль, въ остальныхъ онъ замѣняется жирами. Первые называются *крахмалистыми* или *мучнистыми*, вторыя *маслянистыми* сѣменами.

Въ клѣткахъ бѣлка *Phoenix dactylifera*, многихъ Liliaceae, Irideae и другихъ однодольныхъ крахмаль замѣненъ отложеніями клѣтчатки; клѣтки бѣлка характеризуются очень сильно утолщенными стѣнками, пронизанными узкими продлинами. Слои утолщенія состоятъ изъ чистой клѣтчатки; во время прорастанія они постепенно растворяются, до полного исчезновенія, и служатъ матеріаломъ для развитія зародыша. Кромѣ того въ нѣкоторыхъ сѣменахъ попадаются глюкозиды (амигдалинъ, мироновая кислота и др.), алкалоиды (теоброминъ, вератринъ, стрихнинъ и др.), кислота (лимонная), дубильныя вещества.

Разрастаніе зародыша и частей его на счетъ запаснаго матеріала. Отложенныя въ сѣмени соединенія остаются безъ перемѣны пока сѣмя не смочено водою. Отъ воды оно разбухаетъ и затѣмъ начинаетъ прорастать; выступаетъ сперва корешокъ, а вслѣдъ за нимъ и стеблевая почка зародыша; развитіе ихъ идетъ частью на счетъ веществъ въ нихъ самихъ отложенныхъ, главнымъ же образомъ на счетъ запаснаго матеріала сѣмядолей и бѣлка. Доказательствомъ этому служатъ слѣдующіе факты: до прорастанія, клѣтки сѣмядолей и бѣлка переполнены бѣлковыми тѣлами, жирами и углеводами; вслѣдствіе этого ткань ихъ является плотною и твердою; въ концѣ прорастанія онѣ содержатъ водянистый сокъ, окруженный тонкимъ слоемъ плазмы и занимаютъ гораздо меньшій объемъ. По мѣрѣ истощенія запаснаго матеріала, ткань бѣлка сплюсчивается между разрастающимся зародышемъ и оболочками сѣмени. Измѣненія въ сѣмядоляхъ безбѣлковыхъ сѣмянъ обнаруживаются весьма ясно при сравненіи мясистыхъ сѣмядолей гороха и боба, до и послѣ прорастанія; въ непроросшемъ сѣмени онѣ представляютъ весьма крѣпкую массу; въ концѣ же прорастанія являются дряблыми, съеживаются и покрываются морщинами.

О разрастаніи корня и стеблевыхъ частей зародыша на счетъ запаснаго матеріала сѣмени свидѣтельствуютъ и сравнительные опыты надъ прорастаніемъ въ почвѣ плодородной и лишенной питательныхъ веществъ, напр. въ прокаленномъ и промытомъ пескѣ, пемзѣ или дистиллированной водѣ. Прорастаніе идетъ одинаково успѣшно въ каждой изъ этихъ почвъ, если только сѣмя смочено, въ достаточной степени, водою и обезпеченъ свободный доступъ кислорода.

Интересныя указанія относительно разрастанія цѣльнаго зародыша и отдѣльныхъ его частей приведены Фанъ-Тигемомъ ²⁾; изъ его опытовъ видно на сколько возможно развитіе каждой отдѣльной части зародыша на счетъ заключеннаго въ ней запаснаго матеріала. Изъ сѣмянъ маслянистыхъ онъ изслѣдовалъ *Ricinus communis* и *Helianthus annuus*, изъ крахмалистыхъ *Mirabilis jalappa*, *M. longiflora*, *Canna aurantiaca* и *Zea Mays*; изъ сѣмянъ, гдѣ крахмаль замѣненъ клѣтчаткой, *Phoenix dactylifera* и *Aucuba japonica*. Фанъ-Тигемъ не только подтвердилъ, уже указанное другими изслѣдователями, сравнительно

1) Nägeli. Stärkeköerner, p. 387.

2) Van Thiegem. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 17; 203 (1873).

слабое развитіе зародыша, если отдѣлить его отъ бѣлка или лишить сѣмядолей, но произвелъ расчлененіе зародыша на части. Такъ напр. десять зародышей *Helianthus* были перерѣзаны имъ поперегъ и разъединены на сѣмядоли, подсѣмядольное колѣно и корешокъ; отдѣльныя части эти были затѣмъ оставлены, при температурѣ 22 — 25° Ц., подъ стекляннѣмъ колпакомъ въ ватѣ, смоченной водою. Уже по прошествіи 24 часовъ онѣ оказались сильно разросшимися; корешки, имѣвшіе, при расчлененіи, длину въ $\frac{1}{2}$ миллиметра, выросли до 8 — 12 милл. и покрылись, въ болѣе старѣхъ частяхъ, корневыми волосками; подсѣмядольныя колѣна тоже сильно разрастались и достигли 15 — 20 милл. длины, между тѣмъ какъ въ началѣ опыта не превышали длины одного миллиметра; корешки и подсѣмядольныя колѣна продолжали расти еще нѣсколько дней; подсѣмядольныя колѣна образовали при этомъ отъ 3 до 4 придаточныхъ корней, длиною въ 20 — 30 милл. Отдѣленныя сѣмядоли подсолнечника быстро зеленѣли и достигали размѣровъ болѣешихъ, чѣмъ при нормальномъ прорастаніи, такъ какъ вслѣдствіе отсутствія нарастающихъ частей зародыша, весь запасъ пластическаго матеріала остался въ сѣмядоляхъ и пошелъ на ихъ собственное разрастаніе. По прошествіи 17 дней онѣ достигли длины отъ 19 до 20 милл. и ширины отъ 9 до 10 милл., между тѣмъ какъ, при нормальномъ прорастаніи, длина ихъ равнялась обыкновенно 10 — 12 милл., а ширина 6 — 7 миллиграммъ. Изъ основанія сѣмядолей выростали корешки, до 40 милл. длины, иногда же образовались и придаточныя почки; Фанъ-Тигему удавалось наблюдать даже разрастаніе вырѣзанныхъ изъ зародыша долевыхъ пластинокъ и поперечныхъ полосокъ тканей; разрастаніе отрѣзаннаго куска получалось соразмѣрное его объему или, что одно и то же, пропорціональное количеству заключеннаго въ немъ запаснаго матеріала.

Совершенно сходный результатъ получился при опытахъ съ зародышами *Mirabilis jalappa* и *Zea Mays*. Фанъ-Тигемъ вызывалъ усиленный ростъ отдѣленнаго отъ бѣлка зародыша, окружая его кусочками предварительно снятаго бѣлка; даже бѣлокъ отъ растенія, различнаго отъ зародыша, обуславливалъ значительно болѣе проростъ зародыша; такъ напр. разрастаніе зародыша *Mirabilis* было значительно усилено, плотно приложеннымъ къ нему, комочкомъ муки изъ сѣмени *Polygonum Fagopyrum*.

Результаты Фанъ-Тигема были провѣрены и подтверждены Вальцемъ¹⁾, которому удалось вырастить этимъ способомъ растенія до цвѣтенія; полученныя растенія отличались отъ нормальныхъ только болѣе слабымъ развитіемъ.

Аморфные ферменты и вызываемыя ими превращенія. Отложенный въ сѣмени запасной матеріалъ состоитъ почти исключительно изъ соединеній, трудно растворимыхъ въ водѣ; растворенію ихъ отчасти содѣйствуютъ минеральныя соли, напр. фосфорнокалиевая соль, но первенствующее значеніе, въ этомъ отношеніи, принадлежитъ особаго рода органическимъ соединеніямъ, такъ называемымъ, *аморфнымъ ферментамъ*. Соединенія эти представляютъ тѣла аморфныя, бѣлаго цвѣта, содержащія азотъ; по всему вѣроятію они весьма близки по составу

1) Вальцъ. О размноженіи растеній частями сѣмянъ. Публичная лекція, читанная въ Одессѣ. 1877.

въ бѣлковымъ тѣламъ, отъ которыхъ однако отличаются тѣмъ, что не осаждаются танниномъ и не окрашиваются въ желтый цвѣтъ ни іодомъ, ни азотной кислотой; они легко растворимы въ водѣ и осаждаются изъ воднаго раствора спиртомъ; на осажденіи спиртомъ, изъ воднаго раствора, основанъ способъ полученія ихъ въ возможно чистомъ видѣ. Точнаго представленія о ихъ составѣ въ настоящее время не имѣется; наиболѣе характерная особенность ихъ заключается въ способности переводить различныя нерастворимыя органическія соединенія въ растворъ, измѣняя при этомъ, до нѣкоторой степени, ихъ химическій составъ. Въ большинствѣ случаевъ частица, переводимаго въ растворъ тѣла, расщепляется на частицы болѣе простыя, которыя при этомъ гидрогенизуются, т. е. присоединяютъ по частицѣ воды.

Обстоятелише всего изученъ, изъ аморфныхъ ферментовъ, *діастазъ*, обладающій способностью легко переводить большія количества крахмала (клейстера) въ декстрины и сахаръ; его готовятъ обыкновенно изъ ячменя; ячменю даютъ прорасти и когда ростокъ достигнетъ длины болѣе одно сантиметра, растеньица осторожно высушиваютъ. Высушенная и измельченная масса эта извѣстна въ продажѣ подъ названіемъ *солода*. Солодь разводятъ въ водѣ; нѣкоторыя составныя части его, въ томъ числѣ и діастазъ, переходятъ въ растворъ; жидкость фильтруютъ и изъ полученнаго фильтрата осаждаютъ діастазъ спиртомъ; бѣлый осадокъ растворяютъ вновь въ небольшомъ количествѣ воды и опять осаждаютъ спиртомъ, повторяя эту операцію по нѣскольку разъ.

Наиболѣе обстоятельныя розысканія надъ діастазомъ принадлежатъ Паэну; очищенный имъ діастазъ переводилъ, въ декстрины и сахаръ, количество крахмала въ 2000 разъ превосходящее, по вѣсу, количество прибавленнаго діастаза. Для ускоренія реакціи крахмаль предварительно превращаютъ въ клейстеръ, нагрѣваніемъ съ водою. Измѣненіе крахмала діастазомъ прежде всего сказывается въ томъ, что онъ перестаетъ окрашиваться отъ іода въ синій цвѣтъ; первоначальная синяя окраска замѣняется фіолетовой, которая въ свою очередь переходитъ въ бурюю; наконецъ исчезаетъ и бурый цвѣтъ; весь крахмаль оказывается превращеннымъ въ декстрины и глюкозу; въ присутствіи послѣдней легко убѣдиться посредствомъ фелинговой жидкости. Ходъ реакціи въ высокой степени обусловливается температурой; она идетъ всего скорѣе при 70° Ц.

Гораздо труднѣе клейстера измѣняются, подъ вліяніемъ діастаза, зѣрна крахмала. Только въ послѣднее время удалось Баранецкому¹⁾ наблюдать постепенное раствореніе крахмальныхъ зеренъ при посредствѣ діастаза. Всѣ прежніе изслѣдователи получили отрицательный результатъ; такъ напр. Жеренъ-Вари (*Gegain-Vargy*) находилъ картофельный крахмаль неизмѣненнымъ даже послѣ шестидневнаго пребыванія въ растворѣ діастаза, при температурѣ 25—30° Ц.; при этомъ въ жидкости не оказалось и слѣда сахара. Основываясь на полученномъ результатѣ, онъ заключилъ, что и въ растеніи крахмальныя зерна переводятся въ глюкозу не діастазомъ, а какимъ нибудь другимъ ферментомъ. Баранецкій подтвердилъ, что картофельный крахмаль труднѣе крахмала всѣхъ прочихъ испытанныхъ имъ растеній переводится въ глюкозу, но въ то же время ему удалось

1) *Baranetzky*. Die stärkeumbildenden Fermente in d. Pflanzen. 1878.

достигнуть полного растворенія зеренъ крахмала, прибавляя къ жидкости, кромѣ діастаза, небольшое количество кислоты. Въ кислой жидкости, зёрна крахмала постепенно переходили въ растворъ и представляли рисунокъ сходный съ зёрнами крахмала, въ прорастающемъ растеніи; мѣстами они дѣлались совершенно прозрачными и казались какъ бы раздѣденными; постепенное раствореніе ихъ не сопровождалось разбуханіемъ и они сохраняли, во все время, прежнюю форму и размѣры; гранулёза, легче растворимая діастазомъ, исчезала раньше изъ крахмального зерна, чѣмъ крахмальная целлюлеза; въ этихъ мѣстахъ контуръ и слои крахмального зерна дѣлались совершенно прозрачны, и представляли рѣзкій контрастъ съ остальною, еще не измѣненною, массою крахмального зерна (рис. 26 и 27).

Рис. 26 и 27.



Фиг. 26 a, b, c, d, e, f. Крахмальные зерна *Solanum tuberosum*, въ различныхъ стадіяхъ растворенія, въ діастазѣ.

Фиг. 27 a, b, c, d, e крахмальные зерна *Triticum vulgare*, измѣненные діастазомъ.

По мѣрѣ растворенія гранулёзы, свѣтлыя мѣста увеличивались въ размѣрѣ, пока не охватывали всего зерна; за раствореніемъ гранулёзы слѣдовало раствореніе крахмальной клетчатки, и крахмальное зерно исчезало въ жидкости безслѣдно. Наиболее удобными объектами, для наблюденія дѣйствія діастаза, оказались зерна крахмала пшеницы и гречихи. Изъ кислотъ хлористоводородной, муравейной, уксусной и лимонной, всего сильнѣе со-

дѣйствовала растворенію зеренъ крахмала, по наблюденіямъ Баранецкаго, муравейная кислота.

Весьма любопытныя данныя касательно образованія, въ живомъ растеніи, соляной кислоты изъ хлористаго калия и натрія, въ присутствіи органическихъ кислотъ, находятся въ статьѣ Детмера (Detmer. Unters. üb. Salzsäurebildung i. d. Pflanze. n. Bot. Zeit. 1884, p. 791).

Въ виду этихъ результатовъ, особенный интересъ представляетъ открытіе діастаза въ нѣкоторыхъ сѣменахъ до прорастанія; Краухъ ¹⁾ нашелъ его въ непроросшемъ ячменѣ, въ зародышѣ непроросшаго маиса, изъ маслянистыхъ сѣмянъ, въ тыквѣ; Виль ²⁾ открылъ его въ сѣменахъ сосны, маиса, въ миндаляхъ и бобахъ.

Сходный съ діастазомъ ферментъ найденъ Баранецкимъ ³⁾ въ сѣменахъ

1) Krauch. Landw. Vers. 23; 77 (1879).

2) Will. Pflügers Archiv. 2; 197 и 3; 339.

3) Baranetzky. Die Stärkeumbildenden Fermente in d. Pflanzen. 1878.

и проросткахъ *Pisum sativum* и *Mirabilis jalappa* и въ прорастающихъ растенiяхъ *Phaseolus multiflorus*.

Детмеръ ¹⁾ показалъ, что діастазъ образуется въ проросткахъ только въ присутствii кислорода. Водная вытяжка изъ проросшихъ на воздухѣ сѣмянъ превращала быстро клейстеръ въ декстринъ, между тѣмъ какъ вытяжка изъ сѣмянъ, смоченныхъ водою и оставленныхъ въ водородѣ (и поэтому не проросшихъ), измѣняла клейстеръ лишь крайне медленно; проявленiе этой слабой реакціи Детмеръ приписываетъ незначительному количеству діастаза, заключенному въ сѣменахъ не проросшихъ.

Присутствiемъ діастаза въ прорастающемъ сѣмени объясняется однако только переходъ, въ растворимыя соединенiя, одного крахмала, такъ какъ на бѣлковыя тѣла и жиры діастазъ вовсе не дѣйствуетъ. До сихъ поръ не удалось еще извлечь изъ сѣмени или проростка спеціального фермента для бѣлковыхъ тѣлъ въ родѣ пепсина. Въ этомъ отношенiи имѣются только слѣдующія указанiя: Горупъ Безанесу ²⁾ удалось извлечь изъ сѣмянъ *Vicia*, *Cannabis sativa* и *Linum usitatissimum*, а также и изъ прорастающаго ячменя, аморфное тѣло, переводящее въ растворъ, кромѣ крахмала, и бѣлковыя тѣла. Для полученiя этого фермента Горупъ Безанесъ обрабатывалъ измельченныя сѣмена этихъ растений глицериномъ; ферментъ переходилъ въ растворъ, изъ котораго былъ осаждаемъ спиртомъ. Осадокъ представлялъ бѣлоснѣжную порошокватую массу, содержащую сѣру, 4,3% азота и 7,76% золы. Подобно пепсину, онъ превращалъ, въ присутствii соляной кислоты, разбухшій фибринъ и бѣлокъ куриного яйца въ пептоны; замѣчательно, что въ то же время онъ обладалъ способностью превращать крахмалъ въ сахаръ.

Ферментъ, подобный описанному Горупъ Безанесомъ, нашелъ Фанъ деръ Гарстъ ³⁾ въ прорастающемъ *Phaseolus vulgaris*; онъ извлекалъ его также глицериномъ изъ проростковъ, достигшихъ длины 1 — 2½ сант.; сѣмядоли и проростки онъ разслѣдовалъ отдѣльно; глицериновая вытяжка сѣмядолей переводила, въ присутствii соляной кислоты, свѣже приготовленный, изъ крови лошади, фибринъ въ пептоны; еще болѣе сильное дѣйствiе она обнаружила на крахмалъ, превращая его въ сахаръ; между тѣмъ какъ чистый глицеринъ и глицериновая вытяжка проростка оставляли фибринъ и крахмалъ безъ перемѣны.

Въ виду неопредѣленныхъ свѣдѣнiй о химическомъ составѣ діастаза и подобныхъ ему аморфныхъ ферментовъ, остается не рѣшеннымъ, содержитъ ли извлеченный Горупъ Безанесомъ и Фанъ деръ Гарстомъ, бѣлый порошокъ, одинъ ферментъ, отличный отъ діастаза и пепсина, или же смѣсь послѣднихъ. На основанiи этихъ опытовъ невозможно еще считать доказаннымъ существованiе фермента, обладающаго способностью превращать бѣлокъ въ пептоны и крахмалъ въ сахаръ, тѣмъ болѣе, что для двухъ наиболѣе разслѣдованныхъ ферментовъ: діастаза и пепсина, обѣ эти функціи оказались строго разграниченными. Правда, что до сихъ поръ не удалось отдѣлить пепсина отъ діастаза въ прорастающихъ

1) *Detmer*. Ueb. d. Entstehung stärkeumbildender Fermente i. d. Zellen höherer Pflanzen. Bot. Zeit. 1883, p. 601.

2) *Gorup Besanez*. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 8; 1510. (Just. Jahresb. 1875; 819).

3) *Van der Harst*. Moondblad voor Naturwetensch. 1876; 20 Sept. (Just. Jahresb. 1876; 867).

растенияхъ, но тѣмъ не менѣ существованіе пепсина весьма вѣроятно, такъ какъ присутствіе его въ растенияхъ (наѣкомоядныхъ) несомнѣнно доказано.

Всѣ попытки отыскать аморфный ферментъ, способный переводить въ сѣменахъ жиры въ соединенія, растворимыя въ водѣ, оказались пока тщетными.

Кромѣ перечисленныхъ аморфныхъ ферментовъ найдены еще слѣдующіе: *эмульзинъ* въ сладкихъ миндаляхъ, *мирозинъ*, специальный ферментъ мироноксилаго калия въ сѣменахъ черной горчицы, и неразслѣдованный еще ферментъ, превращающій клѣтчатку и крахмалъ въ гумми (см. Wigand. Bot. Zeit. 1885, p. 577).

Превращенія бѣлковыхъ тѣлъ. Измѣненія, претерпѣваемые бѣлковыми тѣлами, при прорастаніи, неоднократно служили, въ послѣднее время, предметомъ разслѣдованія. Полученные результаты интересны въ томъ отношеніи, что обнаружили полную аналогію между распаденіемъ бѣлковыхъ тѣлъ въ прорастающемъ растеніи и распаденіемъ ихъ, подъ вліяніемъ нѣкоторыхъ реактивовъ, въ организмѣ.

Открытіе, въ прорастающихъ растенияхъ, аморфнаго фермента, способнаго переводить въ растворъ бѣлковыя тѣла, заставило предполагать въ проросткахъ присутствіе пептоновъ. Предположеніе это подтвердилось произведенными разслѣдованіями Шульце и Варбьери ¹⁾, которые нашли пептоны въ прорастающихъ *Lupinus*, *Soja*, *Cucurbita*, хотя и въ количествѣ весьма незначительномъ, сравнительно съ содержаніемъ бѣлковыхъ тѣлъ въ сѣмени.

Между работами, выясняющими составъ бѣлковыхъ тѣлъ, первое мѣсто занимаютъ труды Шютценбергера ²⁾. Дѣйствуя на бѣлокъ и ближайшія его составныя части ѣдкимъ баритомъ, въ стальномъ, герметически закрытомъ цилиндрѣ при 100 — 150°, онъ получилъ цѣлый рядъ соединеній, составленныхъ изъ тѣлъ, кристаллизующихся и удобно уединяемыхъ. Исслѣдованія Шютценбергера особенно цѣнны потому, что онъ не ограничился однимъ качественнымъ анализомъ продуктовъ распаденія, но произвелъ и количественныя опредѣленія каждаго изъ нихъ. Сумма выдѣленныхъ соединеній почти равнялась вѣсу взятаго бѣлковаго тѣла и свидѣтельствовала, что, отъ вниманія Шютценбергера, не ускользнулъ ни одинъ изъ главныхъ продуктовъ разложенія. На основаніи своихъ разысканій Шютценбергеръ даетъ альбумину формулу $C_{240} H_{337} N_{68} O_{75} S_3$.

Главная масса продуктовъ разложенія оказалась составленною изъ органическихъ амидныхъ соединеній, происшедшихъ вслѣдствіе гидратаціи альбумина; кромѣ амидныхъ тѣлъ получались, въ небольшихъ количествахъ, тирозинъ, соли барія: углекислая, щавелевокислая и сѣрнокислая, амміакъ и нѣсколько уксусной кислоты.

Сходное разложеніе бѣлковыхъ тѣлъ получили Хлазивецъ и Габерманъ ³⁾, окисляя ихъ хлористоводородною кислотою и хлористымъ цинкомъ; между продуктами разложенія оказались амміакъ, тирозинъ, лейцинъ, аспарагиновая и глютаминовая кислоты.

Ближайшіе продукты распаденія бѣлковъ: лейцинъ, аспарагинъ, аспараги-

1) *Schulze u Barbieri. Chem. Centralb. 1881; 714.*

2) *Schützenberger. Ann. Chem. Phys. S. 5, t. 16; 289 (1879).*

3) *Chlasivetz u Habermann. Ann. d. Chem. Pharm. 169; 150.*

новая кислота, глутаминовая и тирозинъ найдены уже въ нѣсколькихъ прорастающихъ растеніяхъ; образованіе ихъ, чрезъ разложеніе бѣлковыхъ тѣлъ, отложенныхъ въ сѣмени, въ видѣ запаснаго матеріала, не подлежитъ сомнѣнію.

Аспарагинъ найденъ въ весьма многихъ растеніяхъ; въ наибольшемъ количествѣ, въ прорастающихъ *Leguminosae: Pisum, Phaseolus, Vicia* и преимущественно въ *Lupinus luteus*; *лейцинъ* найденъ Бородинымъ въ семействѣ гвоздичныхъ (см. ниже) и Горупъ Безанесомъ ¹⁾ въ проросткахъ *Vicia*, вмѣстѣ съ аспарагиномъ; имъ же открыты *глутаминовая* кислота и слѣды *тирозина* въ сокъ, выжатомъ изъ прорастающей *Vicia*; Шульце и Барбьери ²⁾ нашли *глутаминовую* кислоту (3,86%) и небольшое количество аспарагина, лейцина и тирозина въ прорастающей тыквѣ.

Между продуктами разложенія бѣлковыхъ тѣлъ въ растеніи открыто Шульцомъ ³⁾ *фениламидопропионовая кислота*; онъ нашель ее въ прорастающемъ *Lupinus*; открытіе это особенно интересно въ томъ отношеніи, что оно съ нѣкоторою вѣроятностью указываетъ на присутствіе въ растеніи *тиролейцина*.

Изъ продуктовъ разложенія бѣлковыхъ тѣлъ обстоятельнѣе всего изслѣдованъ въ растеніяхъ аспарагинъ. Присутствіе его, во многихъ *Papilionaceae*, было открыто еще въ 1805 году Вокеленомъ и Робике ⁴⁾. Первые указанія на важное значеніе аспарагина въ жизни растенія сдѣланы были Гартигомъ ⁵⁾; онъ первый обратилъ вниманіе на то, что аспарагинъ, представляя тѣло хорошо кристаллизующееся, гораздо легче коллоидальныхъ бѣлковыхъ тѣлъ проникаетъ сквозь оболочки клѣтокъ и можетъ поэтому служить средствомъ для удобнаго и быстрого перемѣщенія, по тканямъ растеній, азотистыхъ соединений. Послѣдующія изслѣдованія подтвердили высказанное Гартигомъ предположеніе; оказалось въ тому же, что изъ аспарагина могутъ вновь быстро возстановляться въ растеніи бѣлковыя тѣла.

Слѣдующія числовыя данныя свидѣтельствуютъ о значительномъ накопленіи аспарагина въ прорастающихъ растеніяхъ семейства *Papilionaceae*:

По опредѣленію Десена и Шотара ⁶⁾ въ литрѣ сока прорастающаго

<i>Pisum sativum</i>	оказалось	9	гр.	аспарагина.
<i>Vicia Faba</i>	"	14	"	"
<i>Phaseolus multiflorus</i>	"	5,6	"	"
<i>Vicia sativa</i>	"	9,2	"	"

Количество аспарагина въ *Lupinus luteus* Бейеръ ⁷⁾ нашель равнымъ 15% сухаго вещества растенія; Шульцъ и Умлауфъ ⁸⁾ находили до 20% аспарагина. Аспарагинъ всегда встрѣчается раствореннымъ въ клѣточномъ сокъ.

1) *Gorup Besanz.* Ber. d. d. Chem. Ges. 1877: 780.

2) *Schulze u. Barbieri.* Ber. d. d. Chem. Ges. 1877; 199 и 1878; 710 и 1233. (Just. Jahresb. 1878; 551).

3) *Schulze.* Chem. Centr. 1882; 89. (Tageblatt d. Naturf.-Vers. z. Salzburg. 1881; 83).

4) *Vauquelin et Robiquet.* Ann. d. Chimie, 57, 88 (1805).

5) *Hartig.* Entwicklungsgeschichte d. Pflanzenkeims. 1858, p. 127 (Bot. Zeit. 1878; 803).

6) *Dessaignes et Chautar.* Journ. f. pract. Chem. 45; 50.

7) *Beyer.* Landw. Vers. 9; 168 (1867).

8) *Schulze u. Umlauf.* Landw. Vers. 18; 1 (1871).

Количество его оказывалось иногда столь значительнымъ, что, по мнѣнію Пфеффера¹⁾, онъ долженъ былъ находиться въ растеніи въ видѣ пресыщеннаго раствора.

На основаніи микрoхимическихъ изслѣдованій, Пфефферъ заключаетъ, что изъ всѣхъ тканей всего богаче аспарагиномъ сердцевина и паренхима коры. Присутствіе его легко обнаружить, погружая разрѣзъ въ каплю крѣпкаго спирта; на поверхности разрѣза и въ окружающей жидкости появляются кристаллы аспарагина.

Аспарагинъ оказался, по изслѣдованіямъ Бородинъ²⁾, однимъ изъ главнѣйшихъ продуктовъ распада бѣлковыхъ тѣлъ въ громадномъ большинствѣ растеній, но въ настоящее время уже выяснилось, что разложенія бѣлковыхъ тѣлъ не вездѣ одинаковы; Бородинъ нашелъ цѣлый рядъ растеній, изъ семейства гвоздичныхъ, гдѣ вмѣсто аспарагина накапливается лейцинъ и, на основаніи своихъ опытовъ, онъ устанавливаетъ двѣ группы растеній: *аспарагино-накопляющихъ* и *лейцино-накопляющихъ*. Кромѣ того въ нѣсколькихъ растеніяхъ (въ реzedѣ, незабудкѣ и свеклѣ), при голоданіи, не оказалось ни аспарагина, ни лейцина; въ послѣднихъ Бородинъ предполагаетъ накопленіе глутамина, не поддающагося пока микрoхимическому розысканію, по отсутствію подходящей реакціи.

Превращенія углеводовъ и жировъ. Превращенія, которымъ подвергается крахмалъ, отложенный въ сѣмени въ видѣ запаснаго матеріала, съ точностью еще не опредѣлены. Саксъ и большая часть физиологовъ предполагаютъ, что крахмалъ, подъ вліяніемъ діастаза, превращается въ декстрины и глюкозу, изъ которой непосредственно строится целлюлезная оболочка клѣтокъ; другіе, напримѣръ Детмеръ, утверждаютъ, что клѣтчатка выдѣляется изъ плазмы, чрезъ распаденіе сложной частицы бѣлка на кислотные амиды или амидныя кислоты и на безазотистое тѣло; изъ послѣдняго и образуется по ихъ мнѣнію клѣтчатка; согласно этому представленію, крахмалъ сперва входитъ въ составъ частицы бѣлка, соединяется съ вышеназваннымъ азотистымъ продуктомъ, и затѣмъ уже, чрезъ диссоціацію частицы бѣлка, образуется клѣтчатка.

Различіе мнѣній существуетъ и относительно продуктовъ превращенія крахмала; присутствіе декстрина не всеми признается въ прорастающихъ растеніяхъ; не выяснились также вполне измѣненія, которымъ подвергается крахмалъ подъ вліяніемъ діастаза. Не рѣшено также окончательно въ видѣ какого соединенія перемѣщается крахмалъ по тканямъ растенія. Обыкновенно принимаютъ, что онъ передвигается въ видѣ глюкозы; въ виду однако невозможности доказать присутствіе сахара или декстрина при прорастаніи нѣкоторыхъ сѣмянъ (напр. маслянистыхъ сѣмянъ *Cannabis sativa*, *Brassica Napus oleifera* и *Papaver somniferum*) Детмеръ³⁾, Саксе и Бейеръ предполагаютъ, что частицы запаснаго крахмала передвигаются по тканямъ прорастающаго растенъца не иначе, какъ распавшись предварительно на болѣе простыя и мелкія частицы муравей-

1) *Pfeffer*. Pringsh. Jahrb. 8; 429 (1872).

2) *Бородинъ*. Труды С.-Петербургскаго Общества естествоиспытателей. Т. 16, стр. 69 (1885).

3) *Detmer*. Physiol. Unters. ü. d. Keimung ölhaltiger Samen. Habilitationsschrift. 1875. Just. Jahresb. 1875; 853).

наго альдегида, изъ которыхъ, въ мѣстахъ новообразованій, происходятъ вновь, чрезъ полимеризацію, частицы углеводовъ.

Свѣдѣнія о химическомъ метаморфозѣ жировъ при прорастаніи весьма скудны; извѣстно только, что содержаніе жировъ во время прорастанія убываетъ. Убыль ихъ сопровождается возрастаніемъ содержанія свободныхъ жирныхъ кислотъ въ проросткахъ.

Прорастаніе въ темнотѣ.

Если вести прорастаніе, при обыкновенныхъ условіяхъ, на свѣтѣ, то вскорѣ растенъеце начинаетъ ассимилировать сырую пищу и дальнѣйшее развитіе его происходитъ частью на счетъ запаснаго матеріала, частью же на счетъ органическихъ соединеній, вырабатываемыхъ самимъ растенъецемъ. Къ процессамъ питанія готовыми органическими соединеніями, присоединяются діаметрально противоположные процессы *ассимиляци* сырой пищи. Поэтому для изученія питанія одними запасными органическими соединеніями необходимо заставлять прорасти сѣмена въ темнотѣ. Развитіе проростка, въ послѣднемъ случаѣ, зависитъ исключительно отъ количества запаснаго матеріала сѣмени; потративъ его, оно перестаетъ расти и отмирать.

Первые опыты надъ химическими процессами прорастанія принадлежатъ Соссюру; изъ нихъ уже выяснилось, что въ отсутствіи кислорода прорастаніе не происходитъ. Сѣмена, введенныя въ воду предварительно тщательнo прокипяченную, или въ газъ, не заключающій кислорода, не проросли. Обнаружившееся прорастаніе прекращалось при перенесеніи растенъеца въ атмосферу, лишенную кислорода. Соссюру также удалось показать, что, одновременно съ поглощеніемъ кислорода, выдѣляется проростками углекислота и отчасти вода. Сопровождаемая этимъ обмѣномъ газовъ, химическіе метаморфозы выяснены послѣдующими изслѣдователями, въ значительной степенн, не только съ качественной, но и съ количественной стороны. Особенный интересъ, въ этомъ отношеніи, представляютъ изслѣдованія Бусенго надъ крахмалистыми сѣменами гороха, маиса и боба и работы Петерса, Ляковскаго и Шульца, надъ маслянистыми сѣменами тѣквы.

Прорастаніе крахмалистыхъ сѣмянъ. Бусенго ¹⁾ нашель, что, при прорастаніи въ темнотѣ, растенъеце обнаруживаетъ весьма значительную убыль твердаго вещества; вѣсъ проросшаго въ темнотѣ растенъеца, высушеннаго при 100° Ц., для удаленія механически задерживаемой воды, оказался приблизительно въ два раза меньше вѣса, не проросшаго еще сѣмени (тоже высушеннаго при 100° Ц.).

1-й опытъ.

10 сѣмянъ гороха (высушен. при 100° Ц.) вѣсили	2,237 гр.
10 выросшихъ проростковъ.....	1,076 гр.

Потеря въ вѣсѣ равнялась 1,161 гр. т. е.....51,90%.

1) *Boussingault*. Agronomie, Chimie agricole et. physiolog. T. 4, p. 245 (1868).

2-й опытъ.

46 сѣмянъ пшеницы.....вѣсили 1,665 гр.
46 выросшихъ проростковъ..... 0,712 гр.

Потеря въ вѣсѣ равнялась 0,953 гр. т. е..... 57⁰/₀.

3-й опытъ.

Сѣмя маиса.....вѣсило 0,5292 гр.
Выросшій проростокъ..... 0,2900 гр.

Потеря въ вѣсѣ равнялась 0,2392 гр. т. е..... 45⁰/₀.

4-й опытъ.

Сѣмя боба..... 0,926 гр.
Выросшій проростокъ..... 0,566 гр.

Потери въ вѣсѣ равнялась 0,360 гр. т. е. приблизительно... 30⁰/₀.

Для достиженія точныхъ результатовъ, при сравнительныхъ опытахъ, сѣмена выбирались по возможности одинаковыя по вѣсу, формѣ и цвѣту. Одни непосредственно высушивались и взвѣшивались и служили указаніемъ количества твердаго вещества въ сѣмени, другія же были выращиваемы въ темнотѣ и взвѣшивались по окончаніи прорастанія.

Съ перваго взгляда убыль твердаго вещества, при прорастаніи, можетъ показаться, по меньшей мѣрѣ, странною, такъ какъ проросшее растеньце занимаетъ нерѣдко объемъ, превосходящій сѣмя въ нѣсколько десятковъ разъ. Болѣе же близкое разслѣдованіе строенія сѣмени и растеньца весьма наглядно разъясняетъ причину убыли въ его вѣсѣ; сѣмя, до прорастанія, представляетъ весьма плотную консистенцію, вельдствие того, что всѣ клѣтки, какъ бѣлка, такъ и зародыша, переполнены твердыми запасными веществами; въ концѣ же прорастанія онѣ заняты водянистымъ клѣточнымъ сокомъ, заключеннымъ въ тончайшій слой периферической плазмы. Твердое вещество въ сѣмени, скученное въ видѣ плотной массы, по окончаніи прорастанія, представляется слѣд. сильно разрыхленнымъ и распределеннымъ на болѣемъ пространствѣ. Поэтому не удивительно, что растеньце, не смотря на значительную потерю твердаго вещества, въ концѣ прорастанія, можетъ занимать объемъ гораздо болѣшій сѣмени.

Второе обстоятельство, требующее разъясненія, заключается въ томъ, что, съ понятіемъ питанія, неразрывно связывается представленіе объ увеличеніи вѣса организма на счетъ принятой и усвоенной пищи. При прорастаніи же въ темнотѣ получается, напротивъ того, убыль въ вѣсѣ проростка, достигающая 50% и болѣе. Не трудно однако убѣдиться, что противорѣчіе въ данномъ случаѣ только кажущееся: растеть и питается не все сѣмя, а сравнительно лишь малая его часть; въ бѣлковомъ сѣмени-зародышѣ, въ безбѣлковомъ же только осевая часть зародыша, весьма незначительная по массѣ, сравнительно съ мясистыми сѣмядолями, замѣняющими бѣлокъ. Если, руководствуясь вышеизложенными соображеніями, мы будемъ имѣть въ виду измѣненіе въ вѣсѣ твердаго вещества не всего сѣмени, а только разрастающейся его части, то окажется, что въ ней, при прорастаніи,

вѣсь твердаго вещества увеличивается, т. е. другими словами, происходитъ процессъ питанія въ томъ видѣ, въ которомъ его обыкновенно понимаютъ.

Убѣдившись въ убыли вѣса твердаго вещества при прорастаніи, предстояло рѣшить, какіе элементы преимущественно теряетъ растеніе, и въ видѣ какихъ соединеній они выдѣляются изъ растенія. Разрѣшеніемъ этого вопроса также обязаны Бусенго ¹⁾; онъ произвелъ элементарный органическій анализъ сѣмени и проросшаго въ темнотѣ растенія и показалъ, что убыль, въ вѣсѣ твердаго вещества, обуславливается потерей углерода, водорода и кислорода, изъ которыхъ два послѣднихъ выдѣляются въ количествахъ, соотвѣствующихъ приблизительно составу воды; содержаніе азота оказалось неизмѣненнымъ, за исключеніемъ только опыта съ горохомъ; но, въ этомъ случаѣ, потеря азота объясняется тѣмъ, что нѣкоторыя изъ растенійцъ перешли уже отчасти въ разложеніе до конца опыта.

Результаты ясно выражены въ прилагаемой табличкѣ:

	Вѣсь сѣмянъ.	С	Н	О	Н	Зола.
ОПЫТЪ ПЕРВЫЙ:						
10 сѣмянъ гороха.....	2,237	1,040	0,137	0,897	0,094	0,069
10 растеній.....	1,076	0,473	0,065	0,397	0,072	0,069
Разность.....	1,161	0,567	0,072	0,500	0,022	0,000
ОПЫТЪ ВТОРОЙ:						
46 сѣмянъ пшеницы.....	1,665	0,758	0,095	0,718	0,057	0,038
— растеній.....	0,722	0,293	0,043	0,282	0,057	0,038
Разность.....	0,953	0,465	0,052	0,436	0,000	0,000
ОПЫТЪ ТРЕТІЙ:						
Сѣмя маиса.....	0,5292	0,2355	0,0337	0,2422	0,0086	0,0096
Растеніе.....	0,2900	0,1448	0,0195	0,1350	0,0087	0,0100
Разность.....	0,2392	0,0907	0,0142	0,1070	0,0001	0,0004
ОПЫТЪ ЧЕТВЕРТЫЙ:						
Сѣмя боба.....	0,926	0,4069	0,0563	0,3762	0,0413	0,0456
Растеніе.....	0,566	0,2484	0,0331	0,1981	0,0408	0,0456
Разность.....	0,360	0,1585	0,0232	0,1781	0,0005	0,0000

Послѣдующія разысканія подтвердили результаты Бусенго. Интересное дополненіе къ вышеприведеннымъ анализамъ представляетъ изслѣдованіе Бу-

1) *Boussingault* l. c.

сенго ¹⁾ надъ метаморфозами и содержаніемъ нѣкоторыхъ органическихъ соединеній въ маисѣ, проросшемъ въ темнотѣ.

Сравнительный составъ сѣмянъ и проросшихъ растений представленъ въ слѣдующей табличкѣ:

	Вѣсъ суха- го вещества.	Крахмалъ и декстринъ.	Глюкоза и сахаръ.	Масло.	Клѣтчатка.	Бѣлковыя соединенія.	Минераль- ныя части.	Вещества неопредѣлен- наго состава.
ОПЫТЪ ПЕРВЫЙ:								
22 сѣмени маиса.	гр. 8,636	6,886	—	0,463	0,516	0,880	0,156	0,235
22 выросшихъ рас- тения.	4,529	0,777	0,953	0,150	1,316	0,880	0,156	0,297
Разница.	-4,107	-5,609	+0,953	-0,313	+0,800	0,000	0,000	+0,062
ОПЫТЪ ВТОРОЙ:								
Сѣмя маиса.	0,489	0,362	—	0,026	0,029	0,050	0,009	0,013
Проросшее растение	0,300	—	0,129	0,005	0,090	0,050	0,009	0,017
Разница.	-0,189	-0,362	+0,129	-0,021	+0,061	0,000	0,000	+0,004

Этими цифрами удалось Бусенго весьма наглядно показать, что убыль въ твердомъ веществѣ сводится къ потери крахмала и масла; не смотря на убыль въ вѣсѣ приблизительно равную 50%, въ растенъцѣ обнаружилось между тѣмъ значительное новообразованіе глюкозы и клѣтчатки, происшедшее, по всему вѣроятію, на счетъ крахмала и декстрина сѣмени.

Опредѣленіе азота привело Бусенго къ выводу, согласному съ прежними опытами; количество его и здѣсь пребывало неизмѣннымъ. Результаты, полученные Бусенго касательно азота, при прорастаніи, подтвердились изслѣдованіями Саксе надъ горохомъ и Деклера ²⁾ надъ ячменемъ.

См. также относящіяся сюда работы Саксе ³⁾ и Детмера ⁴⁾.

Прорастаніе маслянистыхъ сѣмянъ. Прорастаніе маслянистыхъ сѣмянъ въ темнотѣ изслѣдовано также довольно обстоятельно Гельригелемъ ⁵⁾. При прорастаніи рапса обнаружилась столь же значительная убыль въ вѣсѣ твердаго вещества, какъ и у остальныхъ растений; посредствомъ элементарнаго анализа Гельригель нашель, что убыль въ вѣсѣ обуславливалась потерей углерода и водорода; количество азота напротивъ того оставалось совершенно постояннымъ,

1) *Boussingault* l. c.
 2) *Leclerc*. C. R. 80; 26 (1875).
 3) *Sachsse*. Ueb. einige chem. Vorgänge b. d. Keimung von *Pisum sativum*. Habilitationsschrift. 1872. (Leipzig.)
 4) *Detmer*. Vergl. Physiol. d. Keimungsprocesses, p. 329.
 5) *Helriegel*. Journ. f. pract. Chem. 64; 94 (1855).

какъ въ вышеописанныхъ опытахъ надъ крахмалистыми сѣменами; отличие отъ послѣднихъ проявлялось только въ томъ, что содержаніе кислорода не только не уменьшалось, но даже нѣсколько возрастало по мѣрѣ прорастанія.

Различіе это легко объясняется химическими измѣненіями, которымъ подвергаются, при прорастаніи, жиры, отложенные въ видѣ запаснаго матеріала. Спеціальныя изслѣдованія, надъ превращеніями жировъ въ прорастающихъ маслянистыхъ сѣмянахъ мака и рапса, произведены Мюнцемъ¹⁾; въ нихъ обнаруживалась постепенная убыль жира; по мѣрѣ того, какъ убывалъ жиръ, въ растеньецѣ накапливались, въ первое время прорастанія, свободныя жирныя кислоты. Мюнцъ заключилъ отсюда о распаденіи жира на свободныя жирныя кислоты и глицеринъ, не смотря на то, что ему ни разу не удалось открыть въ растеньецѣ присутствія глицерина; послѣднее обстоятельство онъ приписываетъ однако немедленному разложенію глицерина, по мѣрѣ его образованія.

Дальнѣйшее измѣненіе жирныхъ кислотъ, при прорастаніи, состоитъ, по Мюнцу, въ постепенномъ окисленіи и превращеніи ихъ, черезъ цѣлый рядъ промежуточныхъ реакцій, въ углеводы. Опредѣлить эти постепенныя стадіи окисленія жирныхъ кислотъ ему однако не удалось; тѣмъ не менѣе онъ убѣдился, рядомъ элементарныхъ анализовъ жира, что чѣмъ позже жирныя кислоты были извлечены изъ растенія, тѣмъ больше содержали онѣ кислорода.

Въ настоящее время не подлежитъ сомнѣнію, что жиры доставляютъ матеріалъ для образованія углеводовъ въ прорастающемъ растеніи, хотя самый ходъ превращенія еще остается не выясненнымъ. Саксъ указалъ, микрохимическимъ путемъ, на появленіе крахмала въ проросткахъ растеній, сѣмена которыхъ, до прорастанія, не заключали и слѣда этого углевода. Впослѣдствіи образованіе крахмала, при прорастаніи, подтверждено было и макрохимическими изслѣдованіями Петерса и Детмера.

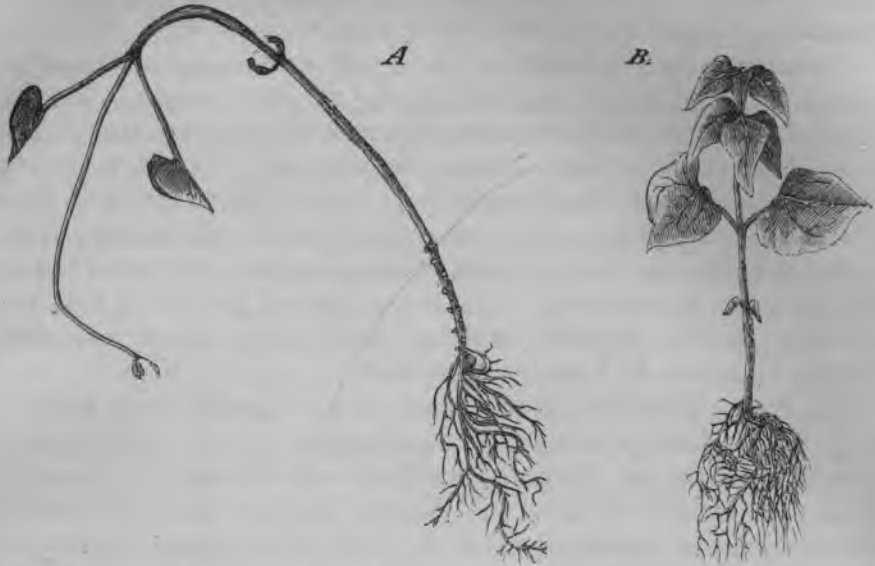
Прорастаніе на свѣтѣ.

Прорастаніе сѣмянъ на свѣтѣ отличается во многихъ существенныхъ чертахъ отъ прорастанія въ темнотѣ; на свѣтѣ растеньица, сбросивъ сѣменную кожуру, зеленѣютъ; ростъ ихъ не зависитъ отъ запаса пластическаго матеріала сѣмени; израсходовавъ его, они продолжаютъ расти на счетъ органическихъ соединений, которыя приготавливаютъ сами изъ сырой пищи, почерпая ее изъ окружающей среды. Растеньица, проросшія на свѣтѣ, рѣзко отличаются отъ проросшихъ въ темнотѣ не только зеленымъ цвѣтомъ, но и формою; на прилагаемыхъ рисункахъ *Phaseolus*, разница обнаруживается чрезвычайно ясно. На рисункѣ 28 А (см. рис. 28 на стр. 186) изображенъ бобъ, проросшій въ темнотѣ, на рис. 28 В — бобъ, проросшій на свѣтѣ.

У боба, проросшаго въ темнотѣ, надземныя осевыя части (междоузлія и черешки листьевъ) чрезвычайно удлинены, между тѣмъ какъ листовыя пластинки гораздо меньше нормальнаго размѣра; различіе усиливается еще тѣмъ, что растенія, проросшія въ темнотѣ, вовсе не образуютъ хлорофилла и имѣютъ окраску

1) *Müntz. Ann. Chim. Phys. S. 4. T. 22; 472 (1871).*

Рис. 28.



А. Бобъ проросшій въ темнотѣ (въ $\frac{1}{4}$ естественной величины).

В. Бобъ проросшій на свѣтѣ (въ $\frac{1}{4}$ естеств. велич.).

желтоватую; стебель же и листья растений, проросших на свѣтѣ (рис. В), ярко-зеленаго цвѣта.

По наблюденьямъ Крауса ¹⁾ и Баталина ²⁾, междуузлія этиолированныхъ растений тоньше нормальныхъ. Различіе формы органовъ отражается въ ихъ строеніи: въ этиолированныхъ растеньицахъ, на поперечномъ разрѣзѣ, кора, сердцевина и сосудистые пучки оказались построенными изъ меньшаго числа рядовъ клѣтокъ; соотвѣтственно большей длинѣ этиолированныхъ междуузлій, клѣтки достигали въ нихъ длины въ 3 — 5 разъ большей, чѣмъ на свѣтѣ, и отличались весьма слабымъ утолщеніемъ оболочки.

По отношенію къ химической сторонѣ прорастанія также обнаружались довольно существенныя различія:

1) *Въ содержаніи воды*: сѣмядоли и листья этиолированныхъ проростковъ заключаютъ меньшій процентъ воды, чѣмъ проросшіе на свѣтѣ; подсѣмядольное колѣно и стебель этиолированныхъ растений, напротивъ того, богаче водою.

2) *Въ содержаніи золы*: проросшія на свѣтѣ гораздо богаче золою; абсолютное количество ея въ нѣсколько разъ превосходитъ вѣсъ золы этиолированныхъ растений.

3) *Въ содержаніи аспарагина* (см. стр. 130 и слѣд.).

4) *Въ обменѣ газовъ съ окружающей средой* (см. ниже).

5) *Въ вѣсъ сухаго вещества въ концѣ прорастанія*: особенно наглядно выяснилось различіе въ опытахъ Бусенго ³⁾ надъ бобомъ, при сравнительномъ

1) *Kraus*. Pringsh. Jahrb. 7; 209 (1869).

2) *Batalin*. Mém. biol. de l'Acad. d. St. Pétersb. T. 7; 269 (1869).

3) *Boussingault*. Agronomie, Chim. agricole, Physiol. T. 4; 255.

выращиваніи сѣмянъ на свѣтѣ и въ темнотѣ въ почвѣ, лишенной питательныхъ веществъ; почвою служила пемза, предварительно прокаленная и смоченная дистиллированной водою.

	Послѣ 25 дней прорастанія.	
	На свѣтѣ.	Въ темнотѣ.
	Грамм.	Грамм.
Изъ сѣмени вѣсомъ въ.....	0,922	0,926
получилось растеніе, вѣсившее послѣ высушиванія при 100° Ц.....	1,293	0,566
Прибыль въ вѣсѣ органическаго вещества.....	0,371	Убыль 0,360
Прибыло углерода.....	0,1939	Убыло 0,1535
» водорода.....	0,0200	» 0,0232
» кислорода.....	0,1575	» 0,1781

Не смотря на всѣ вышеизложенныя существенныя отклоненія въ прорастаніи на свѣтѣ и въ темнотѣ, общій характеръ обмѣна веществъ является, въ обоихъ случаяхъ, одинаковымъ; главная отличительная особенность прорастанія выразилась въ преобладаніи питанія запасными органическими соединеніями надъ процессами синтеза, которые только постепенно входятъ, на свѣтѣ, въ свои права, по мѣрѣ приближенія прорастанія къ концу.

Питаніе листоносныхъ побѣговъ, вѣтвей и ствола.

Мы видѣли, что при прорастаніи на свѣтѣ, по мѣрѣ истощенія запасныхъ веществъ сѣмени, молодое растеніеце начинаетъ само вырабатывать органическія соединенія, служащія матеріаломъ для построенія его тѣла. Количество приготовленныхъ органическихъ соединеній возрастаетъ, по мѣрѣ увеличенія числа и размѣровъ листьевъ, такъ какъ, только при ихъ посредствѣ, растеніе обогащается углеводами, необходимыми для синтеза болѣе сложныхъ органическихъ соединеній, каковы напр. бѣлковыя тѣла.

Съ прорастаніемъ не прекращаются процессы питанія растенія органическими соединеніями; мы увидимъ напротивъ того, что построеніе новыхъ тканей и органовъ, во всѣхъ частяхъ растенія и во всякое время, сопровождается процессами, тождественными съ тѣми, которые происходятъ при прорастаніи. Всякое новообразование строится на счетъ органическихъ соединеній, одинаковыхъ по составу съ запаснымъ матеріаломъ сѣмени; во многихъ случаяхъ удалось открыть и присутствіе аморфныхъ ферментовъ, сходныхъ съ ферментами сѣмени.

Зимующія почки и листоносные побѣги, въ первое время своего развитія, разрастаются подобно зародышу сѣмени, исключительно на счетъ запаснаго матеріала, отложеннаго въ растеніи внѣ нарастающихъ частей. На каждомъ разрѣзѣ вѣтви, ствола и корня, сдѣланномъ зимою, не трудно убѣдиться, что болѣшая

часть клѣтокъ переполнены твердыми органическими соединеніями, между которыми, какъ въ сѣмени, преобладаютъ бѣлковыя тѣла, жиры и углеводы.

Распределеніе крахмала зимою въ древесинѣ многолѣтнихъ растеній прослѣдилъ Саніо ¹⁾. Къ осени, клѣтки сердцевинныхъ лучей, древесной паренхимы, клѣтки замѣняющія древесную паренхиму и лубообразные элементы простые и многокамерные переполняются крахмаломъ. Кромѣ крахмала, Саніо находилъ въ запасномъ веществѣ какое-то маслообразное тѣло; въ нѣкоторыхъ растеніяхъ кромѣ того небольшое количество хлорофилла.

Весною, при пробужденіи вегетации, запасной матеріаль постепенно переходитъ въ растворъ; одна часть его идетъ на построеніе распускающихся почекъ вырастающихъ въ листоносные побѣги, другая часть сожигается въ углекислоту и воду. Раствореніе его, и въ этомъ случаѣ, производится, главнымъ образомъ, при посредствѣ аморфныхъ ферментовъ. Ферментъ, сходный съ діастазомъ, нашелъ Баранецкій въ стеблевыхъ частяхъ многихъ растеній ²⁾; Краухъ ³⁾ открылъ подобныя ферменты въ цѣломъ рядѣ растеній, въ почкахъ, древесинѣ и корѣ; особенно сильно дѣйствующій ферментъ оказался въ молодой древесинѣ *Aesculus Hippocastanum*, болѣе слабый въ листьяхъ дуба и *Crataegus oxyacantha*. Косману ⁴⁾ удалось найти ферментъ, сходный съ пепсиномъ, въ листьяхъ *Digitalis*, въ количествѣ равномъ приблизительно $\frac{1}{3}$ % вѣса сухаго вещества листьевъ. Вюрцомъ ⁵⁾ былъ выдѣленъ, изъ млечнаго сока *Carica papaya*, ферментъ *папайинъ*, дѣйствующій на бѣлковыя тѣла подобно пепсину, хотя и не тождественный съ нимъ; отъ пепсина онъ отличается тѣмъ, что растворяетъ бѣлковыя тѣла не только въ кислой жидкости, но и въ средней и даже щелочной.

Химическія превращенія, которымъ подвергаются въ листоносныхъ побѣгахъ запасныя вещества, оказались совершенно сходными съ тѣми, которыя имѣютъ мѣсто при прорастаніи. Крахмаль, при переходѣ въ растворъ, образуетъ глюкозу; кромѣ того удалось показать почти повсемѣстное образованіе аспарагина, одного изъ ближайшихъ продуктовъ распаденія бѣлковыхъ тѣлъ. Наиболѣе обстоятельныя разслѣдованія, по этому предмету, принадлежатъ Бородину ⁶⁾; онъ открылъ присутствіе аспарагина въ почкахъ и побѣгахъ громаднаго числа растеній, изслѣдуя подъ микроскопомъ разрѣзы, въ каплѣ спирта, по способу изложенному выше, на стр. 21. Предполагая, что накопленіе аспарагина обуславливается только недостаткомъ въ растеніи углеводовъ, и что, въ нѣкоторыхъ растеніяхъ, присутствіе аспарагина не сказывалось, только вслѣдствіе быстрой переработки его въ бѣлковыя тѣла при посредствѣ углеводовъ, Бородинъ надѣялся вызвать накопленіе аспарагина въ отрѣзкахъ этихъ растеній, лишая ихъ притока углеводовъ изъ другихъ частей. Для этой цѣли онъ отдѣлялъ небольшіе отрѣзки вѣтвей, по возможности короткіе, иногда срѣзывалъ только почку, и переносилъ ихъ на нѣкоторое время, въ темноту; молодыя части продолжали

1) *Sanio*. *Linnaea* 13; 111 (1857).

2) *Baranetzki* l. c.

3) *Krauch*. *Landw. Vers.* 28; 77 (1879).

4) *Kosmann*. *Bullet. d. l. soc. chim. de Paris. Nouv. Sér.* T. 27; 251 (1877). *Just. Jahreshb.* 1877; 714).

5) *Würtz et Bouchet*. *C. R.* 89; 425 (1879).

6) *Borodin*. *Bot. Zeit.* 1878; p. 801.

расти на счетъ отложеннаго въ нихъ запаснаго матеріала и выросали въ этиолированные побѣги. Послѣ истощенія углевода, удавалось, согласно ожиданію, находить въ побѣгахъ аспарагинъ.

Кромѣ аспарагина, Бородинъ ¹⁾ обнаружилъ въ листоносныхъ побѣгахъ лейцинъ и тирозинъ: лейцинъ въ сем. гвоздичныхъ, тирозинъ—вмѣстѣ съ аспарагиномъ, въ недоразвитыхъ листьяхъ стебля и пазушныхъ почкахъ этиолированныхъ побѣговъ картофеля и въ срѣзанной верхушкѣ побѣга *Vicia Cracca* и *V. serium*.

Въ постепенномъ обѣдненіи твердыми запасными отложеніями древесины и коры вѣтвей, ствола и корня, по мѣрѣ развитія молодыхъ побѣговъ, легче всего убѣдиться, изслѣдуя весною подѣ микроскопомъ тонкія, вырѣзанныя изъ нихъ пластинки; ко времени распусканія листьевъ, клѣтки пластинки оказываются наполненными лишь прозрачною водянистою жидкостью; нѣсколько позже, спустя мѣсяць или полтора, въ нихъ опять замѣчается накопленіе твердыхъ отложеній, предназначенныхъ для построенія побѣговъ будущаго года. Шрёдеру ²⁾ удалось, посредствомъ анализа, прослѣдить перемѣщеніе азота и минеральныхъ соединений изъ вѣтвей и стебля въ нарастающіе побѣги, въ вѣтвяхъ двухъ 8-ми лѣтнихъ клѣновъ, изъ которыхъ одинъ былъ изслѣдованъ до начала вегетаціи 5-го апрѣля, а второй, ко времени распусканія листьевъ, 18-го мая. Въ осевыхъ частяхъ послѣдняго, оказалась весьма значительная убыль фосфорной кислоты, кали, магnezіи, извести и азота, которые перешли въ выросшіе побѣги. Убыль фосфорной кислоты достигла 46%, убыль кали — 32%; содержаніе извести и магnezіи уменьшилось также на 26%; перемѣщеніе бѣлковыхъ тѣлъ, крахмала, фосфорной кислоты и кали въ молодыя, нарастающія части прослѣдилъ и Дебарръ ³⁾, опредѣляя содержаніе ихъ въ древесинѣ вѣтви *Rhus elegans*, зимою и весною.

Молодые побѣги обнаружили совершенно сходную, съ прорастающими растеніями, зависимость въ развитіи, отъ свѣта; при выращиваніи въ темнотѣ, они отмираютъ; по истощеніи запаснаго матеріала, не образуютъ хлорофилла и обнаруживаютъ соотвѣтственное удлиненіе междоузлій и недоразвитіе листовыхъ пластинокъ; при недостаткѣ углеводовъ, подобно проросткамъ, проявляютъ накопленіе аспарагина. На свѣтѣ, по выходѣ изъ почки, они быстро зеленѣютъ и, чрезъ нѣкоторое время, становятся способными къ синтезу органическихъ соединений; но и въ этотъ періодъ развитія созиданіе новыхъ и разрастаніе заложенныхъ тканей происходитъ, по всему вѣроятію, сходнымъ образомъ, на счетъ органическихъ соединений, хотя бы и вырабатываемыхъ самимъ листомъ, въ частяхъ болѣе развитыхъ.

Питаніе цвѣтовъ и плодовъ.

Питаніе цвѣтовъ и плодовъ происходитъ, какъ увидимъ ниже, также на счетъ органическихъ соединений, заранѣе для нихъ приготовляемыхъ въ другихъ

1) *Borodin*. Bot. Zeit. 1878; p. 815.

2) *Schröder*. Forstliche u. pflanzenphysiol. Unters. H. 1; p. 77. (Just. Jahresb. 1878; 568).

3) *Desbarres*. Ann. agronom. 1879; 422. (Jahr. Agr. Chem. 1879; p. 201).

