

ЛР 54 Ф И З І О Л О Г І Я

РАСТЕНИЙ.

В. И. Палладина,

ПРОФЕССОРА Императорскаго Харьковскаго Университета.

Съ 15-ю рисунками въ текстѣ.



ХАРЬКОВЪ,
Въ Университетской Типографіи.

1891.

По опредѣленію Физико-Математическаго Факультета Императорскаго Харьковскаго Университета печатать разрѣшается.
Января 9-го дня 1891 года.

Деканъ *И. Степановъ*.



СОДЕРЖАНІЕ.

	Стр.
Введеніе	1.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

Физиологія питанія.

Глава I. Ассимиляція углерода.

§ 1. Сущность и значеніе процесса ассимиляціи углерода.	5.
§ 2. Обмѣнъ газовъ	6.
Методы изслѣдованія.	
§ 3. Хлорофиллъ	9.
Составныя части хлорофилла. Спектральный анализъ. Образованіе хлорофилла.	
§ 4. Вліяніе свѣта на разложеніе углекислоты растеніями	16.
Солнечный спектръ. Вліяніе качества и количества свѣта.	
§ 5. Продукты ассимиляціи углерода	21.
Образованіе крахмала изъ органическихъ веществъ. Ассимиляція воды. Анализъ сухого вещества растеній.	
§ 6. Ассимиляція углерода растеніями, лишенными хлорофилла.	24.
Плѣсени. Дрожжи. Паразиты Сапрофиты. Насѣкомоядныя растенія.	

Глава II. Ассимиляция азота.

- § 1. Атмосферный азотъ 26.
Свободный атмосферный азотъ. Амміакъ.
- § 2. Почвенный азотъ 27.
Азотистыя органическія соединенія. Амміакъ. Селитра. Количество различныхъ азотистыхъ соединений въ почвахъ. Поглонительныя свойства почвъ.
- § 3. Явленія нитрификаціи въ почвѣ 30.
Вліяніе кислорода. Нитрифицирующіе микроорганизмы. Образованіе ими органическаго вещества.
- § 4. Круговоротъ азота въ природѣ 33.
- § 5. Ассимиляция азота бобовыми растеніями 35.
- § 6. Усвоеніе азота простѣйшими растеніями 40.

Глава III. Ассимиляция элементовъ золы.

- § 1. Культуры въ искусственныхъ почвахъ 40.
Твердые субстраты. Водныя культуры. Нормальная смесь Кнопа.
- § 2. Значеніе необходимыхъ элементовъ золы 42.
Сѣра. Фосфоръ. Хлоръ. Кремній. Калий. Кальцій. Магній. Жельзо.
- § 3. Анализы золы различныхъ растеній 45.

Глава IV. Поступленіе веществъ въ растенія.

- § 1. Вещества, поступающія въ растенія 48.
Газы. Жидкости.
- § 2. Поступленіе газовъ 49.
Диффузія и осмосъ.
- § 3. Поступленіе жидкостей 52.
Диффузія и осмосъ жидкостей. Осмометры. Избирательная способность корня. Осмотическое давленіе. Осадочныя перепонки. Поглощеніе твердыхъ тѣлъ.

ГЛАВА V. ДВИЖЕНІЕ ВЕЩЕСТВЪ ПО РАСТЕНІЯМЪ.

§ 1. Необходимость передвиженія веществъ. 59.

§ 2. Движеніе газовъ 60.

Воздухоносныя полости коры. Термодиффузія. Корни какъ вентиляторы. Отрицательное давленіе воздуха въ древеснищъ.

§ 3. Движеніе жидкостей 63.

Методъ кольцевыхъ вырѣзокъ.

§ 4. Восходящій токъ 63.

Испареніе воды листьями. Выдѣленіе воды въ капельножидкомъ видѣ. Плачь растеній. Анализы сека лѣтняго и весенняго плача. Движеніе воды по стеблю. Поступленіе минеральныхъ веществъ въ растенія въ зависимости отъ скорости восходящаго тока.

§ 5. Движеніе органическихъ веществъ по растенію 81.

Ситовидныя трубки. Истеченіе углеводовъ изъ листьевъ. Зимніе запасы.

ГЛАВА VI. ПРЕВРАЩЕНІЕ ВЕЩЕСТВЪ ВЪ РАСТЕНІЯХЪ.

§ 1. Бѣлковыя вещества 85.

Реакція. Количественное опредѣленіе. Различныя виды бѣлковъ.

§ 2. Ферменты. 89.

Діастазъ. Инвертинъ. Эмульсинъ. Мипрозинъ. Пептонизирующій ферментъ.

§ 3. Азотистые продукты распаденія бѣлковъ 91.

Аспарагинъ. Глутаминъ. Тирозинъ. Лейцинъ. Качественное и количественное опредѣленіе ихъ.

§ 4. Распаденіе бѣлковъ въ растеніяхъ 93.

§ 5. Первичное образованіе бѣлковъ въ растеніяхъ 96.

- § 6. Углеводы 98.
 Отношеніе ихъ къ бѣлкамъ. Крахмаль. Клейчатка.
 Глюкоза. Тростниковый сахаръ. Паралактанъ.

- § 7. Органическія кислоты 100.

ПРОРОСТАНІЕ СѢМЯНЪ.

- Крахмалистыя, бѣлковыя и маслянистыя сѣмена . 101.

ГЛАВА VII. ДЫХАНІЕ РАСТЕНІЙ.

- § 1. Общее понятіе о дыханіи растеній . . . 105.

- § 2. Приборы, употребляемые при изученіи ды-
 ханія растеній. 106.

- § 3. Вліяніе внѣшнихъ условій на дыханіе . . 108.
 Температура. Свѣтъ. Парціальное давленіе кисло-
 рода.

- § 4. Вліяніе внутреннихъ условій на дыханіе . 110.

- § 5. Образованіе воды во время дыханія . . . 113.

- § 6. Вещества, сжигаемые во время дыханія . 114.

- § 7. Выдѣленіе теплоты 114.

- § 8. Особенности дыханія нѣкоторыхъ бактерій. 115.

ГЛАВА VIII. БРОЖЕНІЯ.

- § 1. Общее понятіе о броженіяхъ 116.

- § 2. Спиртовое броженіе 118.

Дрожжи. Искусственный сѣмен для питанія дрож-
 жей. Вліяніе кислорода на ходъ спиртового броженія.
 Спиртовое броженіе плѣсневыхъ грибовъ.

- § 3. Броженіе глицерина 123.
 Вліяніе кислорода.

- § 4. Уксусное броженіе. 123.

- § 5. Произвольное зарожденіе 124.

- § 6. Броженіе высшихъ растеній (интрамоле-
 кулярное дыханіе) 125.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

Физиологія роста и формы растений.

Глава I. Общія понятія о ростѣ кѣтотѣ.

- § 1. Анатомическія данныя относительно роста . 127.
Три стадіи роста. Наружный и внутренний ростъ.
- § 2. Условія, необходимыя для роста . . . 128.
Тургоръ. Растяжимость кѣточныхъ оболочекъ.
- § 3. Приборы для изученія роста . . . 130.

Глава II. Явленія роста, зависящія отъ внутренней организаціи растений.

- § 1. Большой періодъ роста . . . 131.
- § 2. Особенности роста корня, стебля и листа . 132.
Укорачиваніе какъ результатъ роста.
- § 3. Напряженіе тканей . . . 135.

Глава III. Явленія роста, зависящія отъ внешнихъ условій.

- § 1. Зависимость роста отъ температуры . . 136.
- § 2. Зависимость роста отъ кислорода воздуха . 137.
- § 3. Зависимость роста отъ влажности среды . 138.

Вліяніе влажности на измѣненіе формы и анатомическаго строенія растений. Отводящіе водяные токи. Измѣненіе тургора подъ вліяніемъ влажности среды. Поступленіе сольныхъ элементовъ. Гидротропизмъ.

- § 4. Зависимость роста отъ свѣта . . . 145.

Суточная періодичность роста. Геліотропизмъ положительный и отрицательный. Этиолірованные растения. Періодическое открываніе и закрываніе цвѣтовъ.

§ 5. Зависимость роста отъ земного притяженія. 156.

§ 6. Вліяніе поврежденій на ростъ. 158.

Дарвиново искривленіе корешковъ.

ГЛАВА IV. Вьющіяся и лазящія растенія.

§ 1. Вьющіяся растенія 160.

§ 2. Лазящія растенія 162.

§ 3. Циркумнутація 163.

ГЛАВА V. Переменныя движенія.

§ 1. Обзоръ различныхъ движеній, свойственныхъ растеніямъ 164.

§ 2. Произвольныя переменныя движенія. . . 165.

§ 3. Паратоническія переменныя движенія . . 165.

Mimosa pudica. Тычинки *Супагеас*. Сонъ листьевъ.

ГЛАВА VI. Форма растеній.

§ 1. Зависимость формы растеній отъ вѣтвистыхъ условій 169.

Вліяніе влажности, свѣта и геотропизма. Зигоморфныя цвѣты. Водныя растенія. Подземныя стебли. Образованіе воздушныхъ клубней и корневищъ.

В В Е Д Е Н І Е.

Задача фізіології растений состоитъ, во-первыхъ, въ полномъ и всестороннемъ ознакомленіи со всеми явленіями, происходящими въ растеніяхъ; во-вторыхъ, въ разложеніи сложныхъ жизненныхъ явленій на болѣе простыя и къ сведенію ихъ, въ концѣ-концовъ, къ законамъ химіи и физики. Изъ сказаннаго видно, что фізіологія находится въ зависимости отъ физики и химіи. Прогрессъ въ области фізіології въ значительной степени зависитъ отъ прогресса въ области названныхъ наукъ. Только съ конца прошлаго столѣтія послѣ работъ Лавуазье, открывшаго законъ сохраненія вещества въ природѣ и сдѣлавшаго химію точною наукой, могли сдѣлаться таковою-же и фізіологія. Только съ этого времени и могли появиться изслѣдованія, въ которыхъ при помощи вѣсовъ сталъ возможенъ учетъ вѣсъ веществъ, поступающихъ въ растеніе, или выделяемыхъ имъ. Принѣромъ первой не вполне удачной попытки примѣнить вѣсы для рѣшенія вопроса о происхожденіи вещества растений можетъ служить извѣстный опытъ ванъ-Гельмонта (1577 — 1644), произведенный за-долго до Лавуазье. Онъ взялъ 200 фунтовъ сухой земли, посадилъ въ нее пшеницу, вѣсомъ въ 5 фунтовъ, и поливалъ дождевою водою. Черезъ 5 лѣтъ пшеница была взвѣшена. Въ ней оказалось 164 фунта. Земля была высушена и также взвѣшена. Она

потеряла въ вѣсѣ 2 унци. Отсюда ванъ-Гельмонтъ заключилъ, что вещество растеній образуется изъ воды. Выводъ невѣрный, потому что не была принята во вниманіе окружающая растеніе атмосфера. Слѣдовало бы сказать, что главная масса вещества растеній образуется не изъ земли. Это было бы вполнѣ вѣрно. Изъ исторіи химіи, кромѣ работъ Лавуазье, слѣдуетъ отмѣтить еще одно важное открытіе, это — полученіе Вёлеромъ въ 1828 г. синтетическимъ путемъ мочевины. До этого времени органическія вещества получались только изъ организмовъ и поэтому установилось мнѣніе, что они и не могутъ быть получены синтетическимъ путемъ изъ неорганическихъ веществъ, и что для образованія ихъ необходимо участіе особой жизненной силы. Открытіе Вёлера и послѣдовавшій затѣмъ рядъ синтезовъ разнообразныхъ органическихъ соединений показали, что для приготовленія этихъ соединений никакой жизненной силы не нужно. Хотя въ настоящее время органическія и неорганическія углеродистыя вещества часто соединяютъ въ одну группу углеродистыхъ соединенийъ, тѣмъ не менѣе между органическими и неорганическими углеродистыми соединениями существуетъ одно рѣзкое отлччіе, важное для фізіолога — всѣ органическія вещества способны горѣть, т. е. выдѣлять свободную теплоту; неорганическія же углеродистыя соединенія горѣть не могутъ.

Изъ исторіи физики слѣдуетъ отмѣтить открытіе Робертомъ Майеромъ въ 40-хъ годахъ настоящаго столѣтія закона сохраненія энергіи, открытіе — очень важное для фізіолога. Майеръ показалъ, что силы при различныхъ химическихъ процессахъ не теряются, а переходятъ изъ состоянія энергіи кинетической въ энергію потенциальную, или обратно. Напримѣръ, горѣніе угля сопровождается выдѣленіемъ теплоты. Обратная же реакція разложенія углекислоты сопровождается поглощеніемъ теплоты. Всякое органическое вещество характеризуется способностью горѣть. Слѣдовательно образованіе всякаго органическаго вещества сопровожда-

ется поглощеніемъ теплоты, накопленіемъ потенциальной энергіи, освобождающейсѣ при горѣніи. При всѣхъ изслѣдованіяхъ надъ превращеніемъ веществъ въ растеніяхъ необходимо выяснять — сопровождается ли данная реакція поглощеніемъ или выдѣленіемъ энергіи. Только тогда станетъ ясенъ смыслъ и значеніе данной реакціи для организма. При нѣкоторыхъ явленіяхъ на первый взглядъ можетъ показаться, что въ данномъ случаѣ законъ сохранения силъ неприменимъ, что между причиною и дѣйствіемъ нѣтъ равенства. Напримѣръ, малая искра можетъ взорвать огромное количество пороха и произвести страшное разрушеніе. Въ этомъ случаѣ кажется, что малая причина произвела очень большое дѣйствіе. Въ сущности же при взрывѣ пороха выдѣлялось то количество энергіи, какое въ немъ было въ скрытомъ состояніи. Между количествомъ пороха и силой взрыва существуетъ полная пропорціональность. Искра же служила только толчкомъ, побужденіемъ, освобождающею причиною (*Auslösung, Veranlassung, Reiz, décrochement*) для перевода энергіи изъ одного состоянія въ другое. Часто небольшого сотрясенія воздуха достаточно, чтобы свалить съ большой высоты цѣлую скалу. Количество работы, произведенной ею при паденіи, равно количеству работы, какое нужно было-бы произвести, чтобы поднять скалу на прежнее мѣсто. Сотрясеніе воздуха было только *Auslösung*.

Необходимо также отличать отъ причинъ, производящихъ извѣстныя явленія, условія — необходимыя для того, чтобы извѣстное явленіе произошло. Напримѣръ, если смѣшать въ твердомъ состояніи сѣрниокислый калий съ хлористымъ баріемъ, то никакой реакціи не произойдетъ. Прибавленіе воды вызываетъ реакцію двойного разложенія: получается сѣрниокислый барій и хлористый калий. Причина — реакція химическое сродство элементовъ, а не вода, которая является только необходимымъ условіемъ. Слѣдовательно, отъ причинъ въ тѣсномъ смыслѣ нужно отличать освобождающія причины и условія.

Растенія имѣютъ внутреннюю организацію. Они построены изъ клѣтокъ разнообразной формы и величины. Жизнь цѣлаго организма есть сумма жизней отдѣльныхъ клѣтокъ, составляющихъ его. Для изученія фیزیологіи растеній необходимо знаніе внутренняго строенія растеній, знаніе анатоміи ихъ. Необходимо также вообще умѣть владѣть микроскопомъ: многіе важные фیزیологическіе вопросы рѣшены при помощи микроскопа.

При изученіи многихъ фیزیологическихъ явленій, напримѣръ—явленій роста и измѣненія формы растеній, недостаточно знанія строенія даннаго растенія и вѣшнихъ условій, окружающихъ его; необходимо помнить, что данное растеніе имѣло длинный рядъ предковъ, форма и условія жизни которыхъ не остались безъ вліянія на ихъ потомковъ. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ необходимо считаться съ наследственностью.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

Физиологія питанія.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Ассимиляція углерода.

§ 1. Сущность и значеніе процесса ассимиляціи углерода. Самымъ важнымъ признакомъ, отличающимъ зеленныя растенія отъ животныхъ, служить ихъ способность приготавливать органическое вещество изъ веществъ неорганическихъ. Это можно доказать простымъ опытомъ. Берутъ влажный кварцевый песокъ и сажаютъ туда сѣмя. Песокъ поливается время отъ времени слабымъ растворомъ минеральныхъ солей. Постепенно изъ посѣяннаго сѣмени развивается растеніе, которое цвѣтетъ и приноситъ плоды. Сравненіе количества органическаго вещества, бывшаго въ сѣмени, съ количествомъ его во взросломъ растеніи показываетъ, что въ послѣднемъ его во много разъ больше. Отсюда слѣдуетъ, что зеленныя растенія способны приготавливать органическое вещество изъ неорганическихъ. Животныя подобною способностью не обладаютъ и получаютъ нужное для нихъ органическое вещество въ готовомъ видѣ отъ растеній. Поэтому вопросъ, какъ приготавливается органическое вещество растеніями,

является важнымъ не только для ознакомленія съ жизнью растений, но и съ болѣе обширной точки зрѣнія: весь животный міръ, а слѣдовательно и человѣкъ, зависятъ отъ растений. Растенія являются соединяющимъ звеномъ между минеральнымъ міромъ и міромъ животныхъ.

Всѣ органическія вещества, какъ извѣстно, характеризуются содержаніемъ въ нихъ углерода и способностью горѣть. Способность горѣть указываетъ на то, что образованіе ихъ сопровождается поглощеніемъ теплоты. Поэтому, приступая къ изученію физиологіи растений, нужно, прежде всего, выяснитъ, откуда растенія получаютъ нужные для приготовленія органическаго вещества углеродъ и теплоту. Отвѣтъ даетъ ученіе объ ассимиляціи углерода. Сущность этого процесса состоитъ въ томъ, что растенія на солнечномъ свѣтѣ поглощаютъ своими зелеными частями углекислоту и выдѣляютъ кислородъ. Объѣмъ происходитъ въ равныхъ объемахъ. Слѣдовательно, на основаніи гипотезы Авогадро, на частицу поглощаемой углекислоты выдѣляется частица кислорода: $\text{CO}_2 = \text{O}_2 + \text{C}$. Углеродъ остается въ растеніи. Результатомъ будетъ увеличеніе вѣса растенія — питаніе его.