частяхъ растений. Зависимость разрастанія цвѣтовъ и плодовъ отъ пластического матеріала, вырабатываемаго на свѣтѣ при посредствѣ листьевъ, удалось вполне выяснитъ Саксу ¹⁾ посредствомъ слѣдующихъ опытовъ: онъ нашелъ, что, у нѣкоторыхъ растений (*Hyacinthus, Tulipa, Iris, Crocus*), цвѣточные почки могутъ разрастаться въ темнотѣ и образовать цвѣты, не только нормальной величины и формы, но даже и ярко окрашенные. Изъ пигментовъ не получалось, въ темнотѣ, только хлорофилла. У другихъ растений (*Brassica, Tropaeolum, Papaver, Cucurbita*), напротивъ того, по перенесеніи въ темноту, цвѣточные почки замирали и отпадали.

Ближайшее разсмотрѣніе этихъ растений обнаружило причину различнаго отношенія ихъ къ свѣту: къ первой категоріи, т. е. къ растениямъ, способнымъ образовать цвѣты въ темнотѣ, оказались принадлежащими гіацинтъ, тюльпанъ и подобныя имъ луковичныя растенія, снабженныя, въ луковицѣ, достаточнымъ запасомъ пластического матеріала, для образованія цвѣтовъ; ко второй — растенія, у которыхъ цвѣточные почки разрастаются на счетъ органическихъ соединений, усваиваемыхъ растеніемъ, при посредствѣ листьевъ, во время развитія цвѣтовъ. Въ темнотѣ, цвѣточные почки погибали, вслѣдствіе недостатка пластического матеріала для ихъ развитія.

Для провѣрки этого положенія, Саксъ произвелъ нѣсколько, взаимно контролирующіхъ, опытовъ, надъ нѣкоторыми растениями изъ второй категоріи. Нѣсколько экземпляровъ растений были заключены въ темный пріемникъ, такимъ образомъ однако, что цвѣточные почки оставались на свѣтѣ; почки эти засыхали и отваливались столь же быстро, какъ у контрольныхъ растений, оставленныхъ въ темнотѣ. Напротивъ того, въ опытахъ, гдѣ все растеніе было оставлено на свѣтѣ, и только цвѣточные почки находились въ темнотѣ, не только образовались цвѣты нормальныхъ размѣровъ и окраски (за исключеніемъ зеленой) но и получались полужрѣлые плоды значительнаго вѣса.

Вполнѣ нормальное развитіе цвѣтовъ (за исключеніемъ зеленой окраски въ тѣхъ мѣстахъ, которыя окрашены хлорофилломъ на свѣтѣ) получилось у *Tropaeolum majus, Cheiranthus Cheiri, Phaseolus multiflorus, Antirrhinum majus, Ipomaea purpurea, Petunia, Veronica speciosa* и *Cucurbita Pepo*. Наиболѣе сильное разрастаніе обнаружило послѣднее растеніе: въ одномъ изъ опытовъ, образовался даже полужрѣлый плодъ въ 12 сант. длины и вѣсомъ въ 472,5 гр.; въ немъ найдены были 35 полужрѣлыхъ сѣмяпочекъ, съ несомнѣнными зачатками зародышей. Затѣмъ верхушку стебля съ цвѣточной почкою, у *Papaver somniferum*, Саксъ получилъ зрѣлый плодъ, съ 500 сѣмечками.

Соотвѣтственный результатъ дали Мюллеру Тюргау опыты надъ созрѣваніемъ винограда; вѣтви виноградной лозы были введены въ темный пріемникъ, на восьмой день по окончаніи цвѣтенія, и оставались въ темнотѣ до созрѣванія ягодъ. Не смотря на полное отсутствіе свѣта, ягоды развились нормально; зеленые сорта отличались отъ ягодъ, выросшихъ на свѣтѣ, только блѣдно-зеленой окраской; синіе сорта ничѣмъ не отличались отъ нормальныхъ. Единственное отличіе, которое удалось обнаружить во всѣхъ ягодахъ, выращенныхъ въ тем-

1) *Sachs. Bot. Zeit.* 1863. Beilage; и *Bot. Zeit.* 1865; p. 117.

нотѣ, заключалось въ болѣе нѣжной кожицѣ и нѣсколько меньшемъ количествѣ соединеній, нерастворимыхъ въ водѣ.

Процессы питанія, совершенно аналогичные прорастанію сѣменъ и вегетативныхъ почекъ, наблюдаются весною при распусканіи *зимующихъ цветочныхъ почекъ*; необходимый, для ихъ развитія, запасной матеріалъ, заготовленный въ предшествующій періодъ вегетаціи, отлагается частью въ нихъ самихъ, частью въ ближайшихъ междоузліяхъ вѣтвей.

Изслѣдуя распускающіяся мужскія сережки ивы и тополя, Бородинъ и я¹⁾ открыли въ нихъ временное отложеніе крахмала, совершенно сходное съ образованіемъ крахмала, найденнымъ Саксомъ въ проросткахъ маслянистыхъ сѣмянъ. Сходное образованіе и временное отложеніе крахмала, въ отрѣзкахъ различныхъ деревьевъ, срѣзанныхъ зимою или весною, передъ распусканіемъ почекъ, наблюдалъ Рейхардтъ²⁾.

Созрѣваніе плодовъ было также предметомъ неоднократныхъ изслѣдованій:

Всего больше работъ имѣется надъ созрѣваніемъ винограда. Въ 1859 году произведенъ былъ мною химическій анализъ ягодъ винограда въ 12 послѣдовательныхъ порціяхъ, снятыхъ съ лозы, между 17 іюлемъ и 14 октябремъ³⁾. Главнѣйшіе результаты работы заключались въ слѣдующемъ: виноградный сокъ постоянно обнаруживалъ кислую реакцію; въ началѣ онъ содержалъ много дубильныхъ веществъ, большое количество щавелевой кислоты, виннокаменную кислоту и яблочную, частью въ свободномъ состояніи, частью въ видѣ солей калия и кальція; въ немъ заключались въ это время лишь слѣды сахара. Щавелевая кислота исчезала вскорѣ, послѣ цвѣтенія, изъ сока безслѣдно; постепенно убывало и содержаніе дубильнаго вещества. Напротивъ того, количества яблочной и виннокаменной кислотъ продолжали прибывать въ сокѣ, въ продолженіи нѣсколькихъ недѣль; затѣмъ однако и ихъ абсолютное количество начало убывать; ко времени созрѣванія винограда оно уменьшилось приблизительно на половину. Убыль эта исключительно обуславливалась исчезаніемъ свободныхъ кислотъ, въ особенности яблочной кислоты; количество связанныхъ кислотъ (въ видѣ солей) возрастало напротивъ того до конца созрѣванія.

Преобладающую составную часть винограднаго сока, созрѣвшихъ ягодъ, составлялъ виноградный сахаръ. Мнѣ удалось показать, что матеріаломъ, для образованія его, служить крахмалъ, накопляющійся, въ продолженіи нѣсколькихъ недѣль, предшествующихъ созрѣванію, въ развѣтвленіяхъ виноградной кисти и въ ножкахъ ягодъ. Передъ началомъ созрѣванія, всѣ паренхиматическія кльтки коры и сердцевинныя ножки и развѣтвленій кисти оказались переполненными крахмальными зернами; въ самой ягодѣ ни разу не удавалось мнѣ открыть и слѣда крахмала, не смотря на многократныя наблюденія, производимыя специально съ этою цѣлью.

Особенно замѣчательнымъ оказалось совпаденіе, въ появленіи сахара въ ягодѣ, съ исчезаніемъ крахмала изъ кльтокъ черешка и развѣтвленій виноград-

1) *Famintzin u. Borodin. Bot. zeit.* 1867; p. 384.

2) *Reichardt. Landw. Vers.* 1871; p. 329.

3) *Фаминтинъ. Опытъ химико-физиологическаго изслѣдованія надъ созрѣваніемъ винограда, 1861; на нѣмецкомъ языкѣ въ Verhandl. d. naturforschenden Gesellschaft in Freiburg, B. 2; 177.*

ной кисти. Ко времени полного созрѣванія ягодъ, крахмала вовсе не оказалось въ вѣтвистой ножкѣ кисти; онъ весь перешелъ въ ягоды, въ видѣ винограднаго сахара.

О созрѣваніи винограда см. работы: С. Portele. Weinlaube 1879. (Just. Jahresb. 1879; 239). Mach. Ann. d. Oenologie, V. 6, 409. (изъ Ann. d. Oenol. V. 6, Н. 4. (Congress u. Kreuchnack. p. 6). (Just. Jahresb. 1877; 716). Hilger. Jahr. d. Agric. Chem. XVI; 11, 249. (1873). Кромѣ винограда изслѣдовано, хотя и въ меньшей степени, созрѣваніе яблоковъ и грушъ Драгендорфомъ и Портеле; созрѣваніе сливъ — Меркаданте. Dragendorff. Arch. f. Naturkunde Liv-, Est- u. Kurlands, V. 8, Lief. 2. 1878 (Dorpat). Portele. Biedermanns Centralblatt. 1879; p. 123. (Just. Jahresb. 1878; 607). (Mercedante. Just. Jahresb. 1876; p. 796). Химическіе метаморфозы въ созрѣвающей оливкѣ прослѣдили Лука ¹⁾, Гарцъ ²⁾, Руссиль ³⁾ и Фунаро ⁴⁾. Смотри также Müntz. Rech. chim. s. l. maturation d. graines. Ann. d. Sc. Nat. S. 7, T. 3, p. 45 (1886).

Питаніе луковиць, клубней и корней.

Питаніе луковиць, клубней и корней совершенно почти не изслѣдовано; извѣстно только, что они разрастаются исключительно на счетъ органическихъ соединеній, приготовляемыхъ надземными частями растений, и что при этомъ поглощаютъ кислородъ и выдѣляютъ углекислоту.

Подобно сѣменамъ, они служатъ мѣстомъ временнаго отложенія запасныхъ веществъ, предназначенныхъ для развитія сидящихъ на нихъ почекъ.

Подобно сѣменамъ, луковицы, клубни и корни заключаютъ аморфные ферменты; по крайней мѣрѣ Крауху ⁵⁾ удалось показать присутствіе подобнаго фермента, ко времени прорастанія, въ клубнѣ картофеля; въ лукѣ (*Allium Cepa* L.) онъ нашелъ ферментъ не только въ нарастающихъ частяхъ, но и въ луковицѣ, до начала прорастанія.

Весьма любопытныя данныя сообщаютъ Шульце и Урихъ ⁶⁾ о передвиженіи азотистыхъ соединеній, при прорастаніи корня свеклы. Культуры были произведены въ прокаленномъ и промытомъ пескѣ, который поливали дистиллированной водою. По достиженіи побѣгами 50—55 сантиметровъ длины, въ корнѣ оказалась значительная убыль амидовъ, обусловленная, по мнѣнію Шульце и Уриха, передвиженіемъ амидовъ въ нарастающіе побѣги; по аналогіи съ прорастающими сѣменами, Шульцъ и Барбьери предполагаютъ обращеніе, въ побѣгахъ, амидныхъ соединеній въ бѣлковыя тѣла.

Питаніе насѣкомоядныхъ и зеленыхъ паразитныхъ растений.

Въ первомъ отдѣлѣ главы о питаніи растений уже было указано, что растенія, по отношенію къ питанію, обнаруживаютъ существенное различіе: одни

1) *De Luca*. C. R. 53; 813. (1861).

2) *Harz*. Ann. d. pract. Pharm. 19; 161.

3) *Roussille*. Biedermanns Centralblatt. 1879; 131 (J. J. 1878; 607).

4) *Funaro*. Lavori del Lab. di Chim. Agraria. Pisa. Fasc. 1; 1879, и *Landw. Vers.* 25; 52 (1880).

5) *Krauch*. *Landw. Vers.* 23; 77 (1879).

6) *Schulze* u. *Urich*. *Landw. Vers.* 20, 214 (1877).

сами готовятъ, изъ неорганическихъ соединеній, весь пластическій матеріалъ, необходимый для построенія ихъ тѣла, между тѣмъ какъ другія могутъ развиваться лишь въ томъ случаѣ, когда находятъ, по крайней мѣрѣ, нѣкоторыя изъ органическихъ соединеній уже готовыми; къ первымъ относятся всѣ хлорофиллоносныя растенія, ко вторымъ — растенія, лишеныя зеленой окраски. Рѣзкой границы между этими двумя группами растеній провести однако не удается; промежуточными звеньями являются нѣкоторыя хлорофиллоносныя, имѣющія способность питаться животною пищею, а также и паразитныя растенія зеленого цвѣта; тѣ и другія могутъ, по всѣму вѣроятію, производить полный синтезъ органическихъ соединеній, подобно остальнымъ зеленымъ растеніямъ, и въ то же время имѣютъ способность питаться органическими соединеніями, выработанными другими организмами. Сюда относятся насѣкомоядныя растенія и зеленныя паразитныя растенія.

Питаніе насѣкомоядныхъ растеній.

Немногія открытія встрѣчались съ большимъ недоумѣніемъ, чѣмъ первыя указанія на способность нѣкоторыхъ растеній ловить и поѣдать насѣкомыхъ. Первое извѣстіе объ этомъ открытіи, сдѣланномъ Дарвиномъ, было сообщено Гукеромъ на сѣздѣ британской ученой ассоціаціи въ Бельфастѣ въ 1874 году. Гукеръ заявилъ, что Дарвину удалось убѣдиться въ питаніи нѣкоторыхъ растеній не только насѣкомыми, но и другими веществами животнаго и растительнаго происхожденія, наприм. мясомъ или круто свареннымъ куринымъ бѣлкомъ.

Уже давно было извѣстно, что *Dionaea* ловить насѣкомыхъ листьями, вслѣдствіе чего она и получила названіе *Dionaea muscipala* или *D. muscipula* (мухоловка). Защемленіе и задерживаніе насѣкомаго листомъ мухоловки само по себѣ не могло еще служить доказательствомъ питанія ея насѣкомыми; даже и въ томъ случаѣ, если пойманное насѣкомое оказалось бы, чрезъ нѣкоторое время, мертвымъ и начало бы разлагаться. Разложеніе и раствореніе пойманнаго насѣкомаго на листѣ мухоловки объяснялось одинаково удобно разложеніемъ его простѣйшими организмами (плѣснями, бактеріями и бродильными грибами). Это объясненіе казалось тѣмъ вѣроятнѣе, что зародыши простѣйшихъ организмовъ на столько распространены повсемѣстно, что, только при самой тщательной установкѣ опыта, удается предохранить отъ нихъ легко разлагаемыя отмершія животныя и растительныя ткани. Сомнѣніе это однако разсѣялось при появленіи въ свѣтъ обширной книги Дарвина: *Insectivorous plants*. 1875.

Для выясненія процесса питанія насѣкомыми, необходимо предварительно ознакомиться вкратцѣ съ нѣкоторыми насѣкомоядными растеніями и со строеніемъ органовъ, посредствомъ которыхъ они ловятъ насѣкомыхъ и затѣмъ перевариваютъ ихъ, подобно вышнимъ животнымъ.

Всѣхъ насѣкомоядныхъ растеній насчитываютъ въ настоящее время до 30. Распределеніе ихъ по семействамъ слѣдующее:

Сем. *Droseraceae*. Сюда относится большая часть насѣкомоядныхъ, именно: *Dionaea muscipula* L., *Drosera rotundifolia* L., *D. intermedia* Hayn., *D. longifolia* L., *D. binata* Labill. *Drosophyllum lusitanicum* Lk., *Aldrovanda vesiculosa* L., *Roridula dentata* L., *R. Gorgonias* Harv., *Byblis gigantea* Lindl.

Сем. *Cephaloteae*: *Cephalotus follicularis* Labill.

Сем. *Sarracenieae*: *Sarracenia purpurea* L., *S. Drummondii* Cr., *Darlingtonia californica* Torr.

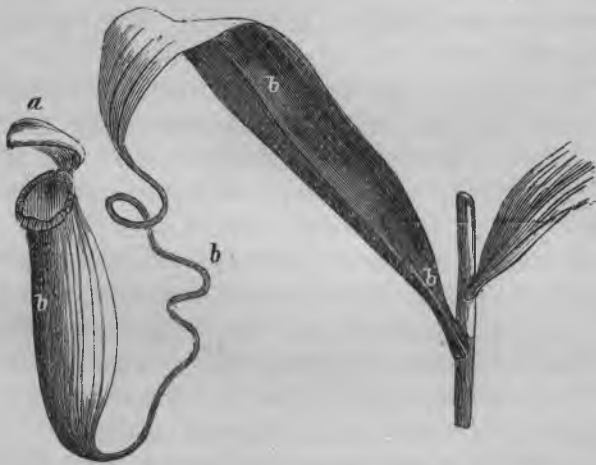
Сем. *Nepentheae*: *Nepenthes destillatoria* L., *N. madagascariensis* Poir. *N. ampullaria* Jack. *N. Phyllamphora* Willd., *N. gracilis* Korth, *N. Kenediana* F. Müll.

Сем. *Lentibularieae*: *Utricularia vulgaris* L., *U. minor* L., *U. neglecta* Lehm., *U. intermedia* Hayn., *U. gibba* Gron., *U. subulata* L., *Gentlisea ornata* Mart., *Pinguicula vulgaris* L., *P. alpina* L. и *P. lutea* Mich.

Изъ нихъ *Dionaea muscipula* и *Drosera rotundifolia* описаны выше. Въ дополненіе къ сказанному на стр. 76 и слѣдующихъ, я ограничусь здѣсь описаніемъ строенія листьевъ и питанія *Nepenthes destillatoria* и *Utricularia vulgaris*.

Nepenthes destillatoria представляетъ небольшое растеніе тропическихъ странъ, покрытое листьями весьма оригинальнаго строенія (рис. 29). Пластинка (а)

Рис. 29.



Листъ *Nepenthes destillatoria* съ кусочкомъ стебля. (а) листовая пластинка; (b) черешокъ листа.

составляетъ лишь весьма малую часть всего листа; черешокъ (b) очень длинный, у основанія цилиндрической, расширяется за тѣмъ, на значительномъ протяженіи. въ пластинку; потомъ вновь дѣлается цилиндрическимъ, а на верхнемъ, свободномъ концѣ вырастаетъ въ урочку полую внутри; на верхнемъ краю урны прикрѣпляется, въ видѣ придатка, листовая пластинка (а), прикрывающая входъ въ урну, на подобіе крышки.

Въ полости урны часто находятъ выдѣленную растеніемъ жидкость и множество погибшихъ насѣкомыхъ. Исслѣдую внутреннюю стѣнку урны, Гукеръ нашелъ ее покрытою желѣзками въ нижней части; у *Nepenthes Rafflesiana* онъ насчиталъ до 3000 желѣзокъ, на пространствѣ квадратнаго дюйма. Жидкость, находимая въ урнѣ, оказалась выдѣляемою этими желѣзками; въ спокойномъ состояніи листа, она имѣла среднюю реакцію и дѣлалась кислую только при перевариваніи азотистой пищи. Растворяющею способностью жидкость *Nepenthes* превосходитъ, по Гукеру¹⁾, выдѣленіе другихъ насѣкомоядныхъ растеній.

1) *Hooker Report of the 44 th. meeting of the Brit. Assoc 1874; p. 102 of transactions of the sections (Drude in Schenk Handbuch d. Botanik, p. 137).*

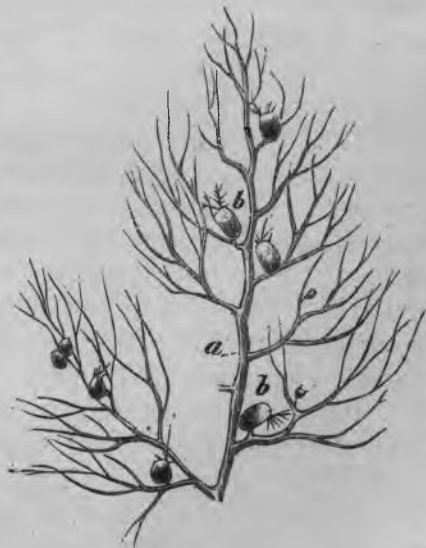
Результаты Гукера были подтверждены Горупъ Безанесомъ и Вилемъ¹⁾. Они изслѣдовали жидкость листьевъ *Nepenthes phyllamphora* и *N. gracilis*; жидкость, въ которой находились наѣкомыя, была собрана отдѣльно и оказалась кислую; жидкость же, добытая изъ листа, въ полости котораго наѣкомыхъ не было, имѣло реакцію среднюю.

Кусочекъ разбухшаго, въ очень слабой соляной кислотѣ, фибрина, изъ крови быка, растворялся въ кислой жидкости желѣзокъ при 40° Ц. въ $\frac{1}{2}$ — 1 часъ; отъ прибавленія нѣсколькихъ капель соляной кислоты (въ 0,2%) — чрезъ $\frac{1}{4}$ часа. Въ сравнительномъ опытѣ съ пепсиномъ обнаружилось раствореніе не болѣе быстрое. Подобные же результаты дали опыты съ куринымъ бѣлкомъ и легуминонь. Въ виду тождественнаго дѣйствія этого фермента съ пепсиномъ на бѣлковыя тѣла, а также и неспособности его, подобно пепсину, растворять крахмалъ (клейстеръ), Горупъ Безанесъ и Виль предложили назвать ферментъ *Nepenthes* — *растительнымъ пепсиномъ*.

Сходные результаты получилъ касательно дѣйствія этого фермента и Вайнесъ²⁾.

Utricularia, водное растеніе, весьма обыкновенное въ нашемъ климатѣ. Его легко узнать по нитевиднымъ, глубоко разрѣзаннымъ лопастямъ листьевъ, на которыхъ во множествѣ сидятъ мѣшкообразныя вздутія зеленаго цвѣта (рис. 30); внутри ихъ обыкновенно удается находить пойманныхъ маленькихъ рачковъ, изъ рода *Daphnis*. Мѣшкообразное вздутіе (рис. 31 см. стр. 196), полое внутри, имѣетъ на верхнемъ концѣ отверстіе, закрываемое плотно клапаномъ. Стѣнка мѣшка состоитъ изъ двухъ слоевъ кѣлокъ; внутренній усаженъ крестообразными желѣзками. Полость мѣшка наполнена воздухомъ и замыкается клапаномъ, прикрѣпленнымъ съ одной стороны къ краю отверстія; свободнымъ краемъ клапанъ упирается въ стѣнку мѣшка. При давленіи на него снаружи, онъ легко отодвигается нѣсколько внутрь, такъ что плавающие въ водѣ рачки попадаютъ въ полость мѣшка; напротивъ того, при давленіи на клапанъ съ внутренней стороны, онъ плотно прижимается къ загнутому надъ нимъ краю отверстія и преграждаетъ выходъ къ наружи; въ слѣдствіе чего, попавшіе въ мѣшокъ рачки оказываются обреченными на пожизненное заточеніе и смерть. На сколько легко и ча-

Рис. 30



Utricularia vulgaris; вѣтка (a) съ мѣшкообразными вздутіями (b).

1) *Gorup Besanez* u. *Will.* Ber. d. d. chem Ges. 9; 673 (1875) (Naturf. 1876; 326).

2) *Vines.* The Journ. of the Linnean Soc. Botany V. 15; № 87; p. 427 (Naturf. 1877; 186).

Приступая къ изложенію питанія насѣкомоядныхъ растеній, я уже выяснилъ, что питаніе животною пищею не составляетъ для нихъ необходимости. По свидѣтельству садоводовъ, удастся выращивать роскошные экземпляры *Dionaea muscipula*, подъ стекляннымъ колпакомъ, при полномъ устраненіи насѣкомыхъ и всякой другой животной пищи. По выраженію Дарвина, мясная пища представляетъ для насѣкомоядныхъ растеній предметъ роскоши, а не необходимости. Опытовъ надъ разложеніемъ углекислоты насѣкомоядными растеніями на свѣтѣ, на сколько мнѣ извѣстно, произведено не было, тѣмъ не менѣе врядъ ли кто усумнится въ способности ихъ разлагать углекислоту. Во всякомъ случаѣ питаніе животною пищею, по составу близко подходящую къ запасному матеріалу сѣмени, раствореніе ея посредствомъ аморфнаго фермента — растительнаго пепсина, заставляеть разсматривать этотъ способъ питанія, какъ процессъ, сходный съ питаніемъ зародыша при проростаніи.

Питаніе зеленыхъ паразитныхъ растеній.

Типическими представителями зеленыхъ паразитныхъ растеній могутъ служить: *Viscum album* и нѣкоторые роды изъ сем. *Rhinanthaceae*: *Rhinanthus*, *Melampyrum*, *Euphrasia*, *Pedicularis*. За исключеніемъ *Viscum album*, который встрѣчается всегда на вѣтвяхъ различныхъ древесныхъ породъ, всѣ остальные паразитируютъ на корняхъ растеній. Всѣ они представляютъ, въ мѣстахъ прикрѣпленія къ питающему растенію, плотное сращеніе съ питающимъ растеніемъ и проникаютъ въ болѣе или меньшей степени внутрь послѣдняго. Корни *Viscum album* напр. врастаютъ въ ткань камбія, между корою и древесиною вѣтки, на которой сидитъ паразитъ. Различные способы прикрѣпленія паразитныхъ растеній подробно изучены и описаны графомъ Сольмсъ-Лаубахомъ¹⁾. Химическая сторона питанія ихъ вовсе не разслѣдована (извѣстно только, что нѣкоторыя изъ нихъ по крайней мѣрѣ (*Viscum*) способны къ синтезу углеводовъ изъ углекислоты и воды (см. выше, стр. 147).

Питаніе безцвѣтныхъ (лишенныхъ зеленой окраски) растеній.

Лишенные зеленой окраски растенія встрѣчаются между цвѣтковыми и споровыми. Изъ высшихъ цвѣтковыхъ весьма немногія лишены хлорофилла; изъ споровыхъ къ нимъ относится цѣлый классъ грибовъ и бактерій.

Питаніе цвѣтковыхъ растеній, лишенныхъ хлорофилла.

По отношенію къ питанію слѣдуетъ между ними различать: паразиты и сапрофиты. Первые исключительно питаются живыми растеніями, вторые — продуктами разложенія отмершихъ животныхъ и растеній. Изъ паразитовъ наиболѣе извѣстны *Cuscuta Europaea*, паразитирующая на стеблѣ, *Orobanche* и *Lathraea* — на корняхъ различныхъ растеній, и экзотическія паразитныя растенія

1) Graf Solms-Laubach. Pringsh. Jahrb. 6; 509. 1867 — 68. См. также *Pitra*. Bot. Zeit. 1861; 53.

сем. *Balanophoreae* и *Rafflesiaceae*. Къ сапрофитамъ принадлежатъ *Monotropa hipopitys* и нѣкоторыя растенія изъ сем. *Orchideae*, напр. *Corallorhiza*. Рѣзкой границы между группами растеній зеленыхъ и лишенныхъ хлорофилла однако нѣтъ; особенно интересно, что среди одного и того же сем. *Orchideae* встрѣчаются кромѣ растеній, снабженныхъ хлорофилломъ (большинство орхидныхъ нормального зеленого цвѣта), растенія совершенно лишенные хлорофилла, напр. *Corallorhiza*, а также и формы, содержащія столь малое количество этого пигмента, что присутствіе его долгое время оставалось незамѣченнымъ, напр. въ *Neottia Nidus avis*¹⁾. Фактъ этотъ заслуживаетъ вниманія, такъ какъ свидѣтельствуетъ чрезвычайно наглядно, что образовательные процессы въ растеніяхъ лишь въ незначительной степени обуславливаются источникомъ, изъ котораго доставляется необходимый, для построенія организованныхъ образованій, пластической матеріалъ.

Питаніе вышепоименованныхъ растеній, лишенныхъ хлорофилла, совсѣмъ почти не изслѣдовано. Извѣстно только, что на свѣтѣ они поглощаютъ кислородъ и выдыхаютъ приблизительно равный объемъ углекислоты (см. ниже). Изъ этого видно, что растенія эти лишены способности синтеза углеводовъ изъ углекислоты и воды, и требуютъ, для своего развитія, готовыхъ органическихъ соединений.

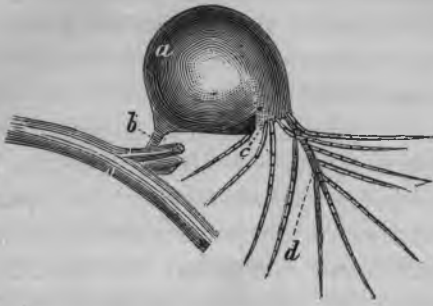
Питаніе грибовъ и бактерій.

Къ классу грибовъ относятъ до 100,000 формъ растительныхъ организмовъ, сравнительно простаго строенія и легко отличимыхъ отъ остальныхъ растеній по отсутствію зеленой окраски; только нѣкоторыя изъ цвѣтковыхъ паразитовъ и сапрофитовъ подобно грибамъ не содержатъ, какъ мы видѣли, вовсе хлорофилла или же только едва замѣтные слѣды его. Выше было уже выяснено, что растенія, лишенные зеленой окраски, не въ состояніи питаться одними минеральными соединеніями и развиваются лишь въ томъ случаѣ, если находятъ въ окружающей средѣ, кромѣ минеральныхъ, готовые органическія соединенія. Тамъ же было выяснено, какія органическія соединенія необходимы для развитія грибовъ и какія могутъ быть вырабатываемы самими грибами.

Не смотря на большое число работъ, произведенныхъ по питанію грибовъ, свѣдѣнія наши въ этомъ направленіи весьма скудны. Всѣ они, какъ мы видѣли, относятся исключительно къ питанію простѣйшихъ представителей класса грибовъ (бродильныхъ грибовъ, плѣсней) и бактерій; при этомъ главною цѣлью этихъ работъ было изученіе измѣненій субстрата или среды, въ которой развиваются грибы и бактеріи, между тѣмъ какъ химическія метаморфозы, происходящія въ ихъ клеткахъ, были почти совершенно оставлены безъ вниманія. Разница въ характерѣ работъ, по питанію высшихъ растеній съ одной стороны, грибовъ и бактерій съ другой, можно поэтому формулировать слѣдующимъ образомъ: въ первыхъ имѣлось главною цѣлью выясненіе химическихъ превращеній, происходящихъ внутри растенія, въ послѣднихъ, напротивъ того, преимуществен-

1) *Reinke*. Flora 1873; 179. См. также *Wiesner*. Flora 1874; 73. *Prillieux*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19; 103 (1874).

Рис. 31.



Мѣшкообразное вздутіе (a) *Utricularia vulgaris* сильнѣе увеличенное; (b) ножка; (c) входъ въ полость мѣшка; (d) вѣтвистые усики у входа въ полость мѣшка.

ко содѣйствуетъ ихъ разрастанію. Для этого вывода не доставало сравнительныхъ опытовъ надъ растеніями, получающими животную пищу, и растеніями, лишенными этой пищи. Пробѣлъ этотъ старались пополнить Францисъ Дарвинъ и Реессъ.

Францисъ Дарвинъ²⁾ производилъ сравнительную культуру *Drosera rotundifolia* въ глубокихъ тарелкахъ; вынутыя изъ земли и обруженныя мхомъ растеніица были раздѣлены, въ каждой тарелкѣ, дощечкой на двѣ группы; болѣе развитыя были отдѣлены отъ менѣ развитыхъ. Только послѣднія получали мясную пищу чрезъ два дня, въ видѣ 2—3 маленькихъ кусочковъ жаренаго мяса, каждый вѣсомъ около 1,3 миллиграмма. 86 растеній получали мясо; 91 растеніе было лишено этой пищи. Кормленіе мясомъ было начато 5 іюня и продолжалось до 1 сентября.

Уже 17 іюля обнаружилось между растеніями различіе: получавшія мясную пищу отличались, во всѣхъ тарелкахъ, болѣе темнымъ зеленымъ цвѣтомъ; зерна хлорофилла въ нихъ были переполнены крахмаломъ. Кромѣ того они обнаружили болѣе сильное развитіе по числу цвѣточныхъ ножекъ (149 : 100), здоровыхъ листьевъ (140 : 100), по размѣру листьевъ (118 : 100), по вѣсу сухаго вещества (121 : 100), по числу стеблей (165 : 100), по вѣсу коробочекъ (130 : 100), по числу сѣмянъ (241 : 100), по вѣсу всего количества сѣмянъ (380 : 100), по среднему вѣсу сѣмени (157 : 100).

Подобные же сравнительные опыты надъ развитіемъ *Drosera*, подѣ влияніемъ питанія животною пищею, произведены Реесомъ³⁾. Результатъ получился сходный, хотя не столь рѣзко выраженный, какъ въ опытахъ Дарвина. Меньшая разница въ развитіи была, по сознанію Рееса, обусловлена менѣ пригодною пищею (онъ кормилъ *Drosera* растительными вшами) и способомъ питанія.

1) *Cohn. Beitr. z. Biologie d. Pflanzen*, B. Heft 3; 71.

2) *Francis Darwin. Journ. of the Linnean Soc. Botany*. V. 17; (1879). (*Just. Jahresb.* 1879; 302).

3) *Reess. Bot. Zeit.* 1878; 209.

но изслѣдованіе измѣненной почвы или среды, въ которой грибы и бактеріи развиваются.

Своеобразный характеръ большинства работъ, по питанію грибовъ и бактерій, а также и исключительное разслѣдованіе питанія только нѣкоторыхъ изъ простѣйшихъ ихъ представителей, объясняется, какъ будетъ показано ниже, важнымъ практическимъ значеніемъ подобнаго рода розысканій.

При посредствѣ измѣненій, вызываемыхъ бродильнымъ грибомъ въ жидкости, приспособленной для его питанія, приготавлиются пиво, виноградныя вина и получается спиртъ; при посредствѣ другаго простѣйшаго организма добывается изъ спирта уксусъ; сходные съ послѣднимъ, по формѣ, организмы изъ бактерій служатъ для приготвленія молочной кислоты, масляной и нѣкоторыхъ другихъ органическихъ соединений; наконецъ, присущая многимъ изъ бактерій способность производить различныя заразительныя болѣзни у человѣка, животныхъ и растений, представляетъ факты, которые достаточно выясняютъ, почему ученые стремились изучить, съ возможною точностью, измѣненія среды, въ которой эти организмы развиваются.

Съ каждымъ днемъ зависимость благосостоянія человѣка отъ невидимыхъ микроскопическихъ существъ обрисовывается съ большею очевидностью. Всякому извѣстно, съ какими трудностями и предосторожностями сопряжено сохраненіе въ свѣжемъ видѣ животныхъ и растительныхъ продуктовъ; оставленные на воздухѣ, они черезъ короткое время загниваютъ и становятся негодными къ употребленію. Пастёру удалось несомнѣнными опытами доказать, что наблюдаемая порча припасовъ вызывается исключительно развитіемъ въ нихъ различнѣйшихъ простѣйшихъ организмовъ. Уже Спаланцани показали, что вещества, весьма легко переходящія въ разложеніе на воздухѣ, могутъ оставаться неопредѣленно долгое время безъ измѣненія, если ихъ предварительно подвергнуть продолжительному кипяченію и держать въ плотно закупоренномъ сосудѣ. Предварительнымъ нагрѣваніемъ, по мнѣнію Спаланцани, уничтожаются зародыши простѣйшихъ организмовъ, которые случайно находятся на субстратѣ; герметическимъ закупориваніемъ преграждается, къ субстрату, доступъ зародышей микроскопическихъ существъ, носящихся въ воздухѣ. Участіе микроскопическихъ организмовъ въ процессахъ броженія и гніенія органическихъ веществъ выяснено съ чрезвычайною обстоятельностью Пастёромъ ¹⁾.

Главные результаты Пастёра сводятся къ слѣдующему:

1) Въ воздухѣ носятся зародыши микроскопическихъ организмовъ; ихъ можно собирать и изучать подъ микроскопомъ.

2) Наболѣе легко измѣняемые вещества могутъ быть сохранены безъ измѣненія, въ прикосновеніи съ атмосфернымъ воздухомъ, послѣ предварительнаго кипяченія, если только, посредствомъ длинной, изогнутой, открытой шейки сосуда, затруднить быстрый обмѣнъ газовъ съ окружающей атмосферой.

3) Легко измѣняемую жидкость удается, по произволу, или сохранять безъ измѣненія, или, чрезъ введеніе выловленныхъ изъ воздуха зародышей, подвергать быстрому разложенію.

1) *Pasteur. Ann. d. Sc. Nat. Zoologie*, S. 4, t. 16; 5 (1859).

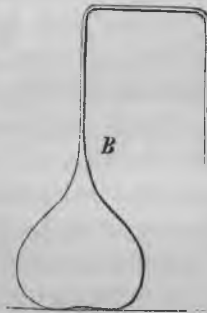
Для доказательства возможности предохранить отъ разложенія животныя и растительныя продукты, Пастёръ производилъ опыты преимущественно надъ двумя наиболѣе легко измѣняющимися смѣсями: надъ смѣсью изъ 100 ч. воды, 10 ч. сахара и 0,2 — 0,7 бѣлка, а также надъ растворенной въ водѣ желатиной. Приборомъ, для сохраненія ихъ, служили колбочки съ вытянутой шейкой и припаянной длинной стеклянной трубкой (рис. 32). Жидкость вливалась посредствомъ длинной воронки, доходящей почти до дна сосуда; вслѣдъ за тѣмъ Пастёръ загибалъ шейку прибора, какъ показано на (рис. 33), и подвергалъ жидкость продолжительному кипяченію. По окончаніи кипяченія, наружный воздухъ проникалъ въ приборъ постепенно, по мѣрѣ его охлажденія, оставляя при этомъ всё носящіяся въ немъ постороннія примѣси на стѣнкахъ шейки и входилъ въ колбочку, уже очищенный отъ зародышей. Пастёру¹⁾ удалось сохранять въ воздухѣ, лишенномъ зародышей, кровь и мочу неопредѣленно долгое время безъ переменъ, извлекая ихъ изъ животнаго, посредствомъ особеннаго аппарата, внѣ прикосновенія съ окружающимъ воздухомъ. Приборъ, въ который переливалась кровь или моча, былъ наполняемъ воздухомъ, предварительно прокаленнымъ.

Рис. 32.



А. Колба съ припаянной длинной, стеклянной трубкой.

Рис. 33.



В. Колба съ трубкой изогнутой.

Для вылавливанія носящихся въ воздухѣ зародышей, Пастёръ пропускалъ долгое время, посредствомъ аспиратора, струю воздуха чрезъ трубку съ кускомъ пироксилина (хлопчатобумажнаго пороха), т. е. ваты, обработанной предварительно крѣпкой азотной кислотой. Онъ предпочелъ пироксилинъ ватѣ потому, что, превращенныя въ пироксилинъ волокна ваты, сохраняя форму и строеніе волоконъ ваты, отличаются отъ нея способностью легко растворяться въ смѣси эфира со спиртомъ. По окончаніи опыта, Пастёръ переносилъ пироксилинъ, съ насѣвшими на него зародышами и пылью, въ смѣсь эфира со спиртомъ; пироксилинъ быстро растворялся; твердыя же тѣльца, осѣвшія на немъ изъ воздуха, образовали на днѣ сосуда осадокъ, который и былъ подвергнутъ изслѣдованію подъ микроскопомъ. Для собиранія зародышей изъ воздуха, пироксилинъ помѣщался въ горизонтальномъ колѣнѣ стеклянной трубки, въ видѣ буквы Т, положенной горизонтально. По вертикальной части трубки была пущена, со скоростью литра въ минуту, струя воды, которая, стекая, вызывала токъ воздуха въ горизонтальной части трубки съ пироксилиномъ. При прохожденіи воздуха, по узкимъ промежуткамъ волоконъ, носящіяся въ воздухѣ пылинки задерживались пироксилиномъ.

1) Pasteur. С. R. 56; 734 (1863).

Не смотря на рѣшающее значеніе этихъ опытовъ, оставались еще нѣкоторыя сомнѣнія, которыя также окончательно выяснены Пастѣромъ. Онъ убѣдился, что согласно показанію прежнихъ изслѣдователей, въ нѣкоторыхъ субстратахъ, напр. въ молокѣ, не удается кипяченіемъ задержать развитія простѣйшихъ организмовъ и связаннаго съ ними разложенія. Онъ нашелъ, что можно и эти субстраты сохранять безъ измѣненія, но что для этого требуется предварительно нагрѣть жидкость до температуры 110° Ц. Онъ показалъ далѣе, что причина появленія живыхъ существъ (бактерій), въ прокипяченной жидкости, заключается въ замѣчательной способности этихъ зародышей оставаться нѣкоторое время живыми даже въ жидкости подвергнутой кипяченію.

Главнѣйшія свѣдѣнія о питаніи грибовъ и бактерій относительно синтеза органическихъ соединений и измѣненій, которыя вызываются грибами и бактеріями въ окружающей ихъ средѣ, уже изложены въ первомъ отдѣлѣ главы о питаніи растений, на стр. 149 и слѣдующихъ.

ДЫХАНІЕ РАСТЕНІЙ.

Процессы переработки органическихъ соединений въ организованныя образованія сопровождаются постоянно обмѣномъ газовъ между растеніемъ и окружающей средой, совершенно аналогичнымъ дыханію животныхъ — *дыханіемъ* растений. Подобно животнымъ, растенія поглощаютъ изъ воздуха кислородъ и выдѣляютъ углекислоту; присутствіе кислорода въ окружающей средѣ для растеній, за немногими лишь исключеніями (см. выше анаэробныя бактеріи), столь же необходимо какъ для животныхъ; при устраниніи кислорода на продолжительное время, растенія подобно животнымъ отмирають.

Методы разслѣдованія дыханія растеній.

Многочисленныя работы надъ дыханіемъ растеній удобно раздѣлить, по предмету разслѣдованія, на три категоріи: 1) работы, имѣющія цѣлью опредѣленіе объема поглощаемаго, при дыханіи, кислорода, 2) работы надъ выдѣленіемъ углекислоты и 3) разслѣдованія, въ которыхъ опредѣляются одновременно объемы обоихъ обмѣниваемыхъ, при дыханіи растеній, газовъ: кислорода и углекислоты.

Всѣ приемы изученія дыханія растеній основаны на положеніи, что, при нормальномъ дыханіи, происходитъ лишь обмѣнъ газовъ: кислорода и углекислоты, и что азотъ воздуха, какъ впервые показалъ уже Соссюръ, никакого участія въ этомъ процессѣ не принимаетъ. Кромѣ того, для устранинія діаметрально противоположнаго обмѣна газовъ, сопровождающаго ассимиляцію углерода, опыты надъ дыханіемъ растеній производять въ темнотѣ.

Опредѣленіе кислорода, поглощаемаго растеніями при дыханіи. Для опредѣленія кислорода, поглощаемаго при дыханіи растеній, замыкають на нѣкоторое время цѣлое растеніе, или часть его, въ опредѣленный объемъ воздуха, надъ ртутью. Объемъ поглощеннаго кислорода опредѣляется посредствомъ раствора ѣдкаго кали, который вводятъ въ пріемникъ одновременно съ растеніемъ. Такъ какъ выдѣляемая растеніемъ углекислота поглощается ѣдкимъ кали, то, по мѣрѣ поглощенія растеніемъ кислорода, объемъ замкнутаго воздуха убываетъ и умень-

Рис. 34.



Приборъ Волкова и Мейера. Колѣнчато-изогнутая трубка (*сн'*) надвинута широкимъ нижнимъ концомъ на пришлифованную стеклянную пробку, приклеенную ко дну плоскаго стекляннаго сосуда; другимъ открытымъ узкимъ концомъ она опущена въ ртуть, налитую въ плоскій стеклянный сосудъ (*q*). Въ широкомъ колѣнѣ, на пришлифованной пробкѣ, помѣщена маленькая чашка съ ѣдкимъ кали; по срединѣ длины широкаго колѣна прикрѣпленъ маленькій сосудикъ съ растеньями. Колѣнчато-изогнутая трубка, вмѣстѣ съ плоскою стеклянной чашкой со ртутью и треножникомъ, помѣщена въ цилиндрической стеклянный сосудъ, который поддерживается мѣдной чашкой и нагревается лампой. Температура воды въ сосудѣ *A* измѣряется термометромъ *t*, прикрѣпленнымъ къ статуре *e*.

кислорода, объемъ газа въ приборѣ уменьшается и вызываетъ поднятіе ртути въ

шеніе объема служить точнымъ мѣриломъ поглощеннаго растеніемъ кислорода. Для избѣжанія вреднаго вліянія паровъ ртути, а равно и для насыщенія парами воды пріемника, поверхность ртути въ эвдіометрѣ покрываютъ тонкимъ слоемъ воды; водою предварительно смачиваютъ и стѣнки эвдіометра. Изъ сличенія первоначальнаго и окончательнаго объема замкнутаго газа, по произведеніи поправки на температуру и давленіе, заключаютъ объ объемѣ поглощеннаго кислорода.

Волковъ и Мейеръ¹⁾ замѣнили эвдіометръ стеклянною трубкою въ видѣ буквы **U**, составленною изъ колѣнъ различнаго діаметра; изслѣдуемое растеніе помѣщается въ широкое колѣно (см. рис. 34); узкое колѣно трубки, снабженное дѣленіями, служитъ для отсчитыванія высоты ртути. Приборъ этотъ устанавливаютъ слѣдующимъ образомъ: широкое колѣно трубки надвигаютъ на пришлифованную стеклянную или гутаперчевую пробку, приклеенную предварительно сургучемъ ко дну широкой стеклянной чашки (*q*); на пробку, до надвиганія трубки съ растеніемъ, помѣщаютъ маленькій стаканчикъ съ растворомъ ѣдкаго кали, предназначенный для поглощенія выдѣляемой растеніемъ углекислоты. Послѣ того какъ трубка плотно надвинута на пробку, въ чашку наливаютъ на столько ртути, чтобы замкнуть отверстіе узкаго колѣна.

По мѣрѣ поглощенія растеніемъ

1) *Wolkoff u. Meyer. Land. Jahrb. 3; p. 481 (1874).*

узкомъ колѣнѣ. Для большей точности измѣренія объема газа, узкое колѣно предварительно калибруютъ, а также, по возможности точно, опредѣляютъ вмѣстимость всего прибора; отсчитываемые объемы перечисляютъ на температуру 0° и давленіе въ 760 миллиметровъ. Для избѣжанія колебаній температуры погружаютъ весь приборъ, на время опыта, въ большой стеклянный сосудъ съ водою опредѣленной температуры и оставляютъ въ помѣщеніи, въ которомъ температура мало измѣняется.

Опредѣленіе углекислоты, выдѣляемой при дыханіи растений. Опредѣленіе ея производится двоякимъ способомъ: 1) растеніе замыкаютъ въ эвдіометръ надъ ртутью, въ опредѣленный объемъ воздуха; по окончаніи опыта вводятъ ѣдкое кали. Уменьшеніе объема замкнутого газа, происходящее отъ поглощенія ѣдкимъ кали углекислоты, непосредственно указываетъ на объемъ выдѣленной растеніемъ углекислоты; 2) растеніе помѣщаютъ въ приборъ, чрезъ который, во все время опыта, пропускаютъ токъ воздуха, лишенаго углекислоты; токъ воздуха производится аспираторомъ; между сосудомъ съ растеніями и аспираторомъ помѣщается калиаппаратъ; но прибыли въ вѣсѣ его, отъ задержанной имъ углекислоты, судятъ о количествѣ углекислоты, выдѣленной растеніемъ.

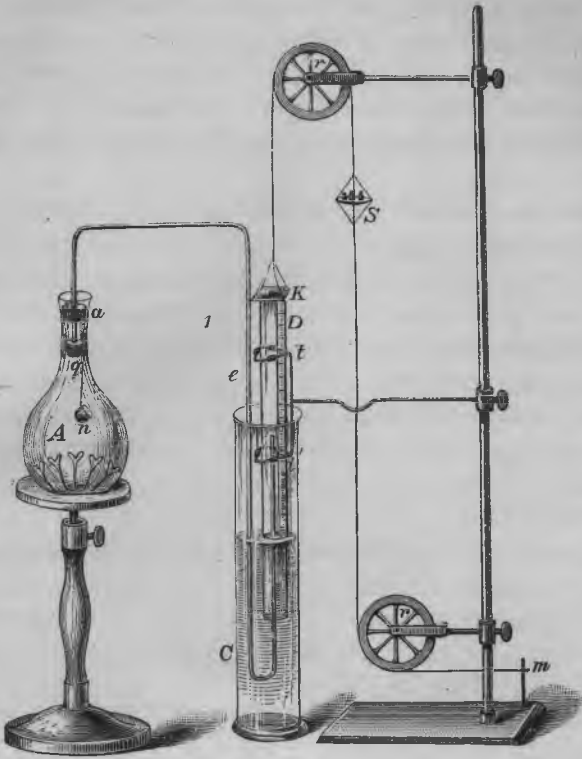
Одновременное опредѣленіе поглощаемаго кислорода и выдѣляемой углекислоты, при дыханіи растений. При совмѣстномъ опредѣленіи кислорода и углекислоты преслѣдовались различными изслѣдователями разныя цѣли: въ одномъ случаѣ имѣли въ виду опредѣленіе всего количества поглощеннаго кислорода и всей выдѣленной углекислоты; въ другомъ — только нахожденіе $\frac{CO_2}{O_2}$, т. е. лишь отношенія объемовъ обмѣняваемыхъ газовъ.

Совмѣстное опредѣленіе кислорода и углекислоты, обмѣняваемыхъ растеніемъ при дыханіи, возможно произвести въ эвдіометрической трубкѣ. Растеніе оставляютъ въ опредѣленномъ объемѣ воздуха на нѣсколько часовъ. По окончаніи опыта, опредѣляютъ посредствомъ ѣдкаго кали (см. выше) выдѣленную углекислоту. Затѣмъ поглощаютъ оставшійся кислородъ, вводя въ эвдіометръ, посредствомъ пипеты нѣсколько раствора пирогалловой кислоты. Образующійся пирогалловокислый калий съ жадностью поглощаетъ весь оставшійся кислородъ. По разности первоначальнаго количества кислорода и остатка вычисляютъ объемъ кислорода, поглощеннаго растеніемъ.

Важное неудобство этого приѣма разслѣдованія заключается въ возрастающемъ, по мѣрѣ продолженія опыта, измѣненіи состава газовъ, окружающихъ растеніе. Въ послѣднее только время удалось Годлевскому устранить этотъ весьма существенный недостатокъ. Аппаратъ Годлевскаго состоитъ изъ толстостѣнной стеклянной колбы съ растеніями (см. рис. 35 стр. 204). Въ шейку колбы (А) вставлена гутаперчевая пробка (а) съ двумя отверстіями; въ одно изъ нихъ всажена короткая трубочка, на нижнемъ концѣ загнутаая крючкомъ; къ ней привѣшанъ маленькій стаганчикъ (п) съ крѣпкимъ растворомъ ѣдкаго кали. Сквозь другое отверстіе проходитъ въ колбу конецъ изогнутой трубки (е). Находящійся въ шейкѣ колбы конецъ трубки опущенъ на три миллиметра въ ртуть подвѣшанной чашечки (q).

1) *Godlewski*. Beiträge z. Kenntniss d. Pflanzenathmung. Pringsh. Jahrb. B. 13, p. 491 (1882) и его же Bot. Zeit 1882, p. 803.

Рис. 35.



Трубка (е) противоположнымъ концомъ проникаетъ сквозь ртуть цилиндра (с) въ эвдиометръ (D). Посредствомъ ртути чашечки (q) разобщается полость колбы (A) отъ полости трубки (е) и эвдиометра (D). Эвдиометръ (D), подвѣшенный на шелковинкѣ, перекинутаго чрезъ блокъ, уравнивается гирьками на пластинкѣ (s). Для сохраненія вертикальнаго положенія эвдиометръ защеменъ зажимами (t), которые однако на столько слабо его придерживаютъ, что, не допуская отклоненія въ сторону, не оказываютъ никакого сопротивленія передвиженію его въ вертикаль-

номъ направленіи. Эвдиометръ (D) и трубка (е) наполняются, до начала опыта, кислородомъ. Во все время опыта поддерживаютъ на одинаковой высотѣ уровень ртути эвдиометра (D) и цилиндра (с). Регуляторами служатъ гирьки на пластинкѣ (s); по мѣрѣ убыли газа въ эвдиометрѣ (D) ихъ снимаютъ съ (s) и переносятъ на пластинку (k). Помѣщенные въ колбѣ (A) растенія начинаютъ тотчасъ поглощать кислородъ и выдѣлять углекислоту. Углекислота, по мѣрѣ образованія растеніями, поглощается ѣдкимъ кали въ стаканчикѣ (n); въ слѣдствіе одновременнаго поглощенія растеніями кислорода уменьшается давленіе воздуха въ колбѣ (A). Кислородъ трубки (е) и эвдиометра (D), находящійся подъ атмосфернымъ давленіемъ, проникаетъ, чрезъ ртуть чашечки (q), въ колбу (A), замѣняя кислородъ, поглощаемый растеніями. При тщательномъ веденіи опыта, растенію остаются окруженными, до конца, атмосферой опредѣленнаго и постояннаго состава. Объемъ поглощеннаго кислорода узнается по поднятію ртути въ эвдиометрѣ; выдѣленную углекислоту опредѣляютъ титрованіемъ раствора ѣдкаго кали.

Разслѣдованіемъ отношенія $\frac{CO_2}{O_2}$ при дыханіи растеній занимались преимущественно въ послѣднее время французскіе ученые: Дегеренъ, Муасанъ и Макенъ ¹⁾, а также Бонье и Манженъ ²⁾.

1) *Deherain et Maquenne*. Rech. s. l. respiration d. feuilles à l'obscurité. Ann. agron. T. 12. (1886); здѣсь находятся ссылки на прежнія работы Дегерена и Муасана.

2) *Bonnier et Mangin*. 1) Rech. s. l. respiration et la transpiration d. champignons. Ann. d.

Приемъ ихъ изслѣдованій основанъ главнымъ образомъ на несомнѣнномъ, въ настоящее время, положеніи, что азотъ атмосферы не участвуетъ въ дыханіи растеній.

Для опредѣленія $\frac{CO_2}{O_2}$ извлекается, изъ пріемника съ растеніями, часть обружающей ихъ смѣси газовъ и опредѣляется въ ней содержаніе углекислоты, кислорода и азота. Вычисленіе $\frac{CO_2}{O_2}$ производится слѣдующимъ образомъ: предположимъ найденное въ выдѣленной порціи газа процентное содержаніе углекислоты, кислорода и азота равнымъ a , b и c . Количество b кислорода, эквивалентное c азота, будетъ равняться $C \frac{2096}{7904}$, гдѣ 20,96 и 79,04 суть числа процентнаго содержанія кислорода и азота въ воздухѣ; количество поглощеннаго кислорода будетъ слѣдовательно равно $C \frac{2096}{7904} - b$, а отношеніе $\frac{CO_2}{O_2} = \frac{7904 a}{2096 c - 7904 b}$. Обозначивъ $\frac{C}{7904} = q$, получимъ $\frac{CO_2}{O_2} = \frac{7904 a}{2096. 7904 q - 7904 b} = \frac{a}{2096 q - b}$.

При посредствѣ перечисленныхъ пріемовъ старались выяснитъ зависимость дыханія: 1) отъ внѣшнихъ условій и 2) отъ возраста изслѣдуемаго растенія.

Уже Соссюру было извѣстно, что объемы обмѣниваемыхъ, при дыханіи растеній, кислорода и углекислоты не всегда одинаковы; онъ замѣтилъ, что при прорастаніи *Lupinus* наблюдается различное отношеніе объемовъ выдѣленной углекислоты и поглощеннаго кислорода, смотря по возрасту проростковъ. Не-соотвѣтствіе объемовъ онъ нашелъ также при дыханіи вѣтвей и листьевъ *Quercus Robur*, *Aesculus Hippocastanum*, *Sedum reflexum* и др.; поглощеніе кислорода на столько превосходило выдѣленіе углекислоты, что въ концѣ опыта обнаружилось значительное сокращеніе объема замкнутаго съ растеніями воздуха; особенно сильное уменьшеніе объема получилось въ опытахъ съ сочными растеніями, каковы *Cactus opuntia*, *Crassula Cotyledon* и др.; поглощая кислородъ весьма энергично, они при этомъ вовсе не выдѣляли углекислоты (см. ниже).

Съ другой стороны, розысканія послѣдняго времени показали, что въ средѣ, лишенной кислорода, растенія продолжаютъ нѣкоторое время выдѣлять углекислоту, или другими словами, что выдѣленіе углекислоты растеніями можетъ происходить независимо отъ поглощенія кислорода. На основаніи этихъ данныхъ многіе изслѣдователи рассматриваютъ дыханіе растеній какъ комплексъ двухъ совершенно независимыхъ другъ отъ друга процессовъ: выдѣленія углекислоты и поглощенія кислорода. Поэтому казалось бы, что работы по дыханію растеній, имѣвшія задачей опредѣленіе одной только углекислоты или только кислорода,

должны быть оставлены безъ вниманія, какъ не могуція дать точныхъ указаній на дыханіе растеній. Къ счастью, однако, розысканія Годлевскаго, и въ особенности Бонье и Манжена, сдѣлали (см. ниже) весьма вѣроятнымъ положеніе, что отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$ не зависитъ вовсе отъ внѣшнихъ условій и исключительно обусловливается возрастомъ растенія или изслѣдуемой его части, и что только напряженность дыханія зависитъ отъ внѣшнихъ условій. Поэтому, для опредѣленія зависимости напряженности дыханія отъ любого изъ внѣшнихъ дѣятелей, оказалось возможнымъ измѣреніе объема одного только изъ обмѣниваемыхъ, при дыханіи растеній, газовъ.

Послѣ этихъ предварительныхъ замѣчаній перехожу къ болѣе обстоятельному изложенію работъ по дыханію растеній:

Разсмѣдованіе зависимости энергіи дыханія растеній отъ внѣшнихъ условій и возраста изслѣдуемаго растенія или части его.

Зависимость энергіи дыханія растеній отъ температуры окружающей среды изучена преимущественно Волковымъ и Мейеромъ (1. с.), а также и Бородинымъ, надъ проростками и побѣгами цвѣтковыхъ растеній. Волковъ и Мейеръ, поддерживая въ приборѣ (см. рис. стр. 204) постоянную температуру, опредѣлили зависимость поглощенія кислорода отъ температуры среды, окружающей проростки пшеницы. Между 16° и 38° Ц. оказалось усиленіе дыханія почти прямо пропорціональнымъ возвышенію температуры.

Объемъ поглощеннаго кислорода.	Температура.	Частное.
0,53	: 16,2	= 0,033
0,50	: 17,8	= 0,028
0,76	: 25,4	= 0,033
1,00	: 32,8	= 0,030

При дальнѣйшемъ возвышеніи температуры дыханіе еще нѣсколько усиливалось, а затѣмъ не измѣнялось до 44,5° Ц., т. е. до температуры, при которой растеніца гибли, и наступало отмираніе верхушекъ побѣговъ.

5 проростковъ *Tropaeolum majus* дали слѣдующій результатъ:

при 22,4° Ц.	они поглощали	0,60	куб. сант. кислорода въ часъ
" 27,0	" "	0,77	" " " " "
" 30,5	" "	0,76	" " " " "
" 30,0	" "	0,77	" " " " "
" 35,0	" "	1,04	" " " " "
" 38,2	" "	0,91	" " " " "

Результаты эти были подтверждены послѣдующими розысканіями.

Подобную же зависимость отъ температуры удалось Волкову и Мейеру обнаружить относительно дыханія листоносныхъ побѣговъ; при повышеніи температуры съ 16° до 35° Ц. дыханіе побѣговъ *Tropaeolum majus* значительно возрасло. Къ

сходному результату пришелъ Бородинъ¹⁾, на основаніи опредѣленій выдѣляемой проростками и вѣтвями углекислоты: при повышеніи температуры съ 12° до 30° Ц., количество углекислоты, выдѣленной побѣгами *Populus laurifolia*, возрасло почти въ 4 раза (съ 0,0020 гр. до 0,0081 гр. въ часъ), при послѣдующемъ же пониженіи температуры на 11,6° оно опять уменьшилось въ 4,4 раза; одинаковый результатъ дали вѣтки *Crataegus monogyna* и *Larix Europaea*. Дегеренъ и Муасанъ²⁾ нашли подобную же зависимость отъ температуры, дыханія побѣговъ *Nicotiana Tabacum* и нѣкоторыхъ другихъ растений.

Зависимость энергіи дыханія растений отъ свѣта. По согласнымъ указаніямъ Кагура³⁾, Друде⁴⁾, Волкова и Мейера⁵⁾, и Шютценбергера⁶⁾ лучи свѣтовой части спектра не усиливаютъ замѣтнымъ образомъ дыханія растений. По изслѣдованіямъ же Бонье и Манжена (l. c.) надъ дыханіемъ грибовъ, цвѣтовыхъ растений, лишенныхъ хлорофилла, и безцвѣтныхъ тканей и органовъ хлорофиллоносныхъ растений, энергія дыханія значительно понижается на свѣтѣ, въ особенности подѣ влияніемъ лучей красныхъ и желтыхъ.

Зависимость энергіи дыханія отъ парціального давленія кислорода. Извѣстно, что фосфоръ, оставленный на воздухѣ при обыкновенной температурѣ, окисляется съ выдѣленіемъ тепла и свѣта, между тѣмъ какъ въ чистомъ кислородѣ онъ остается, при этихъ условіяхъ, безъ перемѣны. Различное отношеніе фосфора къ воздуху и чистому кислороду объясняется тѣмъ, что окисленіе фосфора идетъ успѣшнѣе, когда частицы кислорода находятся на большемъ другѣ отъ друга разстояніи, чѣмъ въ чистомъ кислородѣ, при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи. Въ воздухѣ кислородъ разжиженъ при посредствѣ азота, и парціальное давленіе его въ 5 разъ меньше въ воздухѣ, чѣмъ въ чистомъ кислородѣ. Заключение это легко подтвердить, наблюдая окисленіе фосфора въ чистомъ кислородѣ подѣ уменьшеннымъ давленіемъ; для этого вводятъ въ трубку, наполненную ртутью и опрокинутую надъ ртутною ванною, небольшой объемъ кислорода и затѣмъ приподнимаютъ трубку изъ ванны на столько, чтобы уровень ртути въ трубкѣ превышалъ уровень ея во внѣшнемъ сосудѣ на желаемую высоту; разница въ уровнѣ ртути покажетъ давленіе, подѣ которымъ находится замкнутый кислородъ. При увеличеніи объема кислорода, въ пять разъ противъ нормальнаго, получается окисленіе фосфора въ чистомъ кислородѣ столь же энергичное, какъ въ воздухѣ, при обыкновенномъ давленіи.

Провѣрку этого положенія относительно поглощенія кислорода при дыханіи растений произвели Бертъ⁷⁾, Бёмъ⁸⁾ и Ршави⁹⁾; они видоизмѣняли пар-

1) *Borodin*. S. l. respiration d. plantes. 1875; lu le 20 mars 1874 au congrès international à Florence.

Бородинъ. Физиологическія изслѣдованія надъ дыханіемъ листоносныхъ побѣговъ (1876).

2) *Deherain et Moissan*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5. T. 19; 321 (1874).

3) *Moissan*. Ann. d. Sc. Nat. S. 6. T. 7; 292 (1879).

4) *Cahours*. Compt.-rend., T. 58; p. 1207 (1864).

4) *Drude*. Biologie d. Monotropa 1873; p. 57;

5) *Wolkoff u. Meyer*. Landw. Jahrb. B. 3; p. 516 (1874).

6) *Schützenberger* Compt.-rend., T. 77. p. 274 (1873).

7) *Bert*. Compt.-rend. T. 76; 1433 (1873); T. 77: 531 (1873) и T. 80; 1579 (1875).

8) *Boehm*. Sitzber. Wien. Ak. 68; 132 (1873).

9) *Rischawi* Landw. Vers. 19; 322 (1876).

ціальное давленіе кислорода, частью тѣмъ, что замѣняли атмосферный воздухъ кислородомъ или смѣсями его съ другими газами, частью же тѣмъ, что подвергали замѣнутые съ растеніемъ газы давленію значительно большому или меньшему, чѣмъ атмосферное.

Бертъ нашель, что въ чистомъ кислородѣ, подъ давленіемъ $2\frac{1}{2}$ атмосферъ, т. е. при парціальномъ давленіи кислорода въ одинадцать разъ бѣльшемъ, чѣмъ въ воздухѣ, сѣмена ячменя не прорастаютъ. Въ четыре дня 10 граммовъ сѣмянъ ячменя, оставаясь совершенно свѣжими, поглотили 136 куб. сант. кислорода; между тѣмъ какъ сѣмена, оставленныя на воздухѣ, за это время, всѣ проросли и поглотили 222 куб. сант. кислорода.

Въ связи съ напряженностью дыханія измѣнялась и скорость прорастанія; при уменьшеніи давленія до 50 сант., прорастаніе, по опытамъ Берта, замѣтно замедлялось въ обыкновенномъ воздухѣ; при 12 сант. давленія прекращалось въ воздухѣ прорастаніе кресса, при 6 сант. не прорасталъ болѣе ячмень. Въ чистомъ кислородѣ, какъ и слѣдовало ожидать, предѣльное давленіе для нихъ оказалось болѣе низкимъ и доходило до 4 сантиметровъ.

Увеличеніе давленія до 4 — 5 атмосферъ не обнаружило вліянія на прорастаніе въ воздухѣ; при 10 атмосферахъ оно прекращалось. Въ чистомъ кислородѣ прорастаніе останавливалось уже при меньшемъ давленіи. Подъ давленіемъ двухъ атмосферъ прорастаніе замедлялось въ кислородѣ на столько же, какъ въ воздухѣ подъ давленіемъ восьми атмосферъ.

Согласные результаты получались Бѣмомъ при сравненіи прорастанія въ чистомъ кислородѣ и воздухѣ, подъ обыкновеннымъ давленіемъ. Опыты были произведены надъ бобами; Бѣмъ ввелъ по одному сѣмени боба въ шесть пріемниковъ съ кислородомъ и въ шесть пріемниковъ съ атмосфернымъ воздухомъ; выдѣляемая углекислота поглощалась ѣдкимъ кали; опытъ продолжался 28 дней. Растенія, оставленныя въ воздухѣ, на столько прорасли, что сѣмядоли ихъ съежились; стебельки достигли длины 37—41 сант., корни также сильно разрастались. Въ кислородѣ четыре проростка оказались отмершими; у остальныхъ двухъ оставшихся въ живыхъ, сѣмядоли загнили; подсѣмядольныя колѣна имѣли всего 2,7—3,7 сант. длины, стебли — отъ 8 до 2,7 сант., корни были также весьма короткіе. Подобныя различія въ развитіи обнаружили, въ кислородѣ и воздухѣ, *Zea Mays*, *Ervum Lens*, *Phaseolus multiflorus*; меньшая разница получалась въ опытахъ съ *Lepidium*, *Linum*, и *Helianthus*.

Иные результаты получились относительно бактерій. Послѣднія развелись въ настоѣ морской воды съ листьями, находившейся подъ давленіемъ 350—500 атмосферъ. Бактеріи сибирской язвы оказались живыми въ крови, подвергнутой, въ продолженіи 24 часовъ, давленію въ 600 атмосферъ (Cestes. Compt.-rend., T. 99; p. 385 (1884).

Соотношеніе дыханія съ ростомъ. Выше было уже указано (стр. 33), что всѣ функціи растеній, между прочимъ и ростъ, происходятъ только между извѣстными температурами; по мѣрѣ приближенія къ предѣльнымъ температурамъ онѣ уменьшаются, а при опредѣленной промежуточной температурѣ, достигаютъ максимума. Повторяя опыты надъ поглощеніемъ кислорода при температурахъ болѣе и болѣе высокихъ, Волковъ и Мейеръ ¹⁾ нашли (см. выше), что,

1) *Wolkoff* и *Meyer*. Landw. Vers. B. 17, p. 219 (1874).

при нагрѣваніи растеньицъ далеко за оптимумъ роста, поглощеніе кислорода продолжаетъ усиливаться и не спадаетъ вплоть до температуры, при которой растенія уже начинаютъ обнаруживать признаки отмиранія.

Мейеръ ¹⁾ подтвердилъ этотъ результатъ надъ проростками пшеницы; сѣмена, въ количествѣ приблизительно $\frac{1}{20}$ грамма, были проращены въ началѣ въ стружкахъ, а затѣмъ переносились на сѣтку, натянутую надъ водою. Черезъ каждые два или три дня Мейеръ переносилъ по нѣскольку сѣмянъ въ вышеописанный приборъ, замѣняя прежніе проростки свѣжими. Такъ какъ они все были за разъ смочены водою и одновременно начали проращать, то изъ цѣлаго ряда опредѣленій надъ различными проростками получились цифры, приблизительно равныя тѣмъ, которыя бы дали одни и тѣ же растеньица, въ разное время прорастанія. Такъ какъ одною изъ главныхъ цѣлей работы было изслѣдованіе связи дыханія съ ростомъ, то ежедневно производилось Мейеромъ и измѣреніе длины перышка растеній. Опыты производились при разныхъ температурахъ, въ предѣлахъ между 10 и 13,7° Ц., между 22,5 и 24,5° Ц. и между 31,9 и 36,5° Ц. Потеря органическаго вещества, сопровождающая разрастаніе проростка до опредѣленной длины, при температурахъ 12° и 24° Ц., оказалась одинаковою; разница въ разрастаніи при этихъ двухъ температурахъ проявилась лишь въ томъ, что при 12° требовалось для этого гораздо больше времени; при температурѣ 12° перышко пшеницы достигало длины 49 мил. въ 12 дней; при 24° — въ 6 дней. Всѣ сухаго вещества получился въ обоихъ случаяхъ равный:

въ растеніи, выросшемъ при 12° Ц., онъ равнялся 0,151 гр.
” ” ” ” 24° Ц. ” ” 0,153 ”

Въ первомъ случаѣ перышко достигло длины 149 мил. черезъ 17 дней; всѣ сухаго вещества растеньица равнялся 0,141 гр.; во второмъ — перышко выросло до означенной длины въ 8 дней и растеньице, высушенное при 100° Ц., вѣсило 0,140 гр. Полное соответствіе въ всѣхъ сухаго вещества обнаружилось и въ самомъ концѣ прорастанія; всѣ сухаго вещества растеньицъ, выросшихъ при 12° Ц., равнялся 0,110 гр.; выращенныя при 24° Ц. вѣсили 0,111 гр.

Въ этихъ предѣлахъ слѣдовательно обнаружилось замѣчательное соотношеніе между приростомъ и дыханіемъ; но уже при температурѣ 34° Ц. оно оказалось нарушеннымъ: растенія вѣсили, въ послѣднемъ случаѣ, 0,111 гр., хотя перышко ихъ разраслось сравнительно очень слабо. Слѣдовательно и въ этихъ опытахъ строгаго соответствія между дыханіемъ и ростомъ не оказалось; энергія дыханія продолжала возрастать далеко за предѣлъ оптимума роста, вплоть до температуры, убывающей растеніе. Изъ ряда опредѣленій надъ поглощеніемъ кислорода проростками пшеницы, выяснилось кромѣ того, что дыханіе, въ первое время, постепенно возрастаетъ, по прошествіи нѣсколькихъ дней достигаетъ максимума и затѣмъ столь же постепенно убываетъ. Для большаго наглядности хода дыханія и роста Мейеръ изобразилъ его графически. Онъ отмѣрилъ для этого на горизонтальной линіи отрѣзки пропорціональные времени между 2-мя послѣдовательными наблюденіями и, изъ намѣченныхъ точекъ, возставилъ перпенди-

1) Meyer. Landw. Vers. B. 18, p. 245 (1875).

куляры длины, пропорціональной объему поглощеннаго кислорода; соединяя вер-хушки перпендикуляровъ, онъ получилъ кривую, наглядно изображавшую ходъ дыханія; кривую эту онъ назвалъ *большою кривою дыханія*. Изъ сравненія ея съ начертанною такимъ же способомъ кривою роста, Мейеръ нашель, что онѣ не вполне соотвѣтствуютъ одна другой, хотя и имѣють форму сходную; максимумъ *большой кривой дыханія* наступалъ всегда нѣсколькими днями позже максимума роста.

Между тѣмъ какъ Волковъ и Мейеръ основывали свои выводы относи-тельно интензивности дыханія на опредѣленіи количества поглощаемаго кисло-рода, Бородинъ и Ришави воспользовались для изученія дыханія въ періодъ прорастанія вторымъ изъ вышеописанныхъ приѣмовъ. Они проращивали сѣмена въ струѣ воздуха, предварительно лишеннаго углекислоты, и мѣриломъ дыханія служила углекислота, выдѣляемая растеніями. Не смотря на различіе метода, результаты получились сходные. Бородинъ¹⁾ проращивалъ сѣмена кресса (около 620 сѣмянъ, всѣвшихъ 1,8 гр.) на металлической сѣткѣ, помѣщенной въ гори-зонтальной стеклянной трубкѣ, сквозь которую во все время опыта, пропуска-лась посредствомъ аспиратора струя воздуха. До вхожденія въ трубку, воздухъ проходилъ сквозь аппаратъ съ ѣдкимъ кали; между трубкой съ сѣменами и аспи-раторомъ находился калиаппаратъ, который задерживалъ углекислоту, выдѣляе-мую прорастающими растеніями; разница въ вѣсѣ калиаппарата, до начала и по окончаніи опыта, служила указаніемъ на количество выдѣленной углекислоты. Ходъ дыханія оказался совершенно сходнымъ съ найденнымъ Мейеромъ для пшеницы; въ первые дни прорастанія выдѣленіе углекислоты постепенно возра-стало и затѣмъ, достигнувъ максимума, столь же постепенно убывало. Максимумъ выдѣленія углекислоты наступалъ чрезъ опредѣленное число дней, смотря по тем-пературѣ, при которой сѣмена прорастали:

При температурѣ 11° — 12° Ц. онъ проявлялся на 6-й день; при темпе-ратурѣ 15° — 16° Ц. на 4-й день; при этомъ проростки, полученные изъ 1,8 гр. сѣменъ, выдѣляли въ первомъ случаѣ 0,004 гр. углекислоты въ часъ; во второмъ 0,006 граммовъ. При 30° Ц. многія изъ сѣмянъ не проросли; проросшія же вы-дѣлили углекислоты больше, чѣмъ въ предъидущихъ опытахъ.

Посредствомъ подобнаго же приѣма, съ нѣкоторыми второстепенными измѣ-неніями прибора, Ришави²⁾ подтвердилъ вполне результаты Мейера, какъ от-носительно вида большой кривой дыханія, какъ проростковъ пшеницы, такъ и ка-сательно запаздыванія максимума дыханія, сравнительно съ максимумомъ роста.

Необъяснимое исключеніе, по отношенію къ ходу дыханія, представляетъ, по на-блюденіямъ Ришави³⁾, прорастающая *Vicia Faba*; напряженность дыханія, измѣряемая количествомъ выдѣляемой углекислоты, оставалась одинаковой въ продолженіи всего опыта, длившагося 19 дней; между тѣмъ перышко успѣло вырасти, за это время, съ 1-го до 20-ти сантим. При графическомъ изображеніи, получилась вмѣсто кривой дыханія, прямая ли-нія, параллельная оси абсциссъ.

Зависимость энергіи дыханія отъ возраста органа. Сюда относятся опыты

1) *Borodin*. S. l. respiration d. plantes. 1875; lu le 20 mars 1874 au congrès international à Florence.

2) *Rischavi*. Къ вопросу о дыханіи растеній. 1877.

3) *Rischavi*. Landw. Vers. 19; 321. (1876).

Бонье и Манжена (l. c.) надъ многолѣтними листьями *Evonymus japonicus* и *Sarothamnus scoparius*; оказалась значительная разница въ энергіи дыханія въ первый и второй годъ развитія листьевъ, даже при сравненіи листьевъ, сходныхъ по размѣрамъ и формѣ; дыханіе листьевъ болѣе молодыхъ оказалось у *Evonymus japonicus* приблизительно въ три раза сильнѣе дыханія листьевъ предъидущаго года.

Зависимость напряженности дыханія отъ количества крахмала въ изслѣдуемой части растенія.

Бородинъ помѣщалъ, для этой цѣли, срѣзанные побѣги различныхъ растеній въ темноту; въ однихъ опытахъ, побѣги оставались въ приборѣ, чрезъ который пропускался непрерывный токъ воздуха, очищеннаго отъ углекислоты, и выдѣляемая углекислота удерживалась калиаппаратомъ; въ другихъ опредѣлялся, въ аппаратѣ Мейера и Волкова, поглощенный кислородъ. Опытамъ были подвергнуты вѣтки *Crataegus monogyna*, *Populus laurifolius*, *Larix Europaea*, *Pinus Strobus*, *Spiraea opulifolia*, *Aceæ platanoides* и *Quercus pedunculata*. Бородинъ нашель, что дыханіе отрѣзанной вѣтки въ темнотѣ постепенно слабѣеть, и показалъ, что уменьшеніе дыханія вызывается истощеніемъ запаснаго матеріала (крахмала), на счетъ котораго происходитъ дыханіе. Въ вѣтви, съ ослабѣвшимъ дыханіемъ, удаловась усилить его, выставивъ срѣзанный побѣгъ на свѣтъ, т. е. въ условія, при которыхъ могло произойти новообразование крахмала. При перенесеніи въ темноту, послѣ пребыванія на свѣтѣ въ продолженіи нѣсколькихъ часовъ, вѣтвь обнаруживала усиленное дыханіе сравнительно съ прежнимъ. Такимъ образомъ въ растущемъ побѣгѣ, какъ и при прорастаніи сѣмянъ, дыханіе оказалось обусловлено присутствіемъ безазотистаго запаснаго матеріала.

Зависимость отношенія $\frac{CO_2}{O_2}$ отъ внѣшнихъ условій и отъ растенія.

Изученіе отношенія объемовъ $\frac{CO_2}{O_2}$ при дыханіи растеній занимало уже Соссюра. Хотя онъ принималъ, что, въ большинствѣ случаевъ, $\frac{CO_2}{O_2} = 1$, но и ему были уже извѣстны исключенія изъ этого правила; нѣкоторые изъ нихъ приведены выше на стр. 205. Послѣдующія изслѣдованія показали, что случаи несоотвѣтствія объемовъ обмѣниваемыхъ при дыханіи растеній газовъ встрѣчаются гораздо чаще, чѣмъ полагалъ Соссюра. Они легко узнаются, изъ сравненія объемовъ замкнутаго съ растеніемъ воздуха, въ началѣ и въ концѣ опыта: преобладаніе поглощенія кислорода надъ выдѣленіемъ углекислоты отражается въ уменьшеніи объема; преобладаніе же выдѣленія углекислоты обуславливаетъ возрастаніе объема, заключеннаго съ растеніемъ воздуха. Болѣе или менѣе значительное уменьшеніе объема воздуха наблюдается при прорастаніи сѣмянъ, въ особенности маслянистыхъ. Примѣрами могутъ служить слѣдующія цифры, заимствованныя у Соссюра ¹⁾: Проростки конопли въ 43 часа при 22° Ц. поглотили 19,7 куб.

1) *Saussure. Frierieps Notizen*, 1842, B. 24; № 16, p. 243.

сант. кислорода и выдѣлили 13,26 куб. сант. углекислоты. Проростки рапса въ 42 часа при 21,5° Ц. поглотили 31,4 куб. сант. кислорода и выдѣлили 24,39 куб. сант. углекислоты. Уменьшеніе объема вызывается, въ данномъ случаѣ, несомнѣнно обесчленіемъ нѣкоторыхъ составныхъ частей сѣмени, по всему вѣроятію, окисленіемъ жировъ. Гораздо мѣньшая убыль въ объемѣ воздуха наблюдается при прорастаніи сѣмянъ крахмалистыхъ; по всему вѣроятію она вызывается совершенно иною причиною, именно задержкой проростками, въ растворенномъ видѣ, части образованной углекислоты. Въ пользу этого воззрѣнія говорятъ слѣдующіе опыты Бородинъ: Сѣмя гороха, замкнутое въ трубкѣ ртутью, съ 80 куб. сант. воздуха, вызвало, въ первые 12 часовъ опыта, уменьшеніе объема равное 0,5 куб. сант.; за все время прорастанія убыль объема газа равнялась 2—3 куб. сант. Для доказательства, что уменьшеніе объема газа обусловливалось задержкой проросткомъ части образованной углекислоты, два, по возможности одинаковыхъ, сѣмени были заключены въ трубки надъ ртутью, съ одинаковымъ объемомъ воздуха; разница въ установкѣ опыта состояла лишь въ томъ, что въ одну изъ трубочекъ Бородинъ ввелъ нѣсколько ѣдкаго кали, для поглощенія выдѣляемой растеніемъ углекислоты. Въ этой трубочкѣ, слѣдовательно, растенъце не могло задерживать внутри себя углекислоты, такъ какъ послѣдняя быстро диффундировала въ окружающій воздухъ и поглощалась ѣдкимъ кали; въ другой трубочкѣ, напротивъ того, часть углекислоты могла быть удержана растеніемъ. Бородинъ замѣнилъ затѣмъ атмосферу въ трубочкахъ свѣжимъ воздухомъ и замѣнулъ ихъ вновь ртутью. Растеньица начали вновь поглощать кислородъ и выдѣлять углекислоту; при этомъ въ трубочкѣ съ растеніемъ, которое предварительно находилось съ ѣдкимъ кали, обнаружилось значительное уменьшеніе объема газовъ; въ трубочкѣ же, не заключающей ѣдкаго кали, объемъ газа увеличился. Бородинъ совершенно вѣрно поясняетъ уменьшеніе объема въ трубочкѣ, въ которой прежде было ѣдкое кали, тѣмъ, что растенъце лишено было возможности поглощать углекислоту пока въ трубочкѣ было ѣдкое кали; по удаленіи его, оно задержало въ себѣ часть новообразованной углекислоты и вызвало поэтому уменьшеніе въ объемѣ окружающаго газа, между тѣмъ какъ второе растенъце, послѣ замѣны прежней атмосферы свѣжею, выдѣлило изъ себя часть углекислоты, предварительно задержанной, и этимъ увеличило объемъ заключеннаго съ нимъ воздуха.

Гораздо труднѣе поддаются объясненію причины несоотвѣтствія объемовъ при дыханіи сочныхъ растений: *Cactus opuntia*, *Crassula cotyledon*, *Sempervivum tectorum*, *Agave americana*, *Stapelia variegata* которыя обнаруживаютъ энергичное поглощеніе кислорода, безъ выдѣленія углекислоты.

Наиболѣе наглядный результатъ получается, если оставить растеніе въ объемѣ воздуха, превосходящемъ объемъ отрѣзка растенія отъ 7 до 20 разъ: кусокъ *Cactus opuntia* ¹⁾, занимавшій объемъ въ 119 куб. сант. и помѣщенный съ вечера въ приемникъ съ 951 куб. сант. воздуха, уменьшилъ, за ночь, объемъ воздуха на 79 куб. сант.; вмѣсто 198 куб. сант. кислорода осталось всего 119 куб. сант., при этомъ вовсе не выдѣлилось углекислоты, такъ какъ известковая

1) *Saussure. Rech. chim. s. l. végétation, p. 54.*

вода, поставленная съ вечера, въ пріемникъ, возлѣ кактуса, ни мало не помутилась. Кактусъ, оставленный на болѣе долгое время въ пріемникъ съ воздухомъ, продолжалъ поглощать кислородъ еще нѣкоторое время, пока объемъ поглощенного кислорода не сдѣлался равнымъ $1\frac{1}{4}$ объема отръзка кактуса. Дальнѣйшее поглощеніе кислорода уже влекло за собою выдѣленіе равнаго объема углекислоты. Количество азота въ воздухѣ оставалось, во все время опыта, безъ измѣненія.

Если растеніе, поглотившее кислородъ, оставить на воздухѣ, то, по прошествіи нѣкотораго времени, оно снова дѣлается способнымъ вызывать столь же значительное уменьшеніе объема воздуха. Соскюръ приравнивалъ поглощеніе кислорода, безъ выдѣленія углекислоты, нормальному дыханію; по его мнѣнію, и въ этомъ случаѣ, поглощеніе кислорода имѣло послѣдствіемъ образованіе углекислоты; отличіе отъ нормальнаго дыханія заключалось только въ томъ, что образованная углекислота задерживалась растеніемъ. Послѣдующіе изслѣдователи (Мейеръ, Дегеренъ и Муасанъ) предложили другое толкованіе этого явленія; по ихъ мнѣнію, поглощенный кислородъ расходовался на превращеніе органическихъ соединеній менѣе окисленныхъ въ болѣе окисленные, т. е. на реакціи окисленія, не сопровождаемыя образованіемъ соотвѣтствующаго объема углекислоты. Которое изъ этихъ двухъ толкованій вѣрнѣе, невозможно сказать въ настоящее время.

Изслѣдованіе зависимости отношенія $\frac{CO_2}{O_2}$ отъ внѣшнихъ условій и отъ растенія представляетъ большой фізіологическій интересъ; къ сожалѣнію, однако, совершенно точныхъ результатовъ получить еще не удалось. Всѣ изслѣдователи признаютъ, что $\frac{CO_2}{O_2}$ получается различное, смотря по возрасту и части изслѣдуемаго растенія; оно различно въ растеніяхъ двухъ разныхъ видовъ, но постоянно для недѣлимыхъ одного вида, если они одинаковаго возраста. Въ остальныхъ показаніяхъ существуетъ разногласіе; наиболѣе существенныя данныя заключаются слѣдующемъ:

<i>Годлевскій.</i>	<i>Бонье и Манженъ.</i>	<i>Дегеренъ, Муасанъ и Макенъ.</i>
1) Во время разбуханія сѣмянъ крахмалистыхъ и маслянистыхъ $\frac{CO_2}{O_2} = 1$.	Результатъ сходный.	
2) При прорастаніи сѣмянъ маслянистыхъ, со времени выхожденія корешка, $\frac{CO_2}{O_2} < 1$; по достиженіи максимума дыханія, $\frac{CO_2}{O_2}$ варьируетъ между $\frac{55}{100}$ и $\frac{66}{100}$. Въ это время происходитъ, по всему вѣроятію, окисленіе жировъ и образованіе на ихъ счетъ крахмала.	Результатъ сходный.	



Годлевскій.

3) Въ болѣ поздней стадіи прорастанія, $\frac{CO_2}{O_2}$ опять постепенно возрастаетъ до единицы, вѣроятно въ слѣдствіе разложенія временно отложеннаго крахмала, на воду и углекислоту.

4) При прорастаніи сѣмянъ крахмалистыхъ $\frac{CO_2}{O_2} = 1$ приблизительно.

5) Во время созрѣванія плодовъ съ маслянист. сѣменами $\frac{CO_2}{O_2} > 1$, въ слѣдствіе синтеза жировъ и бѣлковъ изъ крахмала и минеральныхъ солей, сопровождаемаго (см. выше стр. 131) выдѣленіемъ углекислоты.

6) Отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$ до известной степени независимо отъ парціального давленія кислорода; только при очень маломъ содержаніи кислорода, $\frac{CO_2}{O_2}$ возрастаетъ въ слѣдствіе обнаруженія интрамолекулярнаго дыханія.

Бонье и Манженъ.

Результатъ сходный.

Результатъ сходный.

7) Отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$ не зависитъ отъ температуры. Бонье и Манженъ выводятъ изъ этого заключеніе, что химическія реакціи, происходящія въ известномъ періодѣ развитія, въ растеніи мало варьируютъ. Слѣдствіемъ совокупнаго ихъ дѣйствія получается определенное отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$, не зависящее отъ внѣшнихъ условий; послѣднія вліяютъ лишь на энергію дыханія, а не на отношеніе объемовъ обмѣниваемыхъ, при дыханіи, газовъ.

8) $\frac{CO_2}{O_2}$ не зависитъ отъ свѣта.

9) Отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$ весьма часто значительно *меньше* единицы; при дыханіи происходитъ поэтому ассимиляція

Дегеренъ, Муасанъ и Макенъ.

Результатъ сходный.

7) Отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$ возрастаетъ съ температурой. При температурахъ низкихъ, $\frac{CO_2}{O_2} < 1$; при определенной, для разныхъ растеній, различной температурѣ, $\frac{CO_2}{O_2} = 1$; при болѣ высокой, $\frac{CO_2}{O_2} > 1$.

9) Отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$ весьма часто *болѣ* единицы; этимъ объясняется нахождение въ растеніяхъ болѣшаго содер-

Годлевскій.

Бонье и Манженъ.

Дегеренъ, Мусанъ и Макенъ.

кислорода или окисленіе растенія.

жанія водорода, чѣмъ въ углеводахъ. По мнѣнію вышеприведенныхъ изслѣдователей, въ опытахъ Бонье и Манжена

получалось $\frac{CO_2}{O_2} < 1$ въ слѣдствіе того, что они, при опредѣленіи углекислоты, пренебрегали углекислотой, задерживаемой листьями. (Deherain et Maquenne. Ann. agr. T. 12. Extrait, p. 43). При дыханіи происходитъ *потеря*, а не ассимиляція кислорода.

Дыханіе растеній на свѣтѣ. Выше приведены были изслѣдованія, убѣждающія, что лишеныя хлорофилла растенія, органы и ткани поглощаютъ на свѣтѣ кислородъ и выдѣляютъ углекислоту. Относительно хлорофиллоносныхъ органовъ и тканей также признается всѣми физиологами, что дыханіе ихъ не прекращается на свѣтѣ, продолжаясь безъ перерыва во все время жизни изслѣдуемаго органа или ткани. Заключение это въ виду слѣдующихъ соображеній допускается всѣми, не смотря на отсутствіе строгихъ опытныхъ данныхъ: въ составъ каждаго хлорофиллоноснаго органа входятъ ткани безцвѣтныя; кромѣ того въ каждой хлорофиллоносной клѣткѣ заключается безцвѣтное содержимое (плазма, ядро съ ядрышкомъ), продолжающее, по всему вѣроятію, на свѣтѣ какъ въ темнотѣ, поглощать кислородъ и выдѣлять углекислоту. Приводимые въ учебникахъ опыты Гарро, надъ дыханіемъ листьевъ на свѣтѣ, по моему мнѣнію, не достаточно доказательны.

Гарро ¹⁾ производилъ опыты частью надъ срѣзанными листьями, частью надъ вѣтвями, оставленными въ соединеніи съ растеніемъ. 100 граммовъ листьевъ были помѣщены въ приемникъ, вмѣстѣ съ чашкой раствора ѣдкаго кали; приемникъ внизу былъ замкнутъ водою. Черезъ нѣкоторое время уровень воды въ приемникѣ поднялся; по поднятію уровня Гарро заключалъ о количествѣ углекислоты, выдѣленной листьями. Строго говоря, онъ не имѣлъ права дѣлать этого вывода; изъ того, что мною сказано выше, о приемахъ изслѣдованія дыханія, видно, что поднятіе уровня воды въ приборѣ могло служить только указаніемъ на объемъ поглощеннаго кислорода. Но если даже и допустить, что, въ данномъ случаѣ, былъ выдѣленъ объемъ углекислоты, равный поглощенному кислороду (что очевидно предполагалъ Гарро), то, и при этомъ допущеніи, приведенные опыты не разрѣшаютъ вопроса объ одновременномъ проявленіи, однимъ и тѣмъ же листомъ, дыханія и обмѣна газовъ, диаметрально противоположнаго. По указанію Гарро, опыты производились на разсѣянномъ свѣтѣ, нѣкоторые даже въ слабо освѣщенной комнатѣ; поэтому, поглощеніе углекислоты, сопровождаемое выдѣленіемъ кислорода, могло проявляться, только въ самыхъ поверхностныхъ листьяхъ; между тѣмъ какъ внутренніе листья, устраненные отъ свѣта должны были обнаруживать только дыханіе.

Опыты Гарро съ вѣтвями, оставленными въ соединеніи съ растеніями, столь же мало доказательны. Въ приемникъ съ воздухомъ, отовсюду замкнутый, была пропущена вѣтвь и поставлена чашка съ баритовой водою; черезъ нѣкоторое время баритовая вода, не смотря на то что вѣтвь оставлена была на свѣтѣ, мутилась отъ углекислоты, выдѣленной вѣтвью. Гарро принимаетъ эту углекислоту за продуктъ дыханія вѣтви, между тѣмъ какъ столь же вѣроятно предположеніе, что газъ, помутившій баритовую воду, уже раньше находился въ полостяхъ растенія и вышелъ къ наружи вслѣдствіе диффузіи, вызванной баритомъ, помѣщеннымъ съ вѣтвью въ приемникъ. Въ пользу этого предположенія говорятъ изслѣдованія надъ составомъ газовъ, заключенныхъ внутри растеній; неоднократно удава-

1) Garreau. Ann. d. Sc. Nat. S. 3. T. 15 (1851) и T. 16; 271. (1852).

лось наблюдать, что растения содержатъ въ себѣ нерѣдко значительный процентъ углекислоты. Съ другой стороны Коренвиндеръ ¹⁾ получилъ, относительно выдѣленія углекислоты зеленой вѣткою на свѣтѣ, результатъ совершенно иной. Въ приемникѣ, гдѣ находилась отрѣзанная вѣтвь *Prunus Laurocerasus* въ воздухѣ, лишенномъ предварительно углекислоты, баритовая вода оставалась совершенно свѣтлою, безъ признаковъ мути.

Болѣе удачная попытка разъединенія и разслѣдованія порознь дыханія и разложенія углекислоты на свѣтѣ, зелеными частями растений, была произведена Бонье и Манженомъ ²⁾.

Имѣвшіяся, хотя и не многія данныя, добытыя до появленія ихъ работы, несомнѣнно свидѣтельствуютъ, что дыханіе зеленыхъ частей растений гораздо слабѣе разложенія углекислоты, на яркомъ солнечномъ свѣтѣ; такъ напр. по опытамъ Бусенго ³⁾ среднее (изъ 31 опыта) количество углекислоты, разложенное квадратнымъ дециметромъ листовой поверхности *Prunus Laurocerasus* и *Nerium Oleander* въ часъ, равнялось 5,28 куб. сант., между тѣмъ какъ количество углекислоты, выдѣленное въ часъ этою поверхностью, составляло всего 0,33—0,34 куб. сант. По опредѣленіямъ Шютценбергера ⁴⁾, разложеніе углекислоты *Elodea canadensis* превосходить, при температурѣ 24° Ц., процессъ дыханія приблизительно въ 13 разъ. По Крейслеру ⁵⁾:

вѣтвь <i>Philadelphus coronarius</i> , разложившая, на свѣтѣ,	
въ продолженіи 100 минутъ	0,3199 гр. CO ₂
выдѣлила въ темнотѣ, за это время	0,0284 „ „
вѣтвь <i>Prunus Laurocerasus</i> разложившая, на свѣтѣ, въ	
продолженіи 100 минутъ	0,1400 гр. CO ₂
выдѣлила въ темнотѣ, за это время	0,0117 „ „

Эти цифры уже выясняютъ сравнительную энергію дыханія и разложенія углекислоты и заставляютъ предполагать, что, при уединеніи послѣдняго процесса, получится $\frac{O_2}{CO_2} > 1$.

Результатъ этотъ въ самомъ дѣлѣ получили Бонье и Манженъ; они старались разъединить дыханіе растения отъ разложенія углекислоты тремя различными способами и получили во всѣхъ трехъ случаяхъ согласныя числа.

Первый способъ состоялъ въ послѣдовательномъ разслѣдованіи измѣненій въ составѣ атмосферы, окружавшей одинъ и тотъ же побѣгъ въ темнотѣ и на свѣтѣ. Въ темнотѣ имѣло мѣсто только дыханіе побѣга, на свѣтѣ дыханіе и разложеніе углекислоты. Предполагая дыханіе на свѣтѣ приблизительно равнымъ или нѣсколько меньшимъ (на $\frac{1}{20}$ до $\frac{1}{3}$), чѣмъ въ темнотѣ, Бонье и Манженъ вычисляли $\frac{O_2}{CO_2}$ по формулѣ $\frac{y - a}{x - c} = a$, гдѣ y обозначаетъ объемъ кислорода,

1) *Corenwinder* l. c. p. 123.
 2) *Bonnier et Mangin*. Rech. s. l'action chlorophyllienne séparée d. l. respiration. Ann. d. Sc. Nat. Sér. 7. T. 3, p. 1.
 3) *Bousvingault*. Agron., Chim. agric., Physiol. T. 4, p. 328 (1868).
 4) *Schützenberger*. C. R. 77; 273 (1873).
 5) *Kreusler*. Landw. Jahrb. 7; 588 (1878).

потребленный на дыханіе, *o* найденный избытокъ кислорода, *x* объемъ углекислоты, выдѣленный при дыханіи, *c* объемъ углекислоты, исчезнувшій во время опыта.

Второй способъ состоялъ въ введеніи въ пріемникъ съ листьями и воздухомъ — эфира. Эфиромъ парализовалось вполне разложеніе углекислоты, между тѣмъ какъ, по произведеннымъ контрольнымъ опытамъ, дыханіе продолжалось съ прежнею силою; побѣгъ между тѣмъ оставался живымъ, и, если только дѣйствіе эфира не было слишкомъ продолжительно, оказывался способнымъ, по удаленіи эфира, разлагать по прежнему углекислоту на свѣтѣ. При анализѣ газовъ, пары эфира вполне поглощались крѣпкой сѣрной кислотой и не затемняли результата анализа.

При *третьемъ* способѣ разслѣдованія, Бонье и Манженъ помѣщаютъ по возможности одинаковыя порціи растений въ два сходные пріемника; въ одинъ изъ нихъ вводятъ стаканчикъ съ крѣпкимъ растворомъ ѣдкаго барита, въ другомъ замѣняютъ баритъ водою. По окончаніи опыта прибавляютъ въ растворъ барита, по каплямъ, подкрашенной лакмусомъ соляной кислоты, до появленія красной окраски, свидѣтельствующей о насыщеніи барита. Затѣмъ извлекаютъ изъ каждаго пріемника по порціи газа, и опредѣляютъ въ нихъ содержаніе кислорода и углекислоты. Отношеніе $\frac{O_2}{CO_2}$, т. е. обмѣнъ газовъ при разложеніи углекислоты хлорофилломъ, опредѣляется въ данномъ случаѣ, если разность въ содержаніи кислорода обѣихъ порцій газа раздѣлить на разность въ содержаніи углекислоты.

Внутреннее или интрамолекулярное дыханіе. Въ двадцатыхъ годахъ текущаго столѣтія было указано Каньярь-Ла-Туромъ, что спиртовое броженіе, т. е. разложеніе сахара на спиртъ и углекислоту, производится микроскопическимъ, одноклѣтнымъ дрожжевымъ грибомъ (*Hogmiscium cerevisiae*). Оказалось, кромѣ того, что спиртовое броженіе происходитъ съ особенною силою въ отсутствіи кислорода, причѣмъ грибокъ не только не отмираетъ, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ (при употребленіи молодыхъ дрожжей) даже размножается (стр. 159).

Долгое время полагали, что способность разложенія сахара, въ отсутствіи кислорода, на спиртъ и углекислоту, составляетъ специфическую особенность дрожжеваго грибка, которой лишены остальные растительные организмы. Разслѣдованія же послѣдняго времени привели къ результату діаметрально противоположному: оказалось возможнымъ вызывать, во всякомъ растеніи, спиртовое броженіе заключенныхъ въ его тканяхъ сахаристыхъ веществъ, если только поставить растеніе въ условія, сходныя съ бродильнымъ грибомъ, т. е. въ атмосферу, лишенную кислорода.

Разложеніе сахара на углекислоту, выдѣленную растеніемъ въ окружающую атмосферу, и накопленіе спирта въ тканяхъ растенія удалось Пастёру ¹⁾ вызывать въ корняхъ, листьяхъ и плодахъ различныхъ растеній.

Къ этому же результату пришелъ Бёмъ совершенно другимъ путемъ. Раз-

1) *Pasteur. Compt. — rend.*, Т. 75, р. 784 и 1054 (1872); см. также его *Études s. l. bière*, р. 282 (1876).

слѣдую разложеніе углекислоты, въ присутствіи свѣта, листьями, заключенными въ смѣси водорода и углекислоты, по способу Бусенго, онъ замѣтилъ, что въ приборахъ, оставленныхъ, случайно до начала опыта, на нѣсколько часовъ въ темнотѣ, получилось, въ концѣ опыта, количество кислорода, превосходящее по объему углекислоту, введенную въ приборъ. Появленіе излишка кислорода, равнаго 0,7—0,8 куб. сант., Вѣмъ совершенно правильно объяснилъ слѣдствіемъ выдѣленія углекислоты листомъ, до начала опыта, во время пребыванія его въ темнотѣ, въ смѣси углекислоты и водорода; разсматривая это выдѣленіе какъ особый родъ дыханія, онъ назвалъ его *внутреннимъ дыханіемъ*, для отличія отъ *внѣшняго*, связаннаго съ поглощеніемъ кислорода. Результатъ получился одинаковый, во всѣхъ восьми рядахъ опытовъ надъ листьями *Juglans regia*, *Platanus orientalis*, *Fraxinus Ornus*, *Syringa vulgaris*, *Quercus Cerris*, *Acer Pseudoplatanus*, *Cydonia vulgaris* и *Salix fragilis*. Всѣ они обнаружили, при болѣе продолжительномъ пребываніи въ темнотѣ, въ атмосферѣ лишенной кислорода, значительное увеличеніе объема газа, доходившее до 5 куб. сант.

Еще яснѣе обнаружилось внутреннее дыханіе на вѣтвяхъ, оставленныхъ въ темнотѣ, въ атмосферѣ лишенной кислорода, или въ торичеллевой пустотѣ эвдіометрической трубки; въ томъ и другомъ случаѣ немедленно появлялось выдѣленіе углекислоты и продолжалось безъ перерыва нѣсколько дней. Такъ напр. вѣтвь сирени вѣсомъ въ 8,7 гр., въ продолженіи 4-хъ дней, выдѣлила 11,3 куб. сант. почти чистой углекислоты. Выдѣленія ея не наблюдалось, если вмѣсто свѣжей вѣтви опытъ производился надъ частью растенія сухаго или предварительно убитаго горячимъ паромъ или кипящею водою. Оно не обнаруживалось и живую вѣтвью при погруженіи эвдіометрической трубки въ таюшій снѣгъ. Вѣтвь сирени, вѣсомъ въ 6,41 гр., не выдѣлила, при этихъ условіяхъ, ни одного пузырька газа, въ продолженіи 10 дней; по перенесеніи аппарата въ температуру отъ 9 до 18° Ц. въ 4 дня получилось 3,17 куб. сант. углекислоты.

Выдѣленіе растеніемъ углекислоты, не сопровождаемое поглощеніемъ кислорода, обозначаютъ названіемъ *внутренняго* или *интрамолекулярнаго* дыханія. Попытки разъяснить значеніе этого процесса и связь его съ дыханіемъ нормальнымъ не привели еще къ вполне удовлетворительнымъ результатамъ. Воззрѣнія ученыхъ на интрамолекулярное дыханіе сильно расходятся: одни (Пфефферъ ¹⁾ стремятся свести нормальное и интрамолекулярное дыханіе къ однимъ первоначальнымъ причинамъ, другіе Негели ²⁾, Мёллеръ ³⁾, Бородинъ ⁴⁾ разсматриваютъ оба рода дыханія какъ процессы, не имѣющіе ничего общаго.

Оставляя поэтому въ сторонѣ дальнѣйшее обсужденіе воззрѣній на интрамолекулярное дыханіе, справедливо приравниваемое спиртовому броженію (Палладинъ ⁵⁾ и другіе), я приведу лишь нѣкоторыя фактическія указанія, характеризующія интрамолекулярное дыханіе.

1) Pfeffer. Ueb. intramoleculare Athmung. Unters. a. d. bot. Institut. z. Tübingen B. 1. H. 4. 1885.

2) Nägeli. Theorie d. Gährung. 1879.

3) Möller. Arb. d. bot. Institut. zu Würzburg. B. 2. (1880).

4) Borodin. S. l. respiration. d. plantes. 1875.

5) Палладинъ. Значеніе кислорода для растеній. 1886.

Діаконовъ ¹⁾, изслѣдуя интрамолекулярное дыханіе плѣсней, нашель, что при питаніи веществами, неспособными къ броженію, въ безкислородной средѣ, прекращается выдѣленіе углекислоты, даже въ томъ случаѣ, если взятая вещества служатъ отличнымъ питательнымъ матеріаломъ при доступѣ кислорода.

Въ присутствіи же способной къ броженію глюкозы можетъ продолжаться выдѣленіе углекислоты и въ безкислородной средѣ, напр. при культурѣ *Mucor stolonifer*. При культурахъ же другихъ плѣсней, напр. *Penicillium glaucum*, наблюдалось и въ присутствіи глюкозы лишь незначительное выдѣленіе углекислоты, т. е. они не обнаруживали интрамолекулярнаго дыханія, между тѣмъ какъ, въ присутствіи кислорода, образовали углекислоту въ очень значительномъ количествѣ. Особенный интересъ представляетъ, въ этомъ отношеніи, произведенная Діаконовымъ культура *Penicillium glaucum* въ смѣси хинной кислоты и пептона; на воздухѣ онъ роскошно разрастался, съ обильнымъ выдѣленіемъ углекислоты; при замѣнѣ же воздуха водородомъ, образованіе углекислоты, по прошествіи короткаго времени, совершенно прекращалось; при возобновленномъ доступѣ кислорода проявлялось вновь съ прежней силою. Въ данномъ случаѣ, слѣдовательно, выдѣленіе всей углекислоты является какъ бы слѣдствіемъ предварительнаго поглощенія растеніемъ кислорода.

Интересныя сравнительныя изслѣдованія надъ интрамолекулярнымъ и нормальнымъ дыханіемъ произведены Палладиномъ (1. с.); сравнивъ потерю въ вѣсѣ сухаго вещества отрѣзковъ корешковъ бобовъ, пробывшихъ въ воздухѣ и въ безкислородной средѣ, онъ нашель, что въ послѣднемъ случаѣ тратится болѣе вещества, чѣмъ при дыханіи въ воздухѣ. Кромѣ того оказалось, что, въ отсутствіи кислорода, выдѣленная углекислота составляетъ, по вѣсу, лишь приблизительно половину всей потери сухаго вещества, что объясняется образованіемъ въ безкислородной средѣ еще другихъ летучихъ продуктовъ, въ данномъ случаѣ алкоголя.

Выдѣленіе тепловой и свѣтовой энергіи растеніями. Окислительные процессы, сопровождающіе построеніе организованныхъ тѣлъ изъ органическихъ соединеній, вызываютъ въ растеніи образованіе тепловой, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ и свѣтовой энергіи. Если образованіе энергіи превосходитъ трату ея на жизненныя потребности растенія, то получаемый избытокъ сказывается чаще всего въ нагрѣваніи растенія, рѣже въ свѣченіи его.

Наиболѣе наглядный примѣръ самонагрѣванія растеній представляютъ мясистые початки растеній изъ семейства *Aroideae*.

Значительное самонагрѣваніе початка *Colocasia odora* было впервые изслѣдовано Губертомъ ²⁾. Особенно сильное нагрѣваніе початковъ наблюдалъ Губертъ, помѣстивъ термометръ среди пяти связанныхъ початковъ *Colocasia odora*; ртуть въ термометрѣ поднялась до 44° Ц., въ то время, какъ температура воздуха равнялась 19° Ц.; окруживъ термометръ 12-ю початками, онъ получилъ поднятіе ртути до 49,5° Ц., т. е. на 30° выше температуры воздуха.

Ему удавалось также вызывать охлажденіе нагрѣваемаго початка, преграж-

1) *Diakonoff*. Intramoleculare Athmung u. Gährthätigkeit. d. Schimmelpilze. Ber. d. deutsch bot. Ges. B. 4. H. 1. (1886).

2) *Sachs*. Experimentalphysiol. p. 296 (1865).

дая доступъ кислорода; онъ достигалъ этого, обертывая початокъ холстомъ, пропитаннымъ масломъ, обвязывая его пузыряремъ, или обмазывая поверхность его слоемъ меда или жидкаго крахмала.

Вроликъ и Фризе ¹⁾ подтвердили показаніе Губерта о вліяніи кислорода на самонагрѣваніе початка; въ атмосферѣ азота самонагрѣванія не происходило и развитіе початка приостанавливалось.

Примѣчаніе. Замѣчательно, что въ приемникѣ съ азотомъ не нашлось и слѣдовъ выдѣленной углекислоты.

Смотри также произведенныя, съ помощію термоэлектрическихъ аппаратовъ, изслѣдованія надъ температурой растений: *Dutrochet. Ann. d. Sc. Nat. S. 13; 1. (1840)* и *Berg et Bergsma. Observ. thermoélectriques sur l'élévation d. température d. fleurs de Colocasia odora. 1838.*

Соссюромъ ²⁾ произведены интересныя сравнительныя розысканія надъ дыханіемъ и связаннымъ съ нимъ повышеніемъ температуры початковъ различныхъ *Aroideae*. Дыханіе и нагрѣваніе початка достигали максимума ко времени раскрыванія цвѣтвъ; до этого, початокъ оставался холоднымъ и поглощалъ сравнительно мало кислорода; въ продолженіи сутокъ, потреблялся объемъ кислорода, превосходившій объемъ початка разъ въ 5 или 6. Совершенно иное обнаружилъ подобный отрѣзокъ початка въ 6,6 куб. сант., помѣщенный, ко времени распусканія цвѣтвъ, въ приемникъ, надъ ртутью, въ 1000 куб. сант. воздуха. Въ первые 24 часа онъ поглотилъ почти весь бывшій въ приемникѣ кислородъ (200 куб. сант.) и выдѣлилъ въ замѣнъ равный объемъ углекислоты; количество поглощеннаго кислорода превосходило слѣдовательно въ 30 разъ объемъ початка. Въ слѣдующія сутки дыханіе опять уменьшилось до того, что объемъ поглощеннаго кислорода равнялся, какъ и прежде, только пятерному объему початка. Для изслѣдованія дыханія отдѣльныхъ частей початка, Соссюръ разрѣзалъ, ко времени распусканія цвѣтвъ, початокъ на 4 части: околоцвѣтникъ, булавовидный конецъ оси, поясъ съ тычинковыми и поясъ съ пестичными цвѣтами; каждая изъ этихъ частей была помѣщена въ отдѣльный приемникъ, надъ ртутью, въ 1000 куб. сант. воздуха. Выражая объемъ кислорода въ единицахъ объема изслѣдуемой части початка, Соссюръ получилъ слѣдующія цифры:

Arum maculatum:

Околоцвѣтникъ поглотилъ въ 24 часа объемъ кислорода, превосходившій собственный объемъ въ	5 разъ.
Булавовидная часть початка	30 „
Отрѣзокъ съ тычинковыми и пестичными цвѣтами.	132 „

Arum Dracunculul:

Околоцвѣтникъ.	$\frac{1}{2}$ „
Булавовидная часть початка	26 „

1) *Vrolik et Vriese. Ann. d. Sc. Nat. S. 2. t. 5; p. 142; S. 2. t. 11; p. 27; S. 2. t. 14; p. 359.*
 2) *Saussure. Ann. d. Jc. Nat. S. T. 21; 285. (1822).*

Отрѣзокъ съ тычинковыми цвѣтами	35 разъ.
Отрѣзокъ съ пестичными цвѣтами	10 „

Особенно рѣзкое различіе въ напряженіи дыханія обнаружили различныя части початка *Arum maculatum*. Гораздо меньшая разница оказалась въ початкѣ *Arum Dracunculus*. Въ обоихъ, наиболѣе сильное дыханіе обнаружилось въ отрѣзкѣ съ тычинковыми цвѣтами; наиболѣе высокая температура оказалась въ булавовидной вершинѣ початка. Съ перваго взгляда можетъ показаться страннымъ отсутствіе совпаденія максимума поглощенія кислорода съ максимумомъ нагрѣванія; этотъ фактъ становится понятнымъ, если имѣть въ виду, что степень нагрѣванія органа не можетъ служить мѣриломъ образованной тепловой энергіи, даже въ томъ случаѣ, если она не превращалась бы въ энергію другаго рода и не производила работы. Приложенный къ початку термометръ или вложенная въ него термоэлектрическая игла укажетъ намъ только на разность между тепловой энергіей, образованной и теряемой чрезъ лучеиспусканіе и испареніе воды. Изъ сравненія нагрѣванія различныхъ частей растенія въ опытахъ Соссюра, нельзя поэтому заключать о количествѣ образуемой ими тепловой энергіи. Въ самомъ дѣлѣ, въ данномъ случаѣ, малая сравнительно съ объемомъ поверхность булавовиднаго конца початка, сравнительно съ частями, покрытыми цвѣтами, несомнѣнно является причиною болѣе возвышенной температуры его, не смотря на сравнительно слабое поглощеніе имъ кислорода.

Значительное нагрѣваніе удастся наблюдать при прорастаніи сѣмянъ; для этой цѣли наполняютъ сѣменами, предварительно смоченными водою, деревянный ящикъ, обшитый войлокомъ, для устраненія потери тепла чрезъ лучеиспусканіе, и всаживаютъ среди сѣмянъ термометръ.

Термометръ, погруженный въ кучу сѣмянъ *Zea Mays*, обнаружилъ въ опытахъ Гёперта¹⁾ температуру на 6°—7° R., превосходящую температуру воздуха; сѣмена *Avena sativa* нагрѣлись на 9°—10° R. выше окружающей среды; сѣмена *Trifolium* на 14° R., сѣмена *Brassica Napus* на 17° R. Подобныя опыты надъ скученными сѣменами нельзя продолжать долгое время, потому что уже чрезъ 3 или 4 дня они обнаруживаютъ признаки загниванія и начинаютъ разлагаться. Въ виду того, что гніеніе сѣмянъ тоже сопровождается весьма значительнымъ освобожденіемъ тепла, необходимо обращать особенное вниманіе на состояніе сѣмянъ, и только такіе опыты считать доказательными, въ которыхъ сѣмена въ концѣ опыта оказываются совершенно свѣжими.

Опредѣленій температуры почекъ и листоносныхъ побѣговъ произведено очень мало. Гёпертъ²⁾ нашелъ замѣтное повышеніе ртути въ термометрѣ, шарикъ котораго былъ окруженъ пучкомъ связанныхъ побѣговъ; термометръ погруженный въ проросшій овесъ въ 3 дюйма длины, поднимался до 16,6°—18,4° R.

1) Göppert. Wärmeentwicklung i. d. Pflanzen. 1832 и Wiesner Landw. Vers. B. 15, p. 135, (1872).

2) Göppert. Ueb. d. Wärmeentwicklung in. d. Pflanzen. 1830; сочиненіе это содержитъ чрезвычайно полный сводъ предшествующихъ работъ по этому предмету; въ немъ Гёпертъ отрицаетъ развитіе тепла растеніями; въ самонагрѣваніи растеній, онъ убѣдился въ послѣдствіи и изложилъ новый взглядъ на эти явленія въ сочиненіи: Ueb. d. Wärmeentwicklung i. d. lebenden Pflanzen. 1832. (Wien); изъ этого сочиненія заимствованы приведенныя мною наблюденія.

между тѣмъ какъ въ воздухѣ термометръ показывалъ $15,1^{\circ}$ — $15,6^{\circ}$ R.; среди стеблей *Zea Mays*, *Cyperus esculentus* и цвѣтущихъ стеблей *Hyoscyamus niger* обнаружилось повышеніе температуры на $1,4^{\circ}$ — $1,8^{\circ}$ R.

Температура вѣтвей и стволовъ, напротивъ того, составляла предметъ неоднократныхъ изслѣдованій, съ цѣлью узнать могутъ ли растенія, подобно животнымъ, поддерживать внутри себя опредѣленную температуру, отличную отъ окружающей среды. Первые наблюденія говорили въ пользу этого предположенія; послѣдующія же болѣе точныя розысканія Шюблера ¹⁾ привели къ заключенію діаметрально противоположному. Различія температуры ствола и вѣтвей съ одной стороны, и воздуха съ другой, оказались обусловленными, главнымъ образомъ, дурною теплопроводностью древесины и коры. Для изслѣдованія температуры растенія, закрѣпляли чувствительные термометры въ вырѣзанныя въ этихъ частяхъ, въ горизонтальномъ направленіи, углубленія. Бекерель опредѣлялъ, кромѣ того, температуру растеній посредствомъ термоэлектрическаго прибора, погружая одну иглу въ живое растеніе, а другую въ отмершее.

Изъ позднѣйшихъ работъ надъ температурой стволовъ и вѣтвей заслуживаютъ вниманія слѣдующія:

Becquerel. C. R. T. 47 (1858); 717 и 50; 136 (1860).

Krutzsch. Chem. Ackersmann 1858; 151.

Въ тѣсной связи съ дыханіемъ растеній находится свѣченіе или фосфоресценція живыхъ растительныхъ организмовъ, совершенно аналогичная свѣченію животныхъ; до сихъ поръ, изъ всѣхъ растеній, ее удалось наблюдать только на нѣкоторыхъ грибахъ и бактеріяхъ.

Между грибами, яркимъ свѣченіемъ отличаются нѣкоторые изъ шапочныхъ грибовъ рода *Agaricus*, именно виды *A. olearius*, *A. noctilucens* и *A. Gardneri*. Обстоятельнѣе всего изслѣдовано свѣченіе *A. olearius*; грибокъ этотъ, золотисто-желтаго цвѣта появляется вблизи оливковыхъ деревьевъ въ октябрѣ и ноябрѣ; изученіемъ свѣченія его занимались Делиль ²⁾, Фабръ ³⁾ и Тюланъ ⁴⁾. Свѣченіе исходитъ преимущественно изъ нижней поверхности шапки (гименіального слоя), за исключеніемъ однако споръ; оно дѣлается замѣтнымъ на молодыхъ экземплярахъ и продолжается непрерывно, вплоть до отмиранія гриба. Свѣченіе достигаетъ иногда такой силы, что удается (Пфефферъ) различать свѣтящіеся предметы на разстояніи 1000 шаговъ. Гарднеръ могъ читать при свѣтѣ, исходящемъ отъ нѣсколькихъ экземпляровъ *Agaricus Gardneri* ⁵⁾.

Свѣченіе въ темнотѣ кусковъ гнилаго дерева, разлагающихся морскихъ рыбъ, гниющаго мяса и труповъ уже давно было извѣстно; до послѣдняго времени предполагали, что свѣтъ исходитъ отъ самаго субстрата, и разсматривали фосфоресценцію какъ явленіе, свойственное тѣламъ отмершимъ. Между тѣмъ точныя микроскопическія изслѣдованія показали, что свѣтитъ не субстратъ, а микроскопическіе живые организмы, развившіеся на его поверхности и принадлежащіе частью

1) Schübler. Beobacht. üb. d. Temperatur d. Vegetabilien. Inaug. Dissert. 1836.

2) Raffenau-Deile-Guillemain. Arch. Bot. 2; 513. (1833).

3) Fabre. Ann. d. Sc. Nat. S. 4. t. 4; 179 (1855).

4) Tulasne. Ann. d. Sc. Nat. S. 3. t. 9; 341 (1848).

5) Gardner-Hooker. Journ. Botany 2; 426 (1840).

къ грибамъ, частью къ бактеріямъ. Изслѣдуя свѣтящіеся корни ели, Лудвигъ ¹⁾ нашелъ ихъ покрытыми мицеліемъ *Rhizomorpha*. Свѣтящіеся мѣста корней соотвѣтствовали въ точности мѣстамъ, занятымъ этимъ мицеліемъ; мицелій, по снятіи съ корня, продолжалъ свѣтиться, между тѣмъ какъ, освобожденная отъ него, поверхность корня оставалась темною. Свѣтъ, исходящій изъ *Rhizomorpha* былъ на столько силенъ, что былъ ясно замѣтенъ на разстояніи трехъ метровъ. По наблюденіямъ Пфлюгера ²⁾ свѣченіе гнилаго дерева обусловливается иногда бактеріями. Ихъ же нашелъ онъ свѣтящимися на поверхности разлагающейся рыбы; онъ, по его указаніямъ, могутъ обусловливать свѣченіе морской воды. Относительно организмовъ, вызывающихъ свѣченіе мяса, мнѣ не удалось отыскать точныхъ данныхъ; между тѣмъ это явленіе, по Брюке ³⁾, встрѣчается не рѣдко въ мясныхъ лавкахъ, но не разглашается продавцами, изъ опасенія навлечь, чрезъ это, себѣ непріятности. Подобное же свѣченіе случалось наблюдать на трупахъ въ анатомическихъ театрахъ и удавалось даже вызывать фосфоресценцію въ другомъ трупѣ, приводя его въ прикосновеніе съ трупомъ уже свѣтящимся.

Свѣченіе, во всѣхъ этихъ случаяхъ, оказалось тѣсно связаннымъ съ жизненными отправленіями растений; оно проявлялось лишь между извѣстными предѣльными температурами и только въ присутствіи кислорода. *Agaricus olearius* начиналъ обнаруживать свѣченіе при 3° Ц. выше нуля, при 8°—10° Ц. оно достигало максимума и, при дальнѣйшемъ повышеніи температуры, не дѣлалось болѣе яркимъ; при нагрѣваніи гриба до 50° Ц., оно совершенно прекращалось. По наблюденіямъ Лудвига, свѣченіе *Rhizomorpha* появлялось при 4,5° Ц. и затѣмъ постепенно возрастало до 25°—30° Ц.; при этихъ температурахъ достигало максимума, а при дальнѣйшемъ нагрѣваніи гриба постепенно слабѣло; при 45° Ц. исчезало, появляясь вновь при охлажденіи; отъ нагрѣванія до 50° Ц. пропадало безвозвратно.

Зависимость свѣченія отъ присутствія кислорода наблюдалъ Фабръ надъ *Agaricus olearius*; при замѣнѣ воздуха азотомъ, водородомъ или углекислотой, свѣченіе прекращалось, также и въ прокипяченной водѣ; въ водѣ же, содержащей въ растворѣ воздухъ, грибокъ продолжалъ свѣтиться какъ въ воздухѣ, пока въ водѣ оставалось достаточное количество кислорода.

Бруме ⁴⁾ нашелъ свѣтящійся грибокъ въ Вестъ-Индіи на листьяхъ *Spermatocose*; Берклей опредѣлилъ грибокъ этотъ за *Didymium*.