Образованіе углекислоты при горѣніи угля сопровождается выдѣленіемъ теплоты. Слѣдовательно, обратная реакція разложенія углекислоты требуетъ поглощенія теплоты. Отсюда понятно, почему разложеніе углекислоты идетъ только на солнечномъ свѣтѣ, — теплота поглощенной растеніемъ свѣта идетъ на разложеніе углекислоты. Зеленый пигментъ — хлорофиллъ служитъ экраномъ, способствующимъ поглощенію солнечныхъ лучей.

§ 2. Объѣмъ газовъ. Первые указанія, что растенія выдѣляютъ кислородъ, принадлежатъ Пристлею (1772). Такъ какъ всѣ животные, поглощая дефлогистированный воздухъ (такъ Пристлей называлъ открытый имъ кислородъ), дѣлаютъ воздухъ пригоднымъ для горѣнія и дыханія, то онъ желалъ найдти процессъ діаметрально-противоположный, который исправлялъ бы воз-

духъ, и остановился на растеніяхъ. Помѣщая растенія подъ колоколь, наполненный воздухомъ, испорченнымъ дыханіемъ животныхъ и не могшимъ уже поддерживать ни горѣнія, ни дыханія, онъ находилъ, что черезъ нѣсколько времени воздухъ снова дѣлался годнымъ для горѣнія и дыханія. Къ сожалѣнію, позднѣйшія повторенія подобныхъ опытовъ не всегда давали положительные результаты: иногда растенія неправляли воздухъ, иногда нѣтъ. Выяснить причину подобной разницы въ результатахъ Пристлею не удалось. Это сдѣлалъ Ингенгузъ¹. Онъ показалъ, что исправленіе воздуха производится только зелеными частями растеній и притомъ только на солнечномъ свѣтѣ. Но значеніе этого процесса для растеній не было еще выяснено. На растеніе смотрѣли еще болѣе какъ на воздухо-очистительный аппаратъ. Ингенгузъ не имѣлъ еще яснаго представленія, какой газъ поглощается при этомъ процессѣ растеніями. Онъ утверждалъ даже, что растенія могутъ неправлять воздухъ, выдѣляемый изъ металловъ при дѣйствіи на нихъ кислотъ². Позднѣе Сенебье³ показалъ, что поглощается только углекислота и что это есть процессъ питанія. Затѣмъ Сосюръ⁴ нашелъ, что объемы обмѣняемыхъ газовъ кислорода и углекислоты — равны, что лучше всего идетъ разложеніе углекислоты при содержаніи одной части ея на 11 частей воздуха и, наконецъ, что результатомъ разложенія углекислоты является увеличеніе вѣса растеній. Наконецъ Буссено⁵ цѣлымъ рядомъ точныхъ опытовъ снова перензлѣдовалъ всѣ затронутые вопросы. Онъ подтвердилъ, что объемы обмѣняемыхъ газовъ равны. Опытами надъ разложеніемъ угло-

¹ Ingenhouss, Versuche mit Pflanzen. 1779.

² Ingenhouss, L. c. стр. 51.

³ Senebier, Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire etc. 1782 и др. Также Physiologie végétale. 1800.

⁴ Saussure, Recherches chimiques sur la végétation. 1804.

⁵ Boussingault, Agronomie, chimie agricole et physiologie.

кислоты растениями въ атмосферѣ изъ углекислоты и водорода или азота онъ доказалъ, что разложеніе углекислоты начинается сейчасъ-же какъ-только приборъ будетъ освѣщенъ и прекращается одновременно съ перенесеніемъ его въ темноту. Реактивомъ на выдѣляющійся кислородъ служила введенная въ приборъ палочка фосфора. Одновременно съ освѣщеніемъ прибора фосфоръ начиналъ дымиться, что указывало на начавшееся выдѣленіе кислорода. Переносъ затѣмъ приборъ въ темноту, Вусенго находилъ, что свѣченія фосфора не было. Следовательно, выдѣленіе кислорода въ темнотѣ сейчасъ-же прекращалось.

Изучая разложеніе углекислоты верхними и нижними поверхностями листьевъ, Вусенго нашелъ, что у однихъ растений разницы почти нѣтъ; у другихъ же растений оказалось, что верхняя поверхность разлагаетъ углекислоты значительно болѣе, чѣмъ нижняя. Такъ у *Populus alba*:

Пара листьевъ со склеенными нижними поверхностями разложила. . . 12 куб. сант. углекисл.

Пара со склеенными верхними поверхностями разложила . . . 2 " " "

Пара, имѣвшая по одной свободной верхней и нижней поверхности. . . 6,5 " " "

Таковы главные результаты изслѣдованій Вусенго.

Количество разлагаемой углекислоты находится въ зависимости отъ температуры. Средняя температура наиболѣе благопріятна для процесса ассимиляціи углерода. Низкія и высокія температуры задерживаютъ этотъ процессъ.

Что касается методовъ изслѣдованія, то опыты надъ разложеніемъ углекислоты производится такимъ образомъ. Отрѣзанный листъ вводится въ эвдиометръ на извѣстную высоту (рис. 1). При помощи каучуковой трубки, введенной въ нижній конецъ эвдиометра, часть воздуха высасывается и ртуть поднимается. Количество газа въ эвдиометрѣ измѣряется. Затѣмъ изъ газометра

вводится требуемое количество углекислоты и снова измѣряется количество газа. Приборъ выставляется на свѣтъ. По окончаніи опыта количество газа снова измѣряется. Для поглощенія оставшейся углекислоты вводится въ эвдіометръ концентрированный растворъ ѣдкаго кали. Ртуть въ трубкѣ повышается. Снова измѣренье газа. Затѣмъ вводится растворъ пирогалловой кислоты. Образовавшееся пирогаллово-кислое кали поглощаетъ кислородъ. Последнее измѣренье оставшагося азота. На основаніи полученныхъ чиселъ вычисляется количество поглощенной углекислоты и выдѣленного кислорода¹.



Рис. 1.

При менѣе точныхъ опытахъ довольствуются методомъ счета пузырьковъ газа, выдѣляемаго на-свѣтъ водными растеніями, помѣщенными въ воду, насыщенную углекислотой. Выдѣляющійся газъ представляетъ собою довольно чистый кислородъ.

§ 3. Хлорофиллъ. Такъ-какъ разложеніе углекислоты производится зелеными частями растеній, то необходимо изученіе свойствъ окрашивающаго растенія зеленого пигмента, названнаго Пельтье и Каванту (1818) хлорофилломъ. Хлорофиллъ — азотистое тѣло нерастворимое въ водѣ, растворимое въ спиртѣ, эфирѣ и маслахъ. Легко разлагается отъ дѣйствія свѣта и кислотъ. Зола спиртовой вытяжки хлорофилла содержитъ желѣзо. При падающемъ свѣтѣ флуоресцируетъ вишнево-краснымъ цвѣтомъ; представляетъ смѣсь по-крайней-мѣрѣ двухъ пигментовъ: зеленого и желтаго. Для раздѣленія лучшій способъ Фремп-Тимирязева².

¹ Подробности по газовому анализу: *Bunsen, Gasometrische Methoden. Zweite Auflage. 1877; Алексеевъ, Анализъ газовъ. Киевъ. 1887; Geppert, Die Gasanalyse und ihre physiologische Anwendung. 1885.* Для физиологическихъ опытовъ особенно важенъ методъ Дойера: *Dojère, Etudes sur la respiration. Annales de chimie et de physique. III série, 28 tome, pag. 5. 1850.* Такъ-же — *Тимирязевъ, Объ усвоеніи свѣта растеніемъ. Спб. 1875. стр. 81—89.*

² *Тимирязевъ, Спектральный анализъ хлорофилла. С.-Петербургъ. 1871.*

Спиртовой растворъ хлорофилла осаждается баритовою водою. Зеленый осадокъ собирается на фильтрѣ и обрабатывается спиртомъ, который извлекаетъ желтый пигментъ — ксантофиллъ¹. Зеленый осадокъ, промытый спиртомъ до полного удаленія ксантофилла, разлагается ѣдкимъ кали. На полученный зеленый растворъ наливается слой эфира и затѣмъ, для нейтрализаціи ѣдкаго кали, прибавляется по каплямъ слабая уксусная кислота, причемъ смѣсь взбалтывается. Пока реакція будетъ щелочною, слой эфира остается безцвѣтнымъ. Какъ-только все ѣдкое кали будетъ нейтрализовано, то тотчасъ-же нижній слой обезцвѣчивается и весь пигментъ переходитъ въ эфиръ. Полученный пигментъ Тимиризева названъ хлорофиллиномъ (чистый хлорофиллъ по Визнеру). Онъ изумрудно-зеленаго цвѣта, болѣе интенсивнаго, чѣмъ спиртовая вытяжка хлорофилла, и сильно флуоресцируетъ, ксантофиллъ же флуоресценціей не обладаетъ. По способу Крауса² составныя части хлорофилла получаютъ слѣдующимъ образомъ. Къ спиртовой вытяжкѣ хлорофилла прибавляется бензинъ. Послѣ взбалтыванія получается однородная жидкость. Если затѣмъ къ смѣси прибавлять по каплѣ воды и жидкость взбалтывать, то чрезъ нѣкоторое время бензинъ и спиртъ разъединяются и образуютъ два совершенно рѣзко разграниченныхъ слоя: верхній бензиновый — зеленаго цвѣта и нижній спиртовой — желтаго. Для раздѣленія по способу Гансена³ спиртовую вытяжку хлорофилла разбавляютъ ѣдкимъ натромъ и нагреваютъ до кипѣнія на водяной банѣ около 3-хъ часовъ. Затѣмъ алкоголь отгоняется и растворъ, послѣ пропусканія въ него углекислоты, выпаривается до-суха. Изъ полученной массы ксантофиллъ извлекается эфиромъ. Оставшійся хлорофиллинъ (или зеленый пиг-

¹ Ксантофиллъ очищается повторнымъ осажденіемъ баритовою водою и разложеніемъ осадка спиртомъ.

² G. Kraus, Zur Kenntniss der Chlorophyllfarbstoffe. 1872.

³ A. Hansen, Die Farbstoffe des Chlorophylls. 1889.

ментъ хлорофилла по Ганзену) очищается отъ продуктовъ омыленія жирныхъ кислотъ обработкой смѣсью спирта и эфира въ равныхъ объемахъ и затѣмъ отдѣляется по описанному выше способу Тимиризева, т. е. наливается на него слой эфира, а ѣдкій натръ нейтрализуется органическою кислотой.

Изъ всѣхъ свойствъ хлорофилла особеннаго вниманія заслуживаетъ его спектръ поглощенія. Спектръ поглощенія всякой цвѣтной жидкости измѣняется въ зависимости отъ концентраціи ея. Поэтому спектръ раствора хлорофилла нужно изучать или при различной концентраціи, или, что все равно, при различной толщинѣ слоя жидкости. Въ спектрѣ хлорофилла слабой концентраціи замѣчается одна рѣзкая полоса между фраунгоферовыми линіями *B* и *C* и сплошное поглощеніе всѣхъ лучей вправо отъ линіи *b* (рис. 2. I). При средней концентраціи получаютъ еще три полосы между *C* и *D*, на *D* и немного влѣво отъ *E* (рис. 2. II); слѣдовательно — четыре полосы въ первой половинѣ спектра и сплошное поглощеніе всѣхъ лучей синихъ и фіолетовыхъ. При увеличеніи концентраціи абсорбціонныя полосы дѣлаются толще, сливаются, такъ-что чрезъ концентрированный растворъ хлорофилла проходитъ уже только красные лучи между *A* и *B* и часть зеленыхъ лучей. Наконецъ, при еще большей концентраціи, и зеленые лучи поглощаются, проходятъ только одни красные между *A* и *B*. Если посмотрѣть чрезъ подобный растворъ, то всѣ предметы кажутся красными. Въ спектрѣ ксантофилла замѣчается только одно сплошное поглощеніе всѣхъ лучей вправо отъ линіи *b* (рис. 2. III). Спектръ хлорофиллина при средней концентраціи отличается отъ спектра хлорофилловой вытяжки при той же концентраціи только тѣмъ, что, кромѣ первыхъ четырехъ полосъ, тѣхъ-же что и въ хлорофилловой вытяжкѣ, имѣется еще пятая полоса между фраунгоферовыми линіями *b* и *F*. Слѣдовательно, первые четыре полосы, замѣчаемыя въ спектрѣ хлорофилла, принадлежатъ хлорофиллину (рис. 2. IV). Спектръ

хлорофилла есть спектр сочетанный и получается чрезъ наложение на спектр хлорофиллина спектръ ксантофилла.

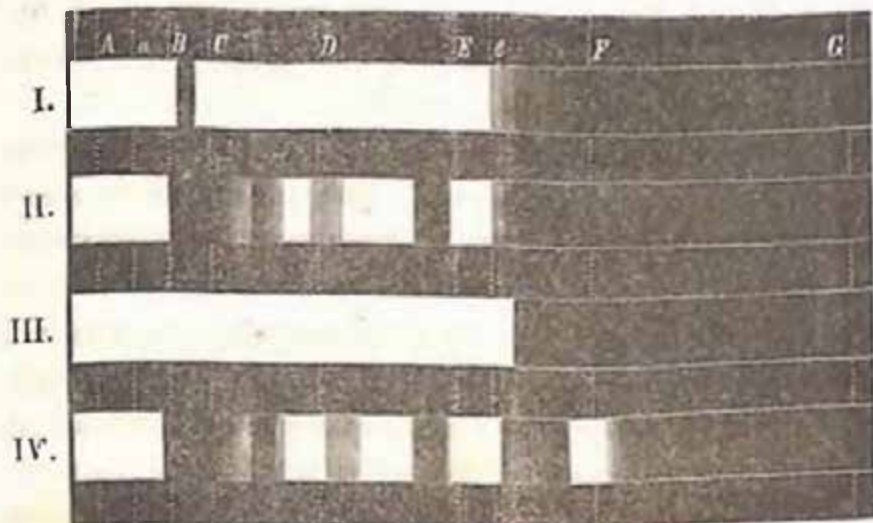


Рис. 2.

- I. Спектръ раствора хлорофилла слабой концентрации.
- II. Спектръ раствора хлорофилла средней концентрации.
- III. Спектръ ксантофилла.
- IV. Спектръ хлорофиллина.

Образованіе хлорофилла въ растеніяхъ зависитъ отъ нѣсколькихъ условий. Одно изъ нихъ — это свѣтъ. У выросшихъ въ темнотѣ растеній листья всегда ¹ желтаго цвѣта. Такія растенія называются этіолированными. Будучи выставлены на-свѣтъ они скоро зеленеютъ. Для зеленѣнія наиболее благопріятенъ свѣтъ средней напряженности. Въ опытахъ Фаминцына ² часть этіолированныхъ растеній выставилась на прямой солнечный свѣтъ, другая часть, выставленная также на солнечный свѣтъ, затѣнилась вертикально повѣшенными листьями бумаги. Зеленѣть начинали постоянно ранѣе вторыхъ, затѣненныхъ растеній. Визнеръ объясняетъ это явленіе тѣмъ, что одновременно съ зеленѣніемъ

¹ Исключенія крайне рѣдки.

² Фаминцынъ, Мѣл. biolog. de l'Аkad. d. St.-Petersbourg. Tome 6, pag. 94. 1866.

идеть противоположный процесс разрушенія хлорофилла. На слабомъ и среднемъ свѣтѣ разрушенія хлорофилла почти не происходитъ. На яркомъ же свѣтѣ одновременно съ сильнымъ образованіемъ хлорофилла идетъ очень значительное разрушеніе его и въ результатъ — болѣе слабое зеленѣніе, чѣмъ на разсѣянномъ свѣтѣ. Для зеленѣнія достаточно очень слабого свѣта. Различныя лучи спектра не одинаково вліяютъ на образованіе хлорофилла. Болѣе обстоятельныя изслѣдованія по этому вопросу принадлежатъ Визнеру¹. Для изолированія отдѣльныхъ частей спектра онъ пользовался методомъ цвѣтныхъ экрановъ. Для этой цѣли берутся стеклянные колокола съ двойными стѣнками (колокола Сенебье, неправильно называемые Саксовыми), наполненные цвѣтными жидкостями. Наиболѣе часто употребляемыя жидкости — это растворъ двухромовокислаго калия и амміачный растворъ окиси мѣди. Первая жидкость при средней концентраціи пропускаетъ лучи первой менѣе преломляемой части спектра, т. е. красныя, оранжевыя, желтыя и часть зеленыхъ. Вторая жидкость пропускаетъ лучи остальной половины спектра, т. е. вторую половину зеленыхъ, голубыя, синіе и фіолетовыя. Слѣдовательно при помощи двухъ названныхъ растворовъ спектръ дѣлится на двѣ половины.

На слабомъ свѣтѣ зеленѣніе наступаетъ ранѣе подъ желтыми колпаками, на яркомъ же солнечномъ свѣтѣ — подъ синими колпаками. Это объясняется тѣмъ, что на слабомъ свѣтѣ мы имѣемъ дѣло почти только съ образованіемъ хлорофилла, которое идетъ лучше въ лучахъ первой половины спектра. На сильномъ свѣтѣ одновременно съ образованіемъ идетъ и значительное разрушеніе хлорофилла. Послѣдній процессъ, какъ показали опыты надъ разрушеніемъ синиртоваго раствора хлорофилла подъ цвѣт-

¹ Wiesner. Sitzungsber. d. Wien. Akad. B. 69. Abth. I. p. 327. 1874. — Entstehung d. Chlorophylls in d. Pflanzen. Wien. 1877.