Указанія на свѣченіе высихшихъ растений весьма сомнительны. Сюда относятся: наблюденія Сенебье, надъ свѣченіемъ початка *Arum maculatum* въ атмосферѣ кислорода, не подтвержденное однако другими изслѣдователями; указанія на свѣченіе нѣкоторыхъ цвѣтотъ (*Tropaeolum majus*, *Oenothera*), листьевъ (*Phytolacca*) и водоросли *Oscillatoria* ⁵⁾.

Явленія фосфоресценціи интересны еще въ томъ отношеніи, что они представляютъ рѣдкій случай окисленія при обыкновенной температурѣ, сопровождаемый

1) Ludwig. Ueb. d. Phosphorescenz d. Pilze u. d. Holzes. Jnangur. Dissert. Hildburghausen. 1874.

2) Pflüger. Arch. f. ges. Physiol. 9; 223 (1875) (Just. Jahresb. 1876; 261).

3) Брюке. Физиология 1; 63 (русск. переводъ).

4) Broome. Lin. Soc. 20 Nov. 1874; (Just. Jahresb. 1874; 214).

5) Fries Flora 1859; p. 178, Meyen. Physiol. 2; 200 (1838) и Pfeffer. Physiol. 2; 418 (1881).

выдѣленіемъ свѣтовой энергіи. Спектроскопическое изслѣдованіе свѣта, издаваемого *Rhizomorpha*, обнаружило преобладаніе въ немъ болѣе преломляемыхъ лучей, начиная съ голубыхъ. Лудвигу удалось открыть нѣсколько линій поглощенія въ свѣтлоголубыхъ лучахъ и широкую абсорбционную полосу въ ультрафіолетовой части спектра.

Составъ свѣта, въ разныхъ фосфоресцирующихъ растеніяхъ, по всему вѣроятію, весьма различенъ; онъ обнаруживаетъ различную окраску: такъ напр. *Agaricus Gardneri* свѣтится зеленоватымъ, *Agaricus igneus* синимъ свѣтомъ.

Если подвести итогъ длинному ряду вышеизложенныхъ, въ этомъ отдѣлѣ, изслѣдованій, то въ результатѣ окажется приблизительно слѣдующее:

1) Построеніе организованныхъ образованій (клетокъ, тканей, органовъ) происходитъ въ растеніяхъ всегда на счетъ органическихъ соединеній, заранее заготавливаемыхъ. Необходимый для построенія тѣла растенія пластическій матеріалъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, является уже отложеннымъ вполнѣ въ періодъ, предшествующій его потребленію (въ сѣменахъ, луковицахъ), иногда онъ вырабатывается растеніемъ одновременно съ заложеніемъ новыхъ органовъ и переносится, по растенію, изъ мѣстъ, гдѣ онъ образуется, въ нарастающія части (при разрастаніи цвѣтовъ, плодовъ, стволотъ и корней), или наконецъ заимствуется растеніемъ непосредственно изъ окружающей среды (при питаніи грибовъ).

2) Построеніе организованныхъ образованій, повидимому, производится одинаковымъ образомъ, совершенно независимо отъ способа приготовленія пластическаго матеріала и источника, изъ котораго онъ берется.

3) Главную массу пластическаго матеріала составляютъ бѣлковыя тѣла, жиры и углеводы; до нѣкоторой степени уже удалось прослѣдить химическія метаморфозы, которымъ они подвергаются при построеніи изъ нихъ организованныхъ образованій; особенно интересныя данныя получились относительно ближайшихъ продуктовъ распадешя бѣловыхъ тѣлъ, между которыми наиболѣе существеннымъ оказался аспарагинъ. Любопытныя, хотя, къ сожалѣнію, еще весьма отрывочныя свѣдѣнія представляютъ также наблюденія надъ участіемъ аморфныхъ ферментовъ въ раствореніи запаснаго матеріала.

4) Далеко не весь запасъ отлагаемыхъ органическихъ соединеній превращается, какъ мы видѣли, въ ткани нарастающихъ частей растенія: значительная часть его (углеводы) сжигается внутри растенія и теряется безвозвратно.

5) Затрата эта оказывается необходимою для растенія; чрезъ сжиганіе части пищи развивается внутри растенія тепловая энергія, безъ которой немислимо проявленіе жизненныхъ отправленияхъ; смотря по условіямъ, въ которыхъ растеніе находится, освобождается тепловая энергія тратится вся безъ остатка или только частью; въ этомъ послѣднемъ случаѣ, излишекъ ея можетъ быть обнаруженъ посредствомъ термометра или термо-электрическаго прибора (нагрѣваніе початка *Arum*).

6) Самонагрѣваніе растенія является слѣдствіемъ усиленнаго дыханія растеній; подобно животнымъ они поглощаютъ, при переработкѣ органическихъ соединеній въ организованныя образованія, кислородъ, выдѣляютъ углекислоту и освобождаютъ тепловую энергію.

7) Кромѣ *нормальнаго* дыханія, происходящаго только въ присутствіи кислорода, отличаютъ *внутреннее* или *интрамолекулярное*; послѣднее обнаружи-

вается въ отсутствіи кислорода и проявляется въ расщепленіи молекулъ глюкозы на углекислоту, которая выдѣляется въ окружающую атмосферу, и спиртъ, накапливающейся иногда въ значительномъ количествѣ внутри растенія. Въ какомъ отношеніи находятся между собою нормальное и интрамолекулярное дыханіе выяснитъ въ точности еще не удалось, извѣстно только, что нормальное дыханіе служитъ стимуломъ главнѣйшихъ жизненныхъ отправленій растенія, между тѣмъ какъ, въ отсутствіи кислорода, не смотря на дыханіе интрамолекулярное, растеніе въ скоромъ времени отмираетъ.

8) Въ нѣкоторыхъ, сравнительно весьма рѣдкихъ случаяхъ, при процессахъ окисленія образуется, помимо тепловой энергіи, свѣтовая, въ слѣдствіе чего растенія свѣтятся въ темнотѣ; фосфоресценцію удалось до настоящаго времени наблюдать несомнѣнно только у нѣкоторыхъ грибовъ (*Agaricus*) и бактерій

III. ОБМѢНЪ ГАЗООБРАЗНЫХЪ, ЖИДКИХЪ И ТВЕРДЫХЪ ТѢЛЪ МЕЖДУ РАСТЕНІЯМИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ И ПЕРЕДВИЖЕНІЕ ИХЪ ПО РАСТЕНІЮ.

1. Обмѣнъ веществъ между растеніями и окружающей средой

А. Обмѣнъ веществъ между голою плазмой и окружающей средой. Простѣйшій случай принятія пищи и обмѣна веществъ съ окружающей средой представляютъ низшіе организмы, построенные изъ плазмы, безъ оболочки; они непосредственно обвалакиваютъ тѣла, служащія пищей, измѣняютъ ихъ внутри себя, часть ихъ потребляютъ на построеніе своего тѣла, а непригодные для питанія остатки извергаютъ къ наружи чрезъ разрывы плазмы. Такимъ образомъ питаются мотыльки, амѣбы и плазмодіи миксомицетовъ.

О питаніи протистовъ смотри *Haeckel: Monographie d. Moneren* (1868).

Б. Обмѣнъ веществъ клѣтки, снабженной оболочкой, съ окружающей средой.

Во всѣхъ остальныхъ растеніяхъ плазма, во все время питанія, является окруженной сплошною оболочкою безъ отверстій, такъ что въ плазму могутъ проникать, изъ окружающей среды, только тѣла, способныя пройти сквозь оболочку; именно: газы, жидкости, смачивающія оболочку, а изъ твердыхъ тѣлъ только тѣя, которыя растворимы въ водѣ, или могутъ быть переведены въ растворъ при посредствѣ выдѣленій клѣтокъ. Этому положенію не противорѣчатъ наблюденія надъ зооспорами водорослей и нѣкоторыхъ грибовъ. Движеніе зооспоръ продолжается не долго, обыкновенно нѣсколько только часовъ, и за это время вовсе не наблюдается прироста и усвоиванія пищи извнѣ. По окончаніи движенія, зооспора представляетъ размѣры, одинаковыя съ тѣми, которые она имѣла въ самый моментъ выходженія изъ оболочки. Только послѣ перехода въ неподвижное состояніе она облекается оболочкою и начинаетъ расти; съ этого времени содержимое не покидаетъ оболочки, до окончательнаго разрастанія.

Долгое время приписывали оболочкѣ первенствующую роль въ питаніи клѣтки. Установленію этого взгляда много содѣйствовало сдѣланное Дютроше открытіе діосмоза чрезъ перепонку; онъ первый показалъ, что, если разъединить колло-

идальной перепонкой двѣ жидкости, способныя смѣшиваться между собою, и установить ихъ на одинаковомъ уровнѣ, то, по прошествіи нѣкотораго времени, равенство уровней окажется нарушеннымъ; по одну сторону перепонки уровень жидкости поднимается, по другую понижается на соответственную величину.

Діосмотическія явленія весьма удобно наблюдаются при посредствѣ діосмометра Дютроше. Приборъ этотъ состоитъ изъ узкой стеклянной трубки, расширенной въ нижней части въ плоскій сквозной стеклянный сосудъ; нижній край сосуда снабженъ выступомъ. На широкое отверстіе его натягивается перепонка, предназначенная для діосмотическихъ опытовъ; выступающіе края перепонки, по возможности крѣпко, привязываются къ сосуду ниткою, повыше ободка. Перепонку предварительно смачиваютъ и натягиваютъ ее еще влажною. Убѣдившись, что она не имѣетъ отверстій и крѣпко привязана, вливаютъ въ затянутый ею сосудъ одну изъ жидкостей, при посредствѣ длинной воронки; другую жидкость помѣщаютъ въ цилиндрической стеклянный сосудъ, въ который опускаютъ эндосмометръ на столько, чтобы уровень жидкостей въ обоихъ сосудахъ былъ одинаковый. Эндосмометръ удерживается на этой высотѣ посредствомъ статива. Вліяніе перепонки, на смѣшиваніе жидкостей, весьма наглядно выясняется посредствомъ слѣдующихъ опытовъ: если затянуть эндосмометръ пергаментной бумагой, или бычачьимъ пузыремъ и налить въ эндосмометръ спирта, а во внѣшній сосудъ воды, то внутри эндосмометра обнаружится поднятіе уровня жидкости. Если наоборотъ, въ эндосмометръ ввести воду, а во внѣшній сосудъ спиртъ, то уровень жидкости въ эндосмометрѣ понизится, а въ наружномъ повысится. Оба опыта указываютъ на то, что чрезъ перепонку происходитъ обмѣнъ жидкостей, и что въ данномъ случаѣ вода проникаетъ въ болѣеишемъ количествѣ чрезъ перепонку, чѣмъ спиртъ; въ слѣдствіе этого происходитъ поднятіе уровня жидкости въ сосудѣ, въ который былъ направленъ токъ воды.

Направленіе осмотическаго тока зависитъ однако не только отъ состава жидкостей, но и отъ свойствъ употребленной перепонки. Вліяніе перепонки на характеръ обмѣна жидкостей удается обнаружить, наблюдая одновременно два эндосмометра, изъ которыхъ одинъ затянута пергаментною бумагою, а другой пластинкой каучука. Если, въ оба эндосмометра, влить спирта и опустить оба въ воду, то въ первомъ мы замѣтимъ, по прошествіи нѣкотораго времени, поднятіе уровня жидкости, между тѣмъ какъ во второмъ онъ будетъ понижаться; при наполненіи эндосмометровъ водою и погруженіи въ спиртъ, обнаружатся измѣненія, въ уровнѣ жидкостей, діаметрально противоположныя. Явленія эти объясняются различіемъ проницаемости перепонки для каждой изъ разъединяемыхъ жидкостей.

Весьма любопытныя разысканія надъ діосмосомъ произведены Грэмомъ. Особенно интересна обнаруженная имъ зависимость между свойствами испытываемаго соединенія и прохожденіемъ чрезъ коллоидальныя перепонки (пергаментную бумагу и бычачій пузырь). Грэмъ нашель, что, для цѣлаго ряда соединеній, онѣ представляютъ почти непроницаемую преграду; пропуская легко тѣла кристаллическія, перепонки эти задерживаютъ почти совершенно растворы коллоидальныхъ тѣлъ, напимѣръ бѣлка, клея и др. Различіе это оказалось столь рѣзкимъ, что Грэмъ воспользовался имъ для разъединенія смѣси тѣлъ коллоидальныхъ и кристаллическихъ. Растворъ подобной смѣси наливаютъ въ кольцо изъ гуттаперчи, затянутае визу перепонкою, въ приборъ, называемый *диализаторомъ*, и погру-

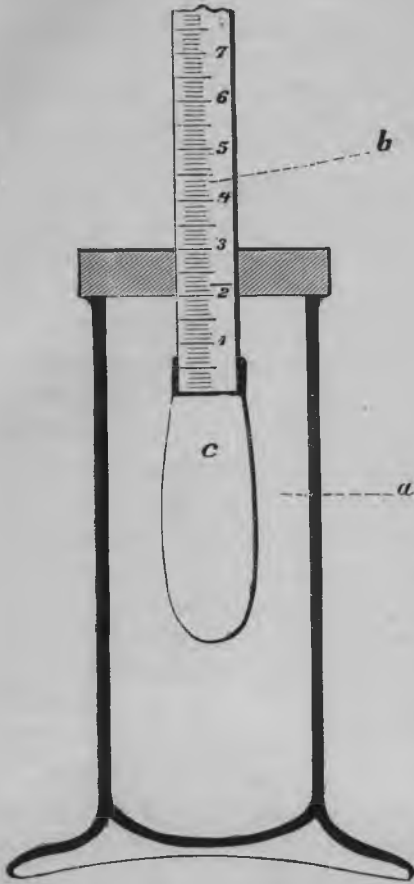
жаютъ его нижнимъ краемъ въ большой сосудъ съ дистиллированную воду; кристаллическія тѣла быстро переходятъ во внѣшній сосудъ, между тѣмъ какъ коллоидальныя остаются въ діализаторѣ; этимъ способомъ удается иногда достигнуть полного разъединенія этихъ двухъ группъ тѣлъ, если только возобновлять жидкость во внѣшнемъ сосудѣ. *Диализомъ* пользуются, въ настоящее время, въ сахароварняхъ, для очищенія сахара отъ патоки; этимъ же приѣмомъ Вюрцъ приготавливалъ, изъ бѣлка куриного яйца, альбуминъ совершенно свободный отъ минеральныхъ примѣсей.

Объ вышеназванныя перепонки на столько однако отличаются, по своему строенію, отъ оболочки растительныхъ клѣтокъ, что изъ результата діосмотическихъ опытовъ надъ ними нельзя еще сдѣлать опредѣленныхъ выводовъ касательно перепонки растительныхъ клѣтокъ; одно изъ главныхъ отличій заключается въ томъ, что пергаментъ и бычачій пузырь, кромѣ интрамолекулярныхъ поръ, представляютъ, между фибрами, щели и промежутки, которыхъ нѣтъ въ оболочкѣ растительныхъ клѣтокъ. Попытки отыскать перепонку болѣе подходящую къ оболочкѣ растительной клѣтки, еще не увѣнчались успѣхомъ. По предложенію Шумахера¹⁾ употребляютъ, для діосмотическихъ опытовъ, мѣшечки изъ пироксилина, легко приготавливаемые изъ коллодіума. Для полученія мѣшечка, наливаютъ густой коллодіумъ въ пробирку и затѣмъ осторожно сливаютъ; на стѣнкахъ пробирки остается слой густаго раствора, который засыхаетъ въ сплошную перепонку. Если медленно вращать пробирку, до застыванія жидкости, то получается, на внутренней стѣнкѣ трубочки, слой пироксилина совершенно равномерный; повтореніемъ этой операціи можно приготовить перепонку желаемой толщины. Верхній край мѣшечка отдѣляютъ отъ стекла и прилѣпляютъ къ нему, посредствомъ коллодіума, конецъ сквозной стеклянной трубочки, раздѣленной на части опредѣленнаго объема. Мѣшечку не даютъ вполне высохнуть въ пробиркѣ, и какъ только стеклянная трубочка оказывается приставшею къ краю мѣшечка, немедленно отдираютъ его отъ пробирки и переносятъ въ воду, въ которой оставляютъ приборикъ до тѣхъ поръ, пока онъ не потеряетъ спиртоваго запаха. Мѣшечекъ съ трубочкою (рис. 36 на стр. 228) наполняютъ, до извѣстной черты, одною изъ испытываемыхъ жидкостей, погружаютъ въ сосудъ съ другою жидкостью и наблюдаютъ, чтобы, во все время опыта, уровень жидкостей, въ обоихъ сосудахъ, былъ одинаковый. Дѣленія трубочки, соответствующія уровню жидкости, въ началѣ и въ концѣ опыта, указываютъ на измѣненія объема жидкости въ эндосмометрѣ.

Приборикъ этотъ весьма удобенъ для демонстраціи діосмотическихъ опытовъ на лекціи. Различное прохожденіе черезъ перепонку коллоидальныхъ и кристаллическихъ тѣлъ выступаетъ весьма рѣзко, если въ наружный сосудъ налить растворъ двухлористаго желѣза, а въ мѣшечекъ — растворъ танина, которые, при непосредственномъ смѣшиваніи, образуютъ чернила. Танинъ, тѣло коллоидальное, задерживается въ мѣшечкѣ; двухлористое желѣзо проникаетъ въ полость мѣшечка и образуетъ съ таниномъ чернила, просвѣчивающія черезъ стѣнку мѣшечка; содержимое мѣшечка дѣлается совершенно чернымъ, между тѣмъ какъ обрѣзающая жидкость остается прозрачною.

1) *Schumacher*. Die Diffusion in ihrer Beziehung z. Pflanze. 1861, p. 29.

Рис. 36



ная оболочка дубильнокислой желатины; оболочка эта постепенно растет, сохраняя стекловидную консистенцию; промежуток между вею и центральной, нерастворенною еще массою желатины, занят прозрачною жидкостью, составленною изъ раствора дубильной кислоты въ избыткѣ желатины.

Разрастаніе перепонки дубильнокислой желатины представляется особенно интереснымъ, такъ какъ оно происходитъ, подобно росту оболочки растительной клѣтки, безъ разрывовъ, чрезъ вставку новыхъ частицъ въ промежутки между старыми. Ростъ оболочки происходитъ по всему вѣроятію слѣдующимъ образомъ: въ нарастающемъ шарикѣ дубильнокислой желатины, какъ въ живой растительной клѣткѣ, содержится сильный эндосмотическій токъ воды; набирающаяся подъ оболочку жидкость давитъ на оболочку и растягиваетъ ее, увеличивая интрамолекулярные промежутки между ея частицами. Какъ только промежутки между ея частицами, увеличиваются на столько, что въ нихъ можетъ помѣститься молекула вещества, изъ котораго построена стѣнка, происходитъ вставка новыхъ частицъ между старыми; при этомъ способѣ разрастанія, оболочка растетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ она тоньше; при неравнобѣрной толщинѣ, вставка новыхъ частицъ происходитъ преимущественно въ мѣстахъ наиболѣе тонкихъ, гдѣ частицы оболочки легче остальныхъ раздвигаются подъ давленіемъ содержимаго. Наблюденія надъ разрастаніемъ оболочки дубильнокислой желатины вполне согласуются съ этимъ представленіемъ.

Діосмотическіе опыты съ мѣшечкомъ изъ пироксилина удобны еще и потому, что приборъ можетъ сохраняться, безъ измѣненія, въ продолженіи нѣсколькихъ недѣль, если только его держать въ водѣ.

Особенное вниманіе обратили на себя, въ послѣднее время, осадочныя перепонки, открытыя Траубе ¹⁾, такъ какъ онѣ оказались весьма сходными съ оболочкой растительной клѣтки, не только по строенію, но и по способу нарастанія; въ діосмотическихъ же свойствахъ обнаружилась между ними весьма значительная разница; ихъ приравниваютъ, какъ увидимъ ниже, въ этомъ отношеніи, поверхностному слою периферической плазмы клѣтки.

Наиболѣе интересно представляется осадочная перепонка, образуемая на кускѣ твердой желатины, при погруженіи ея въ растворъ дубильной кислоты. Для ея полученія, Траубе предписываетъ подвергнуть обыкновенную желатину кипяченію съ водою, въ продолженіи 30 часовъ; затѣмъ растворъ выпариваютъ до густоты сиропа и вынимаютъ каплю жидкости концомъ стеклянной палочки, которая должна быть предварительно тщательно вымыта и прокалена. Палочку, съ каплей густой желатины, медленно вращаютъ, до окончательнаго затвердѣнія желатины, чтобы получить ее въ формѣ, по возможности правильной. Спустя нѣсколько часовъ, когда капля уже вполне высохла, ее погружаютъ въ двухпроцентный растворъ дубильной кислоты. При удачномъ ходѣ опыта, на поверхности желатины, немедленно появляется прозрачная

1) Traube. Bot. Zeit. 1875, p. 57; его же подробная статья помѣщена въ Archiv v. Reichart u. Du Bois Reymond. 1867.

См. также Cohn. Bot. Zeit. 1876, p. 697.

Осадочная перепонка дубильнокислой желатины получается, по Траубе, еще лучше, если вмѣсто прокипяченной желатины взять смѣсь изъ: 5 частей желатины, лишенной предварительнымъ кипяченіемъ способности застывать въ студень, 1 части обыкновенной желатины, 5 частей тростниковаго сахара и $\frac{1}{30}$ части мѣднаго купороса, и погрузить, вполнѣ высохшую каплю этой смѣси въ $2\frac{0}{10}$ — $2\frac{1}{2}\frac{0}{10}$ растворъ дубильной кислоты.

Изъ большаго числа осадочныхъ перепонокъ я упомяну здѣсь, въ видѣ примѣра, о перепонкахъ желѣзистосинеродистой мѣди и кремнекислаго желѣза. Для полученія первой изъ нихъ, достаточно бросить кусочекъ хлористой мѣди въ растворъ желѣзистосинеродистаго калия; кусочекъ хлористой мѣди немедленно покрывается, по всей свободной поверхности, тоненькою, прозрачною оболочкою желѣзистосинеродистой мѣди; оболочка эта быстро разрастается въ большой мѣшокъ, достигающій не рѣдко поверхности жидкости; ростъ ея происходитъ безъ разрывовъ, чрезъ вставку новыхъ частицъ между старыми; на маленькихъ кусочкахъ хлористой мѣди удается наблюдать образованіе и ростъ этой оболочки подъ микроскопомъ. Оболочка кремнекислаго желѣза образуется столь же легко, если въ растворъ фуксова стекла (кремнекислаго натрія) бросить кусокъ двухлористаго желѣза; на поверхности его появляется оболочка, которая быстро вырастаетъ къверху въ длинныя нитевидныя и полые внутри отрости.

Осадочныя перепонки не представляютъ отверстій, кромѣ интрамолекулярныхъ поръ, въ слѣдствіе чего діосмотическія качества перепонки вполнѣ зависятъ отъ размѣра промежутковъ между ея частицами. Промежутки эти во всѣхъ осадочныхъ перепонкахъ оказались гораздо меньшими, чѣмъ въ вышеприведенныхъ коллоидальныхъ перепонкахъ, такъ какъ послѣднія не только задерживаютъ растворы коллоидальныхъ соединеній, но и многихъ тѣлъ кристаллическихъ, частицы которыхъ, по всему вѣроятію, превосходятъ размѣры интрамолекулярныхъ поръ оболочки.

Примѣромъ можетъ служить перепонка желѣзистосинеродистой мѣди, непроницаемая для раствора сахара. Не менѣе характерную особенность осадочныхъ перепонокъ составляетъ, по изслѣдованіямъ Пфеффера ¹⁾, сильное эндосмотическое давленіе, которое онѣ вызываютъ въ присутствіи нѣкоторыхъ кристаллическихъ тѣлъ. Въ прилагаемой табличкѣ приведены въ сантиметрахъ высоты поднятія ртути въ манометрѣ, находившемся въ соединеніи съ сосудомъ, который доверху наполненъ былъ изслѣдуемымъ растворомъ и замкнутъ одною изъ вышепоименованныхъ перепонокъ. Для опытовъ съ осадочною перепонкою изъ желѣзистосинеродистой мѣди оказалось необходимымъ, въ виду чрезвычайно малой ея прочности, поддерживать ее постороннимъ тѣломъ. Пфефферъ ²⁾ воспользовался для этой цѣли пористыми глиняными сосудами; наполнивъ сосудъ растворомъ мѣднаго купороса, онъ погружалъ его въ растворъ желѣзистосинеродистаго калия; перепонка желѣзистосинеродистой мѣди получалась, при этомъ, внутри стѣнки глинянаго сосуда.

По мѣрѣ увеличенія объема, жидкость въ сосудѣ съ одной стороны давила на ртуть манометра и вызывала ея поднятіе въ открытомъ колѣнѣ манометра, съ другой же оказывала давленіе на перепонку и частью проникала, чрезъ нее,

1) Pfeffer. Osmotische Untersuchungen. 1877.

2) Pfeffer l. c.

къ наружи. Чѣмъ сильнѣе былъ эндосмотическій токъ и чѣмъ больше препятствія оказывала оболочка прохожденію, къ наружи, раствора, заключеннаго въ сосудѣ, тѣмъ значительнѣе было поднятіе ртути въ манометрѣ.

ВЫСОТА РТУТИ ВЪ МАНОМЕТРАХЪ.

	Пергаментная бумага.	Перепонка пузыря.	Перепонка изъ $\text{Cu}_2 \text{Fe Cu}_6$
Гумми-арабикумъ.....	17,9 сант.	13,2 сант.	25,9 сант.
Желатина.....	21,3 »	15,4 »	23,7 »
Тростниковый сахаръ.....	29,0 »	14,5 »	287,7 »
Селитра.....	20,4 »	8,9 »	700,0 »

Изъ этой таблички ясно, что въ сосудѣ, замкнутомъ осадочною перепонкою, нѣкоторыя изъ кристаллическихъ тѣлъ (сахаръ, и въ особенности селитра) способны вызывать эндосмотическое давленіе въ 35—70 разъ бѣльшее, чѣмъ съ пергаментной бумагой или перепонкой изъ пузыря.

Къ этимъ послѣднимъ, какъ мы видѣли, всего больше, по эндосмотическимъ свойствамъ, приближается оболочка растительной клѣтки; по этому, при ея посредствѣ, нельзя ожидать появленія высокаго эндосмотическаго давленія въ живой клѣткѣ. Тѣмъ не менѣе мы имѣемъ основаніе предполагать, что давленіе, оказываемое клѣточнымъ сокомъ на периферическую плазму и оболочку, можетъ быть по временамъ весьма значительно. При пораненіи и перерѣзываніи живой клѣтки, содержимое выдавливается иногда съ большою силою. Въ виду этихъ фактовъ и нѣкоторыхъ другихъ соображеній, Пфефферъ принимаетъ въ живой клѣткѣ, кромѣ оболочки, существованіе еще двухъ осадочныхъ перепонокъ на периферической плазмѣ, изъ которыхъ одна выстилаетъ плазму непрерывнымъ слоемъ съ наружной стороны и непосредственно прилегаетъ къ оболочкѣ клѣтки, а другая—съ внутренней и отдѣляетъ ее отъ полости, наполненной клѣточнымъ сокомъ; обѣ эти осадочныя перепонки Пфефферъ обозначаетъ названіемъ гіало-плазмы.

Присутствіе подобныхъ же перепонокъ Пфефферъ ¹⁾ допускаетъ на поверхности зеренъ хлорофилла, на ядрѣ и нѣкоторыхъ другихъ обособленныхъ отложеніяхъ, встрѣчаемыхъ внутри клѣтки.

Этимъ перепонкамъ онъ приписываетъ свойства сходныя съ осадочными перепонками, хотя и признаетъ невозможнымъ заключать о прохожденіи различныхъ соединеній чрезъ оболочки плазмы, на основаніи опытовъ надъ оболочкой изъ желѣзистосинеродистой мѣди или дубильнокислой желатины. Присутствіемъ подобныхъ перепонокъ Пфефферъ объясняетъ различіе діосмотическихъ свойствъ плазмы и целлюлезной оболочки, по отношенію къ нѣкоторымъ соединеніямъ, ко-

1) *Pfeffer* l. c. 1, p. 34.

торыя легко пропускаются оболочкою, но не проникаютъ въ живую плазму. Отличнымъ примѣромъ могутъ служить клѣтки съ окрашеннымъ клѣточнымъ сокомъ, въ которыхъ живая плазма, непосредственно окружающая окрашенную жидкость, остается безцвѣтною и не пропускаетъ пигмента къ наружи; въ оболочкѣ пигментъ не встрѣчаетъ преграды къ выходу изъ клѣтки и, при пораненіи плазмы, быстро переходитъ въ окружающую жидкость. Негели ¹⁾ кромѣ того показалъ, что, если произвести съезживание содержимаго клѣтки растворомъ сахара, подкрашеннымъ растительнымъ пигментомъ, который не пропускается плазмой, то онъ вмѣстѣ съ сахаромъ проникаетъ сквозь оболочку въ промежутокъ между оболочкою и оставшеюся плазмой, но не окрашиваетъ плазмы въ то время, когда она съезживается отъ сахара.

Присутствіе осадочныхъ перепонокъ на плазмѣ легко объясняетъ напряженность тканей и значительное давленіе, которое оказываетъ иногда содержимое клѣтки на оболочку, но и при участіи подобнаго рода оболочекъ въ обмѣнѣ веществъ между растительными клѣтками и окружающею средою, многое остается по прежнему необъясненнымъ. Сюда относится напр. показаніе Негели ²⁾, что крахмальные зерна, погруженныя въ растворъ дубильной кислоты, процитываются имъ насывозъ и обнаруживаютъ, во всей толщѣ, свойственную дубильной кислотѣ окраску отъ солей желѣза и другихъ реактивовъ; въ этомъ случаѣ мы имѣемъ прониканіе коллоида сквозь коллоидальныя перепонки, чего не наблюдалось еще при діосмотическихъ опытахъ внѣ живой клѣтки. Мы не имѣемъ также достаточно точныхъ данныхъ, чтобы отрицать прохожденіе, сквозь оболочку клѣтокъ, бѣлковыхъ соединеній, при передвиженіи ихъ по тканямъ растений. На прониканіе плазмы чрезъ оболочку живой клѣтки указываетъ Корню ³⁾. По его наблюденіямъ плазма 3 — 5 клѣтокъ конидій *Nectria armeniaca Tul.* переходитъ въ вонечную клѣтку, не смотря на разъединяющія перегородки. Къ подобнаго рода фактамъ необходимо однако относиться съ крайнею осторожностью, такъ какъ въ оболочкѣ могутъ быть мельчайшія отверстія, которыя весьма легко совсѣмъ просмотрѣтъ, или принять за продушины. Доказательствомъ этому можетъ служить открытіе Танглемъ ⁴⁾ сквозныхъ отверстій въ клѣткахъ бѣлка *Strychnos*, гдѣ до послѣдняго времени предполагали лишь продушины.

См. работы: 1) Руссова о слияніи содержимаго смежныхъ клѣтокъ паренхимы коры, при посредствѣ подобныхъ же сквозныхъ отверстій въ ихъ оболочкахъ. (Russow. Bot. Centralbl. p. 237. (1884) и Sitzb. d. Dorpater Naturf. Ges. 1883). 2) Berthold. Ber. d. deutsch. bot. Ges. B. 2. H. 1. 3) Gardener. Arbeit. d. bot. Instit. z. Würzburg. B. 3. H. 1. (1884) и 4) Schaarschmidt. Bot. Centralbl. B. 18, p. 142 (1884).

Еще съ меньшимъ правомъ можно отрицать входеніе въ плазму раствора сахара и нѣкоторыхъ другихъ кристаллическихъ соединеній (напр. селитры), задерживаемыхъ, какъ было показано выше, осадочными перепонками. Самъ Пфефферъ ⁵⁾ допускаетъ, что осадочныя оболочки плазмы не только мо-

1) Nägeli. Pflanzenphysiol. Untersush. H. 1; 5. (1855).

2) Nägeli. см. Just. Jahresb. 1875; 875.

3) Cornu. C. R. 84; 133 (1877).

4) Tangl. Pringsh. Jahrbüch. 12; 270 (1880).

5) Pfeffer l. c., p. 44.

къ наружи. Чѣмъ сильнѣе былъ эндосмотическій токъ и чѣмъ больше препятствія оказывала оболочка прохожденію, къ наружи, раствора, заключеннаго въ сосудѣ, тѣмъ значительнѣе было поднятіе ртути въ манометрѣ.

ВЫСОТА РТУТИ ВЪ МАНОМЕТРАХЪ.

	Пергаментная бумага.	Перепонка пузыря.	Перепонка изъ Cu_2FeCu_6
Гумми-арабикумъ.....	17,9 сант.	13,2 сант.	25,9 сант.
Желатина.....	21,3 »	15,4 »	23,7 »
Тростниковый сахаръ.....	29,0 »	14,5 »	287,7 »
Селитра.....	20,4 »	8,9 »	700,0 »

Изъ этой таблички ясно, что въ сосудѣ, замкнутомъ осадочною перепонкою, нѣкоторыя изъ кристаллическихъ тѣлъ (сахаръ, и въ особенности селитра) способны вызывать эндосмотическое давленіе въ 35—70 разъ бѣльшее, чѣмъ съ пергаментной бумагой или перепонкой изъ пузыря.

Къ этимъ послѣднимъ, какъ мы видѣли, всего больше, по эндосмотическимъ свойствамъ, приближается оболочка растительной клѣтки; по этому, при ея посредствѣ, нельзя ожидать появленія высокаго эндосмотическаго давленія въ живой клѣткѣ. Тѣмъ не менѣе мы имѣемъ основаніе предполагать, что давленіе, оказываемое клѣточнымъ сокомъ на периферическую плазму и оболочку, можетъ быть по временамъ весьма значительно. При пораненіи и перерѣзываніи живой клѣтки, содержимое выдавливается иногда съ большою силою. Въ виду этихъ фактовъ и нѣкоторыхъ другихъ соображеній, Пфефферъ принимаетъ въ живой клѣткѣ, кромѣ оболочки, существованіе еще двухъ осадочныхъ перепонокъ на периферической плазмѣ, изъ которыхъ одна выстилаетъ плазму непрерывнымъ слоемъ съ наружной стороны и непосредственно прилегаетъ къ оболочкѣ клѣтки, а другая—съ внутренней и отдѣляетъ ее отъ полости, наполненной клѣточнымъ сокомъ; обѣ эти осадочныя перепонки Пфефферъ обозначаетъ названіемъ гіалоплазмы.

Присутствіе подобныхъ же перепонокъ Пфефферъ ¹⁾ допускаетъ на поверхности зеренъ хлорофилла, на ядрѣ и нѣкоторыхъ другихъ обособленныхъ отложеніяхъ, встрѣчаемыхъ внутри клѣтки.

Этимъ перепонкамъ онъ приписываетъ свойства сходныя съ осадочными перепонками, хотя и признаетъ невозможнымъ заключать о прохожденіи различныхъ соединеній чрезъ оболочки плазмы, на основаніи опытовъ надъ оболочкой изъ желѣзистосинеродистой мѣди или дубильнокислой желатины. Присутствіемъ подобныхъ перепонокъ Пфефферъ объясняетъ различіе діосмотическихъ свойствъ плазмы и целлюлезной оболочки, по отношенію къ нѣкоторымъ соединеніямъ, ко-

1) Pfeffer l. c. 1, p. 34.

торья легко пропускаются оболочкою, но не проникаютъ въ живую плазму. Отличнымъ примѣромъ могутъ служить клѣтки съ окрашеннымъ клѣточнымъ сокомъ, въ которыхъ живая плазма, непосредственно окружающая окрашенную жидкость, остается безцвѣтною и не пропускаетъ пигмента къ наружи; въ оболочкѣ пигментъ не встрѣчаетъ преграды къ выходу изъ клѣтки и, при пораненіи плазмы, быстро переходитъ въ окружающую жидкость. Негели ¹⁾ кромѣ того показалъ, что, если произвести съезживание содержимаго клѣтки растворомъ сахара, подкрашеннымъ растительнымъ пигментомъ, который не пропускается плазмой, то онъ вмѣстѣ съ сахаромъ проникаетъ сквозь оболочку въ промежутокъ между оболочкою и оставшеюся плазмой, но не окрашиваетъ плазмы въ то время, когда она съезживается отъ сахара.

Присутствіе осадочныхъ перепонокъ на плазмѣ легко объясняетъ напряженность тканей и значительное давленіе, которое оказываетъ иногда содержимое клѣтки на оболочку, но и при участіи подобнаго рода оболочекъ въ обмѣнѣ веществъ между растительными клѣтками и окружающею средою, многое остается попрежнему необъясненнымъ. Сюда относится напр. показаніе Негели ²⁾, что крахмальные зерна, погруженные въ растворъ дубильной кислоты, пропитываются имъ насквозь и обнаруживаютъ, во всей толщѣ, свойственную дубильной кислотѣ окраску отъ солей желѣза и другихъ реактивовъ; въ этомъ случаѣ мы имѣемъ прониканіе коллоида сквозь коллоидальныя перепонки, чего не наблюдалось еще при діосмотическихъ опытахъ внѣ живой клѣтки. Мы не имѣемъ также достаточно точныхъ данныхъ, чтобы отрицать прохожденіе, сквозь оболочки клѣтокъ, бѣлковыхъ соединеній, при передвиженіи ихъ по тканямъ растений. На прониканіе плазмы чрезъ оболочку живой клѣтки указываетъ Корню ³⁾. По его наблюденіямъ плазма 3 — 5 клѣтокъ конидій *Nectria armeniaca Tul.* переходитъ въ конечную клѣтку, не смотря на разъединяющія перегородки. Къ подобнаго рода фактамъ необходимо однако относиться съ крайнею осторожностью, такъ какъ въ оболочкѣ могутъ быть мельчайшія отверстія, которыя весьма легко совѣтъ просмотрѣть, или принять за продушины. Доказательствомъ этому можетъ служить открытіе Танглемъ ⁴⁾ сквозныхъ отверстій въ клѣткахъ бѣлка *Strychnos*, гдѣ до послѣдняго времени предполагали лишь продушины.

См. работы: 1) Руссова о сліяніи содержимаго смежныхъ клѣтокъ паренхимы коры, при посредствѣ подобныхъ же сквозныхъ отверстій въ ихъ оболочкахъ. (Russow. Bot. Centralbl. p. 237. (1884) и Sitzb. d. Dorpater Naturf. Ges. 1883). 2) Berthold. Ber. d. deutsch. bot. Ges. B. 2. H. 1. 3) Gardner. Arbeit. d. bot. Institut. z. Würzburg. B. 3. H. 1. (1884) и 4) Schaarschmidt. Bot. Centralbl. B. 18, p. 142 (1884).

Еще съ меньшимъ правомъ можно отрицать вхожденіе въ плазму раствора сахара и нѣкоторыхъ другихъ кристаллическихъ соединеній (напр. селитры), задерживаемыхъ, какъ было показано выше, осадочными перепонками. Самъ Пфефферъ ⁵⁾ допускаетъ, что осадочныя оболочки плазмы не только мо-

1) Nägeli. Pflanzenphysiol. Untersush. H. 1; 5. (1855).

2) Nägeli. см. Just. Jahresb. 1875; 875.

3) Cornu. C. R. 84; 133 (1877).

4) Tangl. Pringsh. Jahrbüch. 12; 270 (1880).

5) Pfeffer l. c., p. 44.

гутъ измѣняться въ консистенціи и діосмотическихъ свойствахъ, подъ вліяніемъ жизни клѣтки, но даже въ состояніи пропускать чрезъ себя, при сильномъ давленіи, молекулы, превосходящія по размѣрамъ интрамолекулярныя отверстія оболочки; при этомъ, по его представленію, гіалоплазма разрывается и тотчасъ же затѣмъ вновь зарастаетъ. Последнее допущеніе Пфеффера въ значительной степени подрываетъ значеніе, придаваемое осадочнымъ перепонкамъ въ питаніи растеній, и затемняетъ роль, которую онѣ играютъ при обмѣнѣ веществъ живою клѣткою. Во всякомъ случаѣ факты эти несомнѣнно указываютъ на зависимость обмѣна веществъ между клѣткою и окружающею средою (или другими клѣтками) отъ давленія жидкаго содержимаго на периферической слой плазмы и оболочку, и заставляютъ думать, что, при значительномъ давленіи, клѣтки становятся проницаемы для соединеній, которыя не пропускаютъ сквозь себя при давленіи меньшемъ.

Къ необъяснимымъ особенностямъ діосмоза живыхъ клѣтокъ относится способность удерживать въ смежныхъ клѣткахъ кислую и щелочную реакцію сока, или другими словами, оказывать сопротивленіе прохожденію такимъ соединеніямъ, которыя легко проникаютъ не только чрезъ пергаментную бумагу, пузырь, оболочку пироксилина, но даже и съвозъ осадочныя перепонки. Саксъ¹⁾ напр. показалъ, что при перерѣзыванія ситовидныхъ элементовъ вытекаетъ сокъ щелочной, между тѣмъ какъ смежныя клѣтки заключаютъ сокъ кислый. Приложенная къ поперечному разрѣзу перерѣзаннаго стебля чувствительная лакмусовая бумажка окрашивалась въ яркій красный цвѣтъ на всемъ протяженіи разрѣза, за исключеніемъ только мѣстъ, соотвѣтствующихъ перерѣзаннымъ ситовиднымъ элементамъ; въ этихъ мѣстахъ получались на бумажкѣ темносинія пятна.

Саксу также удалось находить, среди ткани съ кислымъ сокомъ, отдѣльныя клѣтки съ отложеніями углекислаго кальція въ содержимомъ, что возможно только при щелочной, или по крайней мѣрѣ, средней реакціи клѣточного сока; въ самомъ дѣлѣ, при пораненіи клѣтокъ съ отложеніями углекислаго кальція, послѣднія моментально растворялись въ кислой жидкости, вытекшей изъ перерѣзанныхъ смежныхъ клѣтокъ.

Въ виду своеобразнаго отношенія къ явленіямъ діосмоза растительныхъ клѣтокъ, особенный интересъ представляютъ непосредственные опыты надъ діосмозомъ ихъ перепонокъ. Къ сожалѣнію однако, въ этомъ направленіи произведено мало точныхъ розысканій.

В. Обмѣнъ веществъ между высшими растеніями и окружающею средою. Въ высшихъ растеніяхъ условія обмѣна веществъ осложняются дифференцировкой растеній на разнообразныя ткани и органы.

Выше уже было указано на различіе, въ принятіи сырой пищи, подземными частями (корнями) и надземными (листьями). Корни доставляютъ растенію воду и растворимыя въ ней твердыя тѣла, между тѣмъ какъ листья заимствуютъ изъ атмосферы весь углеродъ въ видѣ углекислоты, которую разлагаютъ на свѣтѣ.

1) *Sachs. Bot. Zeit.* 1862; № 33.

Обмѣнъ веществъ корнями.

Въ корнѣ можно отличить три части: 1) корневую мочку, 2) молодую часть корня, покрытую живыми корневыми волосками, и 3) старую, съ волосками уже отмершими и пробковою тканью, на поверхности. Каждая изъ нихъ относится различно къ обмѣну веществъ съ окружающею средою. Разграниченіе этихъ участковъ обозначается весьма рѣзко на осторожно вынутомъ изъ земли корнѣ. На прилагаемомъ рисункѣ изображенъ корень проросшей пшеницы (рис. 37), отчасти покрытый приставшею землею. Земля, какъ видно изъ рисунка, удерживается съ значительною силою на средней молодой части корня (*e'*), спадая легко съ верхняго участка корня (*e, n*) и съ корневой мочки (*w*). Изслѣдованіе корня подъ микроскопомъ убѣждаетъ, что чехликъ земли одѣваетъ корень только на протяженіи, занятомъ живыми корневыми волосками; земля сваливается съ корневой мочки, такъ какъ на ней нѣтъ корневыхъ волосковъ, и со старой части, на которой волоски уже отмерли и ссохлись.

Долгое время приписывали корневой мочкѣ главную роль при всасываніи сырой пищи; но уже въ 1843 г. Олертъ ¹⁾ доказалъ весьма простыми опытами несостоятельность этого мнѣнія.

Осторожно вынутыя изъ земли растенія онъ погружалъ въ воду, у однихъ смачивалъ водою только корневая мочки, у другихъ молодыя части корня, покрытыя корневыми волосками; первыя засыхали столь же быстро какъ растенія, оставленныя съ корнями па воздухѣ, вторыя оставались живыми долгое время. Чтобы усгранить засыханіе растеній, погруженныхъ въ воду корневыми мочками, отъ потери воды молодыми частями корня, Олертъ погружалъ послѣднія въ слой масла; предосторожность эта оказалась однако излишнею, такъ какъ и въ послѣднемъ случаѣ, растенія быстро засыхали. Эти опыты, вмѣстѣ съ приведен-

Рис. 37.



1) *Oblert*. *Linnæa* 1837, p. 609.

ными выше наблюдениями, надъ распредѣленіемъ корневыхъ волосковъ на поверхности корня, заставляють признать участокъ корня, покрытый живыми корневыми волосками, за наиболѣе дѣятельный въ обмѣнѣ веществъ съ окружающею средою. Эта часть корня покрыта кожицею безъ отверстій, такъ что только соединенія, способныя діосмировать сквозь нее, могутъ переходить изъ почвы въ растеніе и обратно.

Касательно условій обмѣна газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ тѣлъ корня съ почвою, извѣстно еще очень немногое. Обмѣнъ газовъ не подлежитъ сомнѣнію; мы знаемъ, что корни непрерывно поглощаютъ кислородъ и выдѣляютъ углекислоту, что напряженность этого обмѣна обуславливается температурой, но этимъ и ограничиваются всѣ наши свѣдѣнія. Большая же часть наблюдений и опытовъ относится до принятія корнями извнѣ воды и растворенныхъ въ ней минеральныхъ соединений. Первые точные опыты принадлежатъ Соссюру; онъ показалъ, что всасываніе корнями нельзя приравнивать всасыванію жидкости губчатымъ тѣломъ, такъ какъ корни способны измѣнять концентрацію окружающаго ихъ раствора. Соссюръ ¹⁾ погружалъ осторожно вынутыя изъ земли растенія въ сосудъ съ 40 кубическими дюймами воды, въ которой было растворено 12 грановъ испытуемаго вещества; для устраненія испаренія воды помимо растенія, сосудъ былъ прикрытъ крышкою, съ небольшимъ отверстіемъ для стебля растенія. Опытъ продолжался до тѣхъ поръ, пока объемъ жидкости не уменьшился на половину.

Опредѣляя концентрацію оставшагося раствора, Соссюръ находилъ ее значительно болѣею, чѣмъ въ началѣ опыта. Такъ напримѣръ *Polygonum persicaria* приняло изъ 100 ч. раствореннаго тѣла, въ продолженіи опыта, количество гораздо меньшее 50%; именно:

изъ раствора	KaCl	14,7 частей
	NH ₄ Cl	12,0
	Ca(NO ₃) ₂	4,0
	CaSO ₄	14,4
	Ca(C ₃ H ₃ O ₂) ₂	8,0
	CuSO ₄	47,0
	гумми	9,0
	сахара	29,0
экстракта изъ удобренной почвы		5,0

Изъ таблички видно, что одинъ только растворъ CuSO₄ былъ принятъ растеніемъ почти безъ измѣненія концентраціи; Соссюръ нашелъ однако корни растенія, погруженнаго въ мѣдный купоросъ, поврежденными и совершенно вѣрно приписываетъ полученный результатъ отмиранію корней.

Во всѣхъ остальныхъ опытахъ, корни вбирали больше воды, чѣмъ раствореннаго вещества, въ слѣдствіе чего Соссюръ пришелъ къ заключенію, что корни всасываютъ изъ раствора больше воды, чѣмъ раствореннаго тѣла.

1) *Saussure. Recherches chimiques s. l. végétation, 1805, p.*

Въ послѣдствіи оказалось, что условія опытовъ Соссюра не соотвѣтствовали нормальнымъ, такъ какъ онъ употреблялъ слишкомъ концентрированные растворы, не пригодные для питанія растений. Опыты выращиванія растений въ искусственной смѣси солей (см. стр. 87) показали, что для нормальнаго произрастанія всего пригоднѣе концентрація отъ $\frac{1}{1000}$ до $\frac{5}{1000}$. Вольфъ ¹⁾, повѣряя опыты Соссюра, получилъ результатъ совершенно сходный въ предѣлахъ концентраціи растворовъ, употребленныхъ Соссюромъ. При концентраціи меньшей получалось совершенно иное; растворъ въ $\frac{1}{1000}$ всасывался корнями безъ измѣненія; изъ растворовъ еще болѣе слабыхъ корни поглощали болѣе раствореннаго вещества чѣмъ воды, въ слѣдствіе чего растворъ внѣ корней становился со временемъ болѣе концентрированнымъ. Вольфъ производилъ опыты надъ маисомъ и фасолью; оба растенія дали результаты совершенно согласные.

Способность растений извлекать корнями изъ растворовъ одни соединенія, преимущественно передъ другими, еще рѣще выразилась въ опытахъ Тринчинетти ²⁾. Растенія, погруженныя корнями въ опредѣленные смѣси двухъ солей, всасывали ихъ въ различной степени. При этомъ одними растеніями поглощалась преимущественно одна изъ солей, а другими другая; изъ смѣси селитры и поваренной соли, *Mercurialis annua* и *Chenopodium viride* поглотили много селитры и мало поваренной соли, между тѣмъ какъ *Satureja hortensis* и *Solanum lycopersicum* приняли въ себя больше поваренной соли, чѣмъ селитры.

Выдѣленія корней. Всасываніе корнями веществъ растворимыхъ въ водѣ объясняютъ обыкновенно эндосмосомъ, но нельзя не сознаться, что съ фактической стороны обмѣнъ веществъ между корнемъ и внѣшнею средою еще мало разработанъ; даже неизвѣстно на сколько всасываніе корнями сопровождается экзосмотическимъ токомъ жидкости. Въ пользу выдѣленія корнями говорятъ только два факта: 1) выдѣленіе корнями кислотъ, которое принимаютъ на томъ основаніи, что при прорастаніи кресса въ жидкости, окрашенной лакмусомъ въ синій цвѣтъ, появляется чрезъ нѣкоторое время красная окраска, и 2) развѣданіе зарытой въ почву мраморной пластинки корнями растений, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ они къ ней прикасаются. Саксъ ³⁾ зарывалъ въ горшокъ съ землею мраморныя пластинки, отполированныя съ одной стороны; онѣ были обращены этою поверхностью вверхъ; почва надъ пластинками засѣвалась сѣменами различныхъ растений. Чрезъ нѣкоторое время корни дорастали до пластинки; не имѣя возможности углубляться дальше внизъ, они продолжали расти по поверхности пластинки. По окончаніи опыта, полированная поверхность пластинки оказывалась развѣденною вездѣ, гдѣ къ ней прилегали корни, и представляла точный рисунокъ ихъ развѣтвленій. Въ виду развѣданія пластинки только въ мѣстахъ непосредственнаго прикосновенія корней, Саксъ заключаетъ, что выдѣленное ими соединеніе принадлежитъ къ нелетучимъ кислотамъ.

Наконецъ въ подтвержденіе выдѣленія корнями приводятъ пробуравливаніе плотныхъ тканей и оболочекъ корешками паразитныхъ растений, напр. *Viscum* и

1) Wolff. Landw. Vers. 6; 203 (1864) и 7; 193 (1865).

2) Trinchinetti. Sulla facoltà assorbente delle radici de vegetabili. Milano, 1843; 4. (Bot. Zeit. 1845, p. 111).

3) Sachs. Handbuch. d. Experiment. Physiologie. 1865, p. 189.

различныхъ паразитныхъ грибовъ. Въ особенности трудно представить себѣ про-
никаніе нѣжныхъ гифъ нѣкоторыхъ паразитныхъ грибовъ сквозь клѣтки ко-
жицы, безъ посредства выдѣленія, которое бы растворяло или, по крайней мѣрѣ,
размягчало толстую, кутикуляризованную оболочку кожицы.

Отношеніе корней къ плодородной почвѣ. Несомнѣнными опытами дока-
зано, что почти весь запасъ питательныхъ матеріаловъ пребываетъ въ почвѣ въ
твердомъ видѣ, въ соединеніи съ почвою; только весьма незначительная часть
находится растворенною въ почвенной водѣ, такъ что остается не рѣшеннымъ:
заимствуютъ ли корни сырую пищу изъ воднаго раствора, или же непосредственно
отъ частичекъ почвы. Мы увидимъ ниже, что почва не только не уступаетъ этихъ
соединеній, пропускаемой чрезъ нее водѣ, но даже поглощаетъ нѣкоторыя изъ
нихъ изъ воднаго раствора и удерживаетъ въ нерастворимомъ состояніи. Эту спо-
собность поглощенія почвою различныхъ соединеній изъ воднаго раствора обозна-
чаютъ названіемъ *поглощительной способности почвы*. Поглощительную спо-
собность почвы легко обнаружить, если, слѣдуя указанію Либиха, полить землю,
помѣщенную въ воронкѣ, слабымъ растворомъ ($\frac{1}{500}$) фосфорнокислаго калия. Соль
эта цѣликомъ задерживается почвою при просачиваніи жидкости, и не оказы-
вается въ фильтратѣ. То же самое происходитъ при поливкѣ почвы растворомъ
амміака или кремнекислоты. Эти соединенія тоже поглощаются почвою сполна.
Мы имѣемъ здѣсь нѣчто сходное съ обезцвѣченіемъ нѣкоторыхъ окрашенныхъ
жидкостей посредствомъ угля, который извлекаетъ растворенный въ жидкости
пигментъ и переводитъ его въ нерастворимое состояніе. Полной параллели между
поглощеніемъ почвою и углемъ провести однако нельзя въ виду слѣдующаго до-
вольно существеннаго различія: уголь поглощаетъ растворенное соединеніе, не
разлагая его, или пропускаетъ сквозь себя растворъ безъ измѣненія; почва же
обладаетъ способностью разлагать нѣкоторыя соединенія, съ которыми приходитъ
въ прикосновеніе и задерживать лишь одну изъ составныхъ частей раствореннаго
тѣла, оставляя другую въ растворѣ. Напр. если полить почву растворомъ хло-
ристаго калия, то калий задерживается почвою, хлоръ же, въ видѣ хлористаго
кальція, переходитъ въ фильтратъ. Подобнаго разложенія уголь произвести не
можетъ.

Возрѣнія на поглощительную способность почвы весьма различны: по мнѣ-
нію Либиха и его послѣдователей (Генеберга, Штомана, Петерса, Убаль-
дини и др.) поглощеніе почвою обуславливается *частичнымъ притяженіемъ*
между почвою и раствореннымъ тѣломъ; напротивъ того Уё, Фёлкеръ, Брет-
шнейдеръ объясняютъ обнаруживаемое почвою поглощеніе, химическими реак-
ціями между кремнекислыми солями почвы (цеолитами) и растворомъ. Третьи на-
конецъ (Брустлейнъ, Кнопъ) принимаютъ, что поглощительная способность
почвы обуславливается частью частичнымъ притяженіемъ, частью химическими
реакціями.

Не вдаваясь въ критическій разборъ этихъ возрѣній, я приведу только глав-
ные выводы изслѣдованій надъ поглощительной способностью почвы: 1) кромѣ
вышеназванныхъ тѣлъ: ѣдкаго кали, амміака, фосфорной кислоты и кремне-
кислоты, поглощаются почвою, хотя и въ меньшей степени, еще слѣдующія со-
единенія: ѣдкій натръ, известь и магнезія; напротивъ того хлоръ, хлористоводо-
родная кислота, сѣрная и азотная кислоты почвою вовсе не задерживаются.

2) Количество соединенія, поглощаемого почвою, обусловливается концентраціей раствора; чѣмъ крѣпче растворъ, тѣмъ большее количество вещества извлекается изъ него почвою. 3) Если облить почву растворомъ одного изъ поглощаемыхъ соединеній и оставить съ нимъ въ прикосновеніи, то почва извлечетъ изъ него сполна количество соединенія, которое можетъ извлечь. Часть соединенія при этомъ однако удерживается въ растворѣ; растворенное тѣло распредѣляется между почвою и водою, послѣ чего, дальнѣйшаго измѣненія въ распредѣленіи его не замѣчается, сколько бы времени мы ни держали почву въ прикосновеніи съ растворомъ. Удерживаніе части раствореннаго тѣла водою не можетъ быть однако объяснено насыщеніемъ почвы этимъ соединеніемъ, потому что, при перенесеніи почвы въ болѣе концентрированный растворъ того же тѣла, она поглотитъ изъ него новое количество вещества, пока не возстановится опять равновѣсіе между почвою и окружающимъ растворомъ. На основаніи этихъ опытовъ въ настоящее время принимаютъ, что въ почвѣ главная масса необходимыхъ для растенія питательныхъ веществъ находится въ нерастворенномъ состояніи, и что только малѣйшая часть всего запаса пищи можетъ находиться въ почвѣ въ растворенномъ видѣ. Причѣмъ однако остается совершенно невыясненнымъ: заимствуютъ ли корни, растущіе въ почвѣ, сырую пищу непосредственно отъ частичекъ почвы, съ которыми плотно срастаются при посредствѣ корневыхъ волосковъ, поглощаютъ ли минеральныя соединенія изъ почвеннаго раствора, и не могутъ ли они питаться тѣмъ и другимъ способомъ, въ одно и то же время.

Питаніе, при посредствѣ корней, растеній чужезядныхъ, паразитныхъ и снабженныхъ воздушными корнями. Изслѣдованія, произведенныя до настоящаго времени надъ участіемъ корней въ питаніи растеній, относятся исключительно къ растеніямъ, корни которыхъ растутъ въ почвѣ, а надземныя части окружены воздухомъ. Надъ питаніемъ корней водныхъ растеній, погруженныхъ въ воду вполнѣ или только частью, а равно надъ питаніемъ растеній, снабженныхъ воздушными корнями, и растеній паразитныхъ, вовсе не имѣется спеціальныхъ розысканій. Между тѣмъ глубокія измѣненія въ строеніи корней воздушныхъ¹⁾, а равно и корней паразитныхъ растеній заставляютъ предполагать существенныя отклоненія въ способѣ ихъ питанія. Своеобразная покрывка изъ бѣлой губчатой ткани воздушныхъ корней орхидныхъ и присутствіе, во внутреннихъ тканяхъ, хлорофилла свидѣтельствуютъ весьма наглядно о своеобразномъ процессѣ ихъ питанія.

Не менѣе загадочны отклоненія въ строеніи корней паразитирующихъ растеній. Отсылая читателя, желающаго ознакомиться съ этимъ предметомъ, къ статьямъ Питра²⁾ и графа Сольмсъ-Лаубаха³⁾, я ограничусь здѣсь лишь указаніемъ общаго характера этихъ отклоненій. Корни паразитирующихъ растеній являются иногда не только лишенными чехлика (*Viscum Oxycedri*), но и безъ признаковъ строенія, присущаго нормальному корню. Отъ главныхъ развѣтвленій корня паразита отходятъ въ разныя стороны и прорастаютъ ткань питающаго растенія отростки, составленные изъ немногихъ только рядовъ клѣтокъ,

1) *Leitgeb. Denkschriften d. Wien. Ak.* 24; 179 (1864).

2) *Pitra. Bot. Zeit.* 1861, p. 51.

3) *Graf Solms-Laubach. Pringsh. Jahrb.* 6; 509 (1867—68), его же *Bot. Zeit.* 1874, p. 40.

иногда даже изъ одного; при этомъ нѣкоторыя клѣтки, изъ наружныхъ, превращаются въ трахеиды и плотно срастаются съ соотвѣтствующими элементами питающаго растенія. Наибольшей дегенераци и простоты въ строеніи достигаютъ корни *Pilostyles Hausknechtii*, паразита изъ семейства *Rafflesiaceae*. По свидѣтельству графа Сольмсъ-Лаубаха, корни этого паразита пронизываютъ питающее растеніе (различные виды *Astragalus*) въ видѣ членистыхъ однородныхъ вѣтвистыхъ нитей, выполняя собою межклѣтныя пространства. Они имѣютъ видъ паразитирующаго грибнаго мицелія, отличимаго иногда отъ смежныхъ клѣтокъ *Astragalus* только по коричневому цвѣту содержаемаго.

Обмѣнъ веществъ листьями.

Совершенно иной характеръ представляетъ обмѣнъ веществъ между листьями и атмосферой; онъ сосредоточивается на обмѣнѣ газовъ и воды; помимо выше-разсмотрѣнной ассимиляціи углерода, участіе листьевъ въ обмѣнѣ веществъ между растеніемъ и атмосферой заключается въ уравновѣшиваніи состава газовъ растенія и атмосферы и въ выдѣленіи, преимущественно въ парообразномъ состояніи, избытка воды, вводимой въ растеніе корнями.

Пути обмѣна газовъ и воды между растеніями и атмосферой.

Обмѣнъ газовъ и паровъ воды происходитъ двоякимъ путемъ: а) чрезъ устья и чечевички, и б) чрезъ стѣнки поверхностныхъ клѣтокъ. Оба эти пути обмѣна я разсмотрю отдѣльно.

Обмѣнъ газовъ при посредствѣ устьицъ и чечевичекъ. Кожица листа оказывается пробуравленною безчисленнымъ множествомъ мелкихъ отверстій — *устьицъ*, особенно многочисленныхъ на нижней поверхности листьевъ. Подъ каждымъ устьищемъ находится полость, сообщаящаяся съ цѣлою сѣтью межклѣтныхъ пространствъ, такъ что устья служатъ непосредственными путями обмѣна газовъ растеній съ окружающей атмосферой. По вычисленію Вейса ¹⁾, у большинства растеній приходится, на квадратный миллиметръ нижней поверхности листа, отъ 40 до 300 устьицъ; у нѣкоторыхъ гораздо больше, напримѣръ у *Olea Europaea* число ихъ возрастаетъ до 625, у *Brassica rapa* до 716. Размѣры устьицъ у разныхъ растеній различны; по измѣреніямъ Вейса, у 150 изслѣдованныхъ видовъ растеній, размѣры устьицъ колеблются между 0,00011 и 0,00459 квадратнаго миллиметра; у большинства формъ они занимаютъ пространство отъ 0,0002 до 0,0008 квадратнаго миллиметра. Щель устья, по измѣреніямъ Унгера, составляетъ у *Agapanthus umbellatus* 0,000047 квадратнаго миллиметра, у *Ajuga genevensis*—0,0000137 квадратнаго миллиметра. Наибольшіе размѣры устьицъ найдены Вейсомъ у *Amaryllis formosissima* и *Lilium martagon*. По наблюденіямъ Моля, ширина щели устья у *Lilium* равняется на неповрежденномъ листѣ $\frac{1}{170}$ — $\frac{1}{124}$ миллиметра; на краю сорванныхъ кусковъ кожицы, щели устья являются значительно болѣе расширенными,

1) Weiss. Pringsh. Jahrbücher, 4; 125 (1865).

именно до $\frac{1}{33}$ миллиметра, на неповрежденномъ листѣ *Zea Mays* ширина щели равнялась $\frac{1}{178}$ миллиметра, на содранной съ листа кожицѣ — $\frac{1}{28}$ миллиметра ¹⁾.

Чѣмъ значительнѣе отверстіе устьицъ и чѣмъ больше число ихъ, тѣмъ энергичнѣе можетъ происходить, при ихъ посредствѣ, обмѣнъ газовъ растенія съ окружающею атмосферой.

Наблюденія кромѣ того показали, что размѣры отверстія устьицъ управляются въ значительной степени внѣшними вліяніями; отъ совокупнаго дѣйствія свѣта и теплоты отверстія у большинства растеній раскрываются, при обыкновенныхъ же условіяхъ пребываютъ открытыми на половину; иногда оказываются совершенно замкнутыми.

Подробныя изслѣдованія надъ строеніемъ устьицъ, закрытіемъ и разверзаніемъ ихъ щелей, подъ вліяніемъ внѣшнихъ условій, у различныхъ растеній изложены въ слѣдующихъ работахъ:

Mohl. Bot. Zeit. 1856, p. 697.

Unger. Sitzungsab. d. Wien. Ak. 25; 450 (1857) и 44; 327 (1861).

Müller. Pringsh. Jahrb. 8; 75 (1872—73).

Barthélemy. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19; 131 (1874).

Merget. C. R. 84; 376 (1877).

Schwendener. Monatsab. d. Berl. Ak. 1881, Juli.

Исключительное распредѣленіе устьицъ на одной верхней сторонѣ найдено Дюваль-Жувомъ ²⁾ у нѣкоторыхъ *Gramineae*: у *Triticum junceum*, *Gyneprium argenteum*, *Melissa altissima*, *Scleropoa maritima* и др.; въ связи съ распредѣленіемъ устьицъ происходитъ у этихъ растеній закручиваніе листа вокругъ оси, на 180°, въ слѣдствіе чего морфологическая верхняя сторона, со временемъ оказывается обращенною внизъ. Исключенія эти тѣмъ страннѣе, что, по наблюденіямъ того же изслѣдователя, почти у всѣхъ остальныхъ *Gramineae* устьица оказались расположенными только на нижней сторонѣ; на верхней же ихъ вовсе не было.

На одной верхней поверхности листовой пластинки находятся устьица у водныхъ растеній съ листьями, плавающими на поверхности воды. Въ послѣднемъ случаѣ распредѣленіе ихъ несомнѣнно обусловливается внѣшними условіями, такъ какъ устьица развиваются лишь на воздушныхъ частяхъ растеній. Образованіе устьица на листьяхъ водныхъ растеній, остающихся погруженными въ воду замѣчается рѣдко, и если устьица развиваются, то только въ весьма небольшомъ числѣ.

Не подлежитъ сомнѣнію, что устьица весьма способствуютъ обмѣну газовъ между растеніемъ и окружающею средой. При всякой разницѣ въ температурѣ растенія съ окружающею средой, при измѣненіи формы и размѣра межклеточныхъ полостей отъ колебанія растенія вѣтромъ, необходимо предположить токи газовъ (и паровъ воды) изъ растенія въ атмосферу и обратно. Въ случаѣ образованія внутри растенія газа, сравнительно мало растворимаго въ клеточномъ сокѣ, избытокъ его легко проникнетъ изъ межклеточныхъ пространствъ черезъ отверстія

1) *De Bary.* Vergleich. Anatomie der Vegetationsorgane, p. 38.

2) *Duval-Jouve.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 1; 294 (1875).

устъиць въ окружающую атмосферу; совершенно обратное обнаружится при превращеніи менѣе растворимаго газа въ болѣе растворимый, напр. при поглощеніи кислорода и образованіи углекислоты; часть углекислоты удержится въ растворѣ и, въ слѣдствіе разрѣженія газовъ въ полостяхъ растенія, наружный воздухъ будетъ проникать чрезъ устья въ растеніе, до возстановленія равновѣсія съ окружающей атмосферой. Косвеннымъ доказательствомъ этому могутъ служить не имѣющія устьиць водныя растенія. Лишенная возможности обмѣнивать съ достаточною быстротою накопляющіеся въ нихъ газы, они, въ сравнительно короткое время, обнаруживаютъ иногда составъ газовъ совершенно различный отъ воздуха. Наглядный примѣръ представляетъ, по наблюденіямъ Кнопа ¹⁾, *Myriophyllum*. Утромъ Кнопъ наблюдалъ въ *Myriophyllum* обыкновенно смѣсь газовъ, заключавшую только отъ 10%—12% кислорода; въ темномъ шкафѣ содержаніе кислорода спадало до 1%—2%; на свѣтѣ, въ водѣ съ углекислотой, отрѣзокъ *Myriophyllum*, подобно остальнымъ воднымъ растеніямъ, выдѣлялъ токъ пузырьковъ газа изъ разрѣза; къ 5-му часу вечера эта смѣсь газовъ содержала отъ 40 до 50 и даже до 70% кислорода.

Значительное давленіе, подъ которымъ иногда находятся газы внутри водныхъ растеній, легко обнаружить, поранивъ растеніе, успѣвшее разложить нѣсколько углекислоты на солнцѣ; заключенныя въ растенія газы немедленно устремляются чрезъ пораженное мѣсто къ наружи и поднимаются въ водѣ въ видѣ непрерывнаго тока маленькихъ пузырьковъ газа.

Сообщеніе и обмѣнъ газовъ (и паровъ воды) растенія съ окружающей атмосферой поддерживается, кромѣ устьиць, еще особенными образованіями *чечевичками*, которыми нерѣдко бываетъ устьяна поверхность ствола и вѣтвей. Этимъ именемъ обозначаютъ мѣстныя разрастанія пробковой ткани перидермы въ небольшія вздутія, выдающіяся, въ видѣ выпуклинъ, на поверхности растенія. Рыхлая и тонкостѣнная ткань ихъ пронизана межклеточными ходами; отъ смежной пробковой ткани клетки чечевички рѣзко отличаются округлою формою. О строеніи чечевичекъ см. De Bary: *Vergleichende Anatomie d. Vegetationsorgane*, p. 575. Въ физиологическомъ отношеніи весьма интересно показаніе Сталя ²⁾, что чечевички, на зиму, дѣлаются непроницаемыми для газовъ, чрезъ образованіе въ нихъ прослойки пробковой ткани. Весною, подъ пробковымъ слоемъ образуется новая ткань чечевички, которая, разрастаясь, разрываетъ прикрывавшую ее пробковую ткань и возстановляетъ такимъ образомъ, на время вегетаціи, открытый путь для обмѣна газовъ растенія съ атмосферой.

Примѣчаніе. О системѣ замкнутыхъ полостей, наполненныхъ газами, въ растеніяхъ см. ниже.

Обмѣнъ газовъ и паровъ воды чрезъ стѣнки клетокъ кожицы. Касательно обмѣна газовъ чрезъ оболочки клетокъ кожицы почти не имѣется изслѣваній; принимая однако во вниманіе, что ткани живаго растенія пропитаны водою, можно утверждать, что быстрота передвиженія газа этимъ путемъ должна находиться въ прямой зависимости отъ растворимости въ водѣ, и что слѣдов.

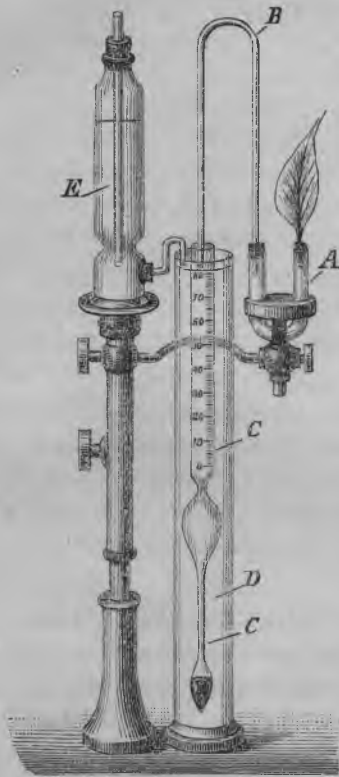
1) *Knop. Landw. Vers. 1; 156 (1859).*

2) *Stahl. Bot. Zeit. 1873, p. 600.*

рой. Потеря въ вѣсъ прибора съ растеніями, вызываемая исключительно испареніемъ воды растеніемъ, служитъ точнымъ указаніемъ хода испаренія.

Третій пріемъ изслѣдованія испаренія, посредствомъ опредѣленія количества воды, всасываемой растеніемъ, основанъ на обнаруженной зависимости всасыванія отъ испаренія; этимъ способомъ получаютъ цифры весьма близкія къ искомымъ, не смотря на неизбѣжную погрѣшность, кроющуюся въ самомъ методѣ изслѣдованія: именно въ неполномъ соотвѣтствіи количество воды всасываемой и испаряемой. Различія всасыванія и испаренія воды, обнаруженныя опытами, произведенными по 4-му способу, т. е. при одновременномъ опредѣленіи всасыванія и испаренія воды, оказались однако на столько незначительными, что въ большинствѣ случаевъ не вліяютъ на результатъ опыта. Очень простой аппаратъ для измѣренія испаренія, посредствомъ опредѣленія воды всасываемой растеніемъ, составилъ въ послѣднее время Крутицкій (рис. 38): въ колѣнчатоизогнутую трубочку (A) прикрѣпляется посредствомъ пробки листъ, отрѣзокъ вѣтки или цѣльное, небольшое растеніе; другой конецъ трубочки соединенъ съ плотно вставленною въ него сифонообразною трубкою (B). Свободнымъ концомъ сифона (B) вводится въ поплавокъ (C) формы ареометра. Поплавокъ (C) состоитъ изъ цилиндрической, градуированной трубки, къ нижнему концу которой припаянъ полный стеклянный сосудъ, составленный изъ двухъ вздутій, соединенныхъ узкою трубкой; въ нижнее вздутіе наливается нѣсколько ртути, въ слѣдствіе чего поплавокъ плаваетъ въ водѣ цилиндра (D) въ вертикальномъ положеніи. Трубочка (A), сифонъ (B) и верхняя трубка поплавка наполняются при началѣ опыта прокипяченною водою. Вода въ поплавкѣ наливается до нулевой черты нанесенныхъ на немъ дѣлений. Поплавокъ долженъ быть такъ прилаженъ, чтобы, послѣ наполненія водою, погружался до нулевой черты въ воду цилиндра (D), и чтобы уровень воды въ поплавкѣ и въ цилиндрѣ (D) былъ одинаковый. При этомъ устанавливають на одной высотѣ уровень воды

Рис. 38.

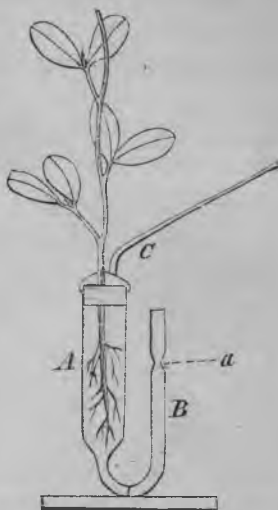


въ поплавкѣ и трубочкѣ (A). Для восполненія потери воды изъ цилиндра (D) чрезъ испареніе, соединяють его съ Мариотовой трубкой (E). Потерю воды испареніемъ изъ поплавка устраняють, наливая на воду слой масла. Вода, испаряемая растеніемъ изъ трубочки (A), восполняется посредствомъ сифона (B) изъ поплавка (C). Поплавокъ, дѣлаясь легче, по мѣрѣ убыли воды, приподнимается изъ жидкости. По количеству выступившихъ изъ воды дѣлений судятъ о количествѣ убывшей воды. Основанный на этомъ же принципѣ приборъ описанъ Крутицкимъ въ Bot. Zeit. 1878; стр. 161.

Послѣдній способъ, четвертый, прилжнимый только къ небольшимъ расте-

нiямъ, предложенъ былъ Вескомъ ¹⁾. Приборъ, употребленный имъ для этой цѣли, имѣеть форму буквы U и составленъ изъ двухъ частей различнаго діаметра. Въ широкую трубку (A) вставляется растеніе, удерживаемое неподвижно плотно вставленной каучуковой пробкою (рис. 39). До начала опыта, приборъ наполняютъ водою, вливая ее черезъ узкое колѣно (B); наклоненіемъ прибора легко удается совершенно вытѣснить водою воздухъ не только изъ широкой трубки, но и изъ сквозной стеклянной волосной трубочки (c), вставленной въ пробку. Наполнивъ приборъ и трубочку водою, запаиваютъ верхній ея конецъ. Уровень воды въ узкой трубкѣ доводятъ до суженнаго мѣста (a). Рядомъ послѣдовательныхъ взвѣшиваній опредѣляютъ испареніе, между тѣмъ какъ всасываніе воды сказывается въ уменьшеніи жидкости въ узкомъ колѣнѣ прибора; его узнаютъ съ точностью, отсчитывая въ градуированной бюреткѣ объемъ воды, потребный для поднятія уровня воды въ узкомъ колѣнѣ до первоначальной высоты, т. е. до суженнаго мѣста трубки.

Рис. 39.



Независимо отъ способа разслѣдованія испаренія необходимо, при критической оцѣнкѣ опытовъ, обращать вниманіе на то, произведены ли они надъ цѣльными растеніями, срѣзанными вѣтвями или отдѣльными листьями; только первые заслуживаютъ полнаго довѣрія. Отсутствие корня и непосредственное всасываніе жидкости отрѣзкомъ или листомъ, различное отъ всасыванія корнями, отражается на испареніи. Баранецкій ²⁾ наблюдалъ особенно сильное отклоненіе отъ нормальнаго всасыванія и испаренія въ первые часы опыта, чего не замѣчалось на цѣльныхъ растеніяхъ. Весьма любопытныя разницы въ испареніи цѣльныхъ растеній, вѣтокъ и листьевъ получены Крутицкимъ.

Небольшой экземпляръ *Ricinus communis* съ 3-мя листьями, еще не достигшими предѣльныхъ размѣровъ, былъ срѣзанъ у поверхности земли, и срѣзанная часть была помѣщена въ вышеописанный аппаратъ. Одинъ изъ листьевъ былъ снятъ со срѣзанной части и помѣщенъ въ другой, подобный же аппаратъ. Черезъ 24 часа, растеніе съ 2-мя листьями испарило (приняло) 18 куб. сант. воды; отрѣзанный листъ испарилъ 17,5 куб. сант., т. е. почти столько же.

Вѣтвь <i>Cyssus antharcticus</i> съ 6-ю листьями испарила въ	
сутки	10,8 куб. сант. воды
Одинъ листъ <i>Cyssus antharcticus</i> испарилъ въ сутки . . .	10,6 " " "
Вѣтвь <i>Pelargonium sp.</i> съ 3-мя листьями испарила въ	
сутки	3,3 " " "

1) *Vesque. Ann. d. Sc. Nat. S. 6; t. 6, 201 (1877).*
 2) *Baranezki. Bot. Zeit. 1872, p. 100 (въ примѣчаніи).*

Одинъ листъ <i>Pelargonim sp.</i> испарилъ въ сутки	5,2 куб. сант. воды
Вѣтвь <i>Crataegus Oxyacantha</i> съ 8-ю листьями (совершенно развитыми) испарила въ сутки	8 " " "
Вѣтвь <i>Crataegus Oxyacantha</i> съ 4-мя листьями (совершенно развитыми) испарила въ сутки	5,2 " " "
Одинъ листъ <i>Crataegus Oxyacantha</i> испарилъ въ сутки	4,9 " " "
Восьмилѣтняя вѣтвь <i>Quercus sp.</i> съ 180 листьями испарила въ сутки	28,8 " " "
Одинъ листъ <i>Quercus sp.</i> испарилъ въ сутки	3,2 " " "

Эти результаты особенно интересны въ томъ отношеніи, что непосредственнымъ образомъ убѣждаютъ въ неправильности выводовъ, касательно испаренія цѣльныхъ растений, изъ опытовъ надъ испареніемъ отдѣльнаго листа.

Руководствуясь этимъ приѣмомъ, Унгеръ ¹⁾ и Лоозъ ²⁾ получили, при пересчисленіи воды, испаряемой отдѣльнымъ листомъ на цѣльное растеніе, столь огромныя цифры, что пришли къ заключенію, что количество испаряемой растеніями воды гораздо больше выпадающаго за время развитія растенія дождя и утверждали поэтому, что, для покрытія испаряемой воды, растенія пользуются, помимо атмосферныхъ водныхъ осадковъ, еще другимъ неизвѣстнымъ источникомъ воды. Нѣкоторые изслѣдователи приписывали поэтому почвѣ способность стгущать водяные пары атмосферы. Габерландъ и Гёнель однако показали, что это предположеніе совершенно невѣрно. Габерландъ доказалъ для злаковъ, Гёнель для древесныхъ породъ, что количество воды, испаряемое цѣльными растеніями, гораздо меньше вычисленнаго Унгеромъ и Лоозомъ и не превышаетъ количества падающаго дождя.

Въ испареніи воды листьями прежніе фізіологи (напр. Шлейденъ) видѣли процессъ физическій, ничѣмъ не отличающійся отъ испаренія воды въ открытомъ сосудѣ. Саксъ ³⁾ первый указалъ на неправильность такого взгляда и опредѣлилъ испареніе воды растеніями какъ сложнѣйшую функцію растеній, въ которой не только отражаются внѣшнія вліянія, но и всѣ процессы, происходящіе внутри растенія. Послѣдующіе изслѣдователи подтвердили заключеніе Сакса. Первые сравнительные опыты надъ испареніемъ воды изъ открытаго сосуда и изъ растенія были произведены Унгеромъ ⁴⁾; онъ уже показалъ, что бôльшая часть растеній испаряетъ воды меньше, чѣмъ свободная поверхность воды, въ среднемъ приблизительно въ 3 раза. Еще бôльшую оказалась разница въ опытахъ Гартига. Сравнительные опыты Гартига ⁵⁾ надъ испареніемъ воды листьями различныхъ древесныхъ породъ и въ открытомъ сосудѣ показали, что въ послѣднемъ случаѣ испарялось приблизительно въ десять разъ бôльшее количество воды.

Въ виду сложности процесса испаренія я изложу въ послѣдовательномъ порядкѣ результаты разысканій относительно связи испаренія съ другими жизнен-

1) *Unger. Anat. u. Physiol. d. Pflanzen.* 1855.

2) *Lawes. Investigation into the amount of water giwen by Plants during their growth.* (Цитата по Габерланду).

3) *Sachs. Landw. Vers.* 1; 240 (1859).

4) *Unger. Sitzungsab. d. Wien. Ak.* 44; p. 207 (1861).

5) *Hartig. Allgem. Forst u. Jagdzeitung,* 1878; p. 1. (*Jahresb. Agric. Chem.* 1879; p. 231).

ными отправлениями растений, и зависимости испарения растений отъ внѣшнихъ условій.

Зависимость испаренія отъ испытываемаго растенія оказалась въ слѣдующемъ:

1) Различныя растенія, поставленныя въ совершенно одинаковыя условія, испаряютъ различное количество воды.

2) Деревья съ вѣчнозелеными листьями испаряютъ меньше воды, чѣмъ древесныя породы съ листьями опадающими.

3) Экземпляры одного и того же вида растеній, выросшіе въ тѣни, полутѣни и на свѣтѣ, испаряютъ приблизительно одинаковое количество воды.

4) При одинаковой поверхности, молодые листья испаряютъ больше воды, чѣмъ вполне выросшіе.

5) Испареніе воды листомъ измѣняется совершенно своеобразнымъ образомъ съ возрастомъ листа; наибольшее испареніе оказалось въ распускающихся листьяхъ; съ возрастомъ испареніе убываетъ; начиная же съ извѣстной стадіи развитія, вновь возрастаетъ; по достиженіи, чрезъ нѣкоторое время, втораго максимума, гораздо меньшаго, чѣмъ первый, испареніе вторично уменьшается постепенно, вплоть до отмиранія листа.

6) Испареніе воды верхнею и нижнею поверхностями листа весьма различно; среднее отношеніе = 1 : 2,4; у нѣкоторыхъ растеній (*Syringa*, *Vitis*) разница возрастаетъ до 1 : 4,3.

7) Испареніе воды обуславливается кромѣ того содержаніемъ хлорофилла растеній, дыханіемъ растеній, энергіей ассимиляціи углерода, всасываніемъ воды изъ почвы корнями.

Кромѣ того испареніе находится въ высокой зависимости отъ внѣшнихъ условій: а) температуры среды, окружающей испаряющіе органы растенія, б) свѣта, в) влажности атмосферы, г) влажности и состава почвы и д) сотрясенія растенія.

Изученіе вліянія каждаго изъ внѣшнихъ дѣятелей на испареніе растеній значительно затрудняется способностью ихъ приспособляться къ окружающей обстановкѣ и удерживать испареніе въ извѣстныхъ предѣлахъ, при весьма различныхъ внѣшнихъ условіяхъ. Приспособленіе растенія достигается отчасти взаимодѣйствіемъ ихъ различныхъ физиологическихъ отправленій, въ нѣкоторыхъ же случаяхъ кромѣ того измѣненіемъ въ строеніи, направленномъ очевидно къ тому, чтобы приспособить растеніе къ новой обстановкѣ, отличной отъ прежней.

Подобнаго рода приспособленія могутъ быть весьма разнообразны; изъ извѣстныхъ, главнѣйшія сводятся къ слѣдующимъ:

1) замыканіе устьицъ въ томъ случаѣ, если испареніе столь сильно, что грозитъ завяданіемъ растенія; изслѣдованіе микроскопомъ показываетъ, что въ завядающемъ растеніи устьицы совершенно закрыты;

2) охлажденіе растенія, вызываемое усиленнымъ испареніемъ на солнцѣ, непосредственнымъ слѣдствіемъ котораго является уменьшеніе испаренія;

3) уменьшеніе испаренія по мѣрѣ убыли воды въ испаряющемъ растеніи;

4) увеличеніе испаренія листьями, вызываемое срѣзываніемъ, съ растенія,

части листьевъ; оставленные, на растеніи, листья начинаютъ испарять воду сильнѣе, при тѣхъ же самыхъ вышнихъ условіяхъ.

Подробное изложеніе сюда относящихся изслѣдованій смотри: въ Обмѣнѣ веществъ, стр. 670 и слѣд.

Выдѣленіе воды воздушными частями растеній въ капельножидкомъ видѣ.

Выдѣленіе воды воздушными частями растеній въ капельножидкомъ видѣ наблюдается сравнительно рѣдко и представляетъ въ большей части случаевъ какъ бы дополнительный процессъ къ испаренію растеній. Оно можетъ быть обусловлено различными причинами; чаще всего оно вызывается накопленіемъ въ растеніи воды, избытокъ которой выдѣляется къ наружи по каплямъ изъ случайно разорванныхъ мѣстъ, или же изъ особенныхъ отверстій — водныхъ поръ.

Выдѣленіе воды въ капельножидкомъ видѣ, подѣ влияніемъ давленія жидкости, заключенной въ растеніи, весьма легко наблюдать на проросткахъ растеній изъ различныхъ семействъ, въ особенности *Gramineae* и *Cruciferae*. Для этого стоитъ только накрыть растеніе стекляннымъ колпакомъ, чтобы уменьшить испареніе. Черезъ нѣкоторое время на листьяхъ появляются капли жидкости, которыя выходятъ къ наружи или чрезъ случайные разрывы тканей, напр. на листьяхъ злаковъ, или чрезъ отверстія опредѣленнаго строенія—водныя поры, которыя представляютъ ничто иное, какъ видоизмѣненные устьяца ¹⁾.

Къ числу растеній, выдѣляющихъ воду, относятся: *Bambusa onitis*, выдѣляющая, по Бартеlemi ²⁾, значительное количество воды ночью изъ концовъ листьевъ, и нѣкоторыя *Aroideae*. Последнія представляютъ наиболѣе пригодный объектъ для изслѣдованія вытеканія воды изъ листьевъ. Рамей ³⁾ наблюдалъ обильное вытеканіе воды изъ листьевъ выращеннаго въ горшкѣ *Amorphophallus Rivieri*; всякій разъ, какъ почва поливалась водою, въ іюлѣ, августѣ и сентябрѣ, явленіе это удавалось вызывать во всякое время дня.

По наблюденіямъ Унгера, *Richardia aethiopica* выдѣлила въ 11 дней 26,5 гр. жидкости; другой экземпляръ того же растенія выдѣлилъ въ 10 дней 36 гр. жидкости. Жидкость получалась всегда свѣтлая, прозрачная какъ вода и безвкусная. По содержанію твердыхъ веществъ она оказалась различною у изслѣдованныхъ Унгеромъ растеній.

Въ жидкостяхъ всѣхъ этихъ растеній найдены были слѣды сѣрной кислоты, фосфорной, хлора, калия, кремнекислоты, магнезійи и извести ⁴⁾; последняя оказалась преобладающею между неорганическими соединеніями.

По изслѣдованіямъ Дюшартра ⁵⁾, вода вытекаетъ изъ листьевъ *Colocasia antiquorum* иногда ночью въ такомъ изобиліи, что образуетъ на полу, возлѣ горшка, большія лужи; вытеканіе продолжается также въ пасмурные дни. Вода

1) *De Bary*. Anatomie 1877; p. 54 и 391.

2) *Barthélemy*, C. R. 77; 1080 (1873).

3) *Ramey*. *Bullet. d. l. Soc. Linnéenne* 1874. (Jahresb. Agric. Chem. 16; 267 (1874).

4) *l. c.* p. 126.

5) *Duchartre*. *Ann. d. Sc. Nat. S. 4, t. 12; 267 (1859).*

выдѣлялась вышеназваннымъ растеніемъ исключительно изъ концовъ листьевъ. Въ этомъ мѣстѣ пластинка листа является сильно утолщеною; на утолщеніи расположены отверстія, выдѣляющія воду; три изъ нихъ обыкновенно на столько крупны, что отличимы простымъ глазомъ или лучше лупою. Подъ микроскопомъ каждое изъ нихъ представляется округлымъ или овальнымъ отверстіемъ, окаймленнымъ двумя, вытянутыми по окружности отверстія клѣтками. Кромѣ этихъ большихъ поръ, микроскопомъ открываются въ большомъ количествѣ болѣе мелкія отверстія, различной величины, окруженныя каждое двумя клѣтками; наиболѣе мелкія не отличаются по размѣрамъ и строенію отъ обыкновенныхъ устьицъ, изъ чего слѣдуетъ, что водныя поры *Colocasia antiquorum* ничто иное, какъ сильно разросшіяся, видоизмѣненныя устьица. Выдѣляемая ими вода доставляется особенными межклеточными каналами, которые, по Дюшартру, въ числѣ трехъ, окаймляютъ листъ *Colocasia* по обоимъ краямъ.

Всасываніе воды листьями.

Въ этомъ вопросѣ слѣдуетъ отличать двѣ части: всасываніе воды капельно-жидкой и паробразной.

Первыя точныя изслѣдованія надъ отношеніемъ листьевъ къ парамъ воды принадлежатъ Унгеру ¹⁾. Онъ показалъ, что какъ свѣжіе, такъ и завядшіе отрѣзки растеній продолжаютъ убывать въ вѣсѣ въ атмосферѣ, насыщенной парами воды, если только залѣпить воскомъ срѣзанный конецъ. При этомъ полузавядшіе отрѣзки принимали, не смотря на продолжающуюся потерю воды, опять свѣжій видъ; листья ихъ расправлялись и пріобрѣтали прежнюю тургесценцію. Потеря въ вѣсѣ ясно указывала на то, что причина возвращенія молодымъ частямъ отрѣзка свѣжаго вида могла быть обусловлена лишь передвиженіемъ воды, заключенной въ самомъ отрѣзкѣ, изъ старыхъ частей стебля въ листья и растающую верхушку. Такъ напр. полузавядшій отрѣзокъ *Sparmannia africana*, залѣпленный воскомъ на срѣзанномъ концѣ, былъ перенесенъ въ атмосферу, насыщенную парами воды; на слѣдующій день листья его оправались и онъ принялъ нормальный, свѣжій видъ. Отрѣзокъ оставался свѣжимъ въ продолженіи 15 дневнаго пребыванія въ атмосферѣ, насыщенной парами воды, не смотря на то, что потерялъ за все это время 1,312 гр. воды = 17% своего вѣса. Сходный результатъ дали опыты надъ полузавядшими цѣльными растеніями. Молодой экземпляръ капусты былъ пересаженъ въ горшокъ съ землею; когда онъ оправился отъ пересадки, горшокъ съ землею былъ вставленъ въ стеклянный сосудъ, герметически закрытый крышкою, съ отверстіемъ, сквозь которое былъ пропущенъ къ верху стебель растенія, плотно прижатый къ краямъ отверстія. Когда почва на столько потеряла воды, что листья капусты начали завядать и опустились, весь приборъ былъ поставленъ подъ стеклянный колпакъ въ атмосферу, насыщенную парами воды. Листья черезъ нѣкоторое время оправались, хотя растеніе продолжало терять воду чрезъ испареніе, даже ночью.

1) *Unger. Sitzungsab. d. Wien. Ak. 9; 885; (1852)*

Заключенія Унгера подтверждены изысканіями Дюшартра ¹⁾, Прилье ²⁾ и Кальете.

Относительно всасыванія листьями капельножидкой воды имѣются показанія противорѣчивыя (см. Обмѣнъ веществъ, стр. 711 и слѣдующія).

II. Передвиженіе по растеніямъ газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ тѣлъ.

Передвиженіе газовъ въ растеніяхъ.

Изслѣдованія, изложенныя въ предъидущихъ главахъ, несомнѣнно показали, что каждая живая растительная клѣтка измѣняетъ непрерывно составъ окружающей атмосферы и притомъ, смотря по условіямъ опыта и характеру клѣтки, въ различномъ направленіи. Въ большинствѣ случаевъ растенія поглощаютъ изъ атмосферы кислородъ и выдѣляютъ углекислоту, или же производятъ обмѣнъ газовъ діаметрально противоположный. Пути обмѣна газовъ растенія съ окружающею атмосферою оказались у многихъ высшихъ растеній недостаточными для возстановленія между ними равновѣсія, непрерывно нарушаемаго разнообразными химическими процессами, происходящими внутри растенія. Въ этомъ несомнѣнно убѣждаютъ анализы газовъ, заключенныхъ въ полостяхъ растеній. О различіи въ составѣ газовъ нѣкоторыхъ водныхъ растеній было говорено уже выше (стр. 240). Столь же существенную разницу въ составѣ обнаружили газы въ нѣкоторыхъ сухопутныхъ растеніяхъ. Газъ, извлеченный Шульцомъ ³⁾ изъ злаковъ и стеблей *Rumex* и *Archangelica officinalis*, состоялъ почти исключительно изъ азота, съ незначительною примѣсью (менѣе $\frac{1}{2}\%$) углекислоты. Поопредѣленію Бусенго ⁴⁾, газъ, вытянутый посредствомъ воздушнаго насоса изъ бузины, имѣлъ составъ сходный съ предъидущимъ и разнился только нѣсколько болѣшимъ содержаніемъ углекислоты. По Бартеlemi ⁵⁾, газъ, заключенный въ полостяхъ *Pontederia* и *Typha*, есть чистый азотъ. Газы, извлеченные изъ яблоковъ Бендеромъ ⁶⁾, состояли изъ 40,20% углекислоты, 59,37% азота и 0,43% кислорода. Молодые яблоки вовсе не содержали кислорода и заключали смѣсь газовъ изъ 31,07% углекислоты и 68,93% азота. Для извлеченія газовъ, яблоки, разрѣзанныя предварительно на куски, были погружены въ прокипяченную воду, которая затѣмъ нагрѣвалась нѣкоторое время до 60°—100°; выдѣлявшіеся газы, собранные надъ ртутью, были подвергнуты анализу.

Эти факты заставляютъ принимать присутствіе, внутри растеній, полостей съ газами, на столько уединенныхъ отъ окружающей атмосферы, что, подъ вліяніемъ химическихъ процессовъ, въ растеніи происходящихъ, онѣ могутъ наполняться газами, совершенно инаго состава чѣмъ воздухъ. Въ какихъ полостяхъ

1) *Duchartre*. Ann. d. Sc. Nat. S. 4; t. 15; 156 (1861).

2) *Prillieux*. C. R. 71; 81 (1870).

3) *Schulze* Lehrb. d. Chem. f. Landwirthe, B. 1; 58.

4) *Boussingault*. C. R. 60; 877 (1865).

5) *Barthélémy*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19; 167 (1874).

6) *Bender*. Ber. d. d. Chem. Ges. 1875; 112.

заклучены газы столь различныя по составу отъ атмосферы до сихъ поръ не выяснено съ желаемою точностью.

Относительно водныхъ растеній не подлежитъ сомнѣнiю, что газы наполняютъ характерныя для водныхъ растеній большія межклеточныя полости, которыя, въ слѣдствiе отсутствiя устьицъ, уединены отъ окружающей атмосферы; въ полостяхъ этихъ находится смѣсь газовъ весьма различныхъ по составу, соотвѣтственно происходящимъ, внутри растенiя, химическимъ процессамъ.

Въ сухопутныхъ растенiяхъ, покрытыхъ многочисленными устьицами, которыя, какъ извѣстно, сообщаются съ сѣтью межклеточниковъ коры, необходимо допустить непрерывный энергическiй обмѣнъ газовъ съ окружающей атмосферой, въ слѣдствiе чего газы, заключенныя въ межклеточникахъ коры, представляютъ составъ сходный съ воздухомъ.

Наиболѣе поразительный примѣръ энергичной вентиляции растенiй представляетъ *Nelumbium speciosum*, отличающееся, какъ и всѣ водныя растенiя, громадными размѣрами межклеточныхъ полостей, пронизывающихъ растенiе сверху до низу, въ видѣ системы объемистыхъ цилиндрическихъ каналовъ. Явленiе это было открыто Рафено Делилемъ ¹⁾ и подробно изучено Бартелеми ²⁾ и Мерже ³⁾. Листъ *Nelumbium speciosum* состоитъ изъ округлой пластинки, нѣсколько вогнутой на верхней сторонѣ и прикрѣпленной къ черешку центральною частью нижней поверхности. Листовая пластинка покрыта устьицами только на верхней поверхности, между тѣмъ какъ нижняя, а также и черешокъ, совершенно лишены устьицъ. Рафено Делиль замѣтилъ, что если на центральной части листовой пластинки находится случайно вода, то удастся наблюдать обильное выдѣленiе пузырьковъ газа изъ устьицъ покрытыхъ водою; токъ газа обнаруживается какъ на листѣ, соединенномъ съ растенiемъ, такъ и на отрѣзанномъ, если только погрузить срѣзанный конецъ черешка въ воду на значительную глубину. Въ теплые солнечныя дни Рафено Делиль замѣчалъ обильное выдѣленiе газа не только изъ пластинки, но и изъ всѣхъ случайныхъ отверстiй *Nelumbium*, причиненныхъ улитками и другими животными. Выдѣленiе пузырьковъ газа происходитъ, по наблюденiямъ Бартелеми, съ сильнымъ шумомъ и бываетъ иногда столь значительно, что вода, окружающая *Nelumbium*, кажется какъ бы кипящею; въ акварiяхъ, гдѣ выращивается *Nelumbium speciosum*, въ продолженiи минуты выдѣляются сотни литровъ газа. Мерже дополнилъ эти данныя новыми фактами и въ то же время показалъ, что выдѣленiе тока газа *Nelumbium* есть явленiе физическое, не связанное съ жизнью растенiя, такъ какъ ему удалось вызвать его не только на листьяхъ уже отмершихъ, но и при посредствѣ простаго аппарата, термодиффузора. На листѣ, отдѣленномъ отъ растенiя, Мерже наблюдалъ выходенiе газа не изъ пластинки, а изъ срѣзаннаго черешка; газъ выходилъ изъ черешка съ такою силою, что въ прикрѣпленномъ къ черешку манометрѣ съ водою, вода поднималась на 1 — 3 дециметровъ. Вода удерживалась на этой высотѣ, пока листъ оставался свѣжимъ. По мѣрѣ засыханiя листа, вода въ манометрѣ

1) *Raffenu Delile*. Ann. d. Sc. Nat. S. 2, t. 16; 328 (1841).

2) *Barthélemy*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19; 152 (1874).

3) *Merget*. S. l. phénomènes d. l. thermodiffusion, qui se produisent d. l. feuilles. См. также С. R. 77; 1469 (1873) и 78; 884 (1874).

метрѣ спадала; но стоило только смочить листь, чтобы поднять воду въ манометрѣ до прежней высоты. Выдѣляемый листьомъ газъ имѣлъ составъ весьма сходный съ атмосфернымъ воздухомъ. При замѣнѣ воздуха другими газами, напр. кислородомъ, водородомъ, окисью углерода, углекислотою, они, подобно воздуху, проникали въ листь и выдѣлялись изъ надрѣза черешка.

Мерже нашель, что выдѣленіе газа листьями, освѣщенными солнцемъ, вызывается преимущественно тепловыми, а не свѣтовыми лучами. При замѣнѣ солнечнаго свѣта горящими углями, листь *Nelumbium* выдѣлилъ объемъ газа въ 4 раза бѣльшій; на солнцѣ объемъ выдѣленнаго, въ продолженіи минуты, газа равнялся $\frac{1}{2}$ литра; при нагрѣваніи листа углемъ получился цѣльый литръ газа. О количествѣ газа, выдѣленнаго листьомъ *Nelumbium*, можно судить потому, что токъ газа удается поддерживать въ продолженіи нѣсколькихъ сутокъ, собирая ежедневно количество газа, превосходящее объемъ листа въ нѣсколько сотъ и даже тысячъ разъ. Единственнымъ и необходимымъ условіемъ для продолженія тока газа оказалась поддержка влажности листа и различной температуры его частей: выдѣленіе газа прекращалось, если на листовую пластинку наливалась теплая вода вмѣсто холодной, или если весь листь погружался въ воду. Особенно интересно показаніе Мерже, что отмершіе, но смоченные водою листьа *Nelumbium* обнаруживаютъ токъ газа столь же энергичный, какъ живые. Въ августѣ 1873 года онъ засушилъ нѣсколько листьевъ *Nelumbium* на столько, что они сдѣлались крѣпкими и ломкими; въ февралѣ 1874 года листьа эти были вновь смочены; обернутые въ мокрую тряпку, они чрезъ нѣкоторое время приняли свѣжій видъ и прежнюю упругость, и подвергнутые мѣстному нагрѣванію, обнаружили столь же энергичное выдѣленіе газа какъ свѣжіе листьа. Подобный результатъ дали листьа убитые спиртомъ, ѣдкимъ кали или кислотою.

Мерже ¹⁾ удалось даже устроить приборъ *термодиффузаторъ*, посредствомъ котораго получается выдѣленіе газа вполне сходное съ токомъ газа изъ листа *Nelumbium*. Термодиффузаторъ былъ устроенъ изъ цилиндрическаго глинянаго сосуда (гальваническаго элемента), наполненнаго мелкоистолченнымъ мѣломъ; въ открытый конецъ цилиндра была плотно вставлена, при посредствѣ пробки, стеклянная трубка; трубка соответствовала черешку отрѣзаннаго листа *Nelumbium*, глиняный сосудъ съ мѣломъ — листовой пластинкѣ. До начала опыта, глиняный сосудъ оставался погруженнымъ въ воду. Для проявленія термодиффузионнаго тока газа, приборъ этотъ вынимаютъ изъ воды и посредствомъ штатива укрѣпляютъ въ наклонномъ положеніи, стеклянною трубкою внизъ. Глиняный сосудъ подогреваютъ лампою, а свободный конецъ стеклянной трубки подводятъ подъ цилиндръ наполненный водою; въ немъ собирается газъ, выдѣляющійся большими пузырями изъ трубки. Объемъ собраннаго газа превосходилъ, въ опытахъ Мерже, разъ въ 40 объемъ глинянаго сосуда. Выдѣленіе газа происходило съ значительною силою; при цилиндрѣ въ 12 сантим. длины и 4 сантим. ширины, давленіе газа достигало до трехъ атмосферъ.

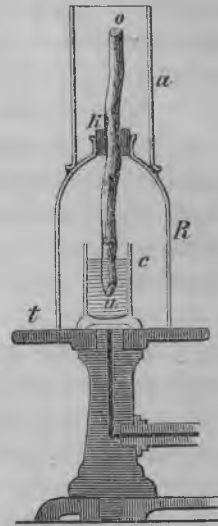
Прежде предполагали (Гелесъ, Саеъсъ), что полости сосудовъ находятся въ непосредственномъ сообщеніи съ межкѣтъниками коры и, чрезъ нихъ, съ ат-

1) *Merget*. Thermodiffusion gazeuse d. corps pulverulents humides. Association française pour l'avancement d. sciences. Congrès d. Nantes. 1875; p. 355.

мосферой. Гелесъ заключилъ о непосредственномъ сообщеніи сосудовъ съ межкѣтными ходами коры и устьицами на основаніи слѣдующаго опыта: отрѣзокъ вѣтви былъ прикрѣпленъ наглухо, посредствомъ пробки, въ отверстіе стекляннаго колпака, примазаннаго къ тарелкѣ воздушнаго насоса пришлифованнымъ краемъ (рис. 40). Верхній срѣзанный конецъ отрѣзка залѣплялся воскомъ; нижній былъ погруженъ въ небольшой сосудъ съ водою. При выкачиваніи воздуха изъ подъ колокола, въ разрѣженное пространство проникалъ внѣшній воздухъ черезъ вѣтку и выдѣлялся (по крайней мѣрѣ частью) изъ нижняго срѣзаннаго конца вѣтки, струйками въ видѣ маленькихъ пузырьковъ. Гелесъ полагалъ, что пузырьки выдѣлялись изъ сосудовъ древесины, и такъ какъ наружный воздухъ могъ проникнуть въ вѣтвь только черезъ боковыя ея стѣнки, то онъ и заключилъ о непосредственномъ сообщеніи сосудовъ съ межкѣтниками (и устьицами) коры. Къ сходному результату пришелъ Саксъ ¹⁾.

Гёнель ²⁾ получилъ напротивъ того результатъ диаметрально противоположный; по его опытамъ, сосуды древесины съ одной стороны и межкѣтныя пространства коры (и сердцевины) съ другой, совершенно разообшены; система полостей сосудовъ отовсюду замкнута, между тѣмъ какъ сѣтъ межкѣтниковъ коры сообщается съ окружающей атмосферой посредствомъ устьицъ. Весьма простыми опытами удалось Гёнелю показать, что газы, заключенныя въ системѣ полостей сосудовъ, находятся иногда подъ давленіемъ весьма отличнымъ отъ атмосфернаго. Проявленіе весьма малаго давленія въ полостяхъ сосудовъ Гёнель доказалъ весьма наглядно, отрѣзывая вѣтвь отъ растенія подъ ртутью; подъ вліяніемъ атмосфернаго давленія ртуть съ силою проникала въ полости вскрытыхъ сосудовъ. По прошествіи нѣсколькихъ минутъ, она поднималась по нимъ на значительную высоту, образуя столбики ртути до 50—60 сантиметровъ длины. На продольныхъ разрѣзахъ этихъ вѣтокъ столбики ртути просвѣчивали сквозь стѣнки сосудовъ въ видѣ сѣрыхъ полосокъ, отличаемыхъ легко простымъ глазомъ, еще лучше лупою. Наилучшіе результаты дали вѣтви деревьевъ *Quercus pedunculata*, *Aesculus Hippocastanum*, *Syringa vulgaris*. Прониканіе ртути въ сосуды Гёнель совершенно правильно объясняетъ малымъ давленіемъ заключенныхъ въ нихъ газовъ, которое мыслимо только при замкнутости этихъ полостей. Поднятіе ртути по сосудамъ происходитъ, по мнѣнію Гёнеля, безъ тренія поднимающейся ртути о стѣнки сосуда, слѣдующимъ образомъ: при входѣ въ полость сосуда столбикъ ртути образуетъ на вершинѣ менискъ, представляющій единственное препятствіе для ея дальнѣйшаго движенія. Частицы, занимающія центральную часть меникса, раздвигаются въ разныя стороны подъ давленіемъ вновь входящей ртути; достигнувъ

Рис. 40.



1) *Jachs. Handbuch d. Experim. Physiol.* p. 252.

2) *Höhnel. Ueb. d. negativen Druck d. Gefässluft* (Inaug. Dissert.) 1876.
Его же: *Bot. Zeit.* 1879; p. 541. *Pringsh. fahrh.* 12; 47.



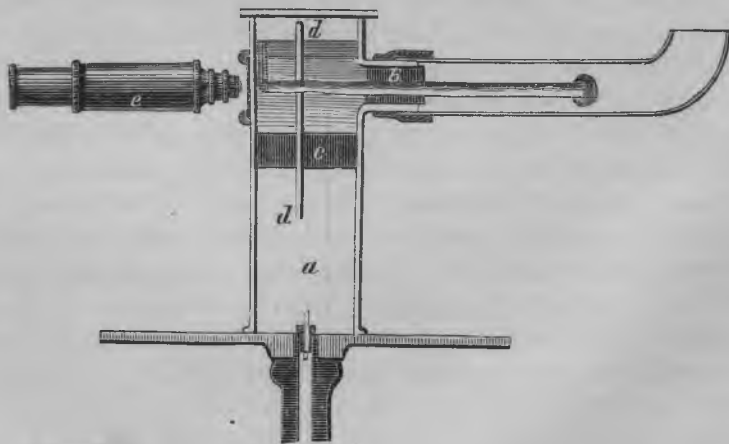
стѣнки сосуда, онѣ прилипаютъ къ ней и остаются неподвижными, увеличивая собою боковую стѣнку цилиндра ртути. Дальнѣйшее движеніе ртути, по сосуду, происходитъ, по Гёнелю, главнымъ образомъ вдоль оси цилиндра, во внутренней его части, между тѣмъ какъ въ наружныхъ, частички ртути остаются безъ движенія.

При вертикальномъ положеніи срѣзываемой вѣтви длина столбика ртути можетъ служить непосредственнымъ указаніемъ на давленіе, подъ которымъ находились газы въ сосудахъ; изъ сравненія столбиковъ ртути въ различныхъ сосудахъ отрѣзка, оказалось, что они достигали тѣмъ бѣльшей длины, чѣмъ ближе находились къ поверхности вѣтки, или, другими словами, что въ наружныхъ слояхъ древесины газы находились подъ меньшимъ давленіемъ, чѣмъ во внутреннихъ.

Анатомическія данныя вполне согласуются съ результатомъ Гёнеля; сосуды, вплоть до послѣднихъ развѣтвленій сѣти сосудистыхъ пучковъ, всегда оказывались окруженными влагалищемъ плотно сросшихся клѣтокъ и являлись вполне уединенными отъ межклеточниковъ коры. Гёнелю предстояло объяснить противорѣчивые результаты опытовъ Гелеса и Сакса; это ему вполне удалось. Наблюдая въ микроскопъ выходненіе пузырьковъ воздуха изъ срѣзаннаго конца вѣтви въ условіяхъ, соответствующихъ опытамъ Гелеса и Сакса, онъ нашель, что только самая незначительная часть ихъ выдѣляется изъ сосудовъ, а что всѣ остальные выходятъ изъ коры, т. е. оказалось, что воздухъ, проникающій извнѣ черезъ устьицы въ кору, выдѣлялся весь изъ нижняго срѣза коры; незначительное число пузырьковъ, выступавшихъ изъ древесины, состояло изъ воздуха, заключеннаго въ сосудахъ до начала опыта.

Изъ употребленныхъ Гёнелемъ приборовъ, я опишу здѣсь два наиболѣе удобныхъ для наблюденій надъ выдѣленіемъ газовъ изъ разрѣза растенія. Одинъ изъ нихъ (рис. 41) состоялъ изъ длинной цилиндрической трубки (а), соединен-

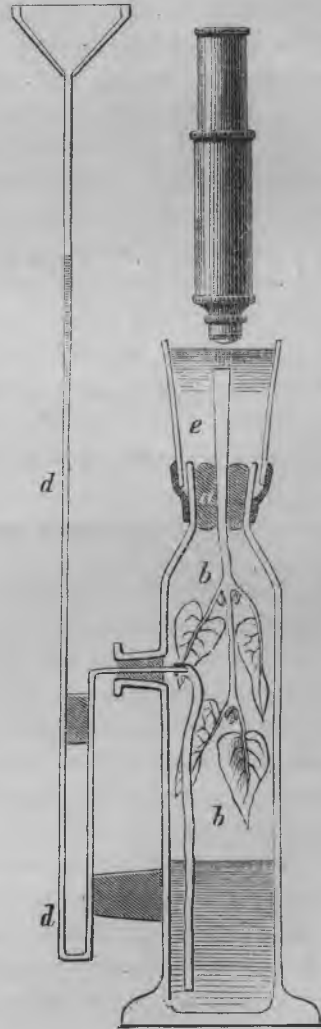
Рис. 41.



ной внизу съ воздушнымъ насосомъ; сверху она закрывалась герметически, на время опыта, пришлифованной стеклянной пластинкой. Въ верхней части цилиндра съ боку была припаяна горизонтальная трубка (b), замѣнутая плотно пробкою

на наружномъ концѣ; въ пробку былъ вставленъ предназначенный для опыта отрѣзокъ, частью заключенный въ цилиндрѣ, частью выставившійся къ наружи; наружный конецъ отрѣзка былъ залѣпленъ воскомъ. По срединѣ длины цилиндра (*a*) находилась перегородка (*c*), съ отверстіемъ, съвозъ которое проходила открытая съ обѣихъ концовъ стеклянная трубка (*d*). Верхній конецъ трубки (*d*) доходилъ почти вплотъ до стеклянной крышки. Послѣ введенія отрѣзка, наливалась въ верхнюю, отгороженную часть прибора вода, почти до крышки, такъ однако, что трубка (*d*) концомъ своимъ выставялась изъ подъ воды. Какъ только начиналъ дѣйствовать воздушный насосъ, появлялись, на погруженномъ въ воду концѣ отрѣзка, пузырьки газа, которые, отрываясь отъ вѣтви, поднимались къ верху струйками, въ видѣ мельчайшихъ пузырьковъ. Выхожденіе ихъ удобно было наблюдать черезъ горизонтальную трубку микроскопа (*e*) и легко было убѣдиться, что главная масса газа выдѣлялась изъ коры, и только весьма незначительное количество пузырьковъ выходило изъ древесины. Слѣдовательно не подлежало сомнѣнію, что воздухъ, проникавшій въ вѣтвь черезъ устья и чечевички, выходилъ исключительно изъ коры и слѣд. не сообщался съ газами полостей сосудовъ. Съ помощью другаго прибора, Гёнель доказалъ справедливость своего вывода на вѣткѣ съ листьями (рис. 42). Испытуемая вѣтвь прикрѣплялась въ цилиндрическомъ сосудѣ (*b*) съ широкимъ горломъ, посредствомъ каучуковой пробки (*a*). За исключеніемъ срѣзаннаго конца, обращеннаго къ верху, вся вѣтвь находилась въ сосудѣ, подъ пробкою. Посредствомъ боковаго отверстія цилиндръ, вмѣщавшій вѣтвь, сообщался съ длинною колѣнчато изогнутою воронкою (*d*), чрезъ которую вливалась ртуть; ртуть сдавливала воздухъ въ цилиндрѣ и прогоняла его къ наружи, сквозь вставленную вѣтвь. Окруживъ выступающій къ верху конецъ вѣтки стекляннымъ сосудомъ (*e*) съ водою, легко можно было въ данномъ случаѣ непосредственно наблюдать, при давленіи ртути въ 20 — 30 сантим., выдѣленіе газовъ изъ коры (и сердцевины). Изъ сосудовъ воздуха не выдѣлялось вовсе. Только когда давленіе ртути поднималось до 70 сантим., было замѣтно выходеніе немногихъ пузырьковъ газа и изъ сосудовъ.

Рис. 42.



Разрѣженное состояніе газовъ, заключенныхъ въ сосудахъ, и сравнительно малая вмѣстимость послѣднихъ заставляеть предполагать, что извлеченные вышеозначенными изслѣдователями (стр. 248) газы наполняли не только сосуды, но и еще другія полости, въ одинаковой мѣрѣ уединенныя отъ окружающей атмосферы.

Бъ таковымъ полостямъ, подобнымъ описаннымъ выше (стр. 240) у водныхъ растений, относятся, по всему вѣроятію, осевыя пустоты, образующіяся, при разрастаніи въ толщину стебля у злаковъ, зонтичныхъ и др., на протяженіи цѣлыхъ междоузлій на мѣстахъ, занимаемыхъ въ молодомъ возрастѣ сердцевинной. Касательно этого предмета не имѣется вовсе указаній въ настоящее время.

Этими немногими данными исчерпывается почти все извѣстное о распредѣленіи и передвиженіи газовъ внутри растенія. На основаніи ихъ можно вывести слѣдующія заключенія: 1) въ растеніяхъ (высихъ) пространства наполненные газами образуютъ двѣ системы полостей совершенно разъединенныхъ между собою: а) сосуды древесной части сосудистыхъ пучковъ и, по всему вѣроятію, другія еще полости, во внутренней части растенія и б) межкльѣтныя полости коры (и сердцевины). Система сосудовъ представляется у всѣхъ растений отовсюду замкнутою; въ ней поэтому могутъ находиться смѣси газовъ совершенно отличныя отъ воздуха и подъ давленіемъ совершенно инымъ, чѣмъ атмосферное. Система межкльѣтниковъ коры и сердцевины у водныхъ растений, лишенныхъ устьиць, представляется также уединенною отъ атмосферы, и можетъ подобно системѣ сосудовъ, заключать, смотря по условіямъ опыта, различныя отъ окружающей среды, по составу и по давленію, газы. У растений водныхъ съ листьями, выступающими надъ поверхностью воды и снабженными устьицами, а равно и у всѣхъ сухопутныхъ эта система полостей сообщается съ атмосферой посредствомъ безчисленнаго количества устьиць, такъ что, не смотря на непрерывныя измѣненія воздуха, вошедшаго въ растеніе, газы этихъ полостей не представляютъ замѣтной разницы въ составѣ отъ окружающей атмосферы.

Передвиженіе жидкихъ и твердыхъ тѣлъ по растенію.

Безпрерывныя перемѣщенія жидкихъ и твердыхъ тѣлъ по растенію чрезвычайно разнообразны. Въ перемѣщеніи ихъ изъ одного мѣста въ другое, смотря по потребности организма, не трудно убѣдиться непосредственно, изслѣдуя микроскопомъ простѣйшіе организмы, доступные изученію въ живомъ неповрежденномъ состояніи. Въ высихъ растеніяхъ, къ движеніямъ плазмы въ клѣткахъ присоединяются различныя токи жидкостей, направляющіеся изъ одной части въ другую по растенію, сообразно съ его потребностями. У сухопутныхъ формъ, а равно и въ водныхъ, съ того времени какъ они выставляютъ нѣкоторыя части надъ водою, проявляется еще токъ, пробѣгающій растеніе снизу вверхъ; вода, проникнувъ въ растеніе изъ почвы чрезъ корни, поднимается по растенію вверхъ, смачивая всѣ его воздушныя части. Притокъ ея въ растеніе изъ почвы и передвиженіе по растенію обуславливается исключительно испареніемъ растенія и имѣетъ, по видимому, главною цѣлью восполнять воду, теряемую растеніемъ чрезъ испареніе.

Сообразно съ этими соображеніями, я изложу отдѣльно въ послѣдовательномъ порядкѣ: 1) передвиженіе жидкихъ и твердыхъ тѣлъ въ растеніи отъ причинъ, кроющихся въ самомъ растеніи и неразрывно связанныхъ съ его жизнью, и 2) восхожденіе по растенію тока воды (и минеральныхъ солей), вызываемаго испареніемъ.

Передвиженіе жидкихъ и твердыхъ тѣлъ, неразрывно связанныя съ жизненными отправленіями растений и обусловленныя причинами, кроющимися внутри растенія.

Опуская здѣсь передвиженія плазмы въ клѣткахъ, описываемыя въ каждомъ элементарномъ учебникѣ, я перехожу къ изслѣдованіямъ путей передвиженія жидкихъ и твердыхъ тѣлъ по тканямъ вышихъ растеній.

Розысканія эти ведены были 2 путями: съ одной стороны изслѣдовали, при посредствѣ микрохимическихъ реакцій, распредѣленіе по тканямъ растеній наиболѣе распространенныхъ соединеній, и заключали изъ этого о путяхъ передвиженія ихъ по растеніямъ, а съ другой—старались разгадать эти пути, перерѣзывая поочередно различныя ткани и наблюдая вызываемыя нарушенія въ перемѣщеніи веществъ по растенію.

Между различными передвиженіями веществъ по растенію были преимущественно разслѣдованы слѣдующія: 1) перемѣщеніе, при проростаніи, соединеній, отложенныхъ въ бѣлкѣ или сѣмядоляхъ, въ нарастающія части зародыша; 2) перемѣщеніе, по растенію, вырабатываемыхъ листьями органическихъ соединеній въ мѣста потребленія или временнаго отложенія и 3) передвиженіе въ молодые побѣги зимняго запаснаго матеріала.

Въ заключеніе статьи я изложу опыты надъ вытеканіемъ жидкости изъ надрѣзанныхъ частей растенія, — явленіе такъ называемаго *плача* растеній.

Изслѣдованія надъ передвиженіемъ веществъ при проростаніи.

Главнѣйшія микроскопическія изслѣдованія надъ передвиженіемъ веществъ при проростаніи принадлежатъ Саксу ¹⁾. Ему удалось путемъ микрохимическихъ реакцій прослѣдить на пластинкахъ, вырѣзанныхъ изъ сѣмени и проростковъ, распредѣленіе по тканямъ крахмала, сахара, бѣлковыхъ тѣлъ, жировъ и дубильныхъ веществъ. Изъ сравненія распредѣленія ихъ въ сѣмени и въ проросткѣ онъ заключилъ о путяхъ ихъ передвиженія. Оказалось, что во всѣхъ нарастающихъ частяхъ въ періодъ, предшествующій окончательному разрастанію, временно появляется сахаръ и крахмалъ, и притомъ только въ сердцевинѣ и въ паренхимѣ коры; ни въ камбіѣ, ни въ ситовидныхъ элементахъ ихъ вовсе не было; эти элементы напротивъ того изобиловали бѣлковыми тѣлами. Въ окончательно разросшихся частяхъ проростка крахмалъ и сахаръ исчезали безслѣдно, за исключеніемъ одного только слоя клѣточекъ, непосредственно окаймляющихъ сосудистыя пучки, — такъ называемаго *крахмалистаго влагалища*, въ которомъ Саксъ находилъ зерна крахмала во все время развитія растенія. На основаніи присутствія крахмала и сахара въ паренхимѣ коры и сердцевинѣ и преобладанія бѣлковыхъ тѣлъ въ камбиформѣ и ситовидныхъ элементахъ, Саксъ заключилъ, что пути передвиженія углеводовъ и бѣлковъ совершенно различны и соотвѣтствуютъ тканямъ, въ которыхъ онъ ихъ находилъ.

1) Sachs. Sitzungsber. d. Wien. Ak. 36; (1859) и 37; 57 (1859).

Его же: Bot. Zeit. 1859; 1862; 1863; 1865.

Также: Pringsh. Jahrbuch. 3; 183 (1863); Flora 1862; 193 и 230 и 1863; 33 и 193.