ными колпачками, происходит лучшее въ первой половинѣ спектра. Слѣдовательно, на яркомъ свѣтѣ въ этой части спектра потому наклоняется менѣе хлорофилла, что одновременно съ образованіемъ его идетъ и очень сильное разрушеніе.

Въ темныхъ тепловыхъ лучахъ нѣтъ зеленѣнія. Для изолированія этихъ лучей употребляется жидкость Тиндаля — растворъ іода въ сѣрнистомъ углеродѣ. Эта же жидкость болѣе слабой концентраціи пропускаетъ, кромѣ того, лучи между фраунгоферовыми линіями *A* и *B*. Въ этихъ лучахъ также нѣтъ зеленѣнія. Ультра-фіолетовые лучи вызываютъ очень слабое зеленѣніе.

Образованіе хлорофилла зависитъ также отъ температуры. Наиболѣе благопріятна извѣстная средняя температура. При очень низкой или очень высокой температурѣ нѣтъ зеленѣнія. Такъ, опыты Визнера надъ зеленѣніемъ этиолированныхъ ростковъ лчменя показали:

при 2—4° С.		нѣтъ зеленѣнія
4—5° »	зеленѣніе черезъ	7 часовъ 15 мин.
5—6° »	»	» 5 — »
10° »	»	» 3 — 30 »
13° »	»	» 2 — — »
18—19° »	»	» 1 — 40 »
30° »	»	» 1 — 35 »
35° »	»	» 1 — 30 »
37—38° »	»	» 4 — — »
40° »		нѣтъ зеленѣнія.

Третье необходимое условіе — это присутствіе желѣза. Безъ желѣза вырастаютъ блѣдножелтыя растенія, называемыя хлоротическими. Наконецъ, для зеленѣнія необходимъ кислородъ: въ атмосферѣ, лишенной кислорода, нѣтъ зеленѣнія.

Въ послѣднее время Тимпразевъ¹ получилъ изъ хлорофилла при дѣйствіи на него водорода *in statu nascenti* новое интересное тѣло, названное имъ протофиллиномъ. Это вещество въ растворѣ фіолетоваго цвѣта, въ высшей степени легко окисляется и даетъ хлорофиллинъ. Сохраняется поэтому въ запаянныхъ трубкахъ, содержащихъ углекислоту или водородъ. Въ трубкахъ съ водородомъ протофиллинъ не измѣняется ни на свѣтѣ, ни въ темнотѣ. Въ трубкахъ съ углекислотой въ темнотѣ онъ также не измѣняется, на-свѣтѣ же зеленеетъ и даетъ хлорофиллинъ. Нужно предполагать, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ разложеніемъ углекислоты, на счетъ кислорода которой и происходитъ зеленіе протофиллина. Въ спектрѣ поглощенія протофиллина характерны линіи въ оранжевой и зеленой частяхъ спектра, соотвѣтствующія II и IV линіямъ хлорофиллина.

Ислѣдованіями Арно² доказано постоянное присутствіе въ листьяхъ каротина; это — одна изъ составныхъ частей ксантофилла. Каротинъ кристаллизуется въ плоскихъ ромбическихъ кристаллахъ красно-оранжеваго цвѣта при проходящемъ свѣтѣ, и металлическаго сине-зеленаго цвѣта при отраженномъ. Хорошо растворимъ въ хлороформѣ и сѣрнистомъ углеродѣ. Менѣе растворимъ въ бензинѣ, мало въ эфирѣ и почти нерастворимъ въ спиртѣ. Растворъ въ сѣрнистомъ углеродѣ кроваво-краснаго цвѣта. Растворъ въ крѣпкой сѣрной кислотѣ сине-фіолетоваго цвѣта. Формула $C_{26}H_{38}$. Легко окисляется и даетъ холестеринъ. Количество каротина въ листьяхъ зависитъ отъ времени года. Ислѣдованія Арно надъ содержаніемъ каротина въ теченіе лѣта въ листьяхъ крапивы и конскаго каштана (*Aesculus Hippocastanum*) показали, что наибольшее количество его у обоихъ растений совпадаетъ съ періодами цвѣтенія.

¹ Тимпразевъ. Comptes rendus. СII. p. 686. 1886. СІХ. p. 414, 1889.

² Arnaud. Comptes rendus. С. p. 751, 1885. СII. p. 1119. 1319. 1886. СІХ, p. 911. 1889.

Образованіе каротина находится въ зависимости отъ свѣта:
 Въ зеленыхъ листьяхъ фасоли. . . 178,8 mgr. каротина
 » этилиров. » » . . . 34,0 mgr. »

Слѣдовательно, ксантофиллъ есть смѣсь двухъ пигментовъ: собственно ксантофилла и каротина. Ранѣе Арно, Бородинъ¹, выкристаллизовывая спиртовую вытяжку хлорофилла подъ микроскопомъ, показалъ постоянное присутствіе въ листьяхъ каротина, который онъ называлъ эритрофилломъ. Кромѣ каротина въ этомъ случаѣ постоянно получаютъ кристаллы другого (другихъ?) желтаго пигмента — ксантофилла.

Таковы главные результаты изслѣдованій надъ хлорофилломъ и ближайшими къ нему пигментами. Участіе хлорофилла въ химическихъ процессахъ, происходящихъ при разложеніи углекислоты и образованіи первыхъ продуктовъ ассимиляціи, неизвѣстно. Физическая же функція хлорофилла понятна. Онъ служитъ сенсориализаторомъ или переносителемъ. Поглощая солнечный свѣтъ, онъ переноситъ его дѣйствіе на процессы разложенія углекислоты. Подобнымъ-же образомъ, напримѣръ, можно вызвать скорое разложеніе серебряныхъ солей, разлагающихся въ синихъ и фіолетовыхъ лучахъ, въ красныхъ лучахъ между *B* и *C'*, подкрасивши соли хлорофилломъ.

§ 4. Вліяніе свѣта на разложеніе углекислоты растеніями. Для изученія относящихся сюда изслѣдованій необходимо предварительное знакомство со свойствами отдѣльных лучей солнечнаго спектра (рис. 3). Только средняя часть спектра, лежащая между фраунгоферовыми линіями *A* и *H* видима для глаза. По обѣ стороны этой части лежатъ невидимые лучи: влѣво отъ красныхъ ультракрасные и вправо отъ фіолетовыхъ ультрафіолетовые лучи. Изъ видимыхъ лучей наи-

¹ Бородинъ, Bulletin de l'Acad. de S.-Petersbourg. Tome XXVIII. 1883, pag. 328.

болѣе свѣтло — желтые лучи. Кривая свѣтового напряженія различныхъ лучей спектра имѣетъ максимумъ около фраунгоферовой линіи *D* и затѣмъ спускается къ *A* и *H*. Въ сущности свѣтовая кривая выражаетъ не свойства отдѣльныхъ лучей спектра, а свойства человеческого глаза. Максимумъ тепловой энергіи въ призматическомъ спектрѣ лежитъ въ ультракрасныхъ лу-

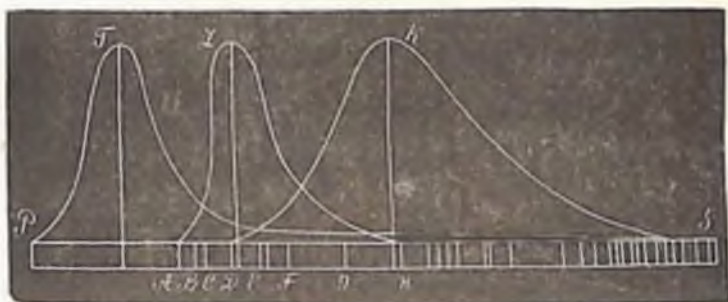


Рис. 3.

Солнечный (призматическій) спектръ. *PA* ультракрасные лучи. *AH* видимые лучи. *HS* ультрафіолетовые лучи. *PTS* кривая тепловой энергіи. *ALH* кривая свѣтового напряженія. *DKS* кривая дѣйствія на серебряныя соли.

чахъ. Изслѣдованія послѣдняго времени надъ распредѣленіемъ тепловой энергіи въ нормальномъ (диффракціонномъ) спектрѣ показали, что максимумъ лежитъ между фраунгоферовыми линіями *B* и *C*¹. Наконецъ выдѣляютъ еще такъ-называемые «химическіе» лучи съ максимумомъ въ фіолетовой части спектра. Но эти лучи названы химическими только на основаніи изслѣдованій надъ разложеніемъ серебряныхъ солей въ различныхъ лучахъ солнечнаго спектра, которые дѣйствительно разлагаются преимущественно въ синихъ и фіолетовыхъ лучахъ. Имѣется цѣлый рядъ соединений, которыя разлагаются въ иныхъ лучахъ спектра. Слѣдовательно кривая химическаго дѣйствія лучей есть только кривая дѣйствія лучей спектра на серебряныя соли. Все-возможныя другія вещества разлагаются въ тѣхъ лучахъ спек-

¹ Langley, Comptes rendus. XCV. 1882. pag. 482.

тра, какіе каждымъ изъ данныхъ тѣлъ поглощаются. Специальныхъ химическихъ лучей нѣтъ. Такъ, хлорофиллъ, поглощающій преимущественно лучи между *B* и *C*, въ этихъ же лучахъ скороѣ всего и разлагается. Таковы главные свѣдѣнія о свойствахъ различныхъ лучей солнечнаго спектра.

Исслѣдованія надъ вліяніемъ свѣта на разложеніе углекислоты растеніями распадаются на двѣ группы. Въ однихъ изучается качественная сторона вопроса: какіе лучи спектра имѣютъ главное значеніе для разложенія углекислоты; другія работы посвящены выясненію количественной стороны вопроса: сколько нужно свѣта для разложенія углекислоты растеніями. Первые работы, посвященные качественной сторонѣ вопроса, принадлежать Добени (1836) и Дренеру (1844). Первый ученый, при помощи цвѣтныхъ экрановъ, а второй, на основаніи опытовъ въ спектрѣ, пришли къ заключенію, что углекислота разлагается растеніями лучше всего въ желтыхъ лучахъ. Саксъ¹ въ своихъ изслѣдованіяхъ, при помощи раствора двуххромового калія и амміачнаго раствора окиси мѣди, раздѣлилъ спектръ на двѣ половины и нашелъ, что въ первой половинѣ (желтой) спектра разложеніе углекислоты идетъ почти такъ-же, какъ и на прямомъ солнечномъ свѣтѣ. Наоборотъ, въ синихъ и фіолетовыхъ лучахъ разложеніе углекислоты ничтожное. Слѣдовательно, для химическаго процесса разложенія углекислоты растеніями нужны не такъ-называемые химическіе лучи, а лучи первой половины спектра. Количество выделявшагося кислорода Саксъ опредѣлялъ путемъ счета пузырьковъ газа.

Послѣ того какъ Саксомъ, и еще ранѣе его другими изслѣдователями, было доказано, что разложеніе углекислоты вызывается почти исключительно лучами первой половины спектра, оставалось еще выяснить—въ какихъ лучахъ этой половины раз-

¹ Sachs. Bot. Zeitung. 1864.

ложение идетъ наиболѣе энергично. Изъ всѣхъ относящихся сюда изслѣдованій самая точная принадлежатъ Тимирязеву¹. Онъ производилъ свои опыты прямо въ спектрѣ. При помощи гелиостата солнечный свѣтъ пропускался въ темную комнату и разлагался призмой съ сѣринистымъ углеродомъ. Въ полученномъ спектрѣ помѣщались трубочки съ отрѣзками бамбука въ смѣси воздуха и 5% углекислоты. Одна изъ этихъ трубочекъ была помѣщена въ красныхъ лучахъ между *A* и *B*, вторая — въ абсорбціонной полосѣ хлорофилла между *B* и *C*, третья — въ оранжевой части спектра, четвертая — въ желтой и пятая — въ зеленой. Анализъ газовъ по окончаніи опыта производился при помощи очень точнаго прибора, позволявшаго отсчитывать малыя количества газа. Результаты, полученные Тимирязевымъ, изображены графически на прилагаемомъ рисункѣ (рис. 4). Кривая *abcde*, соединяющая концы ординатъ, возставленныхъ изъ пяти мѣстъ спектра, гдѣ находились трубочки съ листьями, выражаетъ разложение углекислоты листьями въ солнечномъ спектрѣ. Макимумъ лежитъ въ красныхъ лучахъ между *B* и *C*, т. е. въ тѣхъ лучахъ, которые особенно энергично поглощаются хлорофилломъ. Въ лучахъ между *A* и *B* разложенія углекислоты нѣтъ (часть кривой, лежащая ниже линіи *m*, выражаетъ количество выдѣленной во время опыта углекислоты). Результаты работы Тимирязева были затѣмъ подтверждены Энгельманомъ (1882) и Рейнке (1884).



Рис. 4.

Въ хлорофиллѣ, слѣдовательно, мы имѣемъ замѣчательно хорошо приспособленный экранъ для поглощенія самыхъ теплыхъ

¹ Тимирязевъ, Объ усвоеніи свѣта растеніемъ. Петербургъ. 1875.

лучей солнечного спектра. Эти-же самые лучи и затрачиваются на разложенеіе углекислоты. Поглощаемые хлорофилломъ синіе и фіолетовые лучи, почти не производящіе разложенеія углекислоты, затрачиваются на другую работу. Такъ, напримѣръ, они способствуютъ испаренію воды листьями.

Количественная сторона вопроса относительно зависимости разложенеія углекислоты отъ свѣта также выяснена съ достаточною полнотой, благодаря изслѣдованіямъ Волкова (1866), Пряничникова, Фаминцына, Рейнке, Крейсера и Тимирязева. Прилагаемая кривая *abc*, взятая изъ работы Тимирязева¹, показываетъ зависимость разложенеія углекислоты отъ количества свѣта. На оси абсциссъ отложены интенсивности свѣта. (Прямой солнечный свѣтъ = 1). Ординаты выражаютъ количество

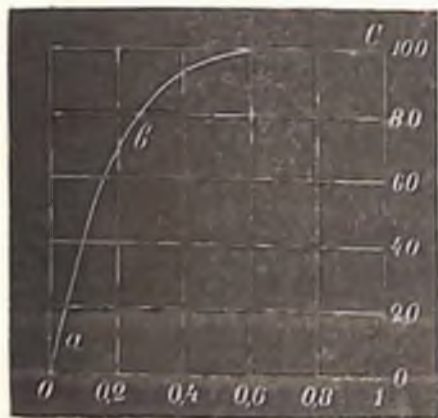
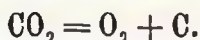


Рис. 5.

разложеной углекислоты. (Количество углекислоты, разлагаемой на прямомъ солнечномъ свѣтѣ = 100). Разложенеіе углекислоты, какъ показываетъ форма кривой, сначала увеличивается быстро, затѣмъ все болѣе и болѣе медленно, достигаетъ своего максимума приблизительно около половины прямой инсоляціи и затѣмъ дѣлается стаціонарнымъ. Весь остальной избытокъ свѣта не оказываетъ никакого вліянія на увеличеніе количества разлагаемой углекислоты. Пропорціональность между количествомъ свѣта и количествомъ разлагаемой углекислоты существуетъ только для свѣта малой интенсивности.

¹ Тимирязевъ, *Comptes rendus*, CIX. 1889. pag. 381.

§ 5. Продукты ассимиляции углерода. На основании газового объёма при ассимиляции углерода простѣйшее уравненіе этого процесса будетъ слѣдующее:



Слѣдовательно углеродъ накапливается въ растеніяхъ. Накапливается, конечно, въ соединеніи съ другими элементами въ-видѣ различныхъ органическихъ веществъ. Какія же изъ находящихся въ растеніяхъ веществъ могутъ быть поставлены первыми продуктами ассимиляции углерода. Исслѣдованія Сакса¹ показали, что это — крахмалъ. Помѣщеніе листьевъ на нѣсколько дней въ темноту вызываетъ полное исчезновеніе крахмала изъ хлорофилловыхъ зеренъ. Если затѣмъ обезкрахмаленные листья выставить на солнечный свѣтъ, то очень скоро въ хлорофилловыхъ зернахъ снова появляется крахмалъ. Для обнаруживанія слѣдовъ крахмала употребляется способъ Бёма, который состоитъ въ томъ, что листья обезцвѣчиваются спиртомъ и затѣмъ обрабатываются йоднымъ кали и іодомъ. Сильно разбухшія отъ йодкаго кали крахмальные зерна послѣ окраски іодомъ становятся ясно видимыми. Съ болѣею точностью можно производить тѣ-же опыты надъ водорослями, какъ показалъ Фаминцынъ². Въ этомъ случаѣ 30 минутъ освѣщенія сильною керасиновою лампой достаточно для появленія крахмала. На солнечномъ же свѣтѣ, по наблюденіямъ Крауса, появленіе крахмала въ водоросляхъ замѣчается уже черезъ пять минутъ. Годлевскій³ доказалъ, что образованіе крахмала на-свѣтѣ зависитъ отъ присутствія углекислоты въ атмосферѣ. Растенія, помѣщенные въ замкнутую атмосферу, лишённую углекислоты, на-свѣтѣ не только не образовали крахмала, но даже потеряли бывший въ-началѣ опыта. Въ хлорофилловыхъ зернахъ

¹ Sachs. Botanische Zeitung. 1862. № 44. 1864. № 38.

² Фаминцынъ, Дѣйствіе свѣта на водоросли. 1866.

³ Godlewski, Flora. 1873. pag. 378.

листья въ некоторыхъ растений нѣтъ крахмала. Таковы листья — обыкновеннаго лука, *Asphodelus luteus*, *Allium fistulosum*, *Orchis militaris* и *Lactuca sativa*. Но въ этихъ случаяхъ всегда можно констатировать въ листьяхъ присутствіе глюкозы. Принимая крахмалъ или глюкозу первыми продуктами ассимиляціи, мы получаемъ слѣдующія уравненія для процесса ассимиляціи углерода:

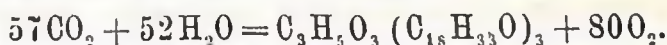


Въ послѣднее время Тимирязевъ¹ прямыми опытами доказалъ, что образованіе крахмала на-свѣтѣ зависитъ отъ тѣхъ-же лучей спектра, которые вызываютъ разложеніе углекислоты. На свѣжій листъ, предварительно обезкрахмаленный пребываніемъ въ темнотѣ въ-продолженіи 2 — 3 дней, отбрасывался при помощи гелиостата солнечный спектръ. Къ листу приклеивались также двѣ полоски бумаги, на которыхъ наносились фрауенгоферовы линіи такъ, чтобы онѣ совпадали съ таковыми-же на проложенномъ спектрѣ. По окончаніи опыта листъ обезцвѣчивался спиртомъ и окрашивался іодомъ. Послѣ такой обработки накопленіе крахмала было обнаружено какъ-разъ въ мѣстахъ, соответствующихъ полосамъ поглощенія хлорофилла. На желтомъ фонѣ листа появились темныя полосы спектра хлорофилла. Полоса между фрауенгоферовыми линіями *B* и *C* особенно рѣзка. Въ оранжевой и желтой частяхъ замѣчается полутѣнь, которая постепенно исчезаетъ вскорѣ за линіей *D*. Слѣдовательно, образованіе крахмала вызывается тѣми-же лучами, которые вызываютъ разложеніе углекислоты, т. е. лучами первой половины спектра. Изъ этихъ лучей наиболѣе дѣятельными оказываются лучи между *B* и *C*.

Бріози, не найдя въ листьяхъ *Musa* и *Strelitzia* крахмала, а только капли масла, высказалъ предположеніе, что въ этихъ ра-

¹ Тимирязевъ, *Comptes rendus*. CX. 1890. pag. 1346.

стенияхъ, масло является первымъ продуктомъ ассимиляціи углерода. Голле¹ и Годлевскій² доказали несостоятельность такого предположенія. Они нашли, что отношеніе объѣмиваемыхъ газовъ во время ассимиляціи углерода листьями *Musa* и *Strelitzia* равно единицѣ. Если бы первыми продуктами ассимиляціи были масла, тѣла менѣе окисленные, чѣмъ углеводы, то тогда отношеніе поглощаемой углекислоты къ выделяемому кислороду было бы менѣе единицы. Принявъ тріолеинъ, какъ первый продуктъ ассимиляціи углерода, получимъ такое уравненіе:

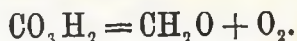


На 57 объемовъ углекислоты должно было бы выдѣлиться 80 объемовъ кислорода. Пожыная листья *Musa* и *Strelitzia* на-свѣтъ въ атмосферѣ, содержащей до 8% углекислоты, Годлевскій черезъ нѣсколько часовъ могъ констатировать образованіе крахмала. Слѣдовательно, и въ этомъ случаѣ крахмалъ является первымъ видимымъ продуктомъ ассимиляціи углерода.

Бейеръ³ высказалъ предположеніе, что въ растеніяхъ первымъ продуктомъ ассимиляціи является муравьиный альдегидъ, частицы котораго, постепенно уплотняясь, даютъ углеводы. Онъ основываетъ свое предположеніе на открытохъ Бутлеровымъ превращеніи оксиметилена ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) въ сахаристое вещество при дѣйствіи на него известковою и баритовою водою.



Рейнке считаетъ, что разлагается на свѣтъ не ангидридъ угольной кислоты, а ея гидратъ.



Хлорофилловыя зерна могутъ образовывать крахмалъ не только изъ углекислоты и воды при помощи свѣта, но также и изъ

¹ *Holle*, Flora 1877. pag. 113.

² *Godlewski*, Flora. 1877. pag. 215.

³ *Baeyer*, Berichte d. chem. Gesellsch. 1870. III. pag. 13.

различныхъ органическихъ веществъ. Фактъ этотъ въ первый разъ констатированъ Вёмомъ (1883) и затѣмъ подтвержденъ цѣлымъ рядомъ изслѣдователей¹. Обезкрахмаленные отрѣзки листьевъ, при помѣщеніи ихъ на растворы различныхъ органическихъ соединеній, накапливаютъ въ себѣ крахмалъ. Для накопленія его могутъ служить слѣдующія соединенія: тростниковый сахаръ, декстроза, молочный сахаръ, глицеринъ, декстринъ, маннитъ и мелампиритъ. Сапожниковъ² доказалъ тотъ-же фактъ количественнымъ путемъ.

Какъ изученіе первыхъ продуктовъ ассимиляціи углерода, такъ и анализъ растеній показываютъ, что одновременно съ ассимиляціей углекислоты идетъ также и ассимиляція воды. На солнечномъ свѣтѣ для образованія органическаго вещества во всемъ зеленомъ растеніи происходитъ ассимиляція углерода, водорода и кислорода. Изъ этихъ трехъ элементовъ состоитъ главная масса сухого вещества растеній, въ составъ котораго входитъ приблизительно 45% углерода, 42% кислорода, 6,5% водорода, 1,5% азота и 5% золы. Слѣдовательно болѣе 90% сухого вещества растеній получается изъ углекислоты атмосферы и воды, получаемой изъ почвы.

§ 6. Ассимиляція углерода растеніями, лишенными хлорофилла. Растенія лишенные хлорофилла, за очень рѣдкимъ исключеніемъ³, не способны готовить органическія вещества изъ минеральныхъ. Они пользуются готовыми органическими веществами и по своему способу питанія стоятъ

¹ Надсонъ, Образованіе крахмала въ хлорофиллоносныхъ клеткахъ растеній изъ органическихъ веществъ. (Труды с.-петерб. общ. естествоисп. Томъ XX. Отдѣленіе Ботаники. 1889).

² Сапожниковъ, Образованіе углеводовъ въ листьяхъ и передвиженіе ихъ по растенію. Москва. 1890.

³ Въ последнее время Виноградскій указалъ, что литртрифицирующіе организмы питаются минеральными веществами безъ участія свѣта и хлорофилла. Подробности объ этомъ — въ главѣ объ ассимиляціи азота.

ближе къ животнымъ, чѣмъ къ зеленымъ растеніямъ. Къ безхлорофильнымъ растеніямъ относятся грибы и нѣкоторыя цвѣтковые растенія. Въ настоящее время изучено довольно подробно питаніе только простѣйшихъ грибовъ: бактерій, дрожжей и плѣсневыхъ грибовъ. Всѣ они нуждаются въ готовыхъ органическихъ соединеніяхъ.

Самыя обстоятельныя изслѣдованія надъ питаніемъ плѣсени *Aspergillus niger* произведены Ролленомъ¹. Нормальная смѣсь Роллена состоитъ изъ:

воды	1500 гр.	кремлекислоты . . .	0,03 гр.
сахара	70 »	каль	0,40 »
вишюкамен. кислоты	10 »	магnezіи	0,20 »
амміака	2 »	окиси цинка	0,04 »
фосфорной кислоты .	0,40 »	окиси желѣза . . .	0,03 »
сѣрной кислоты . .	0,25 »		

Часто питаніе низшихъ организмовъ сопровождается явленіями броженія. Питаніе дрожжей будетъ поэтому разсмотрѣно въ главѣ о броженіяхъ. Питаніе высшихъ грибовъ изучено очень мало.

Относительно питанія цвѣтковыхъ безхлорофильныхъ растеній извѣстно почти только то, что одни изъ нихъ сапрофиты, другія паразиты. Первые питаются продуктами разложенія животныхъ и растеній; вторыя паразитируютъ на живыхъ растеніяхъ, присасываясь къ нимъ.

Питаніе готовыми органическими веществами можетъ идти параллельно съ ассимиляціей углерода изъ атмосферы. Это особенно рѣзко выражено у насѣкомоядныхъ растеній. Насѣкомоядныя растенія — зеленаго цвѣта и могутъ жить и размножаться только на счетъ атмосферной углекислоты, но въ то-же время они снабжены характерными приспособленіями для ловли и перевариванія насѣкомыхъ.

¹ Raulin. Annales d. sc. nat. 5 série. II tome, 1869, pag. 93.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Ассимиляция азота*.

§ 1. Атмосферный азотъ. Азотъ въ атмосферѣ находится въ видѣ свободного азота, составляющаго $\frac{1}{5}$ всей атмосферы, и въ видѣ амміака, находящагося въ ничтожномъ количествѣ. Опыты надъ ассимиляціей свободного атмосфернаго азота были произведены Бусенго (1851—1853). Бусенго бралъ сосуды съ прокаленнымъ пескомъ, прибавлялъ туда нѣсколько золы сѣмянъ того вида растеній, надъ которыми производился опытъ, и въ полученную почву, не содержащую азота,

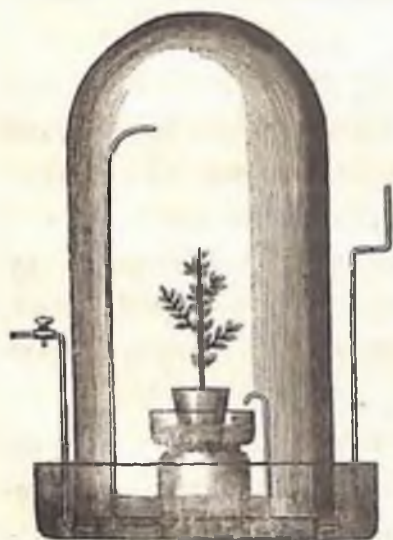


Рис. 6.

сѣять сѣмена различныхъ растеній. Эти сосуды помѣщались въ плоскія стеклянныя чашки и прикрывались большими стеклянными колпаками (рис. 6). Въ чашки наливалась сѣрная кислота, для предохраненія внутренней атмосферы отъ проникновенія туда амміака изъ воздуха. Подъ каждый колпакъ вводились двѣ стеклянныя трубки: одна для поливки растеній дистиллированной водою, другая для доставленія имъ нужнаго количества углекислоты. Приборы выставялись на-свѣтъ. Подъ колпаками кромѣ атмосфернаго азота другого источника

* Подробный сводъ работъ по ассимиляціи азота, вышедшихъ до 1879 года, находится у Grandcau, Cours d'agriculture de l'école forestière. Chimie et physiologie appliquées à l'agriculture et à la sylviculture. Paris. 1879.

азота для растений не было. Количество азота, бывшее въ сѣменахъ въ началѣ опыта, опредѣлялось путемъ анализа подобныхъ же сѣмянъ.

По окончаніи опыта (черезъ 2—3 мѣсяца) въ выросшихъ растеніяхъ опредѣлялось количество азота: прибыли не было. Отсюда слѣдуетъ, что атмосферный свободный азотъ цвѣтковыми растеніями, выросшими въ стерилизованной почвѣ, не усваивается.

Опыты надъ усвоеніемъ атмосфернаго амміака листьями цвѣтковыхъ растений были произведены Саксомъ (1860), Шлэзингомъ и Адольфомъ Мейеромъ. Результатъ получался положительный. Во всѣхъ опытахъ верхнія части растеній изолировались отъ почвы и получали амміакъ въ-видѣ углесаміачной соли. Всѣ органы подобныхъ растений оказались болѣе богатыми азотомъ, чѣмъ въ параллельныхъ опытахъ органы растеній, не получавшихъ амміака. Но въ естественныхъ условіяхъ этотъ способъ усвоенія азота почти не имѣетъ значенія, потому что амміака въ атмосферѣ очень мало. По изслѣдованіямъ Шлэзинга въ 100 куб. метрахъ воздуха амміака въ среднемъ находится около 2,3 миллиграмма.

§ 2. Почвенный азотъ. Въ почвѣ азотъ находится въ-видѣ различныхъ органическихъ соединеній, амміака и азотной кислоты. Опыты Бусенго и затѣмъ цѣлаго ряда агрономовъ доказали, что, во-первыхъ, весь свой азотъ всѣ растенія (за исключеніемъ бобовыхъ, о чемъ ниже) получаютъ изъ почвы и, во-вторыхъ, что всѣ три рода соединеній, въ-видѣ которыхъ азотъ находится въ почвѣ, могутъ служить источникомъ азота для растеній. Почва, бѣдная азотомъ и слѣдовательно мало плодородная, можетъ быть сдѣлана плодородною при удобреніи ея однимъ изъ трехъ родовъ азотистыхъ соединеній. Лучшіе и болѣе скорые результаты однако получаютъ только при введеніи азотнокислыхъ солей. Поэтому азотнокислыя соли считаются лучшимъ источникомъ азота для растеній.

Чтобы выяснитъ, всё ли азотистыя соединенія почвы прямо поглощаются растеніями, или предварительно подвергаются какому-либо измѣненію, для этого нужно обратиться къ изученію нѣкоторыхъ свойствъ почвы. По изслѣдованіямъ Бусенго въ одномъ килограммѣ почвы находятся слѣдующія количества азота:

Почвы:

	ЛИБРАУЕНВЕРГА.	НАНСИ.	МЕТТРА.
Азотъ органическій . . .	2,101 грамма	1,432	1,223
Азотъ амміачный . . .	0,019 »	0,004	0,004
Азотъ азотной кислоты. .	0,029 »	0,040	0,055.

Слѣдовательно въ почвахъ всего болѣе находится азота въ видѣ органическихъ соединеній — продуктовъ распаденія животныхъ и растительныхъ веществъ. Наименьшее же количество азота приходится на долю амміака. Амміакъ въ почвѣ — частью какъ продуктъ распаденія азотистыхъ органическихъ веществъ, частью же поглощается изъ атмосферы. По изслѣдованіямъ Шлёзинга почва, какъ сухая, такъ и влажная, сильно поглощаетъ амміакъ изъ атмосферы. Для сухой почвы впрочемъ скоро наступаетъ насыщеніе ея амміакомъ; для влажныхъ же почвъ такого насыщенія никогда не наступаетъ, потому что амміакъ по мѣрѣ его поглощенія превращается въ азотную кислоту. Поверхность почвы въ одинъ гектаръ можетъ поглотить въ годъ отъ 53 до 63 килограммовъ амміака.

Кромѣ органическаго и амміачнаго азота во всякой почвѣ находится еще азотная кислота. Она образуется въ почвѣ на счетъ другихъ азотистыхъ соединеній. Это было доказано точными опытами Бусенго. Определенныя количества влажной почвы, предварительно аналлизированной, были помѣщены въ очень большіе баллоны. Баллоны были закрыты въ 1859 году и вновь открыты только въ 1871 году. По окончаніи опыта,

находившаяся въ нихъ почва была снова подвергнута анализу. Результаты получились слѣдующіе:

		Весь азотъ.	Азотная кп- слота.	Азотъ азот- ной кислоты.
1-й опытъ	1860 г.	0,4722 гр.	0,0029 гр.	0,00075 гр.
—	1871 г.	0,4520 «	0,6178 «	0,16000 «
Разница		—0,0202 «	+0,6178 «	+0,15925 «
2-й опытъ	1860 г.	0,4722 «	0,0029 «	0,00075 «
—	1871 г.	0,4640 «	0,5620 «	—0,14570 «
Разница		—0,0082 «	+0,5591 «	+0,14495 «

Слѣдовательно азотная кислота образуется на счетъ другихъ находящихся въ почвѣ азотистыхъ соединений. Кромѣ того часть почвеннаго азота перешла за время опыта въ атмосферу баллона. Въ послѣдующихъ своихъ опытахъ Бусенго показалъ, что самыя разнообразныя органическія соединенія, введенныя въ почву, какъ-то — мясо, кровь, рога, кости, шерсть и т. д., могутъ служить источникомъ почвенной азотной кислоты. Слѣдовательно въ почвѣ существуютъ условія для перевода самыхъ разнообразныхъ азотистыхъ соединеній въ азотную кислоту.

Является теперь вопросъ, почему, азотной кислоты въ почвѣ мало, не смотря на постоянное образованіе ея. Отвѣтъ на это даютъ явленія поглощенія почвой различныхъ соединеній. Почва осаждаетъ въ себѣ различныя растворенныя вещества и задерживаетъ ихъ такимъ образомъ, что профильтрованный растворъ выходитъ изъ почвы обѣдѣвшимъ этими веществами. Первый обратившій вниманіе на эти явленія и оцѣнившій ихъ значеніе для земледѣлія былъ Броннеръ (1836). Онъ говорилъ: «Наполните бутылку, на днѣ которой сдѣлана маленькая дырочка, тонкимъ рѣчнымъ пескомъ или полусухую просѣянную садовую землей. Въ эту бутылку лейте постепенно густую и совершенно вонючую

навозную жижу до тѣхъ поръ, пока она не проникнетъ всю массу. Жидкость, вытекающая изъ нижняго отверстія, будетъ почти безъ запаха и безцвѣтна и потеряетъ всѣ свойства жижи». Болѣе подробное изученіе показало, что не всѣ соединенія могутъ задерживаться почвой; такъ, аммоніакъ и азотистыхъ соединеній опыты показали, что аммоніакъ соли задерживаются почвой, напротивъ — азотнокислыя соли ею вполне пропускаются. Эта особенность азотной кислоты — вымываться изъ почвы объясняетъ, почему она находится такъ въ небольшомъ количествѣ. Вся азотная кислота, не поглощенная растеніями, вымывается атмосферными осадками въ болѣе глубокія слои почвы. Итакъ, изъ различныхъ азотистыхъ соединеній, встрѣчающихся въ почвѣ, органическія азотистыя соединенія¹, а также и аммоніакъ составляютъ какъ-бы основной азотный капиталъ почвы и хорошо ею удерживаются. Эти соединенія постоянно окисляются въ азотную кислоту, служащую для питанія растеній.