Handbuch d. Experim. Physiol. p. 380 (1865) и Lehrbuch d. Botanik., p. 612 (1874).

Выводъ Сакса допускаетъ однако очень вѣскія возраженія. Бриози ¹⁾ справедливо замѣчаетъ, что присутствіе крупныхъ зеренъ крахмала въ паренхимѣ не можетъ служить указаніемъ на пути передвиженія углеводовъ по растенію; эти сравнительно крупныя отложенія крахмала можно, съ одинаковымъ правомъ, разсматривать какъ временныя отложенія, находящіяся внѣ главнаго его тока. Бриози удалось открыть въ содержимомъ ситовидныхъ элементовъ, кромѣ бѣлковъ, значительное количество крахмальныхъ зеренъ, и притомъ столь малыхъ размѣровъ, что они въ состояніи, по его мнѣнію, проникать изъ одной ситовидной клѣтки въ другую, чрезъ сквозныя поры сита. Нѣсколько разъ онъ получалъ препараты съ зернышками крахмала, зацементированными въ поровыхъ каналахъ ситовидныхъ элементовъ. По этому Бриози считаетъ, въ противоположность Саксу, одни ситовидные элементы за пути передвиженія какъ углеводовъ, такъ и бѣлковъ, т. е. пластического матеріала, въ полномъ его составѣ. Сходнаго взгляда придерживается Ганштейнъ. (Разборъ этихъ возрѣній см. ниже).

Перемѣщеніе по растенію выработаннаго листьями запаснаго матеріала въ мѣста потребленія или временнаго отложенія.

Выше были подробно изложены изслѣдованія надъ участіемъ листьевъ въ питаніи хлорофиллоносныхъ растеній. Мы видѣли, что въ клѣткахъ паренхимы листовыхъ пластинокъ приготавлиются, изъ углекислоты и воды, углеводы, при посредствѣ которыхъ строятся въ растеніи всѣ остальные органическія соединенія. Необходимые для жизни каждой клѣтки углеводы, приготавливаемые листьями, переносятся затѣмъ во всѣ другіе органы растенія. Одновременно съ ними появляются, какъ въ нарастающихъ частяхъ растеній, такъ и въ мѣстахъ временнаго накопленія запаснаго матеріала, бѣлковыя тѣла и жиры. Выше уже было выяснено, что о мѣстахъ образованія послѣднихъ имѣются лишь скудныя указанія. Только въ самое послѣднее время удалось Храповицкому доказать, цѣлымъ рядомъ опытовъ, что въ хлорофиллоносныхъ растеніяхъ синтезъ бѣлковыхъ тѣлъ происходитъ въ зернахъ хлорофилла листьевъ. (Предварительная замѣтка вскорѣ появится въ бюллетенахъ Академіи Наукъ.)

Въ виду неизвѣстности состава смѣси органическихъ соединеній, вырабатываемыхъ растеніемъ при посредствѣ листьевъ, я буду обозначать ее названіемъ *пластического матеріала*. Пути передвиженія послѣдняго безъ сомнѣнія весьма различны, смотря по распредѣленію въ растеніи мѣстъ его потребленія или временнаго отложенія.

Мы видѣли (стр. 181 и слѣд.), что, во время прорастанія, нарастающія части растенія получаютъ весь пластическій матеріалъ изъ сѣмядолей; послѣднія содержатъ его внутри себя, или же высасываютъ его, по мѣрѣ развитія зародыша, изъ окружающаго бѣлка.

Съ истощеніемъ запаснаго матеріала сѣмени роль сѣмядолей принимаютъ на себя листья, съ тою только разницею, что вырабатываютъ органическія соединенія сами, при посредствѣ свѣта, изъ простыхъ неорганическихъ соединеній.

Передвиженіе по растенію пластического матеріала изъ листьевъ изслѣдо-

1) *Briosi*. Bot. Zeit. 1873; p. 305 и *Nuovo Giorn. bot. ital.* 1875; 81 (*Just. Jahresb.* 1875; 873).

вали: 1) посредствомъ вырѣзыванія изъ растенія различныхъ тканей (коры и древесины), и 2) макрoхимическими анализами листьевъ и другихъ органовъ растенія въ различное время развитія растенія.

Исслѣдованія путей передвиженія пластическаго сока изъ листьевъ, посредствомъ вырѣзыванія опредѣленныхъ тканей растенія.

Первые опыты въ этомъ направленіи произведены были Мальпиги¹⁾; онъ показалъ, что если сдѣлать на стволѣ круговую вырѣзку коры, то части растенія выше круговой вырѣзки не только остаются живыми, но разрастаются сильнѣе обыкновеннаго въ толщину, а плодовые деревья приносятъ, на слѣдующій годъ послѣ вырѣзки коры, большее противъ обыкновеннаго количество плодовъ. При этомъ особенно сильно разрастался стволъ у верхняго края вырѣзки. Здѣсь обнаруживалась значительная гипертрофія, какъ древесины, такъ и коры, и образовался кольцеобразный наплывъ ткани по всему верхнему краю вырѣзки. Совершенно обратное замѣчалось въ части ствола ниже вырѣзки; со времени вырѣзыванія кольца коры, прекращался ростъ въ толщину ствола, а равно и развитіе всѣхъ частей растенія ниже вырѣзки. Изъ всѣхъ этихъ фактовъ уже Мальпиги совершенно вѣрно заключилъ о передвиженіи пластическаго сока изъ листьевъ сверху внизъ по корѣ и о поднятіи, по растенію, воды преимущественно, если не исключительно, по древесинѣ. На основаніи подобныхъ опытовъ долгое время предполагали существованіе въ растеніяхъ двухъ главныхъ токовъ жидкости: тока воды, поднимающагося по древесинѣ, и пластическаго сока, спускающагося по корѣ; первый обозначили названіемъ *восходящаго*, второй названіемъ *нисходящаго* тока жидкости. Послѣдующія разысканія однако показали, что, кромѣ этихъ двухъ токовъ жидкостей, находятся много другихъ путей перемѣщенія жидкихъ и твердыхъ тѣлъ, и что слѣдовательно передвиженіе ихъ по растенію далеко не такъ просто, какъ прежде принимали. Поверхностнаго наблюденія надъ большинствомъ однолѣтнихъ растеній достаточно для того, чтобы убѣдиться въ необходимости передвиженія пластическаго матеріала изъ листьевъ вверхъ по растенію къ развивающимся цвѣтамъ и плодамъ растеній. Вышеприведенные опыты Сакса (стр. 190) сдѣлали это заключеніе еще болѣе очевиднымъ. Не подлежить также сомнѣнію развитіе, при посредствѣ листьевъ, камбія и образуемыхъ изъ него элементовъ коры и древесины, для чего необходимо допустить теченіе пластическаго сока изъ листьевъ къ камбію. Изъ всѣхъ возможныхъ путей перемѣщенія по растенію пластическаго матеріала, изготовляемаго листьями, разслѣдованы пока, по крайней мѣрѣ до нѣкоторой степени, два пути: а) внизъ по стволу и корню, и б) вверхъ по растенію.

Передвиженіе пластическаго матеріала изъ листьевъ внизъ и вверхъ по корѣ. Первые опыты, произведенные Мальпиги, были подтверждены Найтомъ, Ганштейномъ и Гартигомъ. Найтъ²⁾ показалъ, что если вмѣсто одной кольцевой вырѣзки коры сдѣлать двѣ, одну подъ другою, то описанный Мальпиги наплывъ верхняго края вырѣзки получается, какъ и слѣдовало ожидать, только на

1) *Malpighi*. Op. 1; 159 (цитата по Ганштейну).

2) *Knight*. Selection from the *physiol. c. horticult. papers.* (a. d. *Philos. trans. u. a. Schriften gesammelt*). Lond. 1841.

верхнемъ край верхней вырѣзки. Ниже послѣдней, прекращается совершенно разрастаніе въ толщину, какъ въ промежуточномъ кускѣ между вырѣзками, такъ и въ остальной нижней части растенія. Исключеніе представляютъ лишь тѣ случаи, гдѣ въ промежуткѣ между вырѣзками, или ниже нижней вырѣзки, находится почка или развитые листья, которые могутъ выработать пластическій матеріалъ для частей ниже ихъ находящихся. Нагляднымъ подтвержденіемъ передвиженія, въ данномъ случаѣ, пластическаго матеріала сверху внизъ послужилъ Найту опытъ, гдѣ съ намѣреніемъ оставлена была почка въ промежуткѣ между обѣими кольцеобразными вырѣзками коры. Изъ почки образовался со временемъ побѣгъ съ листьями; согласно съ предъидущимъ получилось разрастаніе въ толщину только въ нижней части кольца коры, ниже основанія побѣга; выше мѣста его прикрѣпленія, новообразованія тканей не обнаружилось и эта часть сохранила размѣры, которые имѣла во время вырѣзыванія коры.

Опыты эти указали несомнѣнно на движеніе пластическаго матеріала внизъ по корѣ, причемъ однако ближайшая причина его передвиженія оставалась невыясненною. Можно было съ одинаковымъ правомъ принять, что перемѣщеніе его происходитъ подъ вліяніемъ какого нибудь внѣшняго дѣятеля (всего вѣрнѣе казалось объяснить непосредственнымъ вліяніемъ силы тяжести) или же отъ внутреннихъ причинъ, кроющихся въ организаціи растенія. Найту удалось разрѣшить этотъ вопросъ въ пользу втораго предположенія. Пробнымъ объектомъ послужила ему плакучая ива; сдѣлавъ круговую вырѣзку коры у висячей внизъ вѣтви, онъ нашель, что конечная часть ея, приходившаяся ниже вырѣзки, продолжала разрастаться; соотвѣтственно съ этимъ, круговой наростъ тканей образовался не на верхнемъ, а на нижнемъ краю вырѣзки; верхній же край ея и вся прилегающая къ нему часть вѣтви, до слѣдующей почки, остановились вполнѣ въ своемъ развитіи. Здѣсь слѣдовательно обнаружилось перемѣщеніе пластическаго матеріала *тоже по корѣ, но по направленію снизу вверхъ*. Если представить себѣ висячую вѣтвь приподнятою и поставленною вертикально, то получится полное совпаденіе въ направленіи тока пластическаго матеріала съ прежними опытами. Поэтому гораздо правильнѣе обозначить его какъ теченіе, направленное въ корѣ отъ *органической вершины растенія къ его основанію*. Определеніе это подтверждается вполнѣ еще слѣдующимъ опытомъ Найта надъ виноградной лозой: онъ пригнулъ вѣтвь виноградной лозы къ землѣ среднюю ея часть, которую и засыпаль землею. По прошествіи нѣкотораго времени въ этомъ мѣстѣ она пустила корни, и когда совершенно укоренилась, то Найтъ отрѣзалъ ее съ обѣихъ концовъ, оставивъ на каждомъ по значительному куску прилегающаго междуузлія. Дугообразно изогнувшійся отрѣзокъ продолжалъ расти, при посредствѣ оставленныхъ на немъ почекъ. Дальнѣйшее разрастаніе отрѣзка дало возможность провѣрить вышеприведенное положеніе, на основаніи слѣдующихъ соображеній: если въ данномъ случаѣ пластическій сокъ двигался по корѣ отъ органической вершины (отрѣзанной верхушки побѣга) къ органическому основанію (т. е. къ концу, которымъ отрѣзокъ былъ соединенъ съ лозою), то слѣдовало ожидать, что на отрѣзкѣ, дѣятельностью оставленныхъ на немъ почекъ, будутъ разрастаться междуузлія, приходящіяся, при нормальномъ положеніи вѣтви, ниже почекъ, въ томъ числѣ и кусокъ междуузлія, на концѣ, соединявшемъ прежде отрѣзокъ съ лозою; напротивъ того кусокъ междуузлія, оставленный на противо-

положномъ концѣ отрѣзка, долженъ былъ оставаться безъ измѣненія; ожиданія эти вполне подтвердились на опытѣ.

Опыты Ганштейна показали, что пластическій матеріалъ для развитія корней отрѣзковъ вѣтвей, посаженныхъ во влажный песокъ или воду, доставляется по корѣ и, что раньше всего образуются корни на нижнемъ, срѣзанномъ концѣ, гдѣ они достигаютъ наибольшихъ размѣровъ. Ганштейнъ ¹⁾ показалъ, что круговою вырѣзкою коры отрѣзка можно уменьшить разрастаніе корней изъ нижняго конца вѣтви; корни получались тѣмъ короче, чѣмъ ближе къ нижнему концу была произведена вырѣзка; если ниже вырѣзки былъ оставленъ только короткій кусокъ коры, то корней въ этомъ мѣстѣ не образовалось вовсе. Въ замѣнъ ихъ появлялись очень сильно развитые корни вдоль верхняго края вырѣзки; они достигали тѣмъ болѣеи длины, чѣмъ длиннѣе была срѣзанная вѣтвь. Сходный результатъ получился на отрѣзкахъ, уже пустившихъ корни изъ нижняго конца; круговою вырѣзкою удавалось тотчасъ останавливать дальнѣйшее ихъ разрастаніе. Опыты Ганштейна служатъ слѣдовательно полнымъ подтвержденіемъ предъидущихъ. Провѣряя вліяніе круговой вырѣзки коры на различныхъ растеніяхъ, Ганштейнъ ²⁾ нашелъ, что оно не во всѣхъ проявляется съ одинаковою опредѣленностью, а у нѣкоторыхъ даже вовсе не задерживаетъ развитія частей растенія ниже вырѣзки, напр. этимъ способомъ не удавалось остановить развитія клубней картофеля, а равно и образованія корней у *Stenotaphrum glaucum* и *Tradescantia Selloi* ³⁾. Сходный отрицательный результатъ дали опыты надъ двудольными изъ семействъ: *Piperaceae*, *Nyctagineae*, *Asclepiadeae* (*Nerium*) и нѣкоторыя изъ семействъ *Solaneae*. Микроскопическое разслѣдованіе обнаружило въ этихъ растеніяхъ присутствіе сосудистыхъ пучковъ въ сердцевинѣ, которыхъ нѣтъ у другихъ растеній. Сосудистые пучки эти оказались составлены, подобно остальнымъ, изъ древесины и луба (ситовидныхъ элементовъ). Сопоставляя результаты всѣхъ вышеприведенныхъ опытовъ, Ганштейнъ пришелъ къ заключенію, что различныя послѣдствія кольцеобразной вырѣзки коры обуславливаются тѣмъ, что у большинства древесныхъ двудольныхъ, этой операціей перерѣзываются всѣ ряды ситовидныхъ элементовъ, между тѣмъ какъ у растеній однодольныхъ и перечисленныхъ семействъ двудольныхъ, вырѣзкою коры прерывалось сообщеніе только части ситовидныхъ элементовъ; послѣднія растенія могли слѣдовательно по прежнему перемѣщать пластическій матеріалъ въ части ниже вырѣзки по уцѣлѣвшимъ ситовиднымъ элементамъ сосудистыхъ пучковъ сердцевинны. На основаніи этихъ опытовъ, Ганштейнъ рассматриваетъ ситовидные элементы за ткань, служащую преимущественно, если не исключительно, проводникомъ пластическаго сока изъ листьевъ внизъ по растенію. Въ этомъ отношеніи Ганштейнъ расходится съ Саксомъ, который утверждаетъ, что по ситовиднымъ элементамъ передвигаются преимущественно только бѣлковыя тѣла, между тѣмъ какъ углеводы, по его мнѣнію, перемѣщаются главнымъ образомъ по паренхимѣ коры и сердцевинѣ. Приемы изслѣдованія передвиженія составныхъ частей пластическаго сока, употребленные Ганштей-

1) *Hanstein* l. c. p. 407.

2) *Hanstein*. Pringsh. Jahrbüch. 2; 392.

3) *Hanstein* l. c. p. 437.

номъ, Саксомъ и Бриози, однако отчасти уже потеряли свое прежнее значеніе. Выводы ихъ основываются на предположеніи, что пластическій матеріалъ передвигается по растенію въ видѣ бѣлковыхъ тѣлъ и углеводовъ. Между тѣмъ въ послѣднее время выяснилось, что азотистыя соединенія перемѣщаются по растенію не только въ видѣ бѣлковыхъ тѣлъ, но и амидовъ, преимущественно — въ видѣ аспарагина. Аспарагинъ же, какъ показалъ Пфефферъ, встрѣчается главнымъ образомъ въ клѣткахъ паренхимы коры и молодой сердцевины, что заставляетъ признать перемѣщеніе, по этой ткани, не только углеводовъ, но отчасти и азотистыхъ соединеній. Принимая во вниманіе все вышесказанное, нельзя не сознаться, что вопросъ о путяхъ перемѣщенія пластическаго сока по тканямъ растений далекъ еще отъ окончательнаго рѣшенія.

При посредствѣ круговыхъ вырѣзокъ коры Ганштейнъ старался выяснитъ также *пути передвиженія пластическаго сока изъ листьевъ вверхъ по растенію*. Для этой цѣли онъ¹⁾ произвелъ, по одной круговой вырѣзкѣ коры, у значительнаго числа молодыхъ побѣговъ *Acer Pseudoplatanus*; нѣкоторые изъ побѣговъ заканчивались соцвѣтjemъ, другіе были покрыты только листьями. У первыхъ, круговая вырѣзка коры производилась близъ основанія одной или двухъ паръ цвѣтовъ; у нѣкоторыхъ побѣговъ срѣзывалась кромѣ того большая часть листьевъ надъ вырѣзкой. По прошествіи 6 дней обнаружилось завяданіе побѣговъ, лишенныхъ листьевъ; черезъ 14 дней всѣ они отмерли. Напротивъ того побѣги, у которыхъ листья выше вырѣзки не были срѣзаны, оставались совершенно свѣжими, не смотря на жаркую и сухую погоду. Опыты надъ *Sambucus nigra* и *Salix* дали сходный результатъ. Развитіе поставленныхъ въ воду отрѣзковъ *Salix* и *Ligustrum*, покрытыхъ не распустившимися почками, обнаружило подобную же зависимость отъ длины прилегающаго къ нимъ куска коры. Обыкновенно на цѣльномъ отрѣзкѣ всего сильнѣе развивается почка верхушечная; остальные же отстаютъ въ развитіи тѣмъ болѣе, чѣмъ ниже онѣ сидятъ на отрѣзкѣ. Круговою вырѣзкою коры удавалось видоизмѣнить ихъ относительное разрастанія. Верхнія почки (выше вырѣзки) развивались слабѣе, чѣмъ на соотвѣствующихъ мѣстахъ цѣльныхъ отрѣзковъ, и тѣмъ меньше, чѣмъ ближе находилась почка къ вырѣзкѣ. Непосредственно подъ вырѣзкой получались болѣе сильныя побѣги, въ нисходящемъ порядкѣ, соотвѣственно длинѣ куска коры между почкою и нижнимъ концомъ отрѣзка. Изъ этихъ опытовъ и нѣкоторыхъ другихъ сходныхъ, Ганштейнъ пришелъ къ заключенію, что и въ неповрежденномъ растеніи пластическій сокъ двигается *по корѣ вверхъ*, но что, по всему вѣроятію, передвиженіе это происходитъ лишь на небольшія разстоянія, кромѣ того онъ полагаетъ, что, безъ посредства тока, направленнаго вверхъ по корѣ, не можетъ произойти развитія ни вегетативныхъ почекъ, ни плодовъ, а также и утолщенія древесины²⁾, въ частяхъ растенія, поставленныхъ выше ассимилирующихъ листьевъ (см. также Vöchting: Ueb. Organbildung im Pflanzenreiche. 1878).

Макрохимическія изслѣдованія надъ передвиженіемъ пластическаго матеріала изъ листьевъ по растенію. Сюда относятся указанія Коренвиндера³⁾ относив-

1) *Hanstein* l. c. p. 424.

2) *Hanstein* l. c. p. 428.

3) *Corenwinder*. C. R. 50; 1135 (1860).

тельно перемѣщенія фосфорной кислоты изъ листьевъ въ сѣмена и плоды различныхъ растений ко времени ихъ созрѣванія, работа Рисмюллера надъ измѣненіемъ состава и вѣса листьевъ *Fagus sylvatica*, по мѣрѣ ихъ развитія, и чрезвычайно обстоятельный трудъ Изидора Піерра надъ пшеницей.

Рисмюллеръ ¹⁾ прослѣдилъ передвиженіе осенью, какъ минеральныхъ, такъ и органическихъ соединеній, изъ листьевъ въ другія части *Fagus sylvatica*.

Изъ приведенной имъ таблички ясно видно уменьшеніе вѣса твердаго вещества, въ слѣдствіе убыли безазотистыхъ вытяжныхъ соединеній, бѣлковыхъ тѣлъ, кали и фосфорной кислоты. Убыль этихъ соединеній столь значительна, что она ясно сказывается въ вѣсѣ всего сухаго вещества, не смотря на возрастаніе въ листьяхъ количества жирныхъ тѣлъ, натра, извести, магнезій, кремнекислоты и клѣтчатки.

Изидоръ Піерръ ²⁾ изслѣдовалъ составъ пшеницы, по органамъ, въ 5-ти періодахъ развитія. Передвиженіе веществъ изъ листьевъ и соломины въ колосья чрезвычайно наглядно обрисовывается изъ сравненія вѣса сухаго вещества различныхъ частей пшеницы въ предпоследнюю и последнюю жатвы (см. табл.).

	6 іюля.	25 іюля.	Разница въ вѣсѣ.
Всѣ листья вмѣстѣ взятые вѣсили	1594 кил.	1255 кил.	—339 кил.
„ междуузлія и верхняя часть стеблей	2253	1822	—431
„ узлы	304	259	— 45
Итого	4151	3336	—815
Всѣ колосьевъ вмѣстѣ взятыхъ	1745	2541	+786
	15 іюля.	30 іюля.	
Всѣ листья и отмершихъ стеблей	1889 кил.	1577 кил.	—312 кил.
„ стеблей безъ листьевъ	2835	2363	—472
Итого	4724	3940	—784
„ всѣхъ колосьевъ	2195	2986	+791

Одновременно съ убылью вѣса сухаго вещества соломины и листьевъ, проявляется прибыль его въ колосьяхъ, причемъ прибыль съ убылью на столько уравновѣшиваются что, не смотря на значительную разницу въ вѣсѣ органовъ, вѣсъ всего растенія (т. е. надземныхъ его частей) остается въ обѣихъ жатвахъ одинаковымъ.

Чрезвычайно любопытные результаты получены Изидоромъ Піерромъ ³⁾ касательно постепенной и быстрой прибыли въ вѣсѣ сухаго вещества колосьевъ, въ последнее время развитія пшеницы. Взвѣшиванія, повторенныя чрезъ каждые пять дней, дали слѣдующія цифры:

1) *Rissmüller*. Landw. Vers. 17; 17 (1874) (Just. Jahresb. 1874; 849).

2) *Isidore Pierre*. Etudes. s. 1. développement du blé.

Его же: Ann. d. Chim. Phys. S. 3, t. 60; 129 (1866).

3) *Ib.* p. 101.

6 іюля	1537	килогр.	на	гектара.
11 "	1997	"	"	"
15 "	2063	"	"	"
20 "	2353	"	"	"
25 "	2736	"	"	"

Прибыль сухаго вещества въ отдѣльныхъ частяхъ колоса выразилась слѣдующими цифрами:

	Ось цвѣтовая.	Плѣнки.	Зерна.
6 іюня	181,5 кил.	599,9 кил.	755,7 кил.
11 "	189,1	602,9	1205,5
15 "	166,7	499,3	1397,0
20 "	166,0	486,0	1701,3
25 "	142,6	522,6	2070,4

Изъ этой таблички видно, что въ послѣдніе 19 дней, когда вѣсь колосьевъ увеличился приблизительно на $\frac{4}{7}$, вѣсь цвѣтовой оси уменьшился на $\frac{1}{4}$, а плѣнокъ на $\frac{1}{6}$. Сумма убыли этихъ частей колосьевъ далеко не уравновѣшиваетъ прибыли въ вѣсѣ сѣмянъ, составляя только около $\frac{1}{10}$ послѣдней. Эти цифры слѣд. ясно показываютъ, что главную массу сухаго вещества ($\frac{9}{10}$ прибыли въ вѣсѣ) сѣмена получили изъ другихъ частей растенія, преимущественно изъ верхнихъ.

Передвиженіе зимняго запаснаго матеріала въ нарастающіе весенніе побѣги.

Относящіяся сюда наблюденія отчасти изложены уже выше во 2-й главѣ, на стр. 187 и слѣдующихъ. Первые микроскопическія разслѣдованія надъ передвиженіемъ зимняго запаснаго матеріала въ весенніе побѣги и соцвѣтія были произведены Бородинымъ и мною ¹⁾ надъ березой и топодемъ. Мы уже указали, что въ нихъ временно отлагается весною крахмалъ, который затѣмъ исчезаетъ, раньше всего, въ частяхъ вѣтвей, прилегающихъ къ распускающимся почкамъ. Нѣсколько позже, въ 1871 г., появилась работа Рейхардта ²⁾, въ которой онъ пришелъ къ результатамъ совершенно сходнымъ съ полученными нами.

Относительно путей передвиженія запасныхъ веществъ въ нарастающіе побѣги, не имѣется опредѣленныхъ указаній; мы увидимъ ниже, что часть зимняго запаснаго матеріала поднимается вверхъ по древесинѣ, и у нѣкоторыхъ растеній водный растворъ его вытекаетъ съ силою изъ пораненныхъ мѣстъ. Перемѣщается ли эта жидкость въ то же время вверхъ по корѣ, остается пока не выясненнымъ. Нѣкоторые опыты Ганштейна говорятъ въ пользу этого предположенія, между тѣмъ какъ Гартигъ отрицаетъ передвиженіе запаснаго матеріала по корѣ вверхъ, указывая на перемѣщеніе его изъ коры въ древесину, по горизонтальному направленію.

1) *Famintzin u. Borodin*. Mém. d. l'Acad. d. S. de St-Petersbourg, 6; 294 (1867).

2) *Reichardt*. Landw. Vers. 14; 323 (1871).

Гартигъ старался выяснитъ эти вопросы при посредствѣ круговыхъ вырѣзокъ коры и разслѣдованія микроскопомъ вліянія вырѣзки на распредѣленіе и послѣдующее потребленіе въ растеніи запаснаго матеріала. Онъ подтвердилъ съ одной стороны движеніе пластического сока изъ листьевъ внизъ по корѣ и получилъ результаты согласныя съ вышеописанными. Передвиженіе жидкости по корѣ онъ прерывалъ круговою вырѣзкою, или же сжатіемъ коры посредствомъ желѣзнаго обруча. Микроскопическими разслѣдованіями онъ опредѣлялъ съ точностью начало и конецъ растворенія зимняго запаснаго матеріала и нашелъ ихъ различными у разныхъ древесныхъ породъ; у клена начало растворенія зимняго запаснаго матеріала обнаружилось уже въ февралѣ, у дуба въ концѣ марта, у хвойныхъ въ началѣ апрѣля; оно шло при этомъ постепенно, начиная съ верхушекъ вѣтвей внизъ, такъ что въ корняхъ клена и дуба оно проявилось лишь въ началѣ мая, у сосны — только въ срединѣ іюня. Раствореніе запаснаго матеріала продолжалось въ каждой части растенія около двухъ мѣсяцевъ, въ корняхъ шло быстрее ¹⁾).

Этимъ же способомъ удалось Гартигу опредѣлить начало накопленія запаснаго матеріала, предназначаемаго для развитія побѣговъ слѣдующаго года; у клена оно начиналось въ маѣ, у лиственницы — въ іюнѣ, у дуба — въ іюль, у сосны — въ сентябрѣ; отложеніе его происходило раньше всего въ концахъ вѣтвей и захватывало прилегающія части, переполняя постепенно все растеніе по направленію сверху внизъ; до концовъ корней клѣна оно достигало только въ началѣ августа, у дуба — въ срединѣ сентября, у лиственницы въ началѣ октября, а у сосны въ срединѣ октября. Въ дубѣ и соснѣ оно продолжалось слѣдов. два мѣсяца, въ лиственницѣ и кленѣ по три мѣсяца; въ нижнихъ частяхъ долѣе, чѣмъ въ верхнихъ.

Передвиженіе по растенію отлагаемаго запаснаго матеріала, а равно и пути передвиженія его раствора весною слѣдующаго года Гартигъ выяснилъ слѣдующимъ образомъ: въ продолженіи цѣлаго годоваго періода вегетаціи онъ производилъ, чрезъ каждые 8 дней, по круговой вырѣзкѣ коры, въ 2 дюйма шириною на стволахъ дубовъ, толщиною въ человѣческую руку; вырѣзка производилась у всѣхъ дубовъ на высотѣ 4 футовъ надъ поверхностью земли. Этою вырѣзкою задерживалось, смотря по времени, когда ее производили, перемѣщеніе вырабатываемаго листьями пластического матеріала въ части растенія ниже вырѣзки. Въ этихъ стволахъ было изслѣдовано содержаніе и распредѣленіе запаснаго матеріала на вырѣзанныхъ изъ нихъ кускахъ древесины и коры.

Во всѣхъ стволахъ съ вырѣзкою, произведенною раньше 30 іюня (начало отложенія запаснаго матеріала), запаснаго матеріала ниже вырѣзки вовсе не оказалось. Вліяніе же вырѣзокъ, произведенныхъ позже 30 іюня, сказывалось тѣмъ меньше, чѣмъ позже произведена была вырѣзка; стволы съ вырѣзкою, произведенною позже 10 августа, содержали въ себѣ все количество запаснаго матеріала. На слѣдующій годъ лѣтомъ, во всѣхъ стволахъ съ вырѣзками, части растенія ниже вырѣзки, не исключая и коры, не содержали вовсе запаснаго матеріала; онъ весь былъ перенесенъ въ части растенія выше вырѣзки; круговая вырѣзка коры не

1) *Hartig* l. c. p. 332.

препятствовала слѣдовательно перемѣщенію всего запаснаго матеріала не только изъ древесины, но и изъ коры ствола ниже вырѣзки въ верхнія части растенія; поэтому Гартигъ принимаетъ перемѣщеніе запаснаго матеріала весною изъ коры, по горизонтальному направленію, въ древесину, а затѣмъ по послѣдней вверхъ по растенію; возрѣніе, какъ мы видѣли, не вполне согласное съ опытами Ганштейна.

О плачѣ растеній.

Вытеканіе сока, сопровождающее у многихъ растеній начало разрастанія побѣговъ, называется весеннимъ *плачемъ* растеній. Этимъ именемъ обозначаютъ вытеканіе жидкости (пасоки) изъ пораненныхъ мѣстъ, наблюдаемое у нѣкоторыхъ древесныхъ породъ весною до распусканія почекъ. Оно обратило уже на себя вниманіе Гелеса ¹⁾ въ 18-мъ столѣтіи. Гелесъ разслѣдовалъ вытеканіе пасоки у виноградной лозы. Если весною, до распусканія почекъ, срѣзать у лозы вѣтвь или стволъ, или же произвести только надрѣзъ до древесины, то изъ пораненаго мѣста начинаетъ вытекать водянистая, прозрачная жидкость—пасока. Изъ ствола лозы въ $\frac{1}{2}$ дюйма въ діаметрѣ, срѣзаннаго на высотѣ 5 футовъ надъ землею, удавалось получать, по указанію Шлейдена, въ продолженіи семи дней болѣе девяти фунтовъ сока. Наибольшее количество сока даютъ нѣкоторыя изъ древесныхъ породъ. Клеркъ ²⁾ сообщаетъ слѣдующія числовыя данныя: изъ *Acer saccharinum* ему удалось добыть, въ продолженіи двухъ недѣль, 70 фунтовъ сока, заключавшихъ $2\frac{1}{2}$ фунта тростниковаго сахара. Суточное выдѣленіе достигло максимума 23 марта и равнялось 10 фунтамъ 3 унціямъ. Среднее количество пасоки, доставляемое *A. saccharinum* въ годъ, Клеркъ нашелъ равнымъ 60 фунтамъ, съ содержаніемъ 2 фунтовъ сахара; но въ числѣ изслѣдованныхъ экземпляровъ оказался одинъ, изъ котораго въ годъ вытекло 1400 фунтовъ пасоки, заключавшихъ 40 фунтовъ сахара. Замѣчательно, что по наблюденіямъ Клерка, столь громадная потеря сока не отзывалась вредно на ростъ клена, а равно и виноградной лозы. Ему случалось видѣть клены, изъ которыхъ 50 лѣтъ къ ряду производили вытеканіе пасоки; между тѣмъ ни уменьшенія сахара, ни другихъ поврежденій въ нихъ замѣтно не было. Наибольшее количество пасоки, изъ всѣхъ древесныхъ породъ, можетъ доставлять, по Клерку, береза. Различныя экземпляры *Betula lenta*, *lutea*, *germanica*, пробуравленные 19 марта, начали выдѣлять пасоку 25 марта; количество пасоки возрастало до конца апрѣля, когда достигло 15 фунтовъ въ сутки; затѣмъ оно начало убывать и вскорѣ совершенно прекратилось. Одинъ изъ экземпляровъ *Betula lenta* выдѣлилъ менѣе чѣмъ въ два мѣсяца 1486 фунтовъ пасоки; максимумъ суточнаго выдѣленія равнялся 63 фунт. 4 унціямъ. Вытеканіе пасоки изъ надземныхъ частей растеній обнаруживается весною, вслѣдъ за первыми оттепелями; въ первые дни оно не значительно, но затѣмъ постепенно возрастаетъ и, достигнувъ черезъ нѣкоторое время максимума, начинаетъ постепенно убывать, а ко времени распусканія почекъ совершенно прекращается.

1) Hales. Statique d. végétaux, 1735.

2) Clark. The circulation of sap in plants. Boston, 1874 и 1875. Boston, 1874. См. рефератъ Flora 1875; p. 507 и 555.

Измѣреніе количества вытекающей пасоки и силы, съ которою она выдѣляется изъ растеній.

Гелесъ первый наблюдалъ, что пасока вытекаетъ изъ срѣзаннаго конца лозы съ очень значительной силой. Желая задержать ея выдѣленіе, онъ перевязалъ срѣзанный конецъ лозы пузыремъ; оказалось однако, что сила, съ которою выдавливалась пасока, была столь велика, что отъ ея напора пузырь сперва сильно вздулся, а затѣмъ лопнулъ. Тогда онъ прикрѣпилъ къ срѣзанному концу стебля лозы стеклянную вертикальную трубку въ 21 футъ высоты; чрезъ нѣсколько времени она переполнилась пасокой, избытокъ которой стекалъ внизъ по стѣнкамъ трубки.

Для болѣе точнаго измѣренія силы, выгоняющей жидкость изъ ствола, Гелесъ прикрѣпилъ къ срѣзанному концу лозы ртутный манометръ; вытекающая жидкость тѣснила ртуть и поднимала ее во внѣшнемъ колѣнѣ манометра; разницею высотъ ртути въ колѣнахъ манометра измѣрялась сила давленія пасоки. Въ опытахъ Гелеса она доходила до 103 сантим., т. е. приблизительно равнялась давленію $1\frac{1}{2}$ атмосферъ. Наибольшая высота, до которой поднималась ртуть въ манометръ, прикрѣпленномъ надъ лозою, была получена Нейбауеромъ ¹⁾ и равнялась 112 сантиметрамъ. На древесныхъ породахъ Клеркъ наблюдалъ поднятіе ртути гораздо болѣе значительное. Максимумъ поднятія ртути пасоки *Acer saccharinum* равнялся давленію столба воды въ 31,73 фута, максимумъ давленія сока *Betula lenta*—84,77 футамъ воды; приблизительно одинаковое давленіе обнаружилъ длинный корень березы, отдѣленный отъ дерева на разстояніи 10 футовъ отъ ствола.

Примѣчаніе. Весьма сходное съ весеннимъ плачемъ растеній вытеканіе сока представляетъ стволъ *Agave americana*, при срѣзываніи передъ цвѣтеніемъ. *Agave* цвѣтетъ всего только разъ; иногда проходитъ около ста лѣтъ до образованія соцвѣтія; необходимый, для разрастанія соцвѣтія, матеріалъ, отложенный въ стволѣ и мясистыхъ листьяхъ, переходитъ затѣмъ въ растворъ и переносится въ соцвѣтіе. Изъ срѣзаннаго передъ цвѣтеніемъ ствола *Agave* вытекаетъ жидкость въ очень большомъ количествѣ; Гумбольдту удавалось собирать въ 24 часа до 220 куб. дюймовъ жидкости; причемъ вытеканіе ея было неравномѣрное; на день приходилось $\frac{5}{8}$, на ночь $\frac{3}{8}$ всего количества; до полудня $\frac{2}{8}$, послѣ полудня $\frac{3}{8}$. По наблюденіямъ Сарторіуса изъ сильно развитаго экземпляра *Agave* вытекало въ сутки 375 куб. дюймовъ жидкости; вытеканіе продолжалось отъ 4 до 5 мѣсяцевъ, такъ что одно растеніе выдѣляло до 45000—50000 куб. дюймовъ сока ²⁾.

Уже Гелесъ замѣтилъ, что въ вытеканіи пасоки виноградной лозы проявляются весьма значительныя колебанія; въ первые дни плача, оно сказывается въ періодически измѣняющейся скорости поднятія столба ртути; въ послѣдніе же дни, въ опредѣленный часъ выдѣленіе пасоки совершенно прекращается, или даже часть пасоки всасывается обратно и столбъ ртути въ манометръ понижается. Пониженіе начинаетъ обнаруживаться ежедневно съ 9—10 часовъ утра и только съ 4—5 часовъ вечера столбъ ртути опять возрастаетъ постепенно до слѣдующаго утра.

Уже выше я упомянулъ о томъ, что вытеканіе пасоки весною, изъ воздушныхъ частей растенія, удается наблюдать также у различныхъ древесныхъ породъ, между которыми особенно обильное выдѣленіе обнаруживаютъ береза и

1) *Neubauer. Ann. d. Oenol. B. 4; 505* (цитата по Детмеру).

2) По цитатѣ: *Sachs. Handbuch d. Experimentalphysiol. p. 201. (1865).*

кленъ; количества получаемой отъ нихъ пасоки уже приведены выше. Интересныя сравнительныя данныя о вытеканиі изъ нихъ пасоки находятся у Шрёдера ¹⁾. Около Дерпта плачь клена продолжался 30 дней, березы 48 дней. Въ обоихъ деревьяхъ вытеканіе раньше всего обнаруживалось въ корнѣ, нѣсколько позже въ стеблѣ. При посредствѣ цѣлаго ряда отверстій (до 10), произведенныхъ въ стволѣ, на разстояніи одного метра одно надъ другимъ, удалось убѣдиться, что вытеканіе пасоки изъ нихъ начиналось не одновременно, а проявлялось тѣмъ позже, чѣмъ выше было отверстіе, запаздывая въ каждомъ слѣдующемъ отверстіи на два дня. Выѣстъ съ тѣмъ оказалась различною и продолжительность періода плача; чѣмъ выше было отверстіе, тѣмъ скорѣе прекращалось вытеканіе пасоки; изъ нижняго отверстія ствола она выдѣлялась въ продолженіи 31 дня, изъ верхняго — всего два дня.

Съ высотой измѣняется и давленіе, подъ которымъ вытекаетъ пасока. Весьма обстоятельныя измѣренія давленія пасоки на различныхъ высотахъ были произведены Брюке ²⁾ надъ виноградною лозою; онъ не только нашелъ ихъ различными, но пришелъ къ заключенію, что разница высотъ ртути въ манометрахъ вызывается исключительно гидростатическимъ давленіемъ жидкости въ растеніи. По мнѣнію Брюке, жидкость, заключенная въ лозѣ во время плача, переполняетъ ее на столько, что движется въ ней совершенно свободно и оказываетъ поэтому такое давленіе на ртуть прикрѣпленныхъ къ ней манометровъ, какое производилъ бы сосудъ, наполненный жидкостью. Заключенія эти требуютъ однако еще провѣрки; по крайней мѣрѣ показанія Гофмейстера ихъ не вполне подтвердили.

Вытеканіе пасоки весною изъ надземныхъ частей растеній (весенній плачь) оказался свойственнымъ только сравнительно не многимъ древеснымъ породамъ. Уже у Гофмейстера ³⁾ находятся опредѣленные указанія на то, что плачь наблюдается у растеній весьма различныхъ, между тѣмъ какъ растенія близкія, принадлежащія къ родамъ одного и того же семейства, по отношенію къ плачу, обнаруживаютъ весьма рѣзкія различія. Такъ, напр. по опытамъ Гофмейстера, у *Betula* и *Carpinus* наблюдается весною весьма обильное вытеканіе пасоки, между тѣмъ какъ *Quercus*, *Populus tremula*, *Morus alba*, *Pyrus* и *Robinia* не выдѣляютъ вовсе сока; подобное различіе представили *Vitis vinifera*, съ весьма обильнымъ весеннимъ плачемъ и близкое къ виноградной лозѣ *Menispermum canadense*.

Сходныя показанія находятся въ работѣ Клерка ⁴⁾: у большей части изслѣдованныхъ деревъ и кустарниковъ онъ не наблюдалъ плача ни въ какое время года, при пораненіи надземныхъ частей. Изъ 60 изслѣдованныхъ видовъ ему удалось найти весенній плачь только у *Betula*, *Acer*, *Vitis*, *Ostrya* и *Juglans*; къ сомнительнымъ случаямъ онъ причисляетъ *Fagus* и *Carpinus*.

Изъ приведенныхъ примѣровъ съ достаточною ясностью слѣдуетъ, что явленіе плача нельзя разсматривать за непремѣнное условіе перемѣщенія пластиче-

1) Schröder. Landw. Vers. 14; 108.

2) Brücke. Pogg. Ann. 63; 177 (1844).

3) Hofmeister. Flora 1862; p. 118.

4) Clark. The circulation of sap in plants (Boston, 1874).

саго матеріала изъ вѣтвей, ствола и корня въ нарастающія части; оно представляетъ явленіе какъ бы случайное, свойственное нѣкоторымъ только древеснымъ породамъ, но не необходимое для развитія весеннихъ побѣговъ.

Вытеканіе пасоки изъ корней. Давно уже было извѣстно, что у вышепоименованныхъ растеній, пасока вытекаетъ весною не только изъ надземныхъ частей растенія, но и изъ корня. Гофмейстеръ¹⁾ первый обратилъ вниманіе на вытеканіе пасоки изъ корня, отдѣленнаго отъ растенія, и показалъ, что оно отличается существеннымъ образомъ отъ выдѣленія жидкости надземными частями, двумя особенностями: во 1-хъ тѣмъ, что не прекращается ко времени распусканія почекъ, какъ въ воздушныхъ частяхъ, но продолжается непрерывно до глубокой осени, вплоть до конца періода вегетаціи; во 2-хъ тѣмъ, что оно присуще не только корнямъ немногихъ древесныхъ породъ съ весеннимъ плачемъ, но и всѣмъ остальнымъ растеніямъ, какъ древеснымъ, такъ кустарнымъ и травянистымъ.

Притомъ сила, съ которою выгоняется пасока изъ корня, не уменьшается въ продолженіи лѣта и только къ осени нѣсколько слабѣетъ. Такъ напр. 21 іюня ртуть въ манометрѣ, прикрѣпленномъ къ корню виноградной лозы, поднялась до 690 миллим., 3 іюля—до 618 миллим., 8 іюля—до 748; 1 августа—до 575 миллим. и 1 сентября—до 355 миллим. Разница проявилась только въ скорости вытеканія пасоки: 23 апрѣля, въ продолженіи 24 часовъ, пасока вытекала изъ корня, имѣвшаго 11 миллим. въ діаметрѣ, со скоростью 20,131 гр. въ часъ, между тѣмъ какъ изъ подобнаго же корня 9 іюля выдѣлилось въ часъ всего 1,219 гр. пасоки. Соответствующій результатъ получился изъ сравненія скорости поднятія ртути въ манометрѣ до опредѣленной высоты: 8 мая ртуть достигла въ 3 часа той высоты, для которой 19 іюля потребовалось 31 часъ, а 25 іюля—48 часовъ²⁾.

Вытеканіе пасоки изъ корней травянистыхъ растеній Гофмейстеръ наблюдалъ.

у <i>Atriplex hortensis</i>	равное давленію столба ртути въ	66 миллим.
„ <i>Chrysanthemum coronarium</i>	„ „ „ „ „	14 „
„ <i>Digitalis media</i>	„ „ „ „ „	461 „
„ <i>Papaver somniferum</i>	„ „ „ „ „	212 „
„ <i>Phaseolus multiflorus</i> въ концѣ проростанія	„ „ „ „ „	87 милл.
id.	„ „ „ „ „	159 „
„ <i>Urtica urens</i> вполне выросшей	„ „ „ „ „	354 „
id.	„ „ „ „ „	247 „
id.	„ „ „ „ „	283 „

У Гофмейстера сведены также цифры, изображающія количество сока, полученное изъ срѣзанныхъ близъ почвы травянистыхъ растеній (корней); изъ нихъ видно, что объемъ вытекшей жидкости превышалъ объемъ корней, которые ее выдѣляли, въ нѣсколько разъ.

1) Hofmeister. Flora 1858; 1 и 1862; 97.

2) Hofmeister. Flora 1862; p. 7.

	занимавшій объемъ	Куб. сант.	выдѣляль	Куб. сант.
Корень <i>Urtica urens</i> ,		1350		3025
” ” ” ” ” ”		1450	”	11260
” ” ” ” ” ”		2100	”	4080
” <i>Solanum nigrum</i>	” ”	1530	”	1800
” <i>Brassica oleracea</i>	” ”	1100	”	2210
” <i>Helianthus annuus</i>	” ”	3370	”	5830

Еще ббльшія количества пасоки получены изъ различныхъ травянистыхъ растений (*Solanum tuberosum*, *Helianthus annuus* и *Silybum Marianum*) Саксомъ ¹⁾.

Весьма удобные и простые приборы, для измѣренія количества и силы, съ которою вытекаетъ жидкость изъ сръзаннаго близъ поверхности земли растенія, изображены въ прилагаемыхъ рисункахъ 43 и 44.



Рис. 43.



Приборъ для измѣренія силы вытеканія пасоки.

Рис. 44.



Приборъ для измѣренія количества вытекающей пасоки.

О составѣ пасоки имѣются изслѣдованія Нейбауера, Бейера и Шрёдера. Нейбауеръ ²⁾ изслѣдовалъ составъ пасоки виноградной лозы. Вытекающая изъ лозы жидкость была совершенно прозрачна и имѣла среднюю реакцію. Литръ жидкости содержалъ среднимъ числомъ 1,3796 гр. органическихъ соединений и 0,7408 гр. минеральныхъ солей. Замѣчательно, что свѣже вытекшій сокъ вовсе не заключалъ сахара; онъ появлялся позже, при выпариваніи жидкости въ водяной ваннѣ, одновременно съ обнаруженіемъ выдѣленія пузырьковъ

1) См. Hofmeister l. с. таблица стр. XII.

2) Neubauer. Ann. d. Oenol. 4; 115 и 499 (Just. Jahresb. 1874; 854).

углекислоты; при этомъ жидкость дѣлалась желтою и выдѣляла осадокъ фосфорно-кислаго кальція. Въ выпаренномъ до суха осадкѣ находилась азотная кислота. Кромѣ углекислоты и неорганическихъ солей (азотнокислаго калия, фосфорнокислаго кальція, гипса и солей амміака) Нейбауеръ нашелъ соединенія магнія съ какой-то органической кислотой, гумми, сахаръ, виннокаменнокислый кальцій, инозитъ, янтарную кислоту, щавелевую и значительное количество вытяжныхъ веществъ.

Составъ пасоки березы и клена былъ подробно разслѣдованъ Шрёдеромъ ¹⁾. Преобладающею составною частью пасоки березы оказался сахаръ, именно исключительно плодовый, отклоняющій поляризованный лучъ свѣта влѣво; кромѣ сахара заключались въ немъ небольшія, сравнительно съ сахаромъ, количества бѣлковыхъ тѣлъ и яблочной кислоты; ни углекислоты, ни щавелевой, ни виннокаменной, ни лимонной въ немъ не было. Содержаніе этихъ соединеній въ пасокѣ измѣнялось въ разные періоды плача; количество сахара и бѣлковыхъ тѣлъ возрастало постепенно въ первые дни плача; затѣмъ, достигнувъ максимума, убывало столь же постепенно вплоть до прекращенія вытекания пасоки. Содержаніе яблочной кислоты и минеральныхъ соединеній не только не уменьшалось, но увеличивалось къ концу плача. Составъ пасоки оказался кромѣ того различнымъ, смотря по высотѣ отверстія, изъ котораго ее собирали. Наибольшее содержаніе сахара заключалъ сокъ въ стволѣ, на высотѣ отъ 2 до 3 метровъ; къ верху и къ низу отъ этого мѣста количество его убывало.

Параллельное разслѣдованіе состава пасоки клена, обнаружило нѣкоторыя существенныя различія отъ березы: въ ней также были найдены сахаръ, бѣлковыя тѣла и яблочная кислота. Преобладающимъ и здѣсь оказался сахаръ, но не плодовый, а тростниковый, безъ малѣйшей примѣси сахара, раскисляющаго фелингову жидкость. Пасока клена заключала значительно больше сахара и бѣловыхъ тѣлъ, чѣмъ береза. Содержаніе тростниковаго сахара колебалось въ первое время плача между 20 и 30 граммами въ литрѣ пасоки. Сахаръ и бѣлковыя тѣла тоже убывали въ пасокѣ къ концу плача, но не въ такой мѣрѣ, какъ въ березѣ. Количество сахара возрастало въ кленѣ съ высотой до самой вершины; корень вблизи ствола былъ богаче сахаромъ, чѣмъ основаніе ствола. Содержаніе минеральныхъ соединеній убывало къ концу плача.

Бейеръ ²⁾, изслѣдовалъ пасоку березы и граба (*Carpinus Betulus*). Въ общемъ получились результаты, подтверждающіе выводы Шрёдера. Пасока граба оказалась отличающейся отъ березы меньшимъ содержаніемъ сахара (=4,60 гр. на литрѣ пасоки); какой сахаръ содержала пасока осталось не выясненнымъ. По отношенію къ минеральнымъ составнымъ частямъ, разница сказалась въ значительномъ содержаніи марганца въ пасокѣ граба и въ большомъ количествѣ окиси желѣза въ золѣ пасоки березы.

Суточная періодичность въ вытеканіи пасоки. Уже первый изслѣдователь надъ вытеканіемъ пасоки, Гелесъ, замѣтилъ въ ней суточную періодичность. Опыты его всѣ относятся до надземныхъ частей виноградной лозы; онъ замѣтилъ наиболѣе энергичное поднятіе ртути въ манометрахъ утромъ въ различные часы, между восходомъ солнца и 9¹/₂ часами утра; послѣ этого ртуть въ манометрѣ обыкновенно опускалась до 4—5 часовъ вечера, а съ этого времени до утра опять поднималась. Часы максимума и минимума поднятія пасоки въ воздушныхъ частяхъ растений оказались совершенно не совпадающими съ соотвѣтственными колебаніями давленія пасоки въ корняхъ. По Гофмейстеру ³⁾ манометры, при-

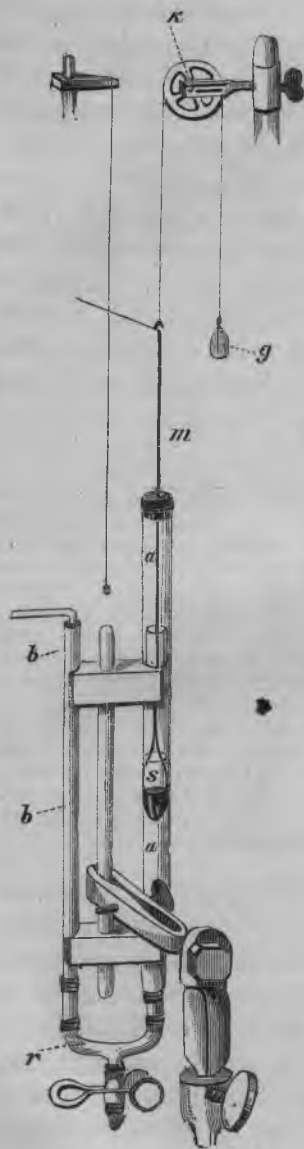
1) Schröder. Landw. Vers. 14; 118 (1871).

2) Beyer. D. chem. Ackersmann, 1865; p. 26 (Jahresh. Agric. Chem. 1865; 167).

3) Hofmeister. Flora 1858; p. 1. и 1862; p. 168.

крѣпленные къ растенію, срѣзанному у почвы, обнаруживали максимумъ поднятія ртути между 7½ часами утра и 2 часами пополудни; иногда удавалось наблюдать второй максимумъ вечеромъ; въ эти же часы происходило наиболѣе обильное вытеканіе пасоки. Уменьшеніе вытеканія пасоки изъ надземныхъ частей растенія въ тѣ часы, когда дѣятельность корней наибольшая, совершенно есте-

Рис. 45.



ественно объясняется усиленнымъ испареніемъ жидкости, отъ нагрѣванія солнцемъ ¹⁾. Въ виду этого обстоятельства, а равно и возможнаго вліянія солнца, въ діаметрально противоположномъ смыслѣ ²⁾, на вытеканіе пасоки изъ надземныхъ частей растеній, особеннаго вниманія заслуживаютъ опыты надъ истеченіемъ жидкости изъ перерѣзанныхъ корней, или стеблей, срѣзанныхъ на уровнѣ почвы ³⁾.

Исслѣдованія Гофмейстера, надъ травянистыми растеніями, выращенными въ горшкахъ съ землею, представляли уже гораздо болшую точность, чѣмъ всѣ предшествующія, произведенныя надъ древесными породами, подъ открытымъ небомъ; этимъ приѣмомъ уже было устранено вліяніе случайныхъ измѣненій температуры воздуха и самой древесины, не подлежащая контролю влажность почвы и гидростатическое давленіе сока.

Опыты Гофмейстера тѣмъ не менѣ представляли еще неточности, обусловленныя между прочимъ тѣмъ, что измѣренія количествъ вытекающаго сока производились чрезъ неравные промежутки времени. Желая исправить этотъ недостатокъ, Баранецкій ⁴⁾ прибѣгнулъ къ устройству самопишущихъ приборовъ. Устройство одного изъ нихъ (рис. 45) основано на принципѣ поплавка, который, съ возвышеніемъ уровня жидкости въ трубкѣ, поднимается и снабженъ стрѣлкою; положеніе поплавка отмѣчается стрѣлкою на вращающемся цилиндрѣ, покрытомъ бумагой зачерненной сажей. Самопишущій приборъ составленъ изъ двухъ трубокъ, раздѣленныхъ на части опредѣленнаго объема и калиброванныхъ; изъ нихъ трубка (a) имѣетъ въ діаметрѣ отъ 8 до 10, трубка (b) не болѣе 2-хъ миллиметровъ. Онѣ сообщаются между собою посредствомъ трубки (r), изогнутой въ формѣ т; отходящая внизъ часть ея всажена въ каучукъ и закрывается зажимомъ. Трубки (a) и (b)

1) Hales. Statique d. végétaux, 1735, p. 109.

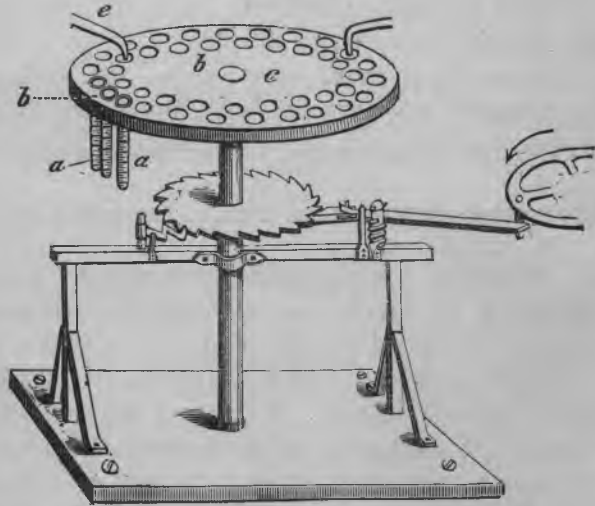
2) Hales ib. p. 98.

3) Sachs. Bot. Zeit. 1860; 353.

4) Баранецкій. О періодичности плача травянистыхъ растеній, 1872.

укрѣпляются неподвижно въ вертикальномъ положеніи. Трубки берутся такихъ размѣровъ, чтобы 1 куб. сант. воды поднималъ уровень воды въ трубкѣ (а) на 25—26 миллим., такъ что возвышеніе въ ней уровня воды на $\frac{1}{4}$ миллиметра соотвѣтствовало прибыли воды въ 0,01, куб. сантиметра; слѣдовательно сотыя доли сантиметра могли быть измѣряемы этимъ приборомъ. Въ узкую трубку (b) вливается вода изъ растенія; въ широкой (а) помѣщается поплавокъ (s). Поплавокъ имѣетъ форму обыкновенныхъ бюретныхъ поплавковъ Мора и состоитъ изъ короткой, запаянной стеклянной трубки (въ 3 сантиметра длины) со ртутью внутри; его необходимо приладить такъ, чтобы онъ имѣлъ приблизительно діаметръ трубки, и въ то же время двигался въ ней свободно. Къ верхнему концу поплавка прикрѣпляется, посредствомъ сургуча, совершенно прямая стеклянная нить (m) (въ $1\frac{1}{2}$ —2 миллим. толщины). Чтобы сдѣлать поплавокъ болѣе подвижнымъ, онъ уравнивается грузомъ (g), подвѣшаннымъ на шелковинкѣ, перекинутой черезъ блокъ (K). Этимъ способомъ поплавокъ удерживается постоянно въ вертикальномъ положеніи и двигается правильно и равномерно, при самомъ незначительномъ измѣненіи уровня жидкости.

Рис. 46.



Трубки (а) и (b) вмѣщаютъ вмѣстѣ до 12 кубич. сант. жидкости; въ большинствѣ случаевъ поэтому приборъ можетъ дѣйствовать въ продолженіи сутокъ, часто гораздо болѣе долгое время. Второй аппаратъ устроенъ Баранецкимъ на совершенно другомъ началѣ: (рис. 46) вытекающая жидкость распредѣляется въ отдѣльныя трубочки (а), подставляемые къ растенію на

часъ времени; трубочки, предназначенныя для собиранія вытекающей жидкости, размѣщаются въ отверстія (b), сдѣланныя по окружности горизонтальнаго деревяннаго круга (с); послѣдній вращается вокругъ вертикальной оси, которая, при посредствѣ часоваго механизма, приводится въ движеніе. Движеніе оси неравномѣрное и такъ прилажено, что ось, съ деревяннымъ кружкомъ и пробирками, передвигается черезъ каждыя часть на угловое разстояніе, раздѣляющее двѣ смежныя трубочки. Передвиженіе это совершается моментально, послѣ чего аппаратъ остается неподвижнымъ ровно часть времени. Затѣмъ вновь перемѣщается на столько, что подъ отверстіе, изъ котораго вытекаетъ жидкость, подставляется слѣдующая трубочка и т. д. Для болѣе удобнаго собиранія вытекающей жидкости, прикрѣпляется къ срѣзанному растенію посредствомъ каучука,

въ горизонтальномъ положеніи, стеклянная трубочка (*e*), оттянутая въ узкій конецъ, загнутый къ низу.

Вліяніе влажности почвы устраняется тѣмъ, что передъ началомъ опыта почва смачивается водою до насыщенія, послѣ чего горшокъ съ землею вставляется въ жестяной, плотно закупоренный сосудъ; этимъ способомъ совершенно устраняется потеря жидкости изъ прибора чрезъ испареніе. Во время опыта поддерживается температура по возможности одинаковая, или же намѣренно подвергается измѣненіямъ въ опредѣленномъ направленіи.

Баранецкій подтвердилъ указанную Гофмейстеромъ независимость періодичности вытеканія сока отъ температуры. Періодичность въ вытеканіи жидкости проявилась чрезвычайно наглядно въ опытахъ, во время которыхъ колебанія температуры не превосходили ни разу $0,5^{\circ}$ Ц., часто не превышали даже $0,2^{\circ}$ Ц. въ теченіи сутокъ. Максимумы и минимумы вытеканія пасоки тѣмъ не менѣе приходились каждый день въ опредѣленный часъ и повторялись ежесуточно съ замѣчательною правильностью и постоянствомъ. Только при быстромъ измѣненіи температуры почвы на 10° Ц. и болѣе, проявлялось ея влияніе на истеченіе жидкости изъ растенія, и послѣднее измѣнялось соотвѣтственно ходу температуры.

Часы максимума и минимума вытеканія сока оказались различными у видовъ растеній одного и того же рода.

Баранецкій кромѣ того нашель, что этіолированныя растенія вовсе не обнаруживаютъ періодичности плача, и что, при выращиваніи растеній на свѣтѣ, она проявляется мало по малу съ возрастомъ растенія.

Передвиженіе почвеннаго раствора въ растеніяхъ, подъ вліяніемъ испаренія воды.