§ 3. Явленія нитрификаціи въ почвѣ. Способность почвы нитрифицировать различныя азотистыя соединенія зависитъ отъ нѣсколькихъ условій. Одно изъ нихъ, какъ показалъ Шлѣзингъ, свободный доступъ въ почву кислорода воздуха. Одинаковыя количества почвы были помѣщены въ сосуды, чрезъ ко-

¹ Последнія изслѣдованія *Костычева* (Сельское Хозяйство и Лѣсоводство. Октябри, 1890. стр. 115) показали, что азотистыя органическія соединенія въ перегноѣ вовсе не принадлежать исключительно къ продуктамъ распаденія тѣла растеній и животныхъ, а принадлежать главнымъ образомъ къ группѣ бѣлковъ, т. е., другими словами, они входятъ въ составъ живыхъ организмовъ. Въ продуктахъ 12-мѣсячнаго разложенія листьевъ дуба всего азота оказалось 2,98%, отсюда на долю бѣлковъ 2,73% и на долю простѣйшихъ азотистыхъ соединеній только 0,25%. Эти опыты служатъ новымъ доказательствомъ, что процессы, совершающіеся въ почвѣ, не исключительно химическіе, а въ значительной степени фیزیологическіе. Почва, благодаря массѣ живущихъ въ ней микроорганизмовъ, представляетъ изъ себя что-то живое. Изслѣдованія того-же автора показали также, что и почвенный фосфоръ въ значительной степени входитъ въ составъ сложныхъ органическихъ соединеній, т. е. по вѣству въ составъ тѣла простѣйшихъ организмовъ.

торые пропускался токъ газа. Черезъ I сосудъ пропускался чистый азотъ; черезъ остальные — смѣсь изъ азота и кислорода, причемъ количество послѣдняго газа было различно въ смѣсяхъ, пропускаемыхъ черезъ отдѣльные сосуды.

Черезъ II сосудъ 6% кислорода.
 » III » 11% »
 » IV » 16% »
 » V » 21% »

Количество азотной кислоты, бывшей въ почвѣ въ началѣ и въ концѣ опыта, было опредѣлено:

	I.	II.	III.	IV.	V.
	миллиграммы:				
3-го іюля 1873 г.	00	263	286	267	289
18 ноября 1872 г.	64	64	64	64	64
Азотная кисл. исчезнувшая	68	»	»	»	»
» » образовавшаяся »		199	222	203	225

Слѣдовательно почва, не получавшая кислорода, потеряла всю бывшую въ ней азотную кислоту. Почвы же, получавшія кислородъ, напротивъ, образовали новыя количества азотной кислоты и тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе онѣ получали кислорода.

Явленія нитрификаціи въ почвѣ, какъ показали Шлѣзингъ и Мюнцъ (1877), вызываются дѣятельностью бактерій. Они брали широкую стеклянную трубку длиною въ одинъ метръ, наполняли ее пескомъ съ извѣстью и медленно фильтровали чрезъ нее клоачныя воды. По прошествіи нѣсколькихъ дней въ фильтратѣ была обнаружена азотная кислота. Послѣ прохожденія чрезъ трубку весь амміакъ клоачной воды оказался окисленнымъ. Чтобы выяснитъ—есть ли это окисленіе результатъ дѣйствія самой почвы, или вызывается дѣятельностью находящихся въ ней микроорганизмовъ, они подвергали трубку, съ находящеюся въ ней почвой, дѣйствію паровъ хлороформа. Послѣ этого нитрификація пре-

кращалась. Въ фильтратѣ вмѣсто азотной кислоты появлялся амніакъ. Такъ - какъ хлороформъ прекращаетъ дѣятельность только живыхъ организмовъ, не дѣйствуя ни на какіе химическіе процессы, не связанные съ жизнью, то отсюда Шлѣзингъ и Мюцъ выводятъ заключеніе, что нитрификація въ почвѣ есть результатъ дѣятельности микрѳорманизмовъ.

Послѣ многихъ попытокъ различныхъ изслѣдователей получить нитрифицирующіе организмы въ чистыхъ культурахъ это удалось наконецъ Виноградскому¹. Оказалось необходимымъ брать питательную среду очень бѣдную органическими веществами и лучше даже совсѣмъ лишенную ихъ. Виноградскій употреблялъ слѣдующій растворъ:

сѣрниокислаго амніака	1 граммъ
фосфорнокислаго калия	1 »
воды	1000 »

На каждые 100 куб. сантиметровъ этого раствора прибавлялось кромѣ того отъ 0,5 до 1 грамма основного углекислаго магнія. Послѣ зараженія этой жидкости, налитой довольно тонкимъ слоемъ въ кристаллизаціонную чашку, каплею жидкости, въ которой ранѣе была вызвана нитрификація, уже на 4-й день можно обнаружитъ при помощи дифениламина значительное образованіе азотной кислоты. Если зараженіе было сдѣлано не изъ чистой культуры, то въ жидкости оказывалось нѣсколько различныхъ видовъ организмовъ, но за исключеніемъ одного они не принимали участія въ нитрификаціи. Нитрифицирующія бактеріи всегда лежатъ на днѣ сосуда въ видѣ студенистой зооглеи въ тѣсномъ соприкосновеніи съ углекислою магнезійей. Эти-то бактеріи, полученныя Виноградскимъ въ чистыхъ культурахъ, и вызываютъ явленія нитрификаціи. Онѣ — эллипсоидальной формы, болѣе или менѣе вытянутой; молодыя же — почти шарообраз-

¹ Виноградскій, Recherches sur les organismes de la nitrification. (Annales de l'Institut Pasteur. Tome IV, № 4 и 5. 1890).

ной. Длина ихъ отъ 1,1 до 1,8 микромиллиметровъ, ширина отъ 0,9 до 1,0 микропл. Для этихъ бактерий Виноградскій предлагаетъ родовое названіе *Nitromonas*.

Главный интересъ работы Виноградскаго состоитъ въ томъ, что имъ была доказана возможность образованія органическаго вещества изъ веществъ неорганическихъ безцвѣтными организмами при полномъ отсутствіи свѣта. Употребляемая имъ питательная жидкость совсѣмъ не содержитъ органическаго вещества. Противъ случайныхъ примѣсей были приняты все предосторожности. Въ этой средѣ, послѣ зараженія ея каплей изъ чистой культуры нитромонадъ, получается быстрое размноженіе ихъ въ темнотѣ безъ выдѣленія кислорода. Нужная для жизненныхъ процессовъ сила доставляется отъ окисленія амміака. Источникомъ углерода служитъ углекислый магній. Что въ этомъ случаѣ дѣйствительно происходитъ накопленіе органическаго вещества, показываютъ сдѣланные Виноградскимъ количественныя опредѣленія углерода въ образовавшемся органическомъ веществѣ. Слѣдовательно этими опытами въ первый разъ констатировано очень важное явленіе, — возможность образованія органическаго вещества простѣйшими организмами безъ участія свѣта.

§ 4. Круговоротъ азота въ природѣ. На основаніи работъ Буссено, Шлѣзинга и Мюнца установилось мнѣніе, что все растенія усваиваютъ только связанный азотъ. Огромный же запасъ свободнаго азота въ атмосферѣ для нихъ не имѣетъ никакого значенія. Круговоротъ связаннаго азота въ природѣ Шлѣзингъ представляетъ такимъ образомъ. Азотная кислота, образовавшаяся въ почвѣ, поглощается растеніями и восстанавливается ими въ водородистыя соединенія азота: бѣлковыя и другія азотистыя органическія вещества, которыя въ свою очередь служатъ для питанія животныхъ. Въ концѣ концовъ эти водородистыя соединенія азота опять возвращаются почвѣ въ видѣ растительныхъ и животныхъ остатковъ и въ ней снова окисляются

въ азотную кислоту. Часть же почвенной азотной кислоты, не поглощенная растеніями, вымывается атмосферными осадками въ глубокіе слои почвы и наконецъ попадаетъ въ море, въ которомъ дѣятельностью живущихъ тамъ организмовъ превращается опять въ амміачныя соединенія. Выѣтъ съ водяными парами съ поверхности моря испаряется и амміакъ. Попавши въ атмосферу, онъ затѣмъ усваивается или листьями растеній, или почвой и слѣдовательно опять входитъ въ общій круговоротъ. Всѣ подобныя перемѣщенія связаннаго азота не вліяютъ на измѣненіе его количества въ природѣ. Но кромѣ того извѣстно, что нѣкоторые совершающіеся на землѣ процессы сопровождаются разрушеніемъ азотистыхъ соединеній, причемъ выдѣляется свободный азотъ. Такъ, извѣстно, что при горѣніи азотистыхъ органическихъ соединеній весь азотъ выдѣляется въ свободномъ состояніи. Разложеніе органическихъ соединеній въ почвѣ также сопровождается выдѣленіемъ свободного азота. Слѣдовательно, благодаря подобнымъ процессамъ, количество связаннаго азота въ природѣ уменьшается. Вслѣдствіе этого становятся понятны старанія многихъ ученыхъ найти такія явленія въ природѣ, которыя переводили бы атмосферный азотъ въ связанный. Азотъ принадлежитъ къ числу элементовъ, которые трудно вступаютъ въ соединенія съ другими. Химія даетъ намъ слѣдующія полученія связаннаго азота, которыя могли бы имѣть мѣсто въ природѣ.

- 1) При дѣйствіи ряда электрическихъ искръ азотъ соединяется съ кислородомъ (опытъ Кавендиша).
- 2) Подъ вліяніемъ такого электрическаго разряда органическія вещества присоединяютъ къ себѣ азотъ (Бертло).
- 3) При испареніи воды незначительная часть азота соединяется съ водородомъ воды и даетъ азотисто-амміачную соль (Шёпфейнъ).

Изъ этихъ трехъ случаевъ только первый имѣетъ значеніе, именно — образованіе связаннаго азота во время грозы.

Высказывались также предположенія, что, можетъ быть, сама почва можетъ усваивать атмосферный азотъ. Въ послѣднее время защитникомъ этого мнѣнія явился Бертелло¹. На основаніи своихъ многочисленныхъ опытовъ онъ считаетъ, что атмосферный азотъ можетъ усваиваться почвой при помощи находящихся въ ней микроорганизмовъ. Но Шлѣзингъ², также на основаніи своихъ опытовъ, отрицаетъ возможность подобнаго явленія. Слѣдовательно, въ настоящее время вопросъ объ ассимиляціи почвой атмосфернаго азота остается открытымъ. Если даже подобный процессъ дѣйствительно происходитъ, то количество получаемаго при этомъ связаннаго азота очень незначительно.

Наконецъ бобовыя растенія уже съ давнихъ поръ обращали на себя вниманіе нѣкоторыми особенностями относительно усвоенія азота. Но только изслѣдованія послѣдняго времени показали, что бобовыя могутъ усваивать атмосферный азотъ и слѣдовательно увеличивать количество связаннаго азота въ природѣ.

§ 5. Ассимиляція азота бобовыми растеніями. Всѣ бобовыя растенія могутъ развиваться вполне нормально и давать жатву богатую азотомъ, не получая никакихъ азотистыхъ удобреній. Это доказано точными изслѣдованіями Лоза и Гильберта (Lawes and Gilbert). Если нѣсколько лѣтъ подрядъ культивировать какой-либо злакъ или бобовое растеніе на одномъ и томъ-же полѣ, не давая никакихъ удобреній, то наконецъ количество азота въ собираемой жатвѣ, достигнувъ извѣстнаго минимума, будетъ держаться на немъ. Введеніе минеральныхъ удобреній, не содержащихъ азота, почти нисколько не улучшить дѣла относительно злаковъ. Количество азота въ жатвѣ будетъ держаться почти того-же минимума. Иначе идетъ дѣло

¹ Berthelot, Annales de chimie et de physique. VI série, XIII tome, pag. 5, 1888.

² Schloesing, Comptes rendus за послѣдніе годы.

съ бобовыми растеніями: послѣ введенія подобныхъ же минеральныхъ безазотистыхъ удобреній количество азота въ жатвѣ будетъ значительно повышено. Вотъ результаты ихъ изслѣдованій:

		Продолжительность о п ы т о в ъ.		Среднее количество азота на гектаръ въ годъ.
		Года.	С р о к и.	Килограммы.
П ш е н и ц а	безъ	8	1844 — 1851	28,25
		12	1852 — 1863	25,33
		12	1864 — 1875	17,82
	удобреніа	24	1852 — 1875	21,63
		32	1844 — 1875	23,20
Б о б ы	съ минераль- ными удобре- ніями.	12	1852 — 1863	30,26
		12	1864 — 1875	19,28
		24	1852 — 1875	24,77
	безъ	12	1847 — 1858	53,91
		12	1859 — 1870	16,36
		24	1847 — 1870	35,05
Б о б ы	съ минераль- ными удобре- ніями.	12	1847 — 1858	68,93
		12	1859 — 1870	33,06
		24	1847 — 1870	51,00

Слѣдовательно, введеніе минеральныхъ безазотистыхъ удобреній отразилось незначительнымъ увеличеніемъ количества азота въ жатвѣ пшеницы, — именно съ 23,20 килограмм. только на 24,77. Напротивъ, количество азота въ жатвѣ бобовъ при тѣхъ-же условіяхъ увеличилось очень значительно — съ 35,05 килограммовъ на 51,00. Слѣдовательно, бобовыя растенія развиваются нормально, не получая азотистыхъ удобреній.

Вопросъ — откуда получаютъ бобовыя растенія свой азотъ — рѣшенъ въ послѣднее время изслѣдованіями Гельригеля и

Вильфарта¹. Разница въ результатахъ опытовъ Вусенго, съ одной стороны, и Лоза и Гильберта съ другой объясняется тѣмъ, что первый употреблялъ стерилизованныя почвы, вторые же работали въ естественныхъ условіяхъ съ почвами не стерилизованными. Въ опытахъ Гельригеля и Вильфарта различныя бобовыя растенія развивались вполне нормально въ почвахъ не содержащихъ азотистыхъ соединений въ томъ случаѣ, если стеклянные сосуды съ почвой, въ которой росли растенія, не были предварительно стерилизованы. Въ стерилизованныхъ же безазотистыхъ почвахъ развитіе бобовыхъ растеній прекращалось вследствие недостатка въ азотѣ. Зараженіе стерилизованныхъ сосудовъ съ почвой небольшимъ количествомъ почвеннаго настоя давало въ результатѣ нормальное развитіе бобовыхъ растеній: они давали жатву богатую азотомъ. Прибавленіе же къ стерилизованной почвѣ почвеннаго настоя, предварительно прокипяченнаго, оставалось безъ всякаго результата: растенія недоразвивались и прибили азота въ жатвѣ не замѣчалось. Для приготовления почвеннаго настоя необходимо брать почву съ поля, занятаго тѣмъ растеніемъ, которое предполагается культивировать. Если, напримѣръ, предполагается опытъ надъ горохомъ, то и почву необходимо брать съ поля, бывшаго подъ горохомъ.

Корни бобовыхъ растеній, выросшихъ въ естественныхъ условіяхъ, всегда несутъ на себѣ въ значительномъ количествѣ небольшіе клубеньки. Изслѣдуя корни выращенныхъ ими бобовыхъ растеній Гельригель и Вильфартъ нашли, что клубеньки образуются только въ нестерилизованныхъ почвахъ, въ стерилизованныхъ же — только послѣ зараженія ихъ нестерилизованнымъ почвеннымъ настоемъ. Въ незараженныхъ стерилизованныхъ почвахъ клубеньки никогда не образуются.

¹ *Hellriegel und Wilfarth, Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen (Beilageheft zu der Zeitschrift des Vereins f. d. Rübenzucker-Industrie d. D. R. November. 1888).*

Еще Воронинъ¹, изслѣдуя клубеньки лютиновъ, нашелъ въ нихъ маленькія тѣльца, напоминающія бактерій, которыя въ водѣ оживали и начинали двигаться. Эти тѣльца онъ считалъ причиною, вызывающею образованіе клубеньковъ.

Гельригъ и Вильфартъ на основаніи своихъ опытовъ также приходятъ къ заключенію, что образованіе клубеньковъ есть результатъ симбіоза бобовыхъ растений съ низшими микроорганизмами, и что кромѣ того при помощи этихъ клубеньковъ бобовыя растенія усваиваютъ атмосферный азотъ.

Если сдѣлать поперечный разрѣзъ черезъ корень какого-либо бобоваго растенія въ мѣстѣ прикрѣпленія клубенька, то увидимъ, что главная масса клубенька состоитъ изъ паренхимной ткани (рис. 7). Внутреннія кѣтки сильно отличаются отъ болѣе наружныхъ.



Рис. 7.

Поперечный разрѣзъ чрезъ клубенькъ, *f*—сосудистые пучки корня, *a*—сосуд. пучки клубенька, *b*—бактеронидная ткань, *m, m*—молодые разрастающіеся концы бактеронидной ткани, *r*—кора корня.

Онѣ составляютъ такъ-называемую бактеронидную ткань, имѣютъ тонкія оболочки и переполнены массой бѣлаго вещества, которое въ молодыхъ клубенькахъ главнымъ образомъ состоитъ изъ палочекъ, сильно напоминающихъ бактерій. Въ болѣе старыхъ клубень-

кахъ эти палочки вѣтвисты. Онѣ называются бактеронидами. Кѣтки наружныхъ слоевъ паренхимы бѣды содержимымъ. Только кѣтки, прилегающія къ бактеронидной ткани, наполнены

¹ Воронинъ, Mémoires de l'Acad. de St.-Petersbourg. VII série, X tome. 1866.