Мы видѣли, что воздушныя части растеній непрерывно теряютъ воду чрезъ испареніе, и что убыль воды восполняется при посредствѣ корней изъ почвы. Испареніе становится особенно сильнымъ въ теплое время года, послѣ распусканія листьевъ, и вмѣстѣ съ нимъ значительно усиливается всасываніе воднаго почвеннаго раствора корнями. Изъ корней жидкость разливается по всему растенію и доходитъ до послѣднихъ его развѣтвленій; этотъ токъ жидкости, поднимающійся вверхъ по растенію, обозначаютъ названіемъ *восходящаго сока*; этимъ же именемъ называютъ жидкость, переполняющую растеніе весною и вытекающую изъ надрѣза. Жидкость, всасываемая корнями, вслѣдствіе испаренія воды листьями, отличается отъ пасоки по своему составу; она не содержитъ органическихъ соединеній и представляетъ лишь весьма слабый водный растворъ неорганическихъ солей.

Исслѣдованіе пути передвиженія почвеннаго раствора.

Выше было указано, что кольцеобразная вырѣзка коры не задерживаетъ развитія частей растенія выше вырѣзки; все количество воды и сырой пищи, необходимое для восполненія испаряемой воды и для питанія этихъ частей, беспрепятственно доставляется имъ по древесинѣ. Съ другой стороны вырѣзываніе древесины, при возможно тщательномъ сохраненіи коры, влечетъ за собою напротивъ

того, какъ показали опыты Дюгамеля и Тревирануса¹⁾, быстрое отмираніе части дерева выше вырѣзки.

При нормальныхъ условіяхъ, восходящій токъ жидкости поднимается въ растеніи по древесинѣ параллельно оси ствола или вѣтви. Гартигъ сдѣлалъ это очевиднымъ, просверливъ, черезъ стволъ дерева, два взаимно перпендикулярныя, перекрещивающіяся сквозныя отверстія; затѣмъ 3 отверстія этой крестообразной вырѣзки были наглухо замкнуты пробками, четвертое же было соединено съ сосудомъ, содержащимъ окрашенную жидкость. Жидкость быстро всасывалась растеніемъ; нѣсколько времени спустя, дерево было срублено и распилено поперегъ по всей длинѣ на цилиндрическіе отрѣзки. При этомъ обнаружилось, что вся всасанная жидкость заключалась въ части дерева выше вырѣзки и окрашивала древесину; окрашенные ею мѣста соотвѣтствовали крестообразной вырѣзкѣ древесины, и вездѣ, куда проникла окрашенная жидкость, виднѣлся на поперечномъ разрѣзѣ красный крестъ; часть ствола ниже вырѣзки осталась, по прежнему, совершенно безцвѣтною.

Гелесомъ однако уже было указано, что обусловленный испареніемъ токъ воды (почвеннаго раствора) можетъ пробѣгать древесину въ разныхъ другихъ направленіяхъ, если воспрепятствовать перемѣщенію жидкости по направленію параллельному оси ствола или вѣтви. Гелесъ²⁾ произвелъ, на отрѣзанной вѣтви дуба 2 глубокія діаметрально противоположныя вырѣзки до сердцевины, на разстояніи 4 дюймовъ одну отъ другой; вѣтвь, погруженная нижнимъ концомъ въ воду, оставалась свѣжею, не смотря на значительное испареніе воды. Подобный же результатъ получился при вырѣзываніи изъ ствола 4-хъ, на крестъ поставленныхъ одна подъ другою, вырѣзокъ, доходящихъ до самой сердцевины.

Сюда же относится опытъ Гелеса съ тремя рядомъ стоящими яблонями. Среднее дерево было привито концами нѣкоторыхъ вѣтвей къ вѣтвямъ остальныхъ двухъ деревъ. Послѣ окончательнаго сращенія привитыхъ вѣтвей съ смежными деревьями, корень среднего осторожно вынуть былъ изъ земли и оставленъ на воздухѣ. Съ этого времени среднее дерево могло получать необходимую влагу и пищу только при посредствѣ привитыхъ вѣтвей, вытягивая ее изъ сращенныхъ съ нимъ деревъ. Тѣмъ не менѣе оно не только оставалось долгое время живымъ, но и разрасталось, не смотря на то, что питательная жидкость протекала и двигалась въ древесинѣ, по направленію діаметрально противоположному нормальному.

Въ послѣднее время сходный результатъ былъ полученъ Урихомъ³⁾, надъ букомъ, который оказался сросшимся, посредствомъ одной изъ вѣтвей, со смежнымъ букомъ; вѣтвь отходила отъ ствола на высотѣ 11 метровъ и была сращена со смежнымъ деревомъ на разстояніи 60 сантим. отъ основанія; она имѣла въ этомъ мѣстѣ отъ 8 до 9 сантим. въ діаметрѣ.

Въ 1857 году стволъ этого бука былъ отдѣленъ отъ корня и оставленъ висящимъ на вѣтви сосѣдняго дерева. Онъ тѣмъ не менѣе остался живымъ, и въ слѣдующіе 20 лѣтъ разросся значительно въ толщину, увеличивъ свой діаметръ на 5 сантим.; при этомъ онъ вѣсилъ приблизительно 460 килограммовъ. Въ это

1) *Treviranus. Physiolog. d. Gewächse. B. 1; p. 286 (1835).*

2) *Hales l. c. p. 115.*

3) *Urich. Forstwissensch. Centralbl. v. Baur, p. 468 (Just. Jahresh. 1879; p. 292)*

же время букъ, на которомъ висѣлъ послѣдній, тоже разросся въ толщину на цѣлые 9 сантиметровъ, не смотря на то, что значительная часть жидкости, всасываемой его корнями, потреблялась букомъ, висѣвшимъ на его вѣтви.

Опредѣлить элементы древесины, преимущественно проводящіе вверхъ по растенію почвенный растворъ, до сихъ поръ не удалось, въ слѣдствіе непригодности употребленныхъ, для этой цѣли, пріемовъ. Старались разрѣшить этотъ вопросъ двумя способами: 1) въ растеніе вводили послѣдовательно двѣ жидкости, дающія между собою осадокъ, и изъ мѣстъ отложенія осадка заключали о путяхъ передвиженія жидкости по растенію; или же 2) заставляли растеніе всасывать непосредственно окрашенные жидкости.

Въ первомъ случаѣ поливали почву послѣдовательно растворомъ желѣзисто-синеродистаго калия и желѣзнаго купороса, или оставивъ растеніе нѣкоторое время въ почвѣ, политой растворомъ желѣзистосинеродистаго калия, вырѣзывали изъ растенія пластинки, которыя обрабатывали растворомъ желѣзнаго купороса. Пріемъ этотъ оказался однако неудобнымъ вслѣдствіе того, что желѣзистосинеродистый калий чрезвычайно вреденъ для растенія. Верхушки корней оказывались отмершими, въ слѣдствіе чего жидкости была предоставлена возможность проникать въ растеніе черезъ обнаженные сосуды, т. е. инымъ путемъ, чѣмъ въ растеніяхъ нормальныхъ.

Второй пріемъ — непосредственное всасываніе растеніемъ окрашенныхъ жидкостей, также оказался не пригоднымъ. Прониканіе внутрь пигмента и окраска тканей растеній получались лишь въ опытахъ съ отрѣзанными вѣтвями или растеніями, у которыхъ случайно были повреждены корни; растенія съ корнями цѣльными принимали въ себя, какъ уже показалъ Гартигъ ¹⁾, лишь воду безъ пигмента, такъ что никакой окраски тканей не происходило. Этотъ фактъ былъ подтвержденъ впоследствии Баліономъ ²⁾ и Кове ³⁾.

Въ послѣднее время появилось нѣсколько обстоятельныхъ разслѣдованій путей поднятія почвеннаго раствора по древесинѣ. Всѣ изслѣдователи единогласно приписываютъ главнѣйшее участіе элементамъ трахеальной системы: сосудамъ и трахеидамъ, но расходятся во взглядахъ на ближайшее участіе ихъ въ восхожденіи по растенію почвеннаго раствора. Гартигъ придаетъ главную роль трахеидамъ; онъ обратилъ кромѣ того вниманіе на отношеніе, къ проведенію почвенной влаги, окаймленныхъ продушинъ и на неодинаковость высоты, въ тангентальномъ направленіи, смежныхъ трахеидъ; окаймленные продушины, затянутыя перепонкой весьма тоненькой, сравнительно съ оболочкою клѣтки, представляютъ, по его мнѣнію, пути перехода жидкости изъ одной клѣтки или сосуда въ смежный. Гартигъ полагаетъ, что распредѣленіе окаймленныхъ продушинъ хвойныхъ, преимущественно на радіальныхъ сторонахъ, вызываетъ боковое перемѣщеніе жидкости по тангентальному, и затрудняетъ передвиженіе ея по направленію радіальному; различіе въ высотѣ трахеидъ въ тангентальномъ направленіи благоприятствуетъ поднятію жидкости въ верхъ по растенію. Еще бѣльшее значеніе за трахеидами признаетъ Шейтъ. Онъ разсматриваетъ трахеиды какъ элементы

1) *Hartig*. Bot. Zeit. 1853; 309.

2) *Baillon*. C. R. 80; 426 (1875).

3) *Cauvet*. C. R. 81; 52 (1875).

древесины, по которым преимущественно поднимается восходящий токъ жидкости; сосудамъ же, заключающимъ, по его мнѣнію, лишь капельножидкую воду и пары воды, онъ приписываетъ лишь роль резервуаровъ или хранилищъ воды, при избыткѣ ея въ растеніи. Большинство же изслѣдователей главное значеніе придаютъ сосудамъ, но расходятся въ воззрѣніяхъ на передвиженіе по нимъ жидкости. Саксъ и Дюфуръ стараются доказать, что почвенная влага поднимается не по полостямъ сосудовъ, а по стѣнкамъ древесинныхъ элементовъ, между тѣмъ какъ Ельфвингъ, Гартигъ, Годлевскій и другіе утверждаютъ, что передвиженіе жидкости происходитъ главнымъ образомъ по полостямъ сосудовъ. Разрѣженное состояніе заключенныхъ въ нихъ газовъ вмѣстѣ съ соображеніями, изложенными уже выше въ первой главѣ на стр. 43, заставляютъ меня примкнуть къ воззрѣнію послѣднихъ изслѣдователей и признать полости сосудовъ и трахеидъ за пути передвиженія вверхъ по растенію почвенной влаги.

Опредѣленіе скорости передвиженія почвеннаго раствора.

Неоднократныя попытки опредѣлить *скорость передвиженія* поднимающейся по растенію жидкости также еще не увѣнчались успѣхомъ. Первые опыты съ этою цѣлью произведены были уже Гелесомъ; онъ вычислилъ скорость поднятія воды, по стеблю подсолнечника, изъ сопоставленія количества испаряемой воды и площади поперечнаго разрѣза стебля. Подсолнечникъ испарялъ, въ продолженіи 12 часовъ, 34 куб. дюйма воды; поперечный разрѣзъ ствола занималъ площадь въ одинъ квадратный дюймъ; если предположить, что стебель полый, то въ 12 часовъ чрезъ него прошелъ бы столбъ воды въ 34 дюйма высоты. По приблизительному расчету, Гелесъ принялъ, что $\frac{1}{3}$ разрѣза занята твердою массою и что только $\frac{2}{3}$ оставались свободными для движенія воды, откуда онъ вывелъ, что въ 12 часовъ долженъ былъ пройти чрезъ разрѣзъ стебля столбъ воды въ $45\frac{1}{2}$ дюймовъ; при перечисленіи на секунды и миллиметры, это число даетъ скорость, равную 0,03 миллим. въ секунду. Саксъ ¹⁾ справедливо замѣчаетъ, что величина, найденная Гелесомъ, гораздо меньше дѣйствительной; по вычисленію Сакса нужно принять въ данномъ случаѣ скорость приблизительно въ три раза большую.

Позднѣйшія попытки опредѣленія скорости поднятія почвеннаго раствора не привели еще къ желаемой цѣли.

Изслѣдованіе ближайшихъ причинъ передвиженія пасоки и почвеннаго раствора по растенію.

Попытки разгадать и объяснить поднятіе жидкости по растенію не привели еще къ опредѣленнымъ результатамъ. Нѣкоторые физиологи (Гофмейстеръ ²⁾) старались объяснить восхожденіе воды по растенію эндосмотическими процессами, другіе (Жаменъ ³⁾) — волосностью, третіи (Бемъ ⁴⁾) — совокупнымъ дѣйствіемъ

1) *Sachs. Experimentalphysiol.*, p. 234 (1865).

2) *Hofmeister. Flora* 1862; 106.

3) *Jamin. Leçons professées.*

4) *Bohm. Sitzungsab. d. Wien. Ak.* 48 (Separatabdruck) 1863 и 1864.

Его же: *Landw. Vers.* 20; 363 (1877).

упругости оболочекъ кѣтокъ, давления атмосферы и испаренія, четвертые (Саксъ) приписываютъ поднятіе воды по древесинѣ скважности послѣдней.

Годлевскій признаетъ необходимымъ допустить, кромѣ того, участіе, въ поднятіи жидкости по растенію, жизнедѣятельныхъ кѣтокъ древесины. Послѣднія, по его воззрѣнію, обнаруживаютъ періодическое измѣненіе въ силѣ всасыванія воды содержимымъ; въ слѣдствіе чего онѣ попеременно то вдавливаютъ, то высасываютъ воду изъ смежныхъ съ ними сосудовъ и содѣйствуютъ этимъ поднятію, по растенію, жидкости. Къ сожалѣнію ни одно изъ имѣющихся объясненій не представляется вполне удовлетворительнымъ, и я поэтому считаю достаточнымъ ограничиться указаніемъ на главнѣйшія изъ работъ, произведенныхъ въ этомъ направленіи:

Hofmeister: Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit v. Säften lebender Pflanzen. Flora 1862, p. 97.

Jamin: Leçons professées.

Boehm: 1) Ueb. d. Ursache d. Saftsteigens i. d. Pflanzen. Sitzber. d. Wien. Ak. B. 48 (1863); 2) Wird d. Saftsteigen i. d. Pflanzen durch Diffusion, Capillarität oder durch d. Luftdruck bewirkt? Ib. B. 50 (1864); 3) Ueb. d. Ursache d. Wasserbewegung und d. geringen Lufttension i. transpirirenden Pflanzen. Bot. Zeit. 1881, p. 801.

Elfvig: Ueb. d. Wasserleitung im Holz. Bot. Zeit. 1882.

Sachs: 1) Ueb. d. Porosität d. Holzes. Arb. d. bot. Institut. z. Würzburg. B. 2, p. 291 (1883); 2) Ueb. d. Wasserbewegung im Holze. Ib. B. 3, p. 34 (1884); 3) Ueb. d. Transpiration i. Holzpflanzen. Ib. B. 2 (1883).

Dufour: Beiträge z. Imbibitionstheorie. Ib. B. 3, p. 36 (1884).

Hartig: Gasdrucktheorie u. d. Sachs'sche Imbibitionstheorie. 1883.

Russow: Z. Kenntniss d. Holzes, insonderheit d. Coniferenholzes. Bot. Centralbl. B. 13, p. 29 (1883).

Westermaier: Ueb. Bau u. Funktion d. pflanzlichen Hautgewebesystems. Prings. Jahrb. B. 14, p. 43 (1884).

Godlewski: Z. Theorie d. Wasserbewegung i. d. Pflanzen. Prings. Jahrb. B. 15, p. 569 (1885).

Zimmermann: Zur Godlewski'schen Theorie d. Wasserbewegung i. d. Pflanzen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. B. 3, p. 290 (1885).

Schwendener: Unters. üb. d. Saftsteigen. Sitzber. d. Berl. Ak. (1886).

ГЛАВА III.

Размноженіе растений.

Въ предшествовавшихъ двухъ главахъ были описаны двѣ изъ наиболѣе типичныхъ особенностей растительныхъ организмовъ: 1) способность воспринимать внѣшнія впечатленія и реагировать на нихъ своеобразнымъ образомъ, и 2) способность перерабатывать заимствованныя извнѣ неорганическія соединенія въ органическія весьма сложнаго состава и строить изъ послѣднихъ свое тѣло. Предметомъ настоящей главы послужить третья не менѣе характерная особенность— способность *размноженія* или воспроизведеніе растеніемъ, по достиженіи зрѣлаго возраста, новыхъ недѣлимыхъ, въ большинствѣ случаевъ, совершенно сходныхъ съ организмомъ выросшимъ.

Способы размноженія растений весьма разнообразны; отличаютъ размноженіе бесполое и половое.

Размноженіе бесполое.

Главнѣйшіе изъ способовъ бесполого размноженія слѣдующіе: 1) размноженіе дѣленіемъ (со включеніемъ свободного образованія клѣтокъ), 2) зооспорами, 3) почкованіемъ, 4) клубнями луковицами и почками.

Самый простой способъ размноженія *дѣленіемъ* представляютъ построенныя изъ комочка плазмы монеры; непрерывно мѣняющій свою форму и перемѣщающійся комочекъ плазмы, достигнувъ извѣстнаго размѣра, постепенно перетягивается по срединѣ и разъединяется со временемъ на двѣ части, продолжающія каждая самостоятельную жизнь и передвиженіе.

Съ усложненіемъ организаціи усложняется и процессъ дѣленія. У снабженныхъ ядромъ амёбъ онъ уже является совокупностью двухъ различныхъ актовъ: дѣленія ядра и перетягиванія плазмы; здѣсь уже возможенъ случай размноженія ядра среди не раздѣлившейся плазмы и образованіе этимъ путемъ многоядерныхъ амёбъ, каковы напр. миксоамёбы.

Еще болѣе сложный процессъ дѣленія свойственъ клѣткамъ съ хроматофо-

рами; доказательствомъ этому могутъ служить примѣры, приведенные мною въ главѣ 1-й, стр. 28 и сл.; здѣсь процессъ дѣленія слагается изъ трехъ въ значительной степени независимыхъ другъ отъ друга дѣленій хроматофоръ, ядра и плазмы.

Размноженіе посредствомъ *дѣленія* свойственно лишь простѣйшимъ одноклѣтнымъ организмамъ, въ которыхъ дѣленіе клѣтки совпадаетъ съ дѣленіемъ всего организма.

Простѣйшимъ только растительнымъ организмамъ водорослямъ и грибамъ, присуще размноженіе *зооспорами*. Содержимое клѣтки выходитъ изъ оболочки его окружавшей; выходу, въ болѣе части случаевъ, предшествуетъ распаденіе содержимаго на нѣсколько частей, изъ которыхъ каждая превращается въ зооспору. Вышедшее изъ оболочки содержимое (или части содержимаго) двигается въ водѣ нѣкоторое время посредствомъ образовавшихся на немъ къ этому времени рѣсничекъ; движеніе продолжается у различныхъ растительныхъ формъ не одинаковое время; у многихъ оно продолжается лишь нѣсколько часовъ, затѣмъ зооспора останавливается, сбрасываетъ рѣсницы, окружается оболочкою и разрастается затѣмъ въ форму, сходную съ той, изъ которой вышла.

Въ составъ каждой вышедшей зооспоры входятъ всѣ составныя части содержимаго клѣтки; въ водоросляхъ: хроматофоры, ядро и плазма. Непосредственно наблюдается это при отдѣленіи зооспоры *Vaucheria*, образующейся изъ значительнаго участка содержимаго со многими хроматофорами и ядрами; также ясно оно въ водоросляхъ, гдѣ содержимое клѣтки превращается цѣликомъ въ зооспору (*Oedogonium*). Гораздо труднѣе убѣдиться въ этомъ при образованіи многихъ зооспоръ изъ клѣтокъ, снабженныхъ однимъ ядромъ, напр. у *Ulotrix*; но и здѣсь, какъ показала Страсбургеръ, выходу зооспоръ предшествуетъ дѣленіе ядра и хроматофоръ; каждое изъ новыхъ ядеръ присоединяется къ одному изъ хроматофоръ и, въ совокупности съ окружающею плазмой, образуетъ участки содержимаго, превращающіеся въ зооспоры. Подобное же дѣленіе ядра предшествуетъ образованію зооспоръ въ зооспорангіяхъ *Saprolegnieae* (см. Strasburger: Zellbildung und Zelltheilung (1880).

Исключительно простѣйшимъ организмамъ, и притомъ лишь весьма немногимъ, свойственъ способъ размноженія *почкованіемъ*.

Отличнымъ объектомъ для наблюденія почкованія можетъ служить бродильный грибокъ, быстро размножающійся въ различныхъ сахаристыхъ жидкостяхъ. На одномъ или на обоихъ концахъ овальной его клѣтки появляется едва замѣтная выпуклина; быстро разрастаясь, она превращается въ клѣтку подобную старой, но обыкновенно, не достигнувъ еще окончательныхъ размѣровъ, она даетъ изъ себя на свободномъ концѣ новую выпуклину, которая вскорѣ также почкуетъ; при повтореніи подобнаго почкованія еще нѣсколько разъ получаютъ болѣе или менѣе длинныя, не рѣдко вѣтвистыя цѣпочки. Со временемъ цѣпочки распадаются на составляющія ихъ клѣтки.

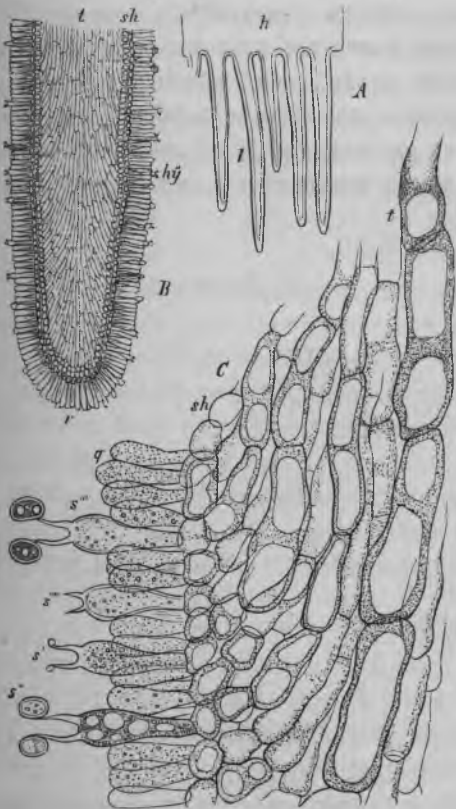
Вышеописанные способы размноженія имѣютъ общее между собою въ томъ, что могутъ проявляться въ каждой клѣткѣ названныхъ организмовъ. Кромѣ того почти у всѣхъ споровыхъ растений находятся болѣе или менѣе специализированныя клѣтки (или группы клѣтокъ), служація для размноженія, такъ называемыя *споры*; созрѣвшія споры, попадая на благоприятную почву, вырастаютъ въ новыя растенія.

Отличают три главнѣйшихъ способа ихъ образованія: 1) посредствомъ отшнуровыванія (*Basidiomycetes*), 2) посредствомъ свободного образованія въ аскахъ (*Ascomycetes*) и 3) дѣленіемъ производящихъ клѣтокъ (мхи и сосудистыя споровыя).

Отсылая читателя, желающаго ближе ознакомиться съ образованіемъ споръ, въ спеціальнымъ сочиненіямъ: 1) De Bary: *Morphologie der Pilze u. Flechten* и 2) Strasburger: *Zellbildung und Zelltheilung*, я изложу здѣсь развитіе ихъ лишь въ краткихъ чертахъ.

Споры, образуемая отшнурованіемъ, появляются на опредѣленныхъ мѣстахъ гриба, именно въ гименіальномъ слоѣ. Конечныя клѣтки нѣкоторыхъ изъ гифъ этого слоя вздуваются на свободномъ концѣ. Изъ вздутыхъ клѣтокъ этихъ, называемыхъ *базидіями*, вырастаютъ четыре выпуклины, разрастающіяся каждая, со временемъ, въ снабженную ножкою спору (рис. 47).

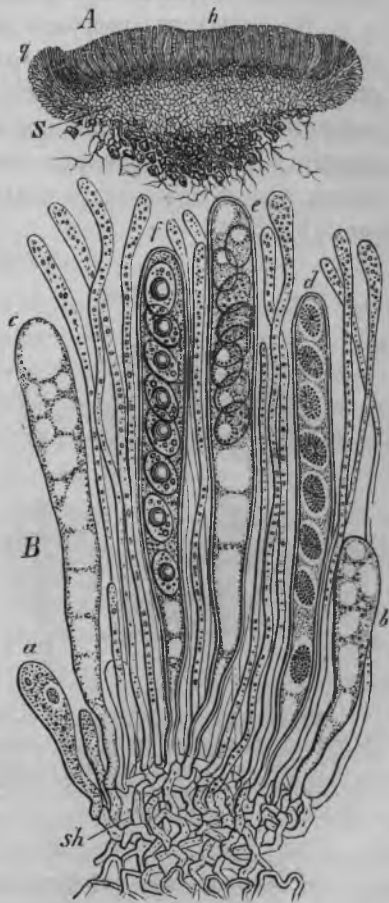
Рис. 47.



А и В слабо увеличенные разрѣзы черезъ гименіальный слой *Agaricus campestris*. С то же самое сильно увеличено; s, s', s'', s''' базидіи со спорами, на разныхъ степеняхъ развитія.

По наблюденіямъ Розевинга ядро базидіальной клѣтки дѣлится на четыре новыхъ, которыя перемѣщаются въ нарастающія споры.

Рис. 48.



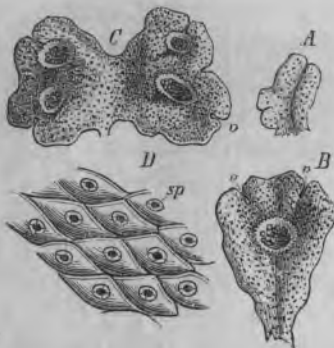
А вертикальный разрѣзъ черезъ плодикъ *Peziza convexula*. В сильно увеличенные аскусы на разныхъ степеняхъ развитія и парафизы.

Въ сумчатыхъ грибахъ (*Ascomycetes*) споры образуются также изъ конечныхъ, булавовидновздутыхъ клѣтокъ гименіального слоя; но здѣсь онѣ происходятъ внутри клѣтокъ (аскусовъ) (см. рис. 48 на стр. 279). Ядро аскуса дѣлится на два; послѣднія повторяютъ подобное же дѣленіе еще по два раза. Вокругъ каждаго изъ восьми ядеръ скопляется слой плазмы, который со временемъ облекается оболочкою; происшедшія восемь клѣтокъ (молодые споры), погруженныя въ живую плазму аскуса, продолжаютъ расти и увеличиваться въ объемѣ. Ко времени созрѣванія споръ, аскусъ на вершинѣ лопається и выбрасываетъ споры, нерѣдко съ весьма значительною силою.

Во мхахъ и высшихъ сосудистыхъ споровыхъ растеніяхъ споры образуются въ спорогоніяхъ и спорангіяхъ изъ обособленныхъ клѣтокъ, называемыхъ *производящими* клѣтками. Въ каждой изъ производящихъ клѣтокъ происходятъ дѣленіемъ по четыре споры. Обстоятельное изложеніе развитія спорангіевъ со спорами и любопытныя сближенія споровыхъ съ цвѣтковыми, составляющія предметъ систематики и морфологіи споровыхъ, не входитъ въ программу предлагаемаго курса.

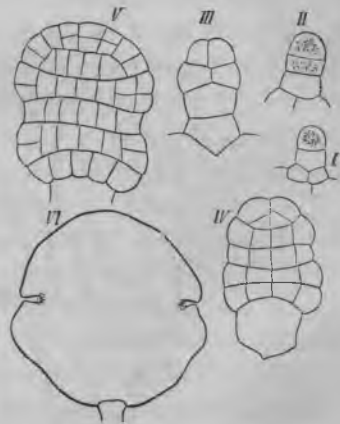
Къ безполымъ способамъ размноженія относится размноженіе *почками*. Въ составъ почки размноженія входитъ цѣлый комплексъ клѣтокъ; особенно часто встрѣчаются почки размноженія въ классѣ мховъ, кромѣ того попадаются и у папоротниковъ; подземныя почки размноженія или вѣрнѣе клубни свойственны хвощамъ. Въ видѣ примѣра я опишу почки размноженія *Marchantia*; онѣ образуются у этого печеночнаго мха въ особенныхъ чашевидныхъ вмѣстилищахъ (см. рис. 49 и 50).

Рис. 49.



Marchantia polymorpha. А и В молодые побѣги; С болѣе развитый побѣгъ съ почками размноженія, D кожица съ устьицами (sp) сверху.

Рис. 50.



Почка размноженія *Marchantia*, въ различныя стадіи развитія.

Нѣкоторыя изъ клѣтокъ основанія вмѣстилища, разрастаясь сильнѣе окружающихъ, дѣлятся горизонтальною перегородкою на двѣ; изъ верхней клѣтки образуется послѣдовательнымъ дѣленіемъ почка размноженія, изъ нижней — ножка, посредствомъ которой почка остается въ соединеніи съ листцомъ. Разросшаяся почка представляетъ симметричную, двулопастную пластинку, какъ показано на рисункѣ. У другихъ мховъ почки размноженія имѣютъ видъ округлыхъ

или овальныхъ многокѣтныхъ тѣлецъ и встрѣчаются на протонемѣ и стеблѣ мховъ. Почкі размноженія папоротниковъ сидятъ на вайяхъ.

Помимо споръ и почекъ размноженія и другія кѣтки споровыхъ способны, при извѣстныхъ условіяхъ, разрастаться въ цѣлое растеніе.

По наблюденіямъ Шимпера листья мховъ распадаются иногда на отдѣльныя кѣтки, и каждая изъ послѣднихъ можетъ вырасти въ мохъ; этою же способностью обладаютъ и волоски, покрывающіе стебель мха и снабжающіе его почвенной влагой, равно какъ и отдѣльныя кѣтки отрѣзковъ листьевъ, стебля и ножки спорогонія. Разрастаніе отдѣльныхъ кѣтокъ въ цѣлое растеніе легко наблюдать также на отрѣзкахъ заростка папоротниковъ. По всему вѣроятію подобный же результатъ получится относительно, если не всѣхъ, то болѣе части кѣтокъ остальныхъ споровыхъ растений. Это предположеніе тѣмъ болѣе вѣроятно, что подобныя же, хотя и весьма отрывочныя указанія (напр. Регеля о *Vegoniaceae*) имѣются относительно цвѣтковыхъ растений.

Не смотря однако на способность отдѣльныхъ кѣтокъ къ воспроизведенію цѣлаго растенія, бесполое размноженіе цвѣтковыхъ происходитъ при посредствѣ болѣе или менѣе сложныхъ комплексовъ кѣтокъ, обыкновенно уже дифференцированныхъ на стебель и листья и построенныхъ изъ совокупности различныхъ тканей. Къ бесполомъ органамъ размноженія цвѣтковыхъ относятся луковицы, клубни и почки. Предполагая извѣстными строеніе и развитіе этихъ органовъ изъ курса морфологіи растений, я не буду останавливаться на ихъ описаніи.

Половое размноженіе.

Половое размноженіе состоитъ въ воспроизведеніи новаго недѣлимаго чрезъ слияніе составныхъ частей содержаемаго двухъ кѣтокъ, называемыхъ половыми кѣтками: *мужской* и *женской*. Половой актъ свойственъ, за немногими исключеніями, всѣмъ растительнымъ организмамъ. Замѣчательно, что во многихъ изъ простѣйшихъ организмвъ дифференцировка на половые и вегетативные органы совершенно ясно выражена; въ слѣдствіе возможности разслѣдовать подъ микроскопомъ цѣльные простѣйшіе организмы и слѣдить за развитіемъ и послѣдующимъ слияніемъ половыхъ продуктовъ, они оказались особенно пригодными объектами для выясненія полового акта.

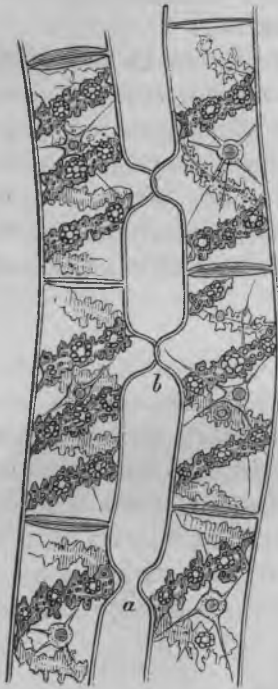
Половое размноженіе споровыхъ.

Проявленіе полового размноженія въ простѣйшихъ организмвахъ (водоросляхъ и грибахъ) весьма разнообразно. Главнѣйшія формы его слѣдующія:

1) Яйцекѣтка и оплодотворяющая кѣтка подвижны и сходны съ зооспорами. Водоросли сюда относящіяся (*Pandorina*, *Ulotrix*) образуютъ двоякаго рода зооспоры, легко различимыя по размѣрамъ: однѣ крупныя, *макрозооспоры* оплодотворяемыя, другія болѣе мелкія — оплодотворяющія *микрозооспоры*. Во время движенія онѣ сливаются попарно; онѣ слипаются сперва безцвѣтными носиками, несущими рѣснички, и затѣмъ уже по всему протяженію зеленыхъ участковъ. Образованная, чрезъ слияніе, кѣтка — *ооспора* неподвижна и вскорѣ высачиваетъ на поверхности послѣдовательно нѣсколько оболочекъ. По прошествіи болѣе или менѣе продолжительнаго времени она, при благоприятныхъ условіяхъ, разрастается въ новую водоросль.

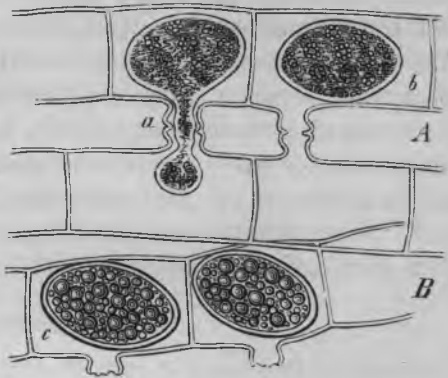
2) Половые клѣтки сходны между собою; слиянію ихъ предшествуетъ сращеніе и мѣстное раствореніе ихъ оболочекъ. Этотъ способъ размноженія свойственъ водорослямъ *Conjugatae*, *Desmidiaceae* и *Diatomaceae* и обозначается названіемъ *копуляціи*. Въ видѣ примѣра я опишу копуляцію *Spirogyra*. Приготавливающаяся къ копуляціи нити *Spirogyra* располагаются въ водѣ попарно, параллельно одна другой. Соответственныя клѣтки выпускаютъ по боковому отростку, которые срастаются свободными концами; въ слѣдъ за тѣмъ, въ мѣстѣ сращенія, оболочки ихъ ресорбируются, и чрезъ образовавшееся отверстіе, содержимое оплодотворяющей клѣтки переливается въ полость клѣтки оплодотворяемой и сливается съ ея содержимымъ (рис. 51 и 52).

Рис. 51.



Spirogyra longata: нити спирогиры, приготовляющейся къ копуляціи.

Рис. 52.



A клѣтки спирогиры въ копуляціи.
B готовыя ооспоры.

До слиянія еще замѣчается съезжаніе содержимаго обѣихъ сросшихся клѣтокъ; послѣ слиянія съезжаніе ихъ до того увеличивается, что шаровидный или овальный продуктъ ихъ слиянія занимаетъ лишь часть оплодотворяющей клѣтки; по прошествіи нѣкотораго времени на поверхности его высачиваются послѣдовательно нѣсколько оболочекъ и получается клѣтка, называемая *зигоспорой*.

3) Обѣ половыя клѣтки неподвижны; женская клѣтка вырастаетъ въ волосокъ *трихогингъ*; оплодотворяющая клѣтка по созрѣваніи отрывается отъ мѣста своего образованія, и переносится совершенно пассивно водою къ трихогину; достигнувъ его случайно, она сливается съ нимъ и оплодотворяетъ яйцеклѣтку (*Florideae*).

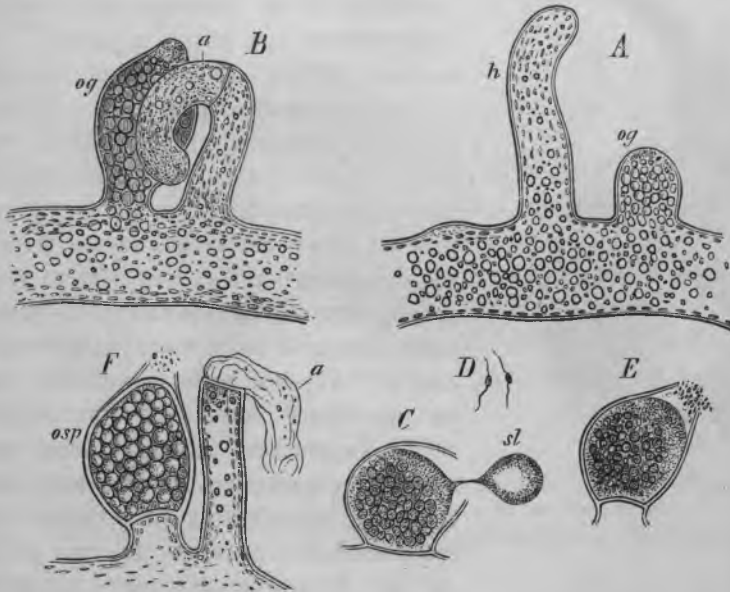
4) Неподвижная женская клѣтка развивается въ отличную по формѣ отъ остальныхъ клѣтку—въ *оогоній*; подвижные мужскіе половые продукты—*антерозоиды* (живчики) мужскаго полового органа—*антеридія* сливаются съ яйцеклѣткой; слияніе происходитъ внутри оогонія, который, по достиженіи зрѣлости, раскрывается или поперечной трещиной, или же посредствомъ боковаго отверстія

въ стѣнкѣ, предоставляя вышедшимъ къ этому времени антерозоидамъ свободный доступъ къ яйцеклѣткѣ (*Vaucheria*, *Oedogonium*). Незначительное видоизмѣненіе этого способа размноженія представляютъ нѣкоторые изъ простѣйшихъ грибовъ (*Saprolegnia*, *Achlya*, *Perenospora*, *Cystopus*), гдѣ къ оогонію, съ однимъ или нѣсколькими неподвижными яйцеклѣтками, плотно прикладываются одинъ или нѣсколько антеридіевъ, пробуравливаютъ оболочку оогонія, врастаютъ внутрь его и, достигнувъ одной изъ яйцеклѣтокъ, оплодотворяютъ ее.

Имѣя въ виду выяснитъ лишь вкратцѣ сущность полового процесса, я ограничусь описаніемъ немногихъ примѣровъ полового размноженія наиболѣе распространеннаго, производимаго при посредствѣ неподвижной яйцеклѣтки и антерозидовъ.

Однимъ изъ наиболѣе доступныхъ и удобныхъ объектовъ можетъ служить водоросль *Vaucheria sessilis*. На зеленой, вѣтвистой клѣткѣ ея появляются двѣ близлежащія выпуклины. Разрастаясь, одна изъ нихъ превращается въ шаровидную женскую клѣтку (*og*), другая вырастаетъ въ цилиндрическую, крючкомъ изогнутую клѣтку (*a*) (см. рис. 53). Со временемъ полости обѣихъ этихъ

Рис. 53.



Vaucheria sessilis. A и B развитіе антеридія (*a*) и оогонія (*og*). C лопнувшій оогоній; D сперматозоиды; F опорожненный антеридій (*a*) и ооспора въ оогоніи (*osp*).

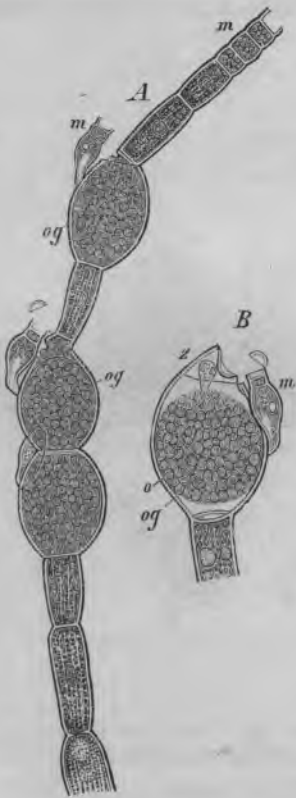
клѣтокъ отгараживаются, отъ несущей ихъ нити, поперечными перегородками. Въ изогнутой вѣточкѣ (*a*) перегородка появляется значительно выше ея основанія; отгороженный конецъ есть *антеридій*; отгороженная шаровидная клѣтка развивается въ женскую оплодотворяемую клѣтку—*оогоній* (*og*). Антеридій и оогоній созрѣваютъ въ одно и то же время. Передъ созрѣваніемъ клѣтка оогонія удлиняется въ носикъ, обращенный къ антеридію. Зрѣлость оогонія сказывается тѣмъ, что въ носикѣ собирается безцвѣтная плазма, между тѣмъ какъ зеленое

содержимое собирается въ шаръ. Ко времени созрѣванія оогонія носикъ лопається и часть безцвѣтной плазмы выбрасывается къ наружи; постепенно растворяясь въ водѣ, выдѣленная плазма (*sl*) безслѣдно исчезаетъ.

По мѣрѣ развитія антеридія зеленая окраска отгороженной клѣтки его постепенно блѣднѣетъ; ко времени созрѣванія, содержимое ея дѣлается совершенно безцвѣтнымъ и распадается на множество мелкихъ подвижныхъ тѣлецъ, называемыхъ *стменными тѣлами* или антерозоидами (*D*).

Созрѣвшій антеридій тоже лопається на вершинѣ и выпускаетъ изъ себя стѣнные тѣльца, весьма мелкія, снабженныя двумя рѣсничками. Одно или нѣсколько изъ нихъ проникаютъ чрезъ отверстіе оогонія въ его полость и сливаются съ зеленою яйцеклѣткой. Послѣ сліянія (оплодотворенія) ихъ зеленый шаръ высачиваетъ, на поверхности своей, послѣдовательно нѣсколько оболочекъ и превращается въ *ооспору*. Содержимое ооспоры блѣднѣетъ, наполняется капельками жира и зернами крахмала. Со временемъ ооспора вырастаетъ въ нить *Vaucheria*.

Рис. 54.



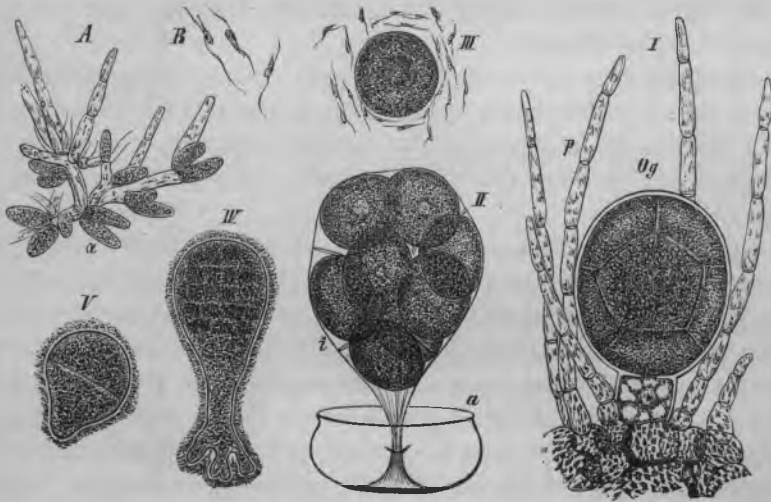
Oedogonium ciliatum. А. кусокъ нитчатки съ вегетативными, длинными, цилиндрическими клѣтками, съ развивающимися оогоніями (*og*), и клѣтками (*m*), въ которыхъ образуются андроспоры. В. созрѣвшій оогоній (*og*), лопнувшій съ боку; въ немъ антерозоидъ (*z*), вышедшій изъ мужскаго растеньца (*m*).

Съ чрезвычайною ясностью удается прослѣдить шагъ за шагомъ половое размноженіе въ нитчаткѣ *Oedogonium ciliatum*. Половыя клѣтки ея легко отличимы отъ вегетативныхъ. Вегетативныя, не рѣдко образующія по одной зооспорѣ, имѣютъ форму длинныхъ цилиндровъ. Клѣтка, превращающаяся въ оогоній, надувается въ шаръ. Антеридіальныя клѣтки образуются изъ длинныхъ цилиндрическихъ дѣленіемъ поперечными перегородками на рядъ короткихъ клѣтокъ, которыхъ высота меньше ширины; каждая изъ послѣднихъ со временемъ растрескивается поперекъ; содержимое выходитъ къ наружи въ видѣ маленькой зооспоры и называется *андроспорой*. Андроспора отыскиваетъ одинъ изъ развивающихся оогоніевъ, прикрѣпляется къ нему и высачиваетъ на поверхности своей оболочку. Превратившись въ клѣточку съ оболочкой, она разрастается въ мужское недѣлимое незначительнаго размѣра (см. рис. 54). Клѣтка эта (рис. В. *m*.) отгараживаетъ затѣмъ въ верхней части двѣ плоскія клѣточки (антеридіи); изъ каждой выходитъ по одному антерозоиду. Нижняя же бѣльшая клѣтка составляетъ вегетативную часть мужскаго растеньца. Оогоніи и антеридіи *Oedogonium* созрѣваютъ одновременно. Ко времени созрѣванія, оболочка оогонія лопается близъ верхняго конца поперечной трещиной; изъ трещины выступаетъ къ наружи часть содержамаго въ видѣ прозрачнаго носика, отвердѣвающаго на поверхности; вершина носика

вскорѣ лопаются; чрезъ это отверстіе входитъ въ оогоній антерозоидъ (*z*) и сливается съ содержимымъ оогонія. Проникновеніе его въ оогоній и сліяніе половыхъ продуктовъ вполне доступны наблюденію. Въ бѣльшей еще степени оказался пригоднымъ для наблюденій надъ половымъ актомъ *Oedogonium diplan-drum* (Juganji: Beitr. z. Morphol. d. Oedogonien. Prings. Jahrb. B. 9. (1873), у котораго большіе и окрашенные въ бурокрасный цвѣтъ антерозоиды представляютъ яркій контрастъ съ темнозеленой окраской содержаимаго оогонія. У *Oedogonium*, какъ и у *Vaucheria*, оплодотворенная яйцеклѣтка одѣвается послѣдовательно нѣсколькими оболочками и превращается въ ооспору.

Примѣромъ двудомной водоросли можетъ служить *Fucus vesiculosus*. Оогоніи и антеридіи ея образуются на разныхъ недѣлимыхъ, въ особенныхъ полостяхъ, открывающихся къ наружи небольшимъ отверстіемъ. Полости эти, въ началѣ совершенно открыты, образуются чрезъ постепенное разрастаніе окружающей ткани листца; поэтому и образующіеся въ нихъ антеридіи и оогоніи представляютъ лишь продукты разрастанія наружнаго слоя листца. Антеридіи (см. рис. 55 *A, a*)

Рис. 55.



Fucus vesiculosus. *A* волосокъ съ антеридіями (*a*); *B*—сперматозоиды; *I* оогоній въ дѣленіи на яйцеклѣтки; *II* высвобожденіе яйцеклѣтокъ изъ оболочекъ оогонія; *III* яйцеклѣтка со сперматозоидами; *IV* и *V* прорастаніе оплодотворенной яйцеклѣтки.

имѣютъ видъ продолговатыхъ мѣшечковъ и сидятъ, въ большомъ числѣ, на вѣтвистыхъ волоскахъ внутренней стѣнки полости. Въ каждомъ антеридіи (*A, a*) образуется большое число безцвѣтныхъ антерозоидъ (*B*), съ краснымъ пятномъ на одномъ концѣ. Передвиженіе антерозоида производится при посредствѣ двухъ рѣсничекъ, изъ которыхъ одна направлена впередъ, а другая назадъ (*B*). Созрѣвшіе антеридіи отваливаются и, вмѣстѣ со слизью, выполняющею полость, выдавливаются, чрезъ отверстіе полости, къ наружи на поверхность листца. Яйцеклѣтки *Fucus vesiculosus* образуются, по восьми въ оогоніи. Оогоній, предназначенный къ произведенію яйцеклѣтокъ, вытягивается внутрь полости и разгораживается поперечною перегородкой на двѣ клѣтки: нижнюю, превращающуюся

въ ножку, и верхнюю—будущій оогоній. Послѣдняя (I, *og*) сильно разрастается; содержимое ея распадается на восемь отдѣльностей, превращающихся со временемъ, въ яйцеклѣтки. Яйцеклѣтки, по созрѣваніи, постепенно высвобождаются изъ оогонія (II) и вмѣстѣ со слизью полости вытѣсняются, чрезъ отверстіе полости, въ окружающую воду. Знаменитый французскій альгологъ Тюре воспользовался возможностью уединять, по произволу, половые продукты *Fucus vesiculosus*, для доказательства, опытнымъ путемъ, необходимости сліянія и взаимодѣйствія яйцеклѣтки и антерозоида, для воспроизведенія нормально развивающагося зародыша. Два одинаковые сосуда были наполнены, для этой цѣли, морской водою; въ одномъ находились яйцеклѣтки и антеридіи, въ другомъ—только яйцеклѣтки. Въ первомъ, изъ оплодотворенныхъ яйцеклѣтокъ получились, чрезъ нѣкоторое время, нормально разрастающіеся фукусы; во второмъ яйцеклѣтки частью остались безъ перемѣны, частью же обнаружили лишь слѣды прорастанія и дальше не развивались.

У высшихъ споровыхъ (мховъ и сосудистыхъ споровыхъ) соотвѣтственно большая сложность организаціи отразилась и на строеніи половыхъ органовъ. За немногими исключеніями, мужскіе и женскіе половые органы представляютъ образованія многоклѣтныя; за первыми удержалось названіе: *антеридіи*; вторые же называютъ *архегоніями*.

Созрѣвшій архегоній высшихъ споровыхъ имѣетъ форму бутылочки и состоитъ изъ двухъ частей: нижней расширеннаго основанія и верхней узкой шейки архегонія. Шейка его пробуравлена сквознымъ каналомъ, по которому антерозоиды проникаютъ до яйцеклѣтки, помѣщенной въ основной, расширенной части архегонія (*b*).

Антеридіи и архегоніи представляютъ продукты разрастанія отдѣльныхъ поверхностныхъ клѣтокъ. Послѣдовательнымъ дѣленіемъ перегородками, различнымъ въ разныхъ типахъ высшихъ споровыхъ, изъ первоначальной клѣтки архегонія получается многоклѣтный органъ, въ которомъ обозначаются внутренняя, основная клѣтка и поверхностныя клѣтки, разрастающіяся въ шейку архегонія. По мѣрѣ развитія шейки, основная клѣтка врастаетъ въ промежутокъ между долевыми рядами шейки архегонія и при основаніи шейки разгораживается поперечною перегородкою. Верхняя отгороженная клѣтка, занимающая ось шейки, разрастается вмѣстѣ съ нею и достигнувъ извѣстной длины дѣлится поперечными перегородками на долевой рядъ *канальчиковыхъ* клѣтокъ. Нижняя, *основная* клѣтка дѣлится еще всего разъ, отдѣляя отъ себя въ верхней части еще маленькую *брюшную канальчиковую клѣтку*; затѣмъ вся большая нижняя клѣтка превращается въ яйцеклѣтку.

Въ созрѣвшемъ архегоніи канальчиковыя клѣтки и брюшная ослизняются; ослизнившаяся масса, разбухая, прорываетъ вершину шейки и частью выходитъ къ наружи. Случайно попавшіе въ эту слизь антерозоиды обнаруживаютъ перемѣщеніе по одному лишь направленію, именно ко входу шейки архегонія и, пройдя ее, достигаютъ яйцеклѣтки.

Антерозоиды высшихъ споровыхъ довольно сходны между собою и состоятъ изъ болѣе или менѣе закрученной спирали, съ рѣсничками, число которыхъ у разныхъ растений различно (см. рис. 56 и 57 на стр. 287).

Они развиваются въ большемъ числѣ въ антеридіи изъ мелкихъ клѣтокъ,

выполняющихъ полость послѣдняго. Въ каждой клѣткѣ образуется по одному антерозоиду, причѣмъ тѣло антерозоида происходитъ изъ ядра клѣтки, рѣсницы—изъ плазмы.

Послѣ оплодотворенія яйцеклѣтка одѣвается оболочкою и превращается въ первую клѣтку зародыша.

Въ тѣсной связи съ половымъ размноженіемъ высшихъ споровыхъ находится строгое чередованіе поколѣній *полового* и *безполого*: изъ споры, посеянной въ землю, вырастаетъ растенъце, образующее архегоніи и антеридіи; происшедшій изъ оплодотворенной клѣтки архегонія зародышъ, остающійся болѣе или менѣе долгое время въ соединеніи съ растеніемъ его произведшимъ, вырастаетъ въ недѣлимое *со спорангіями*, въ которыхъ безполымъ путемъ образуются споры; споры, попадая въ землю, производятъ вновь поколѣніе половое, изъ котораго опять происходитъ безполое и т. д.

Примѣчаніе. Исключеніе по отношенію къ строгому чередованію поколѣній *полового* и *безполого* представляютъ нѣкоторые папоротники, напр. *Pteris cretica* и *Aspidium filix mas. var. cristatum*; на заросткахъ ихъ наблюдается постоянное недоразвитіе архегоній; безполыя растенія развиваются изъ отдѣльныхъ вегетативныхъ клѣтокъ заростка (см. Farlow. Bot. Zeit. 1874; p. 180 и De Bary. Ibid. 1878; p. 449).

Половое размноженіе цвѣтковыхъ.

Половое размноженіе голоосѣмянныхъ. Въ половомъ размноженіи голоосѣмянныя представляютъ большое сходство съ высшими споровыми.

Въ тычинкахъ, соотвѣтствующихъ микроспорангіямъ, образуются крупинки (зернышки) плодотворной пыли; подобно спорамъ они происходятъ дѣленіемъ влѣткѣ, заключенныхъ въ пыльникѣ. Достигнувъ зрѣлости, въ каждомъ зернышкѣ цвѣтени отгораживаются 1 до 3 клѣтокъ, которыя не принимаютъ участія въ

Рис. 56.



Funaria hygrometrica. А. Продольный разрѣзъ черезъ вершину стебля съ архегоніями (а) и парафизами (b); В. сильно увеличенный архегоній; в. расширенное основаніе съ основной и брюшной клѣтками; h шейка со сквознымъ каналомъ; С верхина раскрытаго архегонія.

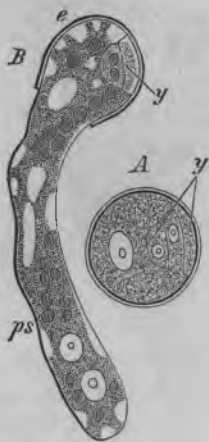
Рис. 57.



Funaria hygrometrica. А. лоннувшій антеридій; а вышедшіе сперматозоиды. В. антерозоидъ, заключенный въ производящей клѣткѣ; с вышедшіе антерозоиды.

половомъ актѣ, такъ что каждая зрѣлая крупинка представляетъ подобіе мужскаго заростка, построеннаго изъ вегетативной части и антеридія. Примѣромъ можетъ служить цвѣтень *Ceratozamia longifolia*. На прилагаемомъ рисункѣ 58 А видны въ зрѣлой пылинкѣ три маленькія вегетативныя клѣтки (*y*), соответствующія заростку; большая же клѣтка, половая, аналогичная антеридію, вырастаетъ со временемъ въ цвѣтневую трубочку.

Рис. 58.



Ceratozamia longifolia. А. зерно плодотворной пыли съ 3-мя маленькими вегетативными клѣтками; В. цвѣтневая трубочка; *y* вегетативныя клѣтки; *ps* выросшая трубочка съ двумя ядрами.

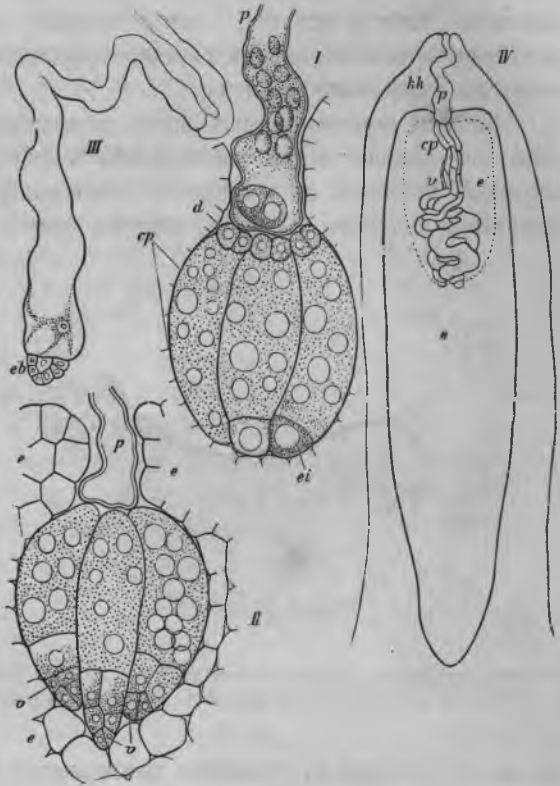
Одновременно съ образованіемъ цвѣтени развиваются архегоніи (корпускулы) съ яйцеклѣтками. Развитие ихъ происходитъ слѣдующимъ образомъ: въ центральной части (ядрѣ) голой сѣмяпочки разрастается одна изъ внутреннихъ клѣтокъ гораздо сильнѣе остальныхъ и превращается въ очень большую клѣтку — *зародышевой мѣшокъ*, соответствующій заростку высшихъ споровыхъ. Внутри зародышеваго мѣшка происходятъ, въ большемъ числѣ, новыя клѣтки, которыя со временемъ выполняютъ собою всю его полость. Гораздо позже нѣкоторыя изъ поверхностныхъ клѣтокъ на концѣ зародышеваго мѣшка, обращенномъ ко сѣмявходу, разрастаются сильнѣе остальныхъ; изъ нихъ образуются архегоніи; въ каждой изъ нихъ отгораживается, близъ поверхности зародышеваго мѣшка, по маленькой клѣткѣ, соответственной шейкѣ архегонія; нижняя же большая превращается въ яйцеклѣтку. Зрѣлыя пылинки попадаютъ на сѣмявходъ сѣмяпочки и прорастаютъ, черезъ болѣе или менѣе продолжительное время, въ трубочку; въ послѣднюю перекачевываютъ два ядра, происшедшіе черезъ дѣленіе ядра вырастающей въ трубку клѣтки. Цвѣтневая трубка, прорастая на сѣмяпочкѣ, проникаетъ

въ ткань ядра сѣмяпочки, входитъ въ шейку архегонія и, прорвавъ оболочку нижней клѣтки архегонія, достигаетъ яйцеклѣтки. Долгое время большинство изслѣдователей, въ томъ числѣ и Страсбургеръ, принимали, что конецъ цвѣтневой трубки остается цѣльнымъ и что оплодотворяющее вещество просачивается черезъ оболочку цвѣтневой трубочки въ видѣ раствора. Горожанкину первому удалось несомнѣннымъ образомъ показать, что у *Abietinae* ядра цвѣтневой трубочки проникаютъ черезъ разрывъ оболочки цвѣтневой трубочки въ яйцеклѣтку; по наблюденіямъ Горожанкина они сливаются съ ядромъ яйцеклѣтки. У голосѣмянныхъ (по крайней мѣрѣ у нѣкоторыхъ), слѣдовательно оплодотворяющій мужской элементъ какъ у споровыхъ, не есть жидкость, а организованное образованіе, непосредственно сливающееся съ яйцеклѣткою. Эти показанія Горожанкина были подтверждены Страсбургеромъ, съ тѣмъ лишь ограниченіемъ, что только одно изъ ядеръ цвѣтневой трубочки а не оба, сливается съ ядромъ яйцеклѣтки. Въ послѣднихъ статьяхъ своихъ Страсбургеръ, упоминая лишь вскользь объ открытіи Горожанкина, старается доказать подобное же сліяніе ядеръ мужскаго и женскаго у всѣхъ цвѣтковыхъ растений и строить на этомъ новую теорію полового размноженія.

Дальнѣйшее развитіе оплодотворенной яйцеклѣтки голосѣмянныхъ происхо-

дять слѣдующимъ образомъ: послѣ слиянія ея ядра съ ядромъ цвѣтневой трубки въ нижнемъ концѣ архегонія обособляется клѣтка, отдѣленная отъ остальной полости поперечной перегородкой и снабженная большимъ ядромъ; по всему вѣроятію это есть ничто иное, какъ перекочевавшій въ нижній конецъ яйцеклѣтки продуктъ слиянія обоихъ ядеръ. Обособившаяся клѣтка эта дѣлится поперечными и продольными перегородками, такъ что чрезъ нѣкоторое время на мѣстѣ ея мы находимъ обыкновенно три этажа клѣтокъ, въ каждомъ этажѣ по четыре (см. рис. 59). Клѣтки верхняго этажа остаются безъ перемѣны; клѣтки слѣдующаго, напротивъ того, вырастаютъ въ длинныя цилиндрическія клѣтки; при этомъ онѣ пробуравливаютъ оболочку архегонія и врастаютъ въ ткань, выполняющую зародышевой мѣшокъ; клѣтки нижняго этажа превращаются въ зародышъ; иногда вышеописанный комплексъ клѣтокъ расщепляется по длинѣ на четыре ряда; въ этомъ случаѣ изъ конечной клѣтки каждаго ряда образуется по зачаточному зародышу, изъ которыхъ только одинъ достигаетъ полнаго развитія.

Рис. 59.