крахмаломъ. Снаружи клубенькъ покрытъ слоемъ пробковой ткани. Отъ сосудистыхъ пучковъ корня отходятъ въ клубенькъ нѣсколько сосудистыхъ пучковъ.

Бейеринку¹ и Пражмовскому² удалось получить чистыя культуры бактерій, живущихъ въ клубенькахъ. Послѣ перенесенія въ питательный растворъ молодыхъ бактерій, или уже измѣненныхъ бактерій, такъ-называемыхъ бактериондовъ, онѣ начинаютъ дѣлиться и быстро размножаются. Вновь образовавшіеся организмы ничѣмъ не отличаются отъ обыкновенныхъ бактерій и также движутся, какъ и тѣ. Пражмовскій предлагаетъ имъ названіе *Bacterium radicola*. Исторія развитія клубеньковъ была изучена Пражмовскимъ на горохѣ. Черезъ нѣсколько дней послѣ зараженія стерилизованной почвы, въ которой находились молодые ростки гороха, чистою культурой *Bacterium radicola* можно замѣнить въ корневыхъ волоскахъ гороха группы бактерій. Затѣмъ группа бактерій покрывается оболочкой и образовавшійся комочъ начинаетъ выростать въ мѣшокъ, который идетъ черезъ весь волосокъ и входитъ въ кѣтки паренхимы корня, пронизывая ихъ оболочки. Послѣ вхожденія въ корень бактерійный мѣшокъ начинаетъ сильно вѣтвиться. Въ то-же время кѣтки паренхимы корня начинаютъ усиленно дѣлиться на той сторонѣ, гдѣ происходитъ разростаніе бактерійнаго мѣшка, вслѣдствіе чего эта часть выпячивается и даетъ клубенькъ. Вѣтви бактерійнаго мѣшка занимаютъ среднюю часть клубня, послѣ чего ихъ оболочки растворяются и освободившіеся бактеріи смѣшиваются съ содержимымъ кѣтокъ. Тогда подъ вліяніемъ кѣточного сока онѣ принимаютъ вѣтвистый видъ и превращаются въ бактерионды. Къ этому времени въ клубенькѣ образуются сосудистые пучки. Снустя нѣкоторое время бактериондная ткань начинаетъ опо-

¹ *Beyerinck. Bot. Zeitung. 1888, pag. 725.*

² *Prażmowski. Landw. Versuchs-Stationen. XXXVII. 1890, pag. 161.*

раживаться. Содержимое ея идетъ на питаніе растеній. Въ сохранившихся еще участкахъ бактерійнаго мѣшка бактеріи соединяются въ группы и покрываются твердою оболочкой. Образовавшіеся колоніи, очень похожія на споры, послѣ разрушенія клубенька высыпаются наружу и служатъ затѣмъ для зараженія корешковъ слѣдующею весной.

§ 6. Усвоеніе азота простѣйшими растеніями. Азотнокислыя соли, представляющія лучший источникъ азота для высшихъ зеленыхъ растеній, не годятся для питанія простѣйшихъ безхлорофильныхъ растеній, каковы наприѣръ бактеріи, дрожжи, плѣсени и прочіе грибы. Въ искусственныхъ культурахъ азотъ имъ доставляется или въ-видѣ сложныхъ органическихъ соединений, или по-крайней-мѣрѣ въ-видѣ амміачныхъ солей.

Выше (стр. 25) были уже указаны питательныя смѣси для подобныхъ организмовъ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

А с с и м и л я ц і я э л е м е н т о в ъ з о л и.

§ 1. Культуры въ искусственныхъ почвахъ. Въ составъ каждаго растенія и каждаго его органа кромѣ четырехъ органоеновъ — углерода, водорода, кислорода и азота — входитъ еще много другихъ элементовъ, такъ-называемыхъ элементовъ золи. При сжиганіи растеній четыре органоена улетучиваются, но постоянно остается болѣе или менѣе значительное количество золи. По Кюну среднее количество золи въ сухомъ веществѣ растеній равно 5%. Въ золяхъ различныхъ растеній найдены въ настоящее время слѣдующіе 31 элементъ: сѣра, фосфоръ, хлоръ, бромъ, іодъ, фторъ, боръ, кремній, калий, натрій,

литій, рубидій, магній, кальцій, стронцій, барій, цинкъ, ртуть, алюминій, талій, титанъ, олово, свинець, мышьякъ, селенъ, марганецъ, желѣзо, кобальтъ, никкель, мѣдь и серебро.

Культуры растений въ искусственно приготовленныхъ почвахъ показываютъ, что для правильнаго развитія растений необходимы только немногіе изъ перечисленныхъ элементовъ. Для искусственныхъ культуръ употребляютъ или твердый непитательный субстратъ, къ которому прибавляются различныя соли, или воду, также съ растворенными въ ней тѣми или другими соединеніями, это — водныя культуры. Твердымъ субстратомъ можетъ служить очищенный кварцевый песокъ, немза или уголь, а также мелко-изрѣзанная платиновая проволока; но послѣдняя очень дорога. Изъ названныхъ субстратовъ болѣе всего употребляется песокъ съ примѣсью различныхъ солей. Чаще же для рѣшенія вопроса о необходимости или ненадобности того или другого зольнаго элемента пользуются въ настоящее время водными культурами. Методъ водныхъ культуръ хорошо разработанъ цѣлымъ рядомъ изслѣдователей, особенно же Кнопомъ и Ноббе¹.

На основаніи культуръ въ искусственныхъ почвахъ оказалось, что для развитія растений нужно присутствіе только слѣдующихъ элементовъ: азота, сѣры, фосфора, калия, кальція, магнія и желѣза, а иногда также и хлора. Эти элементы вводятся въ воду въ такомъ количествѣ:

1 часть KNO_3
 1 — KH_2PO_4
 1 — MgSO_4
 4 части $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Къ раствору этихъ соединеній затѣмъ прибавляется немного фосфорнокислаго желѣза. Хотя азотъ не входитъ въ составъ золы,

¹ Knop, Kreislauf des Stoff's. Leipzig, 1868. pag. 572—663.

но его необходимо прибавлять для правильнаго развитія растений, потому что, какъ показали изслѣдованія надъ ассимиляціей азота, растенія получаютъ свой азотъ изъ почвы. Смѣсь, приготовленная такимъ образомъ для водныхъ культуръ, называется кноповскою смѣсью. Растворы должны быть очень слабы. Сначала для молодыхъ еще растеній употребляются 0,1% раствора. Затѣмъ съ возрастомъ растеній можно употреблять болѣе крѣпкіе растворы до 0,5%. Сѣмена, предназначенныя для культуры, проращиваютъ на канѣ, натянутой надъ сосудомъ съ дистиллированной водой. Послѣ появленія небольшого корешка, растеніица переносятъ въ растворъ минеральныхъ солей. Въ растворъ погружается только корень. Растеніице закрѣпляется въ разрывѣ пробки посредствомъ ваты и вставляется въ горло стеклянаго сосуда, содержащаго растворъ солей. Стеклянный сосудъ долженъ быть защищенъ отъ свѣта, иначе въ немъ разовьются водоросли и другіе организмы. Для этой цѣли сосудъ помещается въ цилиндръ изъ картона, пространство же между горлышкомъ и стѣнками цилиндра закладывается ватой. Во время культуры необходимо слѣдить, чтобы растворъ не сдѣлался щелочнымъ. Для уничтоженія щелочной реакціи прибавляется немного слабаго раствора фосфорной кислоты, пока жидкость не сдѣлается слабо кислотною.

При соблюденіи всѣхъ предосторожностей можно въ водныхъ культурахъ выращивать нормальныя растенія, которыя цвѣтутъ и приносятъ плоды.

§ 2. Значеніе необходимыхъ элементовъ золы. Относительно значенія отдѣльныхъ элементовъ золы извѣстно только очень немногое; о многихъ изъ нихъ извѣстно только то, что они необходимы, потому что отсутствіе въ почвѣ одного изъ такихъ элементовъ отражается прекращеніемъ роста растеній. Рисунокъ 8-й дастъ два экземпляра гречихи, изъ

которыхъ одинъ (А) выращенъ въ растворѣ, содержащемъ всѣ необходимыя зольныя элементы, и имѣетъ вполне здоровый видъ. Другой экземпляръ (В) выращенъ въ растворѣ, не содержащемъ калия, и остался маленькимъ недоразвитымъ. Разница очень большая, хотя въ сухомъ веществѣ гречихи, выросшей при нормальныхъ условіяхъ, всего около 2,5% калия. Сѣра принадлежитъ къ числу необходимыхъ элементовъ, потому-что она входитъ въ составъ самыхъ существенныхъ веществъ, находящихся въ растеніяхъ, именно—бѣлковыхъ веществъ. Вводить въ питательный растворъ сѣру нужно въ видѣ сѣрнистыхъ солей одного изъ необходимыхъ для растеній оснований. Всѣ прочія сѣрнистыя соединения вредны для растеній.



Рис. 8.

Фосфоръ также принадлежитъ къ необходимымъ элементамъ. Онъ входитъ въ составъ нуклеиновъ — особой группы бѣлковыхъ веществъ. Вводить въ растворъ его можно только въ видѣ солей трехосновной фосфорной кислоты. Другія соединения фосфора вредны для растеній.

Безъ хлора большинство растеній можетъ обойтись. Въ опытахъ Ноббе гречиха безъ хлора недоразвивалась. Изслѣдованіе листьевъ ея показало, что они переполнены крахмаломъ. По мнѣнію Ноббе, хлоръ способствуетъ перемѣщенію углеводовъ изъ листьевъ въ остальные органы растеній. Кнопю же удавалось по-

лучать правильно развитые экземпляры гречихи въ растворахъ, не содержащихъ хлора. Слѣдовательно, вопросъ о значеніи хлора еще не рѣшенъ. Поэтому, если мы имѣемъ дѣло съ культурою, еще неизслѣдованною относительно хлора, то лучше вводить хлоръ въ питательный растворъ. Вводить его слѣдуетъ лучше всего въ видѣ хлористаго калия. Наблюденія сельскихъ хозяевъ говорятъ за то, что въ естественныхъ условіяхъ хлоръ оказываетъ вліяніе на распредѣленіе углеводовъ. Картофель, выращенный на почвѣ богатой хлоромъ, бѣднѣ крахмаломъ, чѣмъ выращенный на почвѣ бѣдной хлоромъ. При культурѣ картофеля для крахмального производства слѣдуетъ избѣгать хлористыхъ удобреній¹.

Кремній во многихъ растеніяхъ находится въ очень большомъ количествѣ. Тѣмъ не менѣе всѣ опыты надъ искусственными культурами различныхъ растеній показываютъ, что даже злаки могутъ совсѣмъ обходиться безъ кремнія. Полеганіе хлѣбовъ, приписывавшееся прежде недостатку кремнія, есть слѣдствіе недостатка свѣта отъ излишней густоты посѣва. Анатомическое изслѣдованіе стеблей полегающаго хлѣба показываетъ, что они имѣютъ всѣ особенности строенія этиолированныхъ стеблей².

Калий принадлежитъ къ числу необходимыхъ элементовъ. Онъ сопровождаетъ углеводы. Поэтому принимается, что онъ способствуетъ ихъ перемѣщенію.

Кальцій также необходимъ для растеній и главнымъ образомъ необходимъ для правильнаго развитія листьевъ. Незеленныя растенія (грибы) могутъ обходиться безъ кальція.

Магній необходимъ для растеній. Онъ сопровождаетъ бѣлковыя вещества.

¹ Бурдигъ, Искусственные преимущественно азотистыя удобрения. Варшава, 1888.

² L. Koch, Abnorme Aenderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung. Berlin.

Наконецъ, желѣзо — необходимый элементъ для растеній. Безъ желѣза нѣтъ хлорофилла. Но смотря на присутствіе свѣта, при этихъ условіяхъ вырастаютъ блѣдныя хлоротическія растенія.

§ 3. Анализы золы различныхъ растеній. Для уясненія значенія отдѣльныхъ элементовъ золы, кромѣ культуръ въ искусственныхъ почвахъ, имѣютъ большое значеніе анализы золы различныхъ растеній, выросшихъ при естественныхъ условіяхъ. Подобныхъ анализовъ сдѣлано очень много. Изученіе ихъ въ настоящее время очень облегчено благодаря книгѣ Вольфа¹, въ которой собраны и приведены въ систему все анализы, сдѣланные до 1880 года.

Изученіе анализовъ золы цѣлыхъ растеній показываетъ, что различные зольные элементы входятъ въ составъ растеній не въ одинаковомъ количествѣ. Сельскіе хозяева, напримѣръ, различаютъ даже три группы культурныхъ растеній: кремнеземистыя, известковыя и поташныя, смотря по тому, какой изъ названныхъ элементовъ преобладаетъ въ нихъ. Слѣдующая таблица² (по Либиху) даетъ результатъ анализовъ нѣсколькихъ растеній, принадлежащихъ къ тремъ названнымъ группамъ.

Названіе растеній.	Соли калия и натрия.	Соли кальція и магнія.	Кремнеземъ.
Кремнеземистыя растенія.			
Овсяная солома и зерно	34,00%	4,00%	62,08%
Солома пшеницы	22,00	7,20	61,05
Ячменная солома съ зерномъ.	19,00	25,70	55,03
Ржаная солома	18,65	16,52	63,89

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

² Взята изъ *Фалминциана*, Обмѣлъ веществъ и превращеніе энергій въ растеніяхъ. Петербургъ. 1883. стр. 117.

Известковые растенія.	Соли калия и натрия.	Соли кальция и магния.	Кремнеземъ.
Табакъ гаванскій . . .	24,34	67,44	8,30
— нѣмецкій . . .	23,07	62,23	15,25
— выросшій на песку- ственной почвѣ . . .	29,00	59,00	12,00
Стебель и листья гороха .	27,82	63,74	7,81
Луговой клеверъ . . .	39,20	56,00	4,90

Поташные растенія.

Солома кукурузы . . .	71,80	6,5	18,00
Турнепсъ . . .	81,60	18,40	—
Свекловица . . .	88,80	12,00	—
Земляная груша . . .	84,30	15,70	—

По количеству золы различныя растенія также сильно различаются между собой. Самыя богатая золой — это водныя растенія. Древесныя растенія — наиболѣе бѣдны золой. Травянистыя растенія занимають среднее мѣсто.

Чистая зола.	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl
-----------------	------------------	-------------------	-----	-----	--------------------------------	-------------------------------	-----------------	------------------	----

Chara foetida.

39,08	0,40	0,28	96,23	1,39	0,28	0,28	0,49	0,58	0,09
-------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------

Fagus sylvatica.

Древесина .	0,355	14,58	1,95	60,25	4,53	2,30	2,78	3,56	10,04	—
Кора . .	5,86	5,13	0,14	83,44	3,62	0,72	2,10	1,08	3,76	—
Листья . .	5,14	21,83	3,26	44,37	7,29	2,37	7,83	2,49	10,56	—

Такое распределеніе золы показываетъ, что она не случайная примѣсь. Наиболѣе богаты золой тѣ растенія, въ которыхъ преобладаютъ живыя, дѣятельныя клѣтки, какъ, на примѣръ, водоросли, въ букѣ — листья и кора. Въ клѣткахъ отмершихъ количество золы значительно меньше. Твердая древесина бука во много разъ бѣднѣе золой, чѣмъ сухое вещество живыхъ клѣтокъ листьевъ.

Въ различныхъ органахъ одного и того-же растенія находится различное количество золы. Листья богаче золой, чѣмъ стебли и корни. Отдѣльные зольные элементы также входятъ въ различныхъ количествахъ; кальцій, напримѣръ, значительно преобладаетъ въ листьяхъ.

Cynara Scolymus.

Органы.	Чистая зола.	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	SiO ₂	Cl
Корень. .	9,87	66,89	—	3,79	1,48	0,51	19,28	4,28	1,72	2,64
Стебель. .	3,28	51,47	4,19	27,22	2,56	1,18	4,00	4,33	2,02	3,81
Листъ . .	21,41	9,00	6,19	53,07	2,57	1,51	0,81	2,92	22,80	1,46

Одинъ и тотъ-же органъ въ различныхъ стадіяхъ развитія имѣетъ различное количество и различный составъ золы. Количество золы въ листьяхъ съ возрастомъ увеличивается; наоборотъ, количество золы въ стебляхъ и корняхъ съ возрастомъ уменьшается. Послѣдній фактъ объясняется тѣмъ, что въ стебляхъ и корняхъ съ возрастомъ увеличивается количество отмершихъ кѣлокъ, всегда болѣе бѣдныхъ золой.

Corylus Avellana.

Корни въ 0,5 миллим. въ діаметръ	содержатъ	4,30%	золы.
» » 1,0 »	»	»	3,00 »
» » 30,0 »	»	»	2,00 »
» 100,0 »	»	»	1,50 »

Листья *Fagus sylvatica.*

Время.	Чистая зола.	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₅	P ₂ O ₅	SiO ₂
16 мая . .	4,16	42,11	3,24	13,83	4,36	0,83	32,43	1,62
18 июля. .	4,73	17,15	3,74	42,34	5,63	1,45	8,29	21,39
15 октября	7,12	7,15	1,50	50,66	4,12	1,39	5,13	30,50

Приведенный анализъ листьевъ бука показывать, какъ сильно пзмѣняется съ возрастомъ содержаніе отдѣльныхъ элементовъ

зола. Количество однихъ элементовъ — кальція и кремнія — съ возрастомъ сильно увеличивается, въ то-же время количество другихъ — калия и фосфора — сильно уменьшается.

Вообще калий и фосфоръ принадлежатъ къ элементамъ, преобладающимъ въ молодыхъ клеткахъ, богатыхъ бѣлковыми веществами. Съ возрастомъ растений они въ значительной степени замѣняются другими элементами. Ограбовавши въ однихъ клеткахъ они переходятъ затѣмъ въ слѣдующія вновь образовавшіеся клетки. Растеніе поступаетъ такимъ образомъ очень экономно относительно наиболѣе важныхъ зольныхъ элементовъ, тѣмъ болѣе что эти-же элементы принадлежатъ къ числу находящихся въ почвѣ въ наименьшемъ количествѣ.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Поступленіе веществъ въ растенія.

§ 1. Вещества, поступающія въ растенія. Вышеизложенныя изслѣдованія показываютъ, что растенія нуждаются въ немногихъ неорганическихъ веществахъ для построения изъ нихъ своего тѣла. Эти необходимыя вещества — CO_2 , H_2O и нѣкоторые растворенные въ почвенной водѣ элементы (N, S, P, K, Ca, Mg, Fe). Изъ нихъ при помощи солнечнаго свѣта растенія (зеленыя) строятъ всѣ разнообразныя органическія вещества, находящіяся въ нихъ. Кромѣ названныхъ веществъ растенія поглощаютъ еще одно — кислородъ воздуха. Поступленіе его служитъ не для увеличенія сухого вещества растеній, какъ поступленіе остальныхъ названныхъ веществъ, наоборотъ — оно сопровождается выдѣленіемъ углекислоты и воды и слѣдовательно тратой

вещества растеній: часть вещества сжигается. Это — процессъ дыханія, который будетъ разсмотрѣнъ ниже.

Слѣдовательно, въ растенія одни вещества поступаютъ въ газообразномъ видѣ, это — углекислота и кислородъ атмосферы, другія, какъ почвенная вода и растворенные въ ней элементы съ азотомъ включительно, — въ жидкомъ. Растенія состоятъ изъ клѣтокъ, покрытыхъ оболочками. Какъ жидкя, такъ и газообразныя вещества, чтобы попасть въ растенія, должны, слѣдовательно, пройти чрезъ оболочки. Поэтому механизмъ поступленія веществъ въ растенія сводится на прохожденіе газовъ и жидкостей чрезъ оболочки.

§ 2. Поступленіе газовъ. Газы, раздѣленные перегородкой, смѣшиваются черезъ нее. Здѣсь нужно различать два случая. Одинъ, — когда перегородка, раздѣляющая газы (какъ напримѣръ неглазурованная пластинка изъ слабо обожженной глины), относится къ нимъ совершенно индифферентно. Это — диффузія газовъ. Другой случай, — когда перегородка притягиваетъ или растворяетъ проходящіе черезъ нее газы. Прохожденіе газовъ черезъ подобныя перегородки (въ этомъ случаѣ уже перепонки — каучуковая, влажная оболочка бычачьяго пузыря и т. п.) называется діализомъ или осмосомъ газовъ.

При диффузии скорость зависитъ отъ плотностей диффундируемыхъ газовъ. Скорость диффузии обратно пропорціональна квадрату корню изъ плотностей диффундируемыхъ газовъ. Такъ какъ, напримѣръ, плотность водорода равна 1, плотность кислорода = 16, то скорости диффузии этихъ газовъ относятся между собой какъ 1 : 4, т. е. водородъ въ 4 раза будетъ проходить быстрее черезъ перегородку, чѣмъ кислородъ.

При осмосѣ газовъ плотности ихъ не имѣютъ значенія. Скорости осмоса газовъ прямо пропорціональны коэффициенту растворимости ихъ въ веществѣ данной перепонки. При поступленіи газовъ въ растеніе имѣетъ мѣсто не диффузія, а осмосъ газовъ,

потому что оболочки клеток пропитаны водой. Поэтому углекислота, которая, на основании закона диффузии газовъ, поступала бы въ растенія медленнѣе всѣхъ остальныхъ газовъ атмосферы, по закону осмоса газовъ поступаетъ быстрѣе ихъ, потому что она обладаетъ наибольшою растворимостью въ водѣ, а слѣдовательно и въ оболочкахъ, пропитанныхъ водой. Такимъ образомъ, благодаря тому, что углекислота поступаетъ въ растенія по закону осмоса, она поступаетъ въ достаточномъ количествѣ, не смотря на малое содержаніе ея въ атмосферѣ.

Растенія снабжены различными приспособленіями для лучшаго поступленія въ нихъ газовъ. Сюда относятся — устьица, чечевички и многочисленныя воздухоносныя ходы, пересекающіе въ различныхъ направленіяхъ различные органы растеній.

Относительно прохожденія газовъ черезъ различные растительныя оболочки имѣется много изслѣдованій, изъ которыхъ позднѣйшія и болѣе обстоятельныя принадлежатъ Визнеру и Молишу¹. Для опытовъ они брали прямыя стекляныя трубки съ внутреннимъ діаметромъ въ 6 миллиметровъ и длиною отъ 50 до 100 сантиметровъ. Сухія растительныя ткани наклеивались на одинъ конецъ трубки при помощи сургуча. Послѣдній сверху смазывался еще смѣсью изъ одной вѣсовой части камфолы и двухъ частей воска. Для зажиманія мягкихъ сочныхъ тканей, на трубку навивался металлическій наконечникъ съ отверстіемъ. Для предохраненія отъ раздавливанія, растительныя ткани перекладывались каучуковыми кружками, также снабженными отверстіями. Такія трубки осторожно наполнялись ртутью, смотря по надобности, вполне или отчасти. Затѣмъ открытый конецъ зажимался пальцемъ, опускался въ наполненный ртутью сосудъ и трубка закрѣплялась въ вертикальномъ положеніи. Черезъ нѣсколько времени опредѣлялось — опустилась, или нѣтъ, ртуть въ трубкѣ.

¹ Wiesner und Molisch, Sitzungsber. Wiener Akad. Math.-Naturw. Classe. XCVIII Band. 1 Abtheilung. 1890.

Для примѣра — одинъ опытъ съ перидермой березы. Взята бѣлая кожица, толщиною въ 0,09 миллим. Длина ртутнаго столба въ трубкѣ равна 400 миллим. Опытъ продолжался 14 дней. Высота ртутнаго столба въ началѣ и концѣ опыта, приведенная къ одинаковой температурѣ и нормальному стоянію барометра, оказалась одинаковою.

На основаніи ряда подобныхъ опытовъ, Визнеръ и Молишъ заключаютъ:

1) Растительныя оболочки не допускаютъ фильтраціи газовъ подѣ давленіемъ ни въ живомъ, ни въ мертвомъ, ни въ сухомъ, ни во влажномъ состояніи.

2) Протоплазма и водянистое содержимое кѣтокъ также не пропускаютъ газовъ подѣ давленіемъ, такъ-что черезъ замкнутую ткань, состоящую изъ плотно соединенныхъ кѣтокъ, воздухъ не профильтровывается¹.

Для опытовъ надѣ диффузіей и осмосомъ газовъ черезъ растительныя оболочки употреблялись такія-же трубки, наполненныя ртутью, но въ которыхъ ртуть замѣнялась различными газами. Оболочки употреблялись сухія и смоченныя водою. Скорость диффузіи или осмоса измѣрялась быстротою поднятія ртути въ трубкахъ.

Для примѣра — опытъ съ перидермой, снятой съ картофельнаго клубня. 2 трубки, наполненныя углекислотою; одна трубка закрыта сухою, другая влажною перидермой. Въ продолженіи 30-ти дней ртуть поднялась въ трубкѣ съ сухою перидермой только на 5 миллиметр., въ трубкѣ же съ влажною перидермой — на 40 миллиметр.

На основаніи ряда подобныхъ опытовъ, авторы приходятъ къ слѣдующимъ выводамъ:

¹ Эти опыты объясняютъ возможность отрицательнаго давленія воздуха въ древесствѣ, о чемъ ниже.

1) Отъ клѣтки къ клѣткамъ движеніе газовъ по растенію идетъ только путемъ диффузіи (въ широкомъ смыслѣ, включая осмосъ). Въ тканяхъ, снабженныхъ межклеточными ходами, — также черезъ послѣдніе.

2) Черезъ всякую клеточную оболочку газъ тѣмъ легче диффундируетъ, чѣмъ болѣе она пропитана водой. Съ наибольшею скоростью диффундируютъ газы черезъ оболочки водорослей и вообще подводныхъ тканей.

3) Неодревеснѣвшія и неопробкованныя оболочки въ сухомъ состояніи не пропускаютъ газовъ путемъ диффузіи. Напротивъ, черезъ опробкованныя и одревеснѣвшія оболочки возможенъ діализъ газовъ и въ сухомъ состояніи ихъ.

4) Черезъ растительныя оболочки углекислота диффундируетъ быстрѣе, чѣмъ водородъ, послѣдній быстрѣе, чѣмъ кислородъ.

5) Углекислота диффундируетъ изъ растительныхъ клѣтокъ быстрѣе въ воздухъ, чѣмъ въ воду.

§ 3. Поступленіе жидкостей. Явленіе смѣшиванія жидкостей — болѣе сложное явленіе, чѣмъ смѣшиваніе газовъ. Не все жидкости могутъ смѣшиваться между собой (масло и вода). При смѣшиваніи жидкостей черезъ перегородку нужно такъ-же, какъ и относительно газовъ, различать диффузію и осмосъ жидкостей. При поступленіи жидкостей въ растенія, мы имѣемъ дѣло только съ осмосомъ, потому-что клеточныя оболочки и кожистый слой протоплазмы оказываютъ вліяніе на проходящія черезъ нихъ жидкости. Осмосъ жидкостей былъ открытъ Дютроше (1836 г.). Наблюдая выходеніе зооспоръ, онъ объяснялъ себѣ разрывъ оболочки зооспорангія тѣмъ, что въ извѣстное время наступаетъ усиленный притокъ воды внутрь зооспорангія и что этотъ притокъ вызванъ нѣкоторыми веществами, находящимися внутри его и притягивающими воду. Если наполнить животный пузырь растворомъ сахара или какой-либо соли и помѣстить въ воду, то произойдетъ усиленный притокъ воды внутрь пузыря и дѣло можетъ кон-

читься разрывомъ пузыря. Та-же причина производить и разрывъ зооспорангій. Поступленіе жидкости внутрь пузыря называется эндосмосомъ; выходеніе — экзосмосомъ. Теорія осмоса дана Брюкке (1843 г.). Эта теорія состоитъ въ томъ, что, при смѣшиваніи двухъ жидкостей черезъ перепонку, проходитъ быстрее та жидкость, которая лучше смачиваетъ данную перепонку, или, другими словами, въ которой данная перепонка лучше разбухаетъ. Плотность жидкостей въ этомъ случаѣ не имѣетъ значенія. Если, напримѣръ, взять спиртъ и воду, раздѣленные перегородкой каучуковою или коллодіальною, то прибыль жидкости будетъ на сторонѣ воды, т. е. спиртъ будетъ проходить черезъ перепонку быстрее, чѣмъ вода. Если же взять перепонку изъ животнаго пузыря, то получится обратное явленіе: прибыль будетъ на сторонѣ спирта, потому что въ этомъ случаѣ вода будетъ проходить быстрее, чѣмъ спиртъ. Каучуковая и коллодіальная перепонки смачиваются спиртомъ и разбухаютъ въ немъ лучше, чѣмъ въ водѣ, и спиртъ поэтому проходитъ черезъ нихъ быстрее. Напротивъ, перепонка изъ бычачьяго пузыря разбухаетъ въ водѣ, въ спиртѣ же сжимается, поэтому черезъ нее вода проходитъ быстрее, чѣмъ спиртъ. Въ чистой водѣ животный пузырь разбухаетъ лучше, чѣмъ въ соляныхъ растворахъ, поэтому вода проходитъ быстрее, чѣмъ соли. Далѣе, Людвигъ¹ показалъ, что сухіе куски пузыря, опущенные въ растворъ глауберовой или поваренной соли, разбухая въ немъ, поглощаютъ растворъ болѣе слабый, чѣмъ тотъ, который ихъ окружаетъ. Выжимая затѣмъ въ ручномъ прессѣ поглощенный пузыремъ соляной растворъ, Людвигъ нашелъ концентрацію его выше, чѣмъ средняя концентрація раствора, содержавшагося въ порахъ пузыря. Факты эти доказываютъ, что притяженіе перепонки къ водѣ сильнѣе, чѣмъ къ соли, растворенной въ ней, и далѣе, что вслѣдствіе этого-же

¹ Ludwig, Poggendorff's Annalen. Band 154.

притяженіи, концентрація солянаго раствора въ порахъ перепонки увеличивается съ удаленіемъ отъ стѣнокъ этихъ поръ.

Для изученія осмоса жидкостей употребляются различные приборы — осмометры. На рисункѣ 9-мъ изображенъ осмометръ Ба-

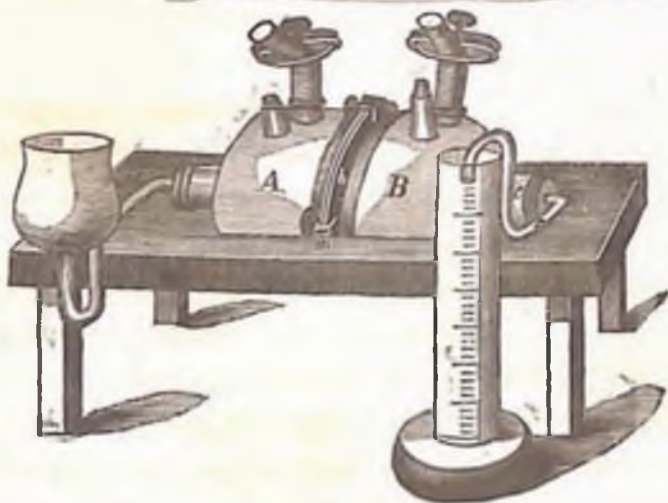


Рис. 9.

ранецкаго¹. Онъ состоитъ изъ двухъ сосудовъ *A* и *B*, между которыми зажата перепонка. Въ сосудъ *B* вливается растворъ, объемъ котораго долженъ увеличиваться, и вытекающая жидкость собирается въ цилиндръ. Уровни жидкостей въ воронкѣ и въ трубкѣ, служащей для вытекания жидкости, должны поддерживаться на одинаковой высотѣ.

Опыты надъ осмосомъ жидкостей черезъ перепонки показываютъ, что всѣ растворимыя въ водѣ вещества, по ихъ отношенію къ перепонкамъ, распадаются на двѣ группы. Одни — кристаллоиды могутъ проходить черезъ перепонки, другія — коллоиды черезъ перепонки совсѣмъ не проходятъ. На этомъ свойствѣ основанъ даже способъ полученія коллоидальныхъ веществъ въ чистомъ видѣ при помощи діализатора. Такъ-какъ многія изъ веществъ,

¹ Баранецкій, Исследования надъ діосмосомъ по отношенію его къ растеніямъ. С.-Петербургъ. 1870.

входящихъ въ составъ растительной кѣлки,—коллоиды, то, конечно, вымываться изъ кѣлокъ они не могутъ.

Прохожденіе жидкостей черезъ перепонки продолжается до тѣхъ поръ, пока концентрація по обѣ стороны перепонки не будетъ одинаковою. Тотъ фактъ, что растенія могутъ изъ очень слабыхъ растворовъ выбирать нужные имъ элементы и накапливать ихъ въ себѣ, нисколько не протпворѣчитъ ученію объ осмосѣ. Такъ-называемая избирательная способность корня объясняется тѣмъ, что всѣ вещества, ненужныя для растенія, хотя они и находились бы въ окружающемъ корни растворѣ въ значительномъ количествѣ, будутъ поступать внутрь корневыхъ кѣлокъ, пока не наступитъ равновѣсіе въ концентраціяхъ этого вещества внутри и внѣ кѣлокъ; напротивъ, вещества, необходимыя для растенія, хотя они и были бы въ окружающей растеніе средѣ въ ничтожномъ количествѣ, накаплиются въ немъ въ-силу того, что эти вещества, входя въ кѣтку, сейчасъ-же пойдутъ въ дѣло, послужатъ для образованія новыхъ соединеній. Это вызоветъ поступленіе новыхъ количествъ того-же вещества и снова оно будетъ потреблено растеніемъ и т. д. Пояснительнымъ примѣромъ можетъ служить опытъ съ образованіемъ чернилъ внутри искусственной кѣлки. Если взять мѣшокъ изъ пузыря или изъ коллодія, наполнить его растворомъ танинна и опустить въ сосудъ съ растворомъ хлорнаго желѣза, то танинъ, какъ коллоидъ, выходитъ изъ искусственной кѣлки не будетъ, напротивъ, хлорное желѣзо будетъ входить внутрь мѣшка и давать съ таниномъ чернила, которыя также коллоидальное вещество и паружу выходить не будутъ. Вслѣдствіе постоянного потребленія входящаго хлорнаго желѣза на образованіе чернилъ, равновѣсіе въ концентраціи хлорнаго желѣза внутри и внѣ кѣлки наступить не можетъ. При достаточномъ количествѣ танинна, можно извлечь все хлорное желѣзо изъ сосуда. Такимъ-же обра-

зомъ и растеній своими корнями могутъ начисто извлекать изъ растворовъ необходимыя для нихъ вещества.