Juniperus communis. I три архегонія (*cp*), оплодотворяемые цвѣтневою трубкой (*p*); отгороженные маленькія клѣтки (*d*); оплодотворенныя яйце-клѣтки (*ei*). II три архегонія съ раздѣлившимися оплодотворенными клѣтками (*v*); конецъ цвѣтневой трубки (*p*). III предростокъ съ зародышемъ (*cb*). IV болѣе поздняя стадія развитія; конецъ цвѣтневой трубки (*p*); архегоніи (*cp*); разросшіяся въ длинныя трубки клѣтки втораго этажа, несущія на свободномъ концѣ зародышъ; зародышевой мѣшокъ (*o*).

Половое размноженіе скрытосѣмянныхъ.

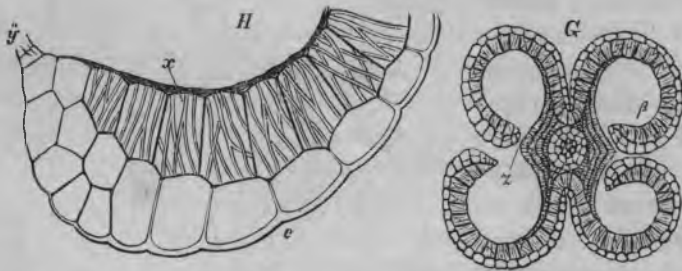
Наибольшее число разслѣдованій относится до полового размноженія скрытосѣмянныхъ; не смотря на это однако не удалось здѣсь еще вполнѣ уяснить полового акта. Половые органы — тычинки и пестики появляются въ видѣ бугорковъ изъ комплекса клѣтокъ совершенно однородныхъ.

Развитіе тычинки и сѣмяпочки. Въ бугоркѣ, разрастающемся въ тычинку, обозначаются прежде всего четыре мѣшка *пыльниковыя* и *связники*; нить же тычинки образуется въ послѣдствіи, чрезъ интеркалярный ростъ клѣтокъ основанія бугорка. Главнѣйшіе морфологическіе процессы сосредоточиваются, какъ показала Вармингъ,

во второмъ подэпидермальномъ слоѣ кѣтокъ пыльниковъ; изъ нихъ исключи- тельно образуется вся плодотворная пыль, вмѣстѣ съ внутреннимъ слоемъ стѣнки пыльника. Кѣтки второго, считая снаружи, слоя пыльника дѣлятся прежде всего перегородками, параллельными поверхности пыльника, на два слоя, разви- вающихся совершенно различно.

Кѣтки *наружнаго* изъ вновь происшедшихъ слоевъ образуютъ обыкно- венно еще каждая по двѣ тангентальныхъ перегородки; изъ этихъ слоевъ самый наружный получаетъ въ послѣдствіи спиральныя утолщенія и превращается во внутренней, *фиброзный* слой (*x*) кѣтокъ стѣнки зрѣлаго пыльника (см. рис. 60),

Рис. 60.



Butomus umbellatus. А. поперечный разрѣзъ стѣнки зрѣлаго пыльника; *e* кожица; *x* фибро- зный слой. В. поперечный разрѣзъ черезъ всѣ 4 раскрывшіеся пыльника и связникъ.

оба же внутреннихъ со временемъ растворяются и служатъ питательнымъ матеріа- ломъ для кѣтокъ, образующихъ цвѣть.

Кѣтки *внутренняго* слоя, происшедшія изъ подэпидермальнаго дѣленіемъ его кѣтокъ первою тангентальной перегородкой, даютъ изъ себя со временемъ всю цвѣть и называются поэтому *производящими* кѣтками; онѣ дѣлятся на крестъ поставленными перегородками по нѣскольку разъ. Продукты ихъ дѣленія сохраняютъ тоненькія стѣнки (рис. 61 на стр. 291). Последнее поколѣніе ихъ легко распознается по значительному утолщенію стѣнокъ. Въ каждой изъ послѣднихъ образуется по четыре кѣтки *спеціально производящихъ*; у однодольныхъ онѣ образуются послѣдовательнымъ дѣленіемъ производящей кѣтки на двѣ, у двудоль- ныхъ же всѣ четыре спеціально производящія кѣтки выдѣляются одновременно. Послѣ раздѣленія ядра на четыре новыхъ, въ дѣлящейся кѣткѣ одновременно появляются двѣ взаимно-перпендикулярныя кольцеобразныя перегородки, которыя нарастая постепенно на внутреннемъ краѣ, разгараживаютъ со временемъ кѣтку на четыре части, и образуютъ такъ называемыя *тетрады*, (см. рис. 62 на стр. 291). Въ каждой изъ вновь происшедшихъ спеціально производящихъ кѣтокъ образуется по одному зерну плодотворной пыли; кѣтки эти продолжаютъ нѣкоторое время утолщать свою оболочку; затѣмъ содержимое ихъ съеживается въ комочекъ, сво- бодно лежащій въ полости кѣтки; на поверхности его высачивается оболочка (*intine*), сверхъ которой впослѣдствіи появляется вторая (*exine*). Окруженное этими двумя оболочками содержимое спеціально-производящей кѣтки и есть ничто иное какъ зерно плодотворной пыли. Къ этому времени ослизняются обо-

Рис. 61.

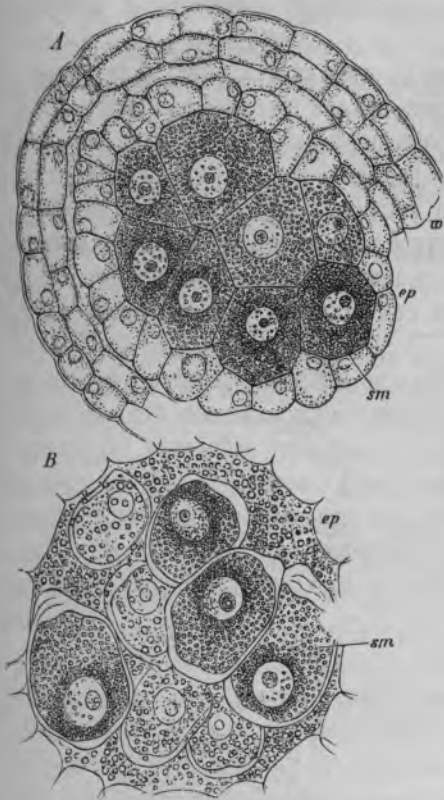
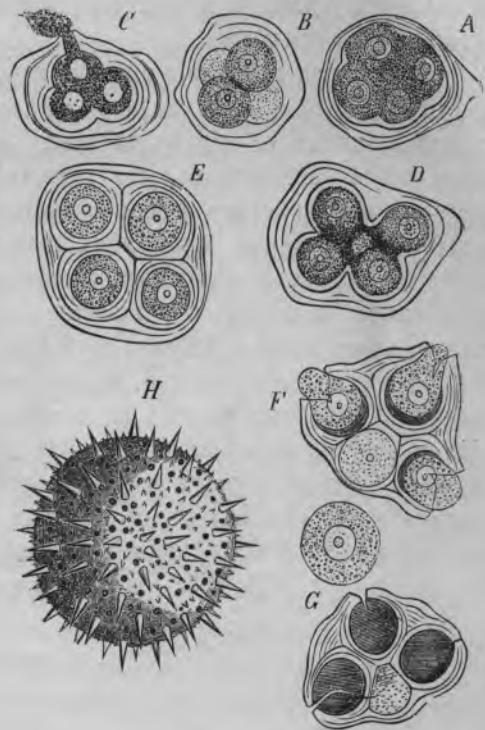


Рис. 62.



Althaea rosea. Тетрады (A, B, C, D, E, F, G) и зрѣлая пыльникъ (H).

Funkia cordata. A поперечный разрѣзъ черезъ развивающійся пыльникъ; *sm* производящія клетки; *ep* — эпителий; *w* будущая стѣнка пыльника. B. производящія клетки плодотворной пыли, послѣ ихъ разьединенія; *ep* слѣды эпителия.

лочки производящихъ и специально-производящихъ клетокъ и служатъ пищей для пылинокъ. Въ зрѣломъ пыльникѣ зерна плодотворной пыли лежатъ совершенно свободно и, послѣ растрескиванія

пыльника, выступаютъ въ видѣ порошокватой массы къ наружи; каждая пылинка является совершенно свободной.

Только въ сравнительно немногихъ растеніяхъ пылинки остаются соединенными по нѣскольку вмѣстѣ (*Mimoseae*); еще рѣже (*Orchis*) вся плодотворная пыль, выполняющая пыльникъ, оказывается слѣпленною и вынимается изъ пыльника цѣликомъ; тягучая масса, связывающая отдѣльныя пылинки и группы ихъ, представляетъ продуктъ ослизненія оболочекъ клетокъ производящихъ и специально-производящихъ.

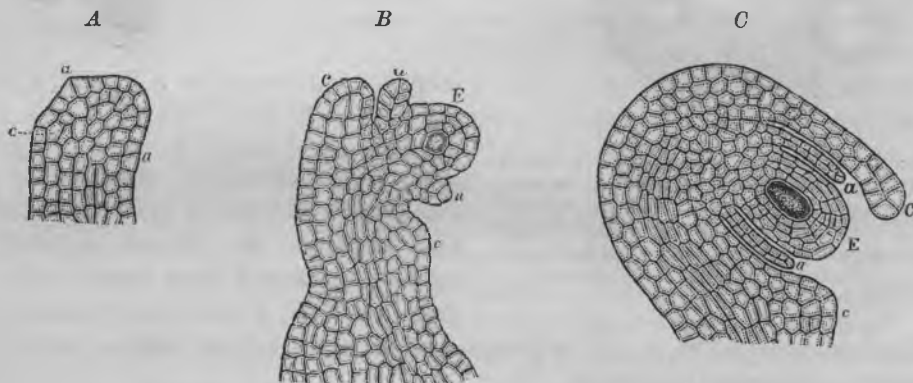
Зрѣлыя зерна плодотворной пыли представляютъ весьма большое разнообразіе въ своей формѣ, въ особенности въ строеніи наружной оболочки. Зерна плодотворной пыли бываютъ шаровидныя (*Cucurbita*, *Malva*), съ тремя симметрично поставленными въ одной плоскости отрогами (*Oenothera*, *Epilobium*), иногда вытянутыя въ длинныя трубки (*Zostera*); у нѣкоторыхъ растеній они принимаютъ форму трехгранной призмы или же четырехгранной притупленной пирамиды. У многихъ экзина пробуравлена отверстіями прикрытыми крышечками (*Cucurbita*),

или совершенно открытыми; число ихъ можетъ доходить до 60 (*Malva*); весьма многія зерна усѣяны на поверхности шипами, нерѣдко расположенными съ замѣчательною правильностью.

Во времени созрѣванія пылинки ядро ея дѣлится на два, обнаруживая явленіе, до нѣкоторой степени сходное съ дѣленіемъ зрѣлой пылинки хвойныхъ, но у скрытосѣмянныхъ не образуется между ядрами перегородки и пылинка остается одноклѣтной; замѣчательно, что у многихъ растений вновь происшедшія ядра, разрастаясь, принимаютъ формы совершенно различныя; одно изъ нихъ нерѣдко остается шаровиднымъ, между тѣмъ какъ другое вырастаетъ въ длинное, цилиндрическое, изогнутое тѣло. При выростаніи пылинки въ цвѣтневую трубку, ядра проникаютъ въ ростокъ и обыкновенно одно изъ нихъ или оба находятся близъ нарастающаго конца цвѣтневой трубочки.

По развитію сѣмяпочки, скрытосѣмянныя во многомъ разнятся отъ голосѣмянныхъ. Сѣмяночка и здѣсь зарождается въ видѣ многоклѣтнаго бугорка, который постепенно обрастается одною или двумя оболочками. Оболочки появляются въ видѣ валиковъ вокругъ основанія бугорка, послѣдовательно одна за другою; прежде вырастаетъ валикъ, непосредственно прилегающій къ бугорку; затѣмъ, въ наружи отъ него, поднимается второй, образующій наружную оболочку сѣмяпочки (см. рис. 63). Оба эти валика растутъ на верхнемъ краѣ совершенно са-

Рис. 63.



Сѣмяночка въ трехъ послѣдовательныхъ стадіяхъ развитія. *A*. начинающаяся сѣмяночка; *aa* зачатокъ внутренней оболочки; *c* — наружной оболочки. *B*. болѣе развитая сѣмяночка; *aa* внутренній валикъ; *cc* наружный валикъ; *E* зародышевой мѣшокъ. *C*; *aa* внутренняя оболочка сѣмяпочки; *cc* наружная. *E* — зародышевой мѣшокъ въ центральной части сѣмяпочки.

мостоятельно, не срастаясь ни съ центральнымъ бугоркомъ, ни между собою. Часть бугорка, ниже мѣста заложенія оболочекъ сѣмяпочки, разрастается въ ножку сѣмяпочки. Центральная часть сѣмяпочки, называемая *ядромъ сѣмяпочки*, состоитъ въ началѣ изъ ткани совершенно однородной, построенной изъ слоя клѣтокъ кожицы и ткани, происшедшей чрезъ дѣленіе одной или нѣсколькихъ клѣтокъ подэпидермальнаго слоя. Въ маленькихъ сѣмяпочкахъ (напр. у *Orchideae*) въ составъ ядра входитъ лишь одна клѣтка подэпидермальнаго слоя, превращающаяся со временемъ посредствомъ дѣленія въ долевой рядъ клѣтокъ; въ

болѣ крупныхъ сѣмяпочкахъ нѣсколько смежныхъ клѣтокъ подэпидермальнаго слоя входятъ въ составъ ядра и даютъ каждая по долевному ряду клѣтокъ.

Позже, одна, рѣже (у *Rosa*) нѣсколько клѣтокъ, прилегающихъ къ кожицѣ близъ вершины ядра сѣмяпочки, дѣлятся перегородкой, параллельной поверхности ядра сѣмяпочки, на двѣ клѣтки: наружную и внутреннюю, различныя по дальнѣйшему развитію. *Наружная* или остается безъ перемѣны, или же раздѣляется въ послѣдствіи тангентальными перегородками на нѣсколько клѣтокъ, называемыхъ *покровными* клѣтками зародышеваго мѣшка. *Внутренняя* разрастается очень сильно, превращаясь въ *иниціальную* клѣтку зародышеваго мѣшка. Въ рѣдкихъ случаяхъ инициальная клѣтка зародышеваго мѣшка цѣликомъ превращается въ зародышевой мѣшокъ; обыкновенно же она предварительно раздѣляется поперечными перегородками на долевой рядъ клѣтокъ, изъ которыхъ одна пріобрѣтаетъ перевѣсъ въ развитіи надъ остальными, на столько, что, разрастаясь, сдавливаетъ ихъ, до полного совпаденія ихъ оболочекъ; эта разросшаяся клѣтка превращается въ *зародышевой мѣшокъ*, т. е. въ клѣтку, въ полости которой въ послѣдствіи развивается зародышъ. Почти у всѣхъ растений въ зародышевой мѣшокъ превращается нижняя, гораздо рѣже средняя, или верхняя клѣтка изъ продуктовъ дѣленія инициальной клѣтки зародышеваго мѣшка.

Въ зародышевомъ мѣшкѣ скрытосѣмянныхъ предшествуютъ появленію яйцеклѣтки и зародыша слѣдующія своеобразныя измѣненія, открытыя Страсбургеромъ: ядро зародышеваго мѣшка, помѣщенное приблизительно въ его центрѣ, дѣлится на два (*a*) (см. рис. 64 на стр. 294); изъ вновь происшедшихъ ядеръ одно перекочевываетъ въ конецъ зародышеваго мѣшка, ближайшій ко сѣмявходу, другое — въ конецъ діаметрально противоположный. Каждое изъ нихъ дѣлится на два новыхъ (рис. 64 *B*); получается такимъ образомъ четыре ядра: два въ верхнемъ и два въ нижнемъ концѣ зародышеваго мѣшка. Затѣмъ въ каждомъ изъ четырехъ ядеръ вновь происходитъ дѣленіе, и число ядеръ въ зародышевомъ мѣшкѣ доходитъ до восьми. Въ дальнѣйшей судьбѣ ихъ обнаруживается существенное различіе: одно изъ ядеръ верхняго конца зародышеваго мѣшка и одно изъ нижнихъ перекочевываютъ къ срединѣ его (рис. 64 *D*) и здѣсь сливаются въ одно (рис. 64 *E*). Остальные три нижнихъ ядра не подвергаются никакимъ дальнѣйшимъ измѣненіямъ; вмѣстѣ съ окружающею ихъ плазмой они образуютъ клѣтки, называемыя *антиподами*, и никакого участія въ половомъ актѣ не принимаютъ. Каждое изъ трехъ ядеръ, въ верхнемъ концѣ зародышеваго мѣшка, окружаются слоемъ плазмы и образуютъ три голыя клѣтки, изъ которыхъ одна есть *яйцеклѣтка*, предназначенная къ оплодотворенію, между тѣмъ какъ изъ двухъ остальныхъ ядеръ съ плазмой происходятъ такъ называемыя *синергиды*; роль ихъ въ половомъ актѣ до сихъ поръ еще не выяснена. Они легко отличимы, по Страсбургеру, въ большинствѣ случаевъ отъ яйцеклѣтки, по положенію въ нихъ ядра: въ яйцеклѣткѣ ядро помѣщается въ нижнемъ вздутomъ концѣ; въ синергидахъ же ближе къ верхней узкой ихъ части. Ко времени оплодотворенія синергиды вырастаютъ кромѣ того, по направленію ко сѣмявходу, въ длинныя, бороздчатыя по длинѣ, шейки; оболочка зародышеваго мѣшка надъ синергидами къ этому времени оказывается растворенной.

Зародышевой мѣшокъ остается, въ болѣе части случаевъ, заключеннымъ въ ткани ядра сѣмяпочки. Въ сравнительно немногихъ растенияхъ онъ столь

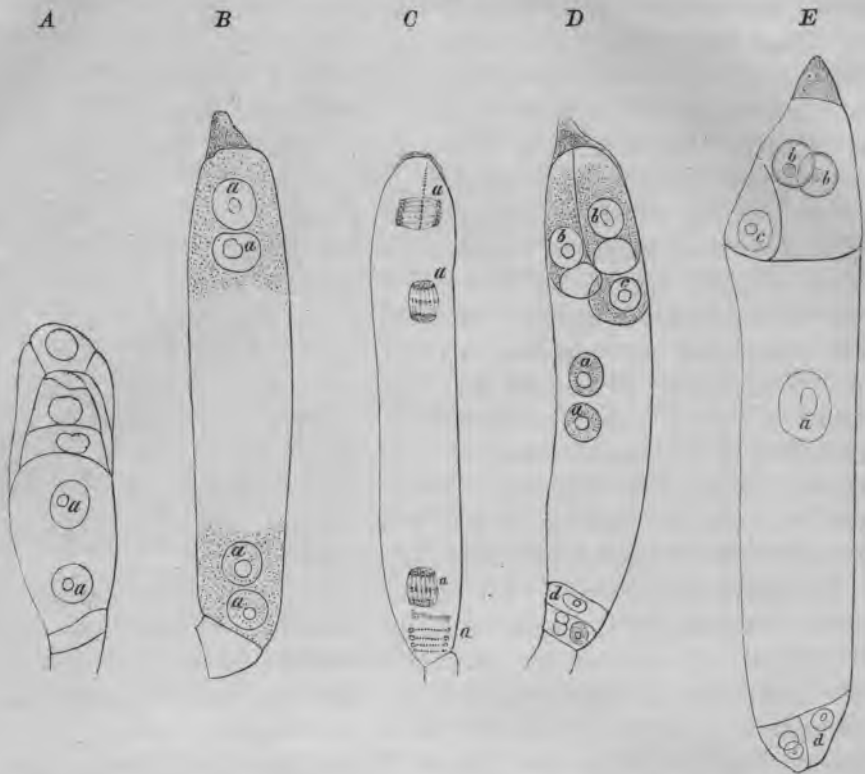
слѣдательнаго дѣленія получается многокѣтная поддерживающая нить и зародышъ. По новѣйшему взгляду Страсбургера, основанному безъ сомнѣнія на вышеприведенномъ открытіи Горожанкина, касательно слиянія ядеръ яйцекѣтки и цвѣтневой трубки у голосѣмянныхъ, половой актъ у скрытосѣмянныхъ заключается въ непосредственномъ слияніи ядеръ мужскаго и женскаго, а равно и плазмы обѣихъ половыхъ кѣтокъ.

Оплодотворенная, снабженная оболочкою кѣтка, разрастаясь внутри зародышеваго мѣшка, дѣлится сперва нѣсколькими поперечными перегородками на рядъ кѣтокъ; изъ послѣдней кѣтки свободнаго конца этого ряда кѣтокъ развивается дальнѣйшимъ дѣленіемъ зародышъ. Къ кѣткамъ, поддерживающимъ заводышъ и слѣдательно ко сѣмяводу, зародышъ всегда обращенъ корешкомъ; на противоположномъ концѣ вырастаютъ сѣмядоли и стеблевая почка.

Въ рѣдкихъ только случаяхъ (*Orchideae*) разрастающійся зародышъ выполняетъ собою всю полость зародышеваго мѣшка и устраняетъ образованіе внутренняго бѣлка; въ большинствѣ же растений, одновременно съ развитіемъ зародыша, образуется въ полости зародышеваго мѣшка ткань, называемая *внутреннимъ бѣлкомъ*. Она происходитъ двумя различными способами: 1) постепеннымъ дѣленіемъ полости зародышеваго мѣшка на кѣтки или 2) посредствомъ *свободнаго* образованія. Въ *первомъ случаѣ* (*Monotropa*) ядро зародышеваго мѣшка, происшедшее изъ слиянія двухъ ядеръ и помѣщенное приблизительно въ центрѣ зародышеваго мѣшка, дѣлится на два новыхъ ядра; въ слѣдъ за этимъ въ промежуткѣ между обоими ядрами появляется поперечная перегородка, дѣлящая полость зародышеваго мѣшка на двѣ части. Въ каждой изъ нихъ подобнымъ же образомъ происходятъ многократныя дробленія на кѣтки, имѣющія слѣдствіемъ выполненіе зародышеваго мѣшка тканью внутренняго бѣлка. При *свободномъ образованіи* ткани бѣлка, ядро зародышеваго мѣшка дѣленіемъ образуетъ много ядеръ, которыя располагаются въ одинъ слой вдоль стѣнки зародышеваго мѣшка въ периферической плазмѣ; каждое изъ нихъ съ прилегающимъ къ нему слоемъ плазмы продолжаетъ дѣлиться, пока ядра не образуютъ сплошнаго слоя, по всей внутренней поверхности зародышеваго мѣшка. Только когда число ядеръ возрастетъ до того, что они почти соприкасаются, образуется, вокругъ каждаго изъ нихъ и прилегающей къ нимъ плазмы, по оболочкѣ. Послѣ этого въ каждой изъ кѣтокъ замѣчается разрастаніе внутрь, въ полость зародышеваго мѣшка, сопровождаемое появленіемъ тангентальныхъ перегородокъ до тѣхъ поръ, пока эту тканью не переполнится вся полость зародышеваго мѣшка.

При созрѣваніи, сѣмяпочка превращается въ сѣмя. Смотря по степени развитія зародыша и вытѣсенія имъ тканей наружнаго и внутренняго бѣлка, отличаются сѣмена *бѣлковыя* и *безбѣлковыя*. Только въ одномъ семействѣ *Nymphaeaceae*, въ зрѣломъ сѣмени, оказываются уцѣлѣвшими ткани наружнаго и внутренняго бѣлка. Въ остальныхъ же бѣловыхъ сѣменахъ зародышевой мѣшочкѣ, разрастаясь, вытѣсняетъ ткань наружнаго бѣлка (т. е. остальные кѣтки ядра сѣмяпочки) гораздо раньше созрѣванія сѣмени. Въ сѣменахъ безбѣловыхъ уничтожается не только наружный бѣлокъ, но и внутренній, въ слѣдствіе сильнаго развитія зародыша до созрѣванія сѣмени; при вскрытіи безбѣловаго сѣмени (горохъ, бобы), подъ кожною сѣмени, происшедшею изъ оболочекъ сѣмяпочки, лежитъ непосредственно зародышъ, занимающій собою всю полость сѣмени.

Рис. 64.



Сѣмяпочки *Monotropa Hypopitys*, на разныхъ стадіяхъ развитія. *A* очень молодая сѣмяпочка; близъ верхняго конца уцѣлѣли еще 3 клѣтки кожицы; на боковыхъ сторонахъ онѣ уже совершенно вытѣснены клѣтками внутренняго ряда. Видны продукты дѣленія инициальной клѣтки зародышеваго мѣшка; наибольшая изъ нихъ съ двумя ядрами есть зародышевой мѣшокъ. *B* Зародышевой мѣшокъ вытѣснилъ все остальные клѣтки; каждое изъ двухъ ядеръ раздѣлилось на два новыхъ (*a*). *C* зародышевой мѣшокъ съ четырьмя дѣлящимися ядрами. *D* зародышевой мѣшокъ съ восемью ядрами, изъ которыхъ два (*a*), предназначенныя къ слиянію, находятся близъ середины зародышеваго мѣшка; три ядра (*b, b, c*), помѣщенныя въ верхнемъ концѣ, превращаются, съ окружающею ихъ плазмой, въ двѣ синергиды (*b, b*) и яйцеклѣтку (*c*); три (*d*) въ нижнемъ концѣ — въ антиподы. *E* Зародышевой мѣшокъ послѣ слиянія ядеръ (*a, a*) въ одно (*a*).

сильно разрастается, что, прорвавъ ткань окружающую, выступаетъ изъ сѣмявхода въ полость завязи (*Pedicularis*). Особенно интересны случаи, гдѣ прониканіе зародышеваго мѣшка въ полость завязи происходитъ до оплодотворенія (*Torrenia asiatica*). Растеніе это представляетъ поэтому одинъ изъ удобнѣйшихъ объектовъ для изученія полового акта; достаточно вскрыть полость завязи и положить одну изъ цѣльныхъ сѣмяпочекъ подъ микроскопъ, чтобы безъ затрудненій разсмотрѣть въ свободномъ концѣ зародышеваго мѣшка яйцеклѣтку и синергиды.

Оплодотвореніе. Цвѣтневая трубка съ заключенными въ концѣ ея ядрами (см. выше) проникаетъ въ полость зародышеваго мѣшка. Суть полового акта до сихъ поръ еще не выяснена съ достаточною точностью; извѣстно только, что, въ слѣдъ за проникновеніемъ конца цвѣтневой трубки въ полость зародышеваго мѣшка, на яйцеклѣткѣ образуется оболочка, и что изъ этой клѣтки путемъ по-

Участіе цвѣтени въ половомъ размноженіи не ограничивается однимъ только *оплодотвореніемъ* яйцеклѣтки. Отстраненіе цвѣтени отъ пестика сказывается въ большинствѣ случаевъ лишь въ отсутствіи зародыша въ сѣмени, между тѣмъ какъ плодъ и неоплодотворенныя сѣмяпочки достигаютъ нормальнаго размѣра и вида. Въ нѣкоторыхъ же растеніяхъ участіе цвѣтени въ половомъ актѣ оказывается болѣе сложнымъ. По наблюденіямъ Гильдебрандта (*Bot. Zeit.* 1863, p. 329) у *Orchideae* развитіе пестика и сѣмяпочекъ находится въ тѣснѣйшей зависимости отъ *опыленія*. Сѣмяпочки орхидныхъ развиваются сравнительно поздно; ко времени опыленія въ наиболѣе развитыхъ сѣмяпочкахъ (*Neottia, Listera*) виѣшняя оболочка представляетъ лишь небольшой высоты валикъ вокругъ основанія внутренней оболочки; зародышевый мѣшокъ оказывается не вполне еще развитымъ. Въ другихъ орхидныхъ (*Orchis militaris*) сѣмяпочки къ этому времени представляютъ лишь прямые бугорки, безъ слѣда оболочекъ; наконецъ у *Dendrobium nobile*, ко времени опыленія, не только нѣтъ и слѣда сѣмяпочекъ въ завязи, но даже и сѣмяносы еще не вполне развиты. Гильдебрандту удалось доказать цѣлымъ рядомъ опытовъ, что, при устранинн опьленія, пестикъ орхидныхъ (и сѣмяпочки) останавливается въ развитіи и чрезъ нѣкоторое время засыхаетъ и отваливается. Послѣ опыленія же онъ сильно разрастается и образуются сѣмяпочки, которыя у *Dendrobium nobile* оплодотворяются лишь четыре мѣсяца спустя послѣ опыленія, и даютъ затѣмъ зрѣлыя сѣмена.

Совершенно своеобразное вліяніе цвѣтени обнаружено кромѣ того Страсбургеромъ у *Funkia obovata, Nosthocordum fragrans* и нѣкоторыхъ другихъ растеній. Въ оплодотворенныхъ сѣмяпочкахъ образуются по нѣскольку зачаточныхъ зародышей не изъ яйцеклѣтокъ, а изъ клѣтокъ ядра сѣмяпочки, находящихя слѣдовательно внѣ зародышеваго мѣшка. Разрастаясь въ конгломераты однородныхъ клѣтокъ, эти зачатки зародышей вдавливаютъ оболочку зародышеваго мѣшка и, разрывая ее, проникаютъ въ его полость. Изъ нихъ обыкновенно лишь одинъ достигаетъ полнаго развитія, остальные же замираютъ. Кромѣ выше-названныхъ растеній, подобное же развитіе зародышей внѣ зародышеваго мѣшка Страсбургеръ нашелъ и у *Coelobogyne* (изъ сем. *Euphrobiaceae*), въ которомъ, въ слѣдствіе частаго недоразвитія тычинокъ, предполагали *партеногенезисъ*, т. е. развитіе зародышей изъ *яйцеклѣтки* не оплодотворенной. Въ виду указанія Страсбургера, что вышеописанное ненормальное развитіе въ зародыши клѣтокъ, находящихя внѣ зародышеваго мѣшка, происходитъ лишь въ оплодотворенныхъ сѣмяпочкахъ, случаи *партеногенезиса* должны быть подвергнуты вновь тщательному разслѣдованію.

Перенесеніе цвѣтени изъ пыльника на рыльце совершается весьма различными способами. У весьма немногихъ растеній, плодотворная пыль прорастаетъ въ трубочку, оставаясь въ пыльникѣ и проникая, чрезъ трещину стѣнки пыльника къ наружи, достигаетъ рыльца. Подобное прорастаніе пыльца имѣетъ мѣсто лишь въ немногихъ не раскрывающихся цвѣткахъ (см. ниже). Въ громадномъ же большинствѣ случаевъ зерна плодотворной пыли вырастаютъ въ трубки, по перенесеніи ихъ на рыльце пестика. Перенесеніе цвѣтени на рыльце производится или посредствомъ вѣтра, напр. у хвойныхъ, или же при посредствѣ насѣкомыхъ.

НВ. При случайномъ перенесеніи цвѣтени на рыльце цвѣтовъ растеній близкаго вида или даже рода получаютя сѣмена, изъ которыхъ вырастаютъ растенія промежуточныя

между растеніемъ, съ котораго перенесена была плодотворная пыль, и растеніемъ опыленнымъ. Промежуточные формы эти называются *помѣсями*. Въ виду отсутствія общихъ опредѣленныхъ результатовъ относительно помѣсей растительныхъ, я ограничусь здѣсь лишь указаніями на *Botanisches Jahresbericht. Just.*, гдѣ читатель найдетъ сводъ и краткіе рефераты всѣхъ наиболѣ выдающихся изслѣдованій по этому предмету.

Опыленіе при посредствѣ насѣкомыхъ. Наблюденія надъ способами опыленія, изъ которыхъ главнѣйшія принадлежатъ Дарвину, показали, что за немногими исключеніями, растенія обнаруживаютъ весьма разнообразныя и характерныя приспособленія для *перекрестнаго* опыленія, которыми въ то же время устраняется возможность опыленія цвѣтка собственною плодотворною пылью.

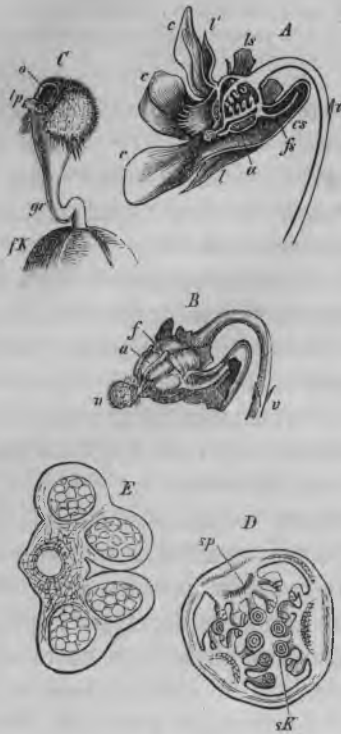
Перенесеніе цвѣтени съ одного цвѣтка на другой несомнѣнно имѣетъ мѣсто у растеній съ цвѣтами неполными, которыя заключаютъ или только вполнѣ развитыя тычинки или пестики. Сюда относятся *Pinus, Abies, Juglans, Quercus, Corylus, Castanea, Cannabis, Cucumis, Begonia, Salix* и др. Къ этой же категоріи принадлежатъ растенія съ цвѣтами, въ которыхъ хотя и заложены тычинки и пестики, но или первыя или послѣдніе постоянно недоразвиваются (*Rhamnus frangula, Laurus nobilis, Rhus Toxicodendron*).

У нѣкоторыхъ растеній съ цвѣтами полными возможность опыленія собственною плодотворною пылью устраняется тѣмъ, что тычинки и пестики развиваются не одновременно: у однихъ растеній (*Geranium pratense, Epilobium angustifolium, Pelargonium, Malva, Impatiens*) тычинки достигаютъ зрѣлости раньше пестиковъ, трескаются и выпускаютъ плодотворную пыль въ то время, когда рыльце еще не раскрылось. Обратное явленіе, т. е. преждевременное развитіе рыльца, при замкнутыхъ еще пыльникахъ, найдено у *Luzula pilosa, Parietaria diffusa, Plantago media* и др. Въ первомъ случаѣ возможно лишь опыленіе рыльца цвѣтенью цвѣтка позже раскрывающагося, въ послѣднемъ — лишь плодотворною пылью цвѣтовъ ранѣе распустившихся. Въ обоихъ случаяхъ перенесеніе цвѣтени съ одного цвѣтка на другой производится, какъ показали наблюденія, насѣкомыми.

Наиболѣ интересные приспособленія къ перекрестному опыленію находятся въ цвѣтахъ полныхъ, гдѣ тычинки и пестики развиваются одновременно и достигаютъ полнаго развитія. Я ограничусь здѣсь лишь немногими примѣрами, отсылая читателя, желающаго подробнѣе ознакомиться съ этимъ предметомъ, къ сочиненіямъ Дарвина, Гильдебрандта и Мюллера.

Весьма простое приспособленіе, но достигающее вполнѣ устраненія опыленія собственною плодотворною пылью, представляетъ цвѣтокъ *Viola tricolor*. (см. рис. 65 на стр. 298). Цвѣты фіалки посѣщаются насѣкомыми съ цѣлью добыванія сахаристаго вещества (нектара) изъ шпорца вѣнчика (рис. 65). Насѣкомое вводитъ, длятой цѣли, свой хоботокъ непосредственно надъ губою вѣнчика, между нею и головчатымъ внутри полымъ рыльцемъ, которое сидитъ на длинномъ столбикѣ. Столбикъ окруженъ нильниками пяти тычинокъ; при растрескиваніи ихъ цвѣтень падаетъ на нижній лепестокъ, или точнѣе, на волоски, сидящіе въ два ряда надъ желобкомъ этого лепестка; желобокъ этотъ тянется вплоть до шпорца. По желобку вводитъ насѣкомое свой хоботокъ и просовываетъ его въ шпорецъ. Отъ прикосновенія хоботка насѣкомаго къ волоскамъ, къ нему пристаётъ часть попавшей на волоски цвѣтени. Приспособленіе, устраняющее возможность опыленія и оплодотворенія собственною плодотворною пылью, заключается въ маленькомъ

Рис. 65.



Viola tricolor. А. продольный разръзъ черезъ цвѣтокъ въ естественную величину; В. оплодотворенный пестикъ и тычинки; С. столбикъ съ головчатымъ рыльцемъ; о отверстие въ рыльцѣ; *lp* чешуйка у входа въ рыльце; *gr* столбикъ; *fk*—завязь. D. поперечный разръзъ черезъ завязь; видны 3 стѣнкоположныхъ сѣмяноса съ сѣмяпочками; E. поперечный разръзъ черезъ пыльники и связникъ.

Рис. 66.



Aristolochia Clematitis. А и В цвѣты съ цвѣточнымъ покровомъ: А до и В послѣ опыленія.

придаткѣ или чешуйкѣ (рис. 65 C, *lp*) сидящемъ на нижнемъ краю рыльца. При введеніи хоботка въ цвѣтокъ, насѣкомое отгибаетъ чешуйку къ наружи;

при вытягиваніи хоботка, нагруженнаго плодотворною пылью, чешуйка передвигается въ обратномъ направленіи и замыкаетъ входъ въ полость рыльца, такъ что приставшая къ хоботку насѣкомаго цвѣтень въ рыльце попасть не можетъ. При посѣщеніи насѣкомымъ слѣдующаго цвѣтка, цвѣтень съ хоботка пристаеетъ къ внутренней поверхности отогнутой чешуйки и попадаетъ на рыльце. Описаннымъ приспособленіемъ возможно устраненіе самоопыленія только въ томъ случаѣ, если насѣкомое, при посѣщеніи цвѣтка, вводитъ хоботокъ свой въ пипорець только по одному разу; тщательныя наблюденія убѣждаютъ въ справедливости этого положенія.

Aristolochia Clematitis имѣетъ цвѣты полные, окруженные однолиственнымъ цвѣточнымъ покровомъ (рис. 66). Въ нижней, вздутой части цвѣточнаго покрова помѣщено сращенное съ тычинками рыльце пестика. Выше цвѣточный покровъ суживается въ трубку, а на верхнемъ концѣ расширяется въ пластинку, назы-

ваемую флагомъ и поставленную вертикально. Трубочатая часть цвѣточнаго покрова усѣяна внутри волосками довольно твердыми и обращенными косо внизъ. Насѣкомое легко проникаетъ въ трубочатую часть цвѣточнаго покрова, но проникнувъ въ нее, оно можетъ безпрепятственно продолжать передвигаться только сверху внизъ, такъ какъ твердые и острые волоски заграждаютъ ему путь къ выходу. Насѣкомое поэтому чрезъ нѣкоторое время проникаетъ въ полость расширенной части цвѣточнаго покрова. Здѣсь, какъ выше было указано, находится рыльце пестика, сращеннаго съ тычинками. Рыльце пестика пятилопастное; всѣ пять лопастей до опыленія отогнуты къ низу и прикрываютъ отчасти помѣщенные подъ ними пыльники. Рыльца созреваютъ раньше пыльниковъ и готовы къ опыленію въ то время, когда пыльники еще цѣльные. Здѣсь слѣдовательно возможно только опыленіе цвѣтенью цвѣтка нѣсколько раньше распутившагося. Если таковая находится на насѣкомомъ, проникшемъ въ цвѣтокъ, то происходитъ опыленіе рылецъ, которыя послѣ того всѣ приподнимаются къ верху. Вскорѣ наступаетъ созреваніе и растрескиваніе пыльниковъ; заключенное въ цвѣткѣ насѣкомое покрывается этою цвѣтенью. Къ этому времени засыхаютъ и дѣлаются дряблыми волоски въ трубочатой части цвѣточнаго покрова, и насѣкомому открытъ съ этой поры свободный выходъ къ наружи; нагруженное плодотворною пылью, оно проникаетъ въ другой цвѣтокъ и производитъ вновь перекрестное опыленіе. По минованіи надобности въ посѣщеніи цвѣтка насѣкомымъ, флагъ постепенно опускается къ низу, и склонившись надъ отверстіемъ трубочатой части, закрываетъ входъ въ полость цвѣтка.

Примѣромъ совокупности цѣлаго ряда приспособленій къ достиженію перекрестнаго опыленія можетъ служить родъ *Orchis*. Цвѣтокъ *Orchis*, снабженный шестью листиками цвѣточнаго покрова, верхній. Изъ нихъ три наружные сходны между собою; изъ трехъ внутреннихъ одинъ, въ раскрытомъ цвѣткѣ нижній, развивается сильнѣе остальныхъ и называется *губою* (*labellum*); онъ снабженъ шпорцемъ, выдѣляющимъ нектаръ (см. рис. 67 на стр. 300). Завязь нижняя, одногнѣздная, съ тремя стѣнкоположными сѣмяносцами, продолжается выше цвѣточнаго покрова въ столбикъ и рыльце, сращенные съ тычинкою въ гиностеній (*gynostenium*). Оба пыльника единственной развитой тычинки сидятъ на передней, лицевой его сторонѣ (*a*), обращенной къ губѣ; ниже пыльниковъ гиностеній образуетъ выступъ—*носику* (*rostellum*) (*r*); рыльца (*s*) помѣщены подъ носикомъ; у *Orchis mascula*—одно, у *Orchis pyramidalis*—два. Сообразно съ числомъ и положеніемъ рылецъ, у обоихъ видовъ приспособленія къ опыленію различны. У *Orchis mascula*, ко времени опыленія, ослизняются въ ткани носика два шаровидныхъ участка ткани, симметрично расположенныхъ непосредственно подъ нѣжной кожицей его верхней стороны. Отъ малѣйшаго прикосновенія къ носику въ это время кожица надъ ослизненными участками разрывается и они выступаютъ къ наружи; вслѣдствіе липкой консистенціи, они немедленно пристають одной стороной ко всякому предмету, прикоснувшемуся къ носику, другою, противоположною—слипаются съ основаніемъ поллинарія треснувшаго къ этому времени пыльника и вытягиваютъ изъ него поллинарій.

Для извлеченія нектара изъ шпорца *Orchis mascula*, насѣкомое вводитъ хоботокъ между носикомъ и губою и, разорвавъ кожицу верхней стороны носика, вытягиваетъ на хоботкѣ обѣ липкія подушечки съ поллинаріями. Въ первый мо-

Рис. 67,

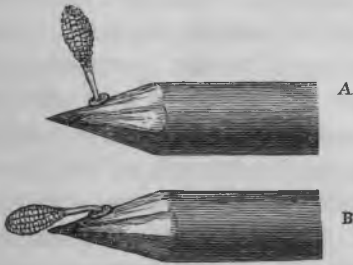


Orchis mascula. *A* цвѣтокъ, съ боку; листья цвѣточнаго покрова срѣзаны, за исключеніемъ губы; *l* часть пластинчатого расширенія губы, *n* шпорець; *a* гиностеній, т. е. столбикъ, сращенный съ пыльниками единственной тычинки; *r* носикъ; *s* рыльце, подъ носикомъ. *B* цвѣтокъ съ лицевой стороны; листья цвѣточнаго покрова, за исключеніемъ губы, срѣзаны; *l* губа, *a* гиностеній съ треснувшими вдоль пыльниками, *r* носикъ, *s* рыльце. *C* вынутый изъ пыльника поллинарій, съ липкой подушечкой. *D* носикъ (*r*), липкія подушечки (*d*) и прилипшія къ нимъ основанія поллинарій (*c*), съ лицевой стороны. *E* то же съ боку. *F* разодвинутый на части поллинарій.

ментъ оба вынутые изъ пыльниковъ поллинарія направлены косо вверхъ; но затѣмъ липкія подушечки, подсыхая, перемѣщаютъ прикрѣпленные къ нимъ поллинарій къ низу и, менѣе чѣмъ въ минуту, послѣдніе занимаютъ на хоботкѣ положеніе горизонтальное, такъ что, при введеніи хоботка насѣкомаго между носикомъ и губою слѣдующаго цвѣтка, поллинарій ударяются свободными концами въ рыльце (*s*), помѣщенное, какъ мы видѣли, подъ носикомъ (*r*). Соответственное измѣненіе въ положеніи поллинарій легко наблюдается при правильномъ введеніи въ цвѣтокъ *Orchis mascula* остро очиненнаго карандаша (см. рис. 68 на стр. 301). Приставшіе къ кончику карандаша, при посредствѣ липкихъ подушечекъ, поллинарій совершаютъ столь же быстро вышеописанное перемѣщеніе, такъ что при введеніи карандаша въ цвѣтокъ приходятся вершинами противъ рыльца.

Нѣсколько иное устройство представляетъ цвѣтокъ *Orchis pyramidalis*; въ немъ два рыльца, помѣщенные ниже носика, по сторонамъ его. Соответственно этой разницѣ въ строеніи, ко времени созрѣванія пыльца и опыленія образуется въ носикѣ, вмѣсто двухъ шаровидныхъ, одна продолговатая, поперегъ носика удлинненная подушечка; надъ ней кожица столь же легко разрывается, по ея контуру, какъ въ *Orchis mascula*. При этомъ подушечка эта прилипаетъ одной стороной къ предмету, вызвавшему прикосновеніемъ разрывъ кожицы носика, а противоположной стороной слипается съ основаніями обоихъ поллинарій и вытягиваетъ ихъ обоихъ одновременно изъ пыльниковъ. Оба поллиарія въ первый моментъ направлены вверхъ, но затѣмъ быстро опускаются къ низу и въ то же время раздвигаются въ разныя стороны, такъ что, если хоботокъ насѣкомаго или снабженный имъ посторонній предметъ ввести вторично въ цвѣтокъ, то оба поллиарія ударятся каждый свободнымъ концомъ въ соответствующее рыльце (см. рис. 69).

Рис. 68.



А кончикъ карандаша, съ поллиаріемъ только-что извлеченнымъ. В тотъ же карандашъ, съ поллиаріемъ, принявшимъ горизонтальное положеніе.

Рис. 69.



С поллиаріи съ липкою подушечкой *Orchis pyramidalis*. С въ первый моментъ послѣ извлеченія ихъ изъ пыльниковъ; D нѣсколько времени спустя.

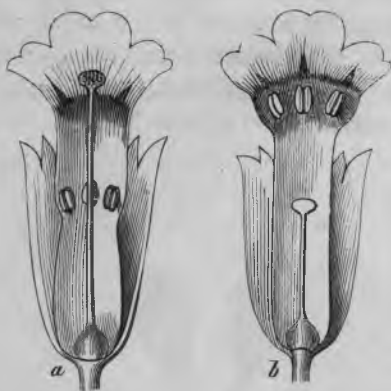
Своеобразное приспособленіе къ перекрестному опыленію представляетъ изслѣдованный Дарвиномъ диморфизмъ цвѣтовъ *Primula veris*, *P. sinensis*, *Linum perennis*, *L. grandiflora*, *Pulmonaria officinalis* и др.

Давно уже было извѣстно любителямъ садоводства, что у различныхъ видовъ *Primula* встрѣчаются двоякаго рода цвѣты. Дарвинъ первый указалъ на значеніе этого диморфизма цвѣтовъ для перекрестнаго опыленія ихъ насѣкомыми. Цвѣтокъ *Primula veris* полный и состоитъ изъ сростнолистной, пятилопастной чашечки, трубчатого, въ верхней части расширеннаго, пятилопастнаго вѣнчика съ пятью тычинками, приросшими нитями къ вѣнчику; центръ цвѣтка занимаетъ пестикъ, состоящій изъ завязи столбика и головчатаго рыльца. Различіе въ строеніи цвѣтовъ сказывается преимущественно въ различіи длины столбика и нитей тычинокъ. Въ однихъ цвѣткахъ столбикъ короткій и глубоко скрытъ въ трубкѣ вѣнчика; пыльники же помѣщены у входа въ трубку вѣнчика, въ его зѣвѣ, и непосредственно видны на цѣльномъ, не расчлененномъ цвѣткѣ

(см. рис. 70 *b*). Въ цвѣтахъ *Primula veris* втораго рода (рис. *a*) столбикъ на столько длинный, что рыльце приходится у входа въ зѣвъ вѣнчика и видно, если смотрѣть на цвѣтокъ сверху; пыльники же сидятъ гораздо ниже и совершенно скрыты въ трубкѣ вѣнчика.

При сравненіи разрѣзанныхъ по длинѣ цвѣтовъ (рис. 70 *a* и *b*) не трудно замѣтить, что пыльники цвѣтка съ длиннымъ столбикомъ сидятъ на высотѣ одина-

Рис. 70.



Разрѣченные по оси цвѣты *Primula veris*; *a* цвѣтокъ съ длиннымъ столбикомъ и короткими нитями тычинокъ; *b* цвѣтокъ съ короткимъ столбикомъ и длинными нитями тычинокъ, такъ что пыльники помѣщены въ зѣвъ вѣнчика.

цвѣтка. Искусственныя опыленія производились или плодотворною пылью съ цвѣтка сходнаго (опыленіе *гомоморфическое*) или взятою съ цвѣтка отличнаго отъ оплодотворяемаго (опыленіе *гетероморфическое*); во всѣхъ четырехъ различныхъ опыленіяхъ получались плоды и сѣмена вполне зрѣлые, съ тою однако постоянною разницею, что при оплодотвореніи гетероморфическомъ получалось большее количество зрѣлыхъ плодовъ всегда большее и съ сѣменами болѣе многочисленными и болѣе тяжелыми. Дарвинъ кромѣ того показалъ, что цвѣты *Primula veris* посѣщаются насѣкомыми ради сладкаго сока, выдѣляемаго желѣзками, которыя помѣщены въ основаніи цвѣтка, въ трубкѣ вѣнчика. При добываніи этого сока насѣкомое запускаетъ хоботокъ сверху въ трубку вѣнчика и при этомъ прикасается соотвѣтственными частями тѣла къ пыльникамъ цвѣтка. Часть плодотворной пыли прилипаетъ къ насѣкомому и переносится имъ на другіе цвѣты, но попадаетъ только на рыльце, находящееся на высотѣ пыльниковъ, изъ которыхъ пристала къ насѣкомому плодотворная пыль, т. е. другими словами, этимъ путемъ достигается перекрестное опыленіе.

Подобный же, но еще рѣзче выраженный диморфизмъ описанъ Дарвиномъ у *Linum perenne* и *L. grandiflorum*. Не смотря на сравнительно еще меньшую разницу, заключающуюся главнымъ образомъ въ различномъ углѣ расхожденія пяти рылецъ (у однихъ цвѣтовъ они всѣ приподняты къ верху и сближены, у другихъ отогнуты дугообразно внизъ), различіе въ гетеро — и гомоморфическомъ опы-

ковой съ рыльцемъ цвѣтка со столбикомъ короткимъ, а рыльце цвѣтка перваго рода приходится на высотѣ пыльниковъ цвѣтка втораго рода. Дарвинъ показалъ, что въ цвѣтахъ обоаго рода тычинки и пестики достигаютъ полнаго развитія. Онъ убѣдился въ этомъ цѣлымъ рядомъ искусственныхъ перекрестныхъ опыленій. Участіе насѣкомыхъ въ опыленіи удалось легко устранить въ слѣдствіе значительной ихъ величины. Оказалось достаточнымъ прикрытіе растений большими клѣтками, обтянутыми кисеей; устраненныя этимъ путемъ отъ насѣкомыхъ и оставленныя въ нормальныхъ условіяхъ, растенія представляли объекты вполне пригодные для опытовъ. Въ искусственно оплодотворенныхъ цвѣткахъ Дарвинъ вырѣзывалъ пыльники до ихъ растрескиванія, съ цѣлью удалить всю плодотворную пыль

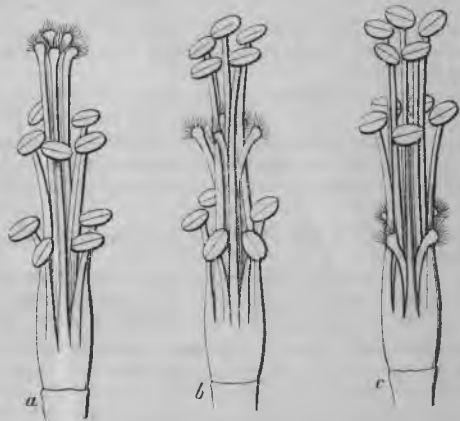
лені несравненно болѣе рѣзкое. При гомоморфическомъ опыленіи не получалось ни одного зрѣлаго сѣмени. Особенно поразителенъ слѣдующій опытъ: изъ пяти рылецъ *Linum grandiflorum* Дарвинъ опылилъ четыре плодотворною пылью цвѣтка сходнаго, и одно цвѣтенью съ цвѣтка другаго рода. Послѣднее рыльце вкорѣ завяло и оказалось пронизаннымъ цвѣтневыми трубочками, между тѣмъ какъ первыя четыре оставались еще долгое время свѣжими; изъ покрывавшихъ ихъ зеренъ плодотворной пыли, ни одно не проросло въ трубку.

Подобное же, хотя нѣсколько болѣе сложное приспособленіе представляютъ растенія съ цвѣтами троякаго рода, тоже различающіяся преимущественно по длинѣ столбиковъ и нитей тычинокъ. Сюда относятся напр. *Oxalis gracilis*, *Lythrum salicaria* и нѣкоторыя другія растенія. Различіе въ цвѣтахъ понятно безъ дальнѣйшихъ объясненій изъ прилагаемаго изображенія пестиковъ (5) и тычинокъ (10) *Oxalis gracilis* (см. рис. 71).

Основываясь на совокупности всѣхъ своихъ наблюденій, изъ которыхъ здѣсь приведены лишь нѣкоторыя, Дарвинъ заключилъ, что стремленіе къ перекрестному опыленію присуще всѣмъ растеніямъ. По Дарвину: природа страшится самоопыленія („the Nature tells us, in the most emphatic manner, that she abhors perpetual self-fertilisation“). Положеніе это, справедливое для болѣе части растеній, можетъ однако быть принято лишь съ извѣстнымъ ограниченіемъ. Исключенія, въ этомъ отношеніи, представляютъ открытыя, еще Дилленіусомъ въ 1732 году, не раскрывающіеся цвѣты въ довольно большомъ числѣ семействъ: *Acanthaceae*, *Malphigiaceae*, *Cistineae*, *Campanulaceae*, *Balsamineae*, *Oxalideae*, *Leguminosae*, *Violarieae* и *Commelineae*. Въ послѣднее время нѣкоторыя изъ нихъ были подробно изучены Модемъ (Bot. Zeit. 1863, p. 309); стимуломъ къ ихъ изученію послужили

вышеприведенные результаты Дарвина. Кромѣ не раскрывающихся цвѣтовъ, находятся на всѣхъ этихъ растеніяхъ и цвѣты раскрывающіеся, но, какъ показали тщательныя разслѣдованія, послѣдніе, не смотря на возможность перекрестнаго опыленія, или вовсе не приносятъ зрѣлыхъ сѣмянъ (*Viola mirabilis*). или гораздо меньше, чѣмъ цвѣты не раскрывающіеся. Въ закрытыхъ цвѣтахъ не развиваются въ болѣе или меньшей мѣрѣ вѣнчикъ и тычинки. Число зеренъ плодотворной пыли въ пыльникахъ крайне незначительно, но они вполне развиты и пригодны къ оплодотворенію сѣмяпочекъ. Въ болѣе части не раскрывающихся цвѣтовъ зерна плодотворной пыли прорастаютъ въ цвѣтневыя трубки, оставаясь на мѣстѣ своего образованія, въ пыльникѣ. Цвѣтневая трубка прони-

Рис. 71.



Тычинки и пестики цвѣтовъ *Oxalis gracilis*; а цвѣтокъ съ длинными столбиками, 5-ю средними и 5-ю короткими тычинками; б цвѣтокъ со столбиками средней длины и съ 5-ю длинными и 5-ю короткими тычинками; в цвѣтокъ съ короткими столбиками, 5-ю средними и 5-ю длинными тычинками.

гаеть, чрезъ щель пыльника, въ полость цвѣтка и достигаетъ рыльца. Въ подобныхъ случаяхъ, слѣдовательно, не только устраняется возможность перекрестнаго опыленія, въ слѣдствіе замкнутости цвѣтка, но и обнаруживается приспособленіе къ безпрятственному самоопыленію. Правда, что число самоопыляющихся цвѣтовъ въ настоящее время сравнительно мало, но нельзя не согласиться, что, со временемъ, при болѣе внимательномъ изученіи, они могутъ оказаться у весьма многихъ растений.

На основаніи главнымъ образомъ выше приведенныхъ наблюденій Дарвина, надъ приспособленіями цвѣтовъ къ перекрестному опыленію ихъ насѣкомыми, выработалось ученіе касательно: 1) вліянія насѣкомыхъ на форму, строеніе, окраску, размѣры цвѣтовъ, 2) измѣняемости организациі насѣкомыхъ подъ вліяніемъ цвѣтовъ ими посѣщаемыхъ. Весьма много ученыхъ полагаютъ, что въ борьбѣ за существованіе, продолжающейся много вѣковъ, важное значеніе имѣетъ для растений степень привлеченія ими насѣкомыхъ для перекрестнаго ихъ опыленія. Приманкой для насѣкомыхъ служатъ, по ихъ мнѣнію, яркая окраска и отчасти размѣръ цвѣтка, доставляющіе насѣкомому возможность замѣтить цвѣтокъ на далекомъ сравнительно разстояніи. Принимая въ то же время во вниманіе положеніе Дарвина, что полезныя особенности строенія (окраска, размѣры), въ каждомъ послѣдующемъ поколѣніи, проявляются въ большей мѣрѣ, представляется, согласно этой теоріи возможность признать, что съ цѣлью болѣе приманки насѣкомыхъ, происходила постепенная выработка цвѣтовъ большаго размѣра и яркой окраски. Прилагая подобныя сужденія къ насѣкомымъ, необходимо допустить возможность видоизмѣненія ихъ организациі подъ вліяніемъ цвѣтовъ ими посѣщаемыхъ, такъ какъ только наиболѣе приспособленныя изъ нихъ, къ добыванію нектара, могутъ достаточно обезпечить себя пищею, произвести наибольшее количество новыхъ особей и одержать верхъ надъ остальными въ борьбѣ за существованіе.

Къ сожалѣнію однако эта красивая теорія, какъ показала Бонье (Bonnier. Ann. d. Sc. Nat. S. 6. T. 8), построена на довольно шаткомъ основаніи. Если бы она соответствовала дѣйствительности, то слѣдовало бы ожидать:

- 1) наиболѣе частое посѣщеніе насѣкомыми крупныхъ и яркихъ цвѣтовъ;
- 2) наиболѣе сильнаго развитія въ этихъ цвѣтахъ нектаріевъ и обильнаго выдѣленія нектара;
- 3) соответствія между яркой окраской, развитіемъ шпорца и выдѣленіемъ въ немъ нектара, и
- 4) преобладающаго, если не исключительнаго, участія органа зрѣнія насѣкомыхъ, при отыскиваніи цвѣтовъ для собиранія нектара.

Между тѣмъ изъ наблюденій Бонье, произведенныхъ надъ 800 приблизительно видами растений и посѣщающихъ ихъ насѣкомыхъ, получились результаты не согласныя съ ожидаемыми. Бонье приводитъ списокъ сорока растений съ большими, ярко окрашенными цвѣтами, которые не выдѣляютъ нектара и не посѣщаются насѣкомыми; въ другомъ списокѣ Бонье перечисляетъ пятьдесятъ растений съ зеленоватыми, трудно отличимыми цвѣтами, которыхъ насѣкомыя посѣщаютъ очень часто. У многихъ растений кромѣ того не оказалось соответствія въ развитіи шпорца, нектара и окраски. Наконецъ Бонье утверждаетъ, что, при отыскиваніи цвѣтовъ, насѣкомыя руководствуются обоняніемъ, а не органомъ зрѣнія. Въ пользу этого послѣдняго положенія говорятъ, провѣренныя нѣсколькими изслѣдователями, показанія, что пчелы отыскиваютъ медъ, оставленный въ темной комнатѣ, сообщающейся съ наружнымъ воздухомъ посредствомъ лишь небольшого отверстія, сдѣланнаго въ ставнѣ. Послѣ того, какъ одной изъ пчелъ удается открыты медъ, прилетаютъ за медомъ и другія пчелы пока не выберутъ всего запаса меда; затѣмъ посѣщеніе комнаты пчелами прекращается. Въ пользу этого воззрѣнія говорятъ слѣдующіе опыты Бонье: онъ постлалъ на землю, въ равномъ разстояніи отъ улья пчелъ, четыре куска сукна различнаго цвѣта (краснаго, зеленаго, желтаго и бѣлаго) вымазанные каждый одинаковымъ количествомъ меда. Возлѣ каждаго изъ кусковъ сукна находился наблюдатель, записывавшій число пчелъ, посѣщавшихъ сукно въ продолженіи минуты. Въ первыя десять минутъ посѣщенія пчелами всѣхъ четырехъ кусковъ становились чаще и затѣмъ, достигнувъ максимума, постепенно дѣлались рѣже. Въ продолженіи 21-й минуты весь запасъ меда оказался исчерпанъ и посѣщеніе пчелами кусковъ сукна прекратилось.

Нельзя не согласиться съ Бонье, на основаніи всѣхъ вышеприведенныхъ данныхъ, что ученіе о видоизмѣяемости цвѣтовъ и насѣкомыхъ, подъ вліяніемъ ихъ взаимодѣйствія, построена на очень шаткомъ основаніи.