Для опытовъ надъ осмосомъ употребляются перепонки изъ животнаго пузыря, растительнаго пергамента, коллодія и такъ-называемыя осадочныя перепонки. Изъ коллодіальныхъ перепонокъ, обрабатывая ихъ растворомъ хлористаго желѣза, можно получать клѣтчатковыя перепонки, дающія реакцію съ хлорцинкідомъ¹. Изъ перечисленныхъ искусственныхъ перепонокъ, къ клѣточнымъ оболочкамъ ближе всего стоитъ, по своимъ осмотическимъ свойствамъ, животный пузырь. Осадочныя же перепонки, по своимъ свойствамъ, напоминаютъ кожистый слой протоплазмы: онѣ трудно пропускаютъ различныя вещества и способны вызывать сильное осмотическое давленіе. Если взять животный пузырь, наполненный растворомъ какой-либо соли, и положить въ воду, то, вслѣдствіе усиленнаго притока воды внутрь пузыря, онъ будетъ растягиваться и можетъ лопнуть. Давленіе, оказываемое на стѣнки пузыря находящеюся внутри его жидкостью, называется осмотическимъ давленіемъ. Наиболѣе сильное осмотическое давленіе вызывается при употребленіи осадочныхъ перепонокъ. Для опытовъ съ ними необходимо, въ-виду ихъ малой прочности, поддерживать ихъ постороннимъ тѣломъ. Пфефферъ² употребляетъ для этой цѣли пористые глиняные сосуды отъ гальваническихъ элементовъ. Если наполнить сосудъ растворомъ мѣднаго купороса и погрузить его въ растворъ желѣзисто-синеродистаго калия, то въ порахъ стѣнокъ глинянаго сосуда получится перепонка желѣзисто-синеродистой мѣди. Можно готовить осадочныя перепонки и изъ другихъ веществъ, напримѣръ изъ кремническаго желѣза. Для опытовъ надъ силой осмотическаго давленія сосудъ, замкнутый осадочною или иною перепонкой, наполняется изслѣ-

¹ Баранецкій, L. c.

² Pfeffer, Osmotische Untersuchungen. 1877.

двумя растворами, соединяется съ ртутнымъ манометромъ и опускается въ воду. О силѣ осмотическаго давленія заключается по высотѣ ртутнаго столба въ манометрѣ.

Высота ртути въ манометрахъ.

	Растительный пергаментъ.	Животный пузырь.	Перепонокъ изъ жел.-снѣ. мѣди.
Гумми-арабикумъ	17,9 сантим.	13,2 сантим.	25,9 сантим.
Желатина	21,3 »	15,4 »	23,7 »
Тростниковый сахаръ.	29,0 »	14,5 »	287,7 »
Селитра	20,4 »	8,9 »	700,0 »

Слѣдовательно нѣкоторыми кристаллическими тѣлами, въ слабыхъ растворахъ, при помощи осадочныхъ перепонокъ можно вызвать сильное осмотическое давленіе. Давленіе, оказываемое клѣточнымъ сокомъ на кожистый слой протоплазмы, также бываетъ очень значительно.

Растенія могутъ усваивать также и твердыя части почвы, переведя ихъ предварительно въ растворъ. Если посѣять сѣмена въ ящикъ, на дно котораго положена отполированная мраморная доска, то корни взшедшихъ растений, дойдя до доски, стануть стелиться по ней. На вынутой затѣмъ доскѣ можно замѣтить отпечатки корней, вслѣдствіе того, что часть мрамора была растворена при помощи выделяемой корешками кислоты. Выдѣленіе корешками кислоты доказывается тѣмъ, что приложенная къ нимъ синяя лакмусовая бумага постоянно краснѣетъ.

Прямыхъ опытовъ надъ поступленіемъ веществъ въ живыя клѣтки сдѣлано очень немного. Опыты надъ плазмолизомъ растительныхъ клѣтокъ въ соляныхъ растворахъ даютъ уже нѣкоторыя указанія на механизмъ поступленія веществъ внутрь клѣтокъ. Все поступающія въ растенія вещества должны пройти черезъ двѣ перепоны: клѣточную оболочку и кожистый слой протоплазмы. Клѣточная оболочка легко пропускаетъ проходящія

черезъ нее соединенія (кристаллоиды), кожистый же слой протоплазмы пропускаетъ ихъ очень мало. Выказывалось даже мнѣніе, что искусственно кожистый слой нельзя заставить пропустить черезъ себя какое-либо вещество. Но недавно Пфефферу¹ удалось доказать, что съ соблюденіемъ нѣкоторыхъ предосторожностей можно вводить въ живыя клѣтки вещества не только ненужныя для нихъ, но даже вредныя, какъ, напримѣръ, анилиновые краски. Имъ констатировано поступленіе слѣдующихъ анилиновыхъ красокъ: Methylenblau, Methylviolett, Bismarckbraun, фуксина, ціанина, сафранина, Methylgrün, Methylorange, Тропаолин'а 000 и розолевои кислоты. Растворы употребляются очень слабые, отъ 0,001% до 0,0001%. При помѣщеніи въ такіе растворы живыхъ клѣтокъ, одинъ изъ названныхъ красокъ, какъ, напримѣръ, Methylenblau, сначала входитъ въ клѣточный сокъ, окрашиваютъ его и затѣмъ выкристаллизовываются. Другія же краски, какъ Methylviolett, окрашиваютъ самую протоплазму. Въ обоихъ случаяхъ клѣтки остаются живыми.

Передвиженіе питательныхъ веществъ отъ клѣтки къ другой также происходитъ путемъ осмоса. Въ настоящее время констатировано много случаевъ прямого сообщенія протоплазмъ двухъ сосѣднихъ клѣтокъ при посредствѣ тонкихъ протоплазматическихъ нитей, пронизывающихъ клѣточные оболочки. Какъ вліяютъ подобныя поры на обмѣнъ веществъ, — не извѣстно.

¹ Pfeffer, Untersuchungen aus dem botan. Institut zu Tübingen. 2 Band. 2 Heft. pag. 179. 1886.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Движеніе веществъ по растеніямъ.

§ 1. Необходимость передвиженія веществъ. Изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что нужныя для растеній вещества не всегда поглощаются непосредственно тѣмъ органомъ, въ которомъ эти вещества будутъ перерабатываться. Зеленые листья — это та лабораторія, въ которой растенія готовятъ органическое вещество изъ минеральныхъ. Между — тѣмъ листъ самъ непосредственно усваиваетъ только одну углекислоту. Остальныя, нужныя для приготовленія органическихъ соединений вещества (вода и зольные элементы), поглощаются корнями и часто должны пройти очень длинный путь, чтобы дойти до листьевъ. Точно такъ-же многія части растеній, нуждающіяся въ большомъ количествѣ органическаго вещества, часто сами этого вещества готовить не могутъ¹. Таковы, напримѣръ, всѣ незеленыя растущія части. Необходимое для постройки новыхъ клеток органическое вещество доставляется имъ изъ листьевъ и также очень часто (напримѣръ для образованія новыхъ корешковъ) проходитъ длинный путь, пока не достигнетъ мѣста своего потребленія. Отсюда слѣдуетъ, что имѣющіяся въ растеніяхъ вещества должны находиться въ движеніи.

Встрѣчающіяся въ растеніяхъ соединенія бываютъ какъ въ твердомъ, такъ въ жидкомъ и газообразномъ состояніи. Твердые

¹ Т. е. изъ минеральныхъ веществъ. Этимъ не исключается возможность приготовленія изъ доставленныхъ органическихъ соединений новыхъ разнообразныхъ органическихъ соединений.

вещества, чтобы принять участіе въ общемъ движеніи, должны предварительно перейти въ растворъ, потому-что иначе пройти черезъ клеточныя оболочки они не могутъ. Слѣдовательно, движеніе веществъ по растеніямъ сводится на движеніе жидкостей и газовъ.

§ 2. Движеніе газовъ. Въ корѣ стебля и корня, а также въ наренхимной ткани листа всегда находится значительное количество воздухоносныхъ ходовъ. Эти ходы при помощи устьицъ и чечевичекъ находятся въ прямомъ сообщеніи съ атмосфернымъ воздухомъ. Слѣдовательно, газы находятся въ воздухоносныхъ ходахъ подъ тѣмъ-же давленіемъ, подъ которымъ въ данный моментъ находится атмосферный воздухъ. Возобновленіе воздуха также не представляетъ затрудненія.

Вентиляція воздуха въ корѣ водныхъ растеній значительно облегчается при помощи термодиффузіи. Термодиффузія была открыта на листьяхъ *Nelumbium speciosum*¹. Листъ *Nelumbium* состоитъ изъ округлой пластинки и черешка, отходящаго снизу отъ центра пластинки. Послѣдняя несетъ устьица только на верхней поверхности. Если на верхней части пластинки находится случайно вода, то въ солнечные дни можно наблюдать обильное выдѣленіе пузырьковъ газа изъ устьицъ, покрытыхъ водою. Выдѣленіе газа замѣчается не только изъ пластинки, но и изъ всѣхъ случайныхъ отверстій на черешкѣ. Выдѣленіе газа иногда столь значительно, что вода, окружающая *Nelumbium*, кажется какъ-бы кипящею. Это явленіе чисто физическое, потому-что пронесодитъ также и въ мертвыхъ листьяхъ. Такое-же выдѣленіе газа получается при помощи особаго прибора — термодиффузатора. Онъ состоитъ изъ цилиндрическаго глинянаго сосуда, наполненнаго мелко-истолченнымъ мѣломъ. Въ открытый

¹ Barthélémy, Annales d. sc. nat. 5 série, 19 tome, pag. 152 (1874).

конецъ цилиндра, при посредствѣ пробки, плотно вставляется стеклянная трубка. Трубка соответствуетъ черешку, глиняный сосудъ — пластинкѣ *Nelumbium*. До начала опыта сосудъ погружается въ воду. Затѣмъ онъ вынимается изъ воды и укрѣпляется въ наклонномъ положеніи трубкою внизъ. Глиняный сосудъ нагрѣвается ланной, а свободный конецъ стеклянной трубки опускается въ воду; изъ него выдѣляется въ большомъ количествѣ газъ. Объемъ собраннаго газа превосходитъ иногда разъ въ сорокъ объемъ сосуда. Слѣдовательно, во время опыта атмосферный воздухъ входитъ черезъ поры въ глиняный сосудъ и затѣмъ выдѣляется черезъ трубку. Термодиффузія въ глиняномъ сосудѣ и въ листѣ *Nelumbium* — результатъ неравномѣрнаго нагрѣванія.

Многія растенія, живущія на покрытыхъ водою болотистыхъ почвахъ, бѣдныхъ кислородомъ, предохраняютъ свои подземныя части отъ гибели тѣмъ, что нѣкоторые изъ корней начинаютъ расти вертикально вверхъ, пока не выйдутъ наружу въ окружающую атмосферу. Верхушка такихъ корней состоитъ изъ рыхлой ткани и приспособлена, по своему анатомическому строенію, для проведенія воздуха внутрь. Такимъ образомъ подобные органы представляютъ собою настоящіе вентиляціонныя трубы, доставляющія остальнымъ корнямъ необходимый для нихъ воздухъ. Слѣдовательно, такъ или иначе, но всегда воздухоносныя полости коры находятся въ прямомъ сообщеніи съ атмосфернымъ воздухомъ¹.

Воздухъ находится также и въ центральномъ древесномъ цилиндрѣ. Опыты Гёнеля² доказали, что воздухъ древесины совершенно не сообщается съ воздухомъ коры. Служащій для опыта

¹ Goebel. Berichte botan. Gesellschaft. 1886. pag. 249; Jost. Bot. Zeitung. 1887. pag. 601.

² Hühnel. Bot. Zeitung. 1879. p. 541. Pringsheim's Jahrbücher. 12. p. 47.

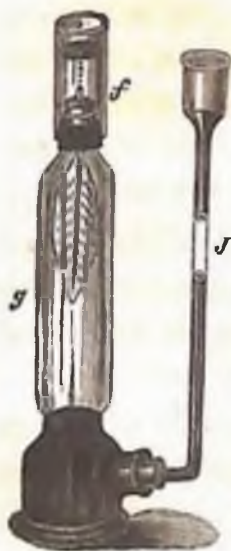


Рис. 10.

листъ (рис. 10) укрѣпляется въ сосудѣ (*g*) съ широкимъ горломъ, посредствомъ каучуковой пробки. Посредствомъ бокового отверстія цилиндръ сообщается съ воронкой (*I*), черезъ которую вливается ртуть. Ртуть сдвигаетъ воздухъ въ цилиндръ и гонитъ его сквозь вставленный листъ. Выходящій изъ листа воздухъ начинаетъ подыматься въ видѣ пузырьковъ въ стеклянномъ сосудѣ (*f*) съ водой. При помощи микроскопа можно наблюдать, что воздухъ выходитъ только изъ ходовъ коры, а не изъ древесины. Воздухъ черезъ устья входить только въ кору и затѣмъ выдѣляется также черезъ ходы коры, не входя въ древесину.

Слѣдовательно, воздухоносная система древесины представляетъ особую замкнутую систему, не имѣющую никакихъ сообщеній съ таковою-же системой коры.

Гёиселемъ доказано также отрицательное давленіе воздуха въ древесинѣ. Если перерѣзать стебли или листовые черешки подъ ртутью, то можно наблюдать (особенно, если опыты производены лѣтомъ, въ солнечный день), что ртуть вошла въ сосуды черезъ обѣ поверхности разрѣза. Наполненные ртутью сосуды кажутся сѣрыми. Иногда замѣчается поднятіе ртути въ сосудахъ на 50—60 сантиметр., считая отъ поверхности разрѣза. Такіе опыты доказываютъ, что разрѣженіе воздуха въ сосудахъ можетъ быть очень значительнымъ. Отрицательное давленіе воздуха въ древесинѣ можно доказать еще иначе. Покрытая листьями вѣтвь ставится въ воду. Къ верхней перерѣзанной части ея прикрѣпляется, при помощи каучука, стеклянная трубка, нижній конецъ которой опускается въ ртуть. Черезъ некоторое время ртуть въ трубкѣ повышается, что указываетъ на разрѣженіе воз-

духа въ древеснѣ. Наибольшее разрѣженіе воздуха совпадаетъ съ періодомъ наибольшей дѣятельности растений. Какъ изъ ниже-сказаннаго будетъ видно, это одинъ изъ важныхъ факторовъ, отъ котораго зависитъ движеніе воды по стеблю.

§ 3. Движеніе жидкостей. Первые опыты надъ движеніемъ жидкостей по растенію принадлежатъ Мальпиги (1671 г.). Сдѣлавши на стволѣ кольцевую вырѣзку коры, онъ нашелъ, что части растеній, лежація выше вырѣзки, не только остаются живыми, но разрастаются въ толщину сильнѣе обыкновеннаго. Особенно сильно разрастается стволъ у верхняго края вырѣзки съ образованіемъ кольцообразнаго наплыва ткани. Совершенно иное замѣчается въ части ствола, лежащей ниже вырѣзки: ростъ и развитіе всѣхъ частей нижней половины дерева прекращались.

Слѣдовательно, на доставленіе воды изъ почвы верхнимъ частямъ растенія кольцевая вырѣзка не оказывала никакого вліянія; прохожденіе же органическихъ веществъ въ нижнія части растенія прекращалось. Отсюда Мальпиги вывелъ заключеніе, что почвенный растворъ движется по древеснѣ, вырабатываемыя же листьями органическія вещества — по корѣ. Водяной токъ называется также восходящимъ, а токъ органическихъ (или пластическихъ) веществъ — нисходящимъ. Не нужно, однако, принимать термины — «восходящій» и «нисходящій» въ буквальный смыслъ. Въ всякой вѣтви плакучей нвы восходящій токъ идетъ внизъ, а нисходящій — вверхъ. Если сдѣлать кольцевую вырѣзку на вѣтви плакучей нвы, то наплывъ получится, какъ и нужно было ожидать, не на верхнемъ, а на нижнемъ концѣ ея.

§ 4. Восходящій токъ. Движеніе почвеннаго раствора по растенію зависитъ отъ цѣлаго ряда условій. Поступленіе новыхъ количествъ воды въ растеніе возможно только подъ тѣмъ условіемъ, чтобы часть прежней воды была удалена. Это удаленіе воды совершается при помощи испаренія ея листьями. Слѣ-

довательно, процессъ испаренія воды листьями — первое условіе для движенія воды по растенію.

а) Испареніе воды листьями. Испареніе воды растеніями изучается при помощи слѣдующихъ приборовъ: 1) Опредѣляя количество испаряемой воды изъ потери въ вѣсѣ прибора съ растеніемъ. Для этой цѣли горшокъ съ растеніемъ помѣщается въ герметически закрывающійся цинковый ящикъ, въ которомъ находятся три отверстія. Черезъ одно изъ нихъ пропускается стебель растенія; остающійся промежутокъ тщательно закупоривается. Другое отверстіе служитъ для поливки почвы. Въ третье отверстіе вставляется стеклянная трубочка съ оттянутымъ концемъ. Черезъ волосное отверстіе воздухъ прибора сообщается съ наружною атмосферой. Потеря въ вѣсѣ прибора зависитъ только отъ испаренія воды растеніемъ¹. Для непродолжительныхъ опытовъ надъ небольшими растеніями употребляются также высокіе цилиндрическіе, наполненные водою, сосуды. При помощи обвернутой шелкомъ проволоки, растенія укрѣпляются въ этихъ сосудахъ такъ, чтобы только корни были въ водѣ, зеленныя же части выдавались бы въ воздухъ. Для предохраненія отъ испаренія воды изъ сосуда, на нее наливается тонкій слой масла. Потеря въ вѣсѣ прибора и въ этомъ случаѣ зависитъ только отъ испаренія воды растеніями².

2) Измѣряя количество поглощенной растеніемъ воды. Для подобныхъ изслѣдованій удобенъ приборъ Коля³ (рис. 11). Въ наполненную водою трубку вводится корни испытуемаго растенія и термометръ. Снизу трубка сообщается съ

¹ Hales, Statique d. végétaux. pag. 4. 1735.

² Wiesner. Sitzungsberichte Wien. Akad. LXXIV Band. 1 Abth. pag. 479. 1877.

³ Kohl, Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe. 1886.

длинною капиллярною трубкой и другою — каучуковою *k*, закрытою стеклянною палочкой *gl*. По мѣрѣ испаренія воды растеніемъ, вода въ капиллярной трубкѣ перемѣщается. Для повторнаго пополненія капиллярной трубки водою, достаточно нѣсколько вдвинуть стеклянную палочку въ каучуковую трубку. Прикрывши

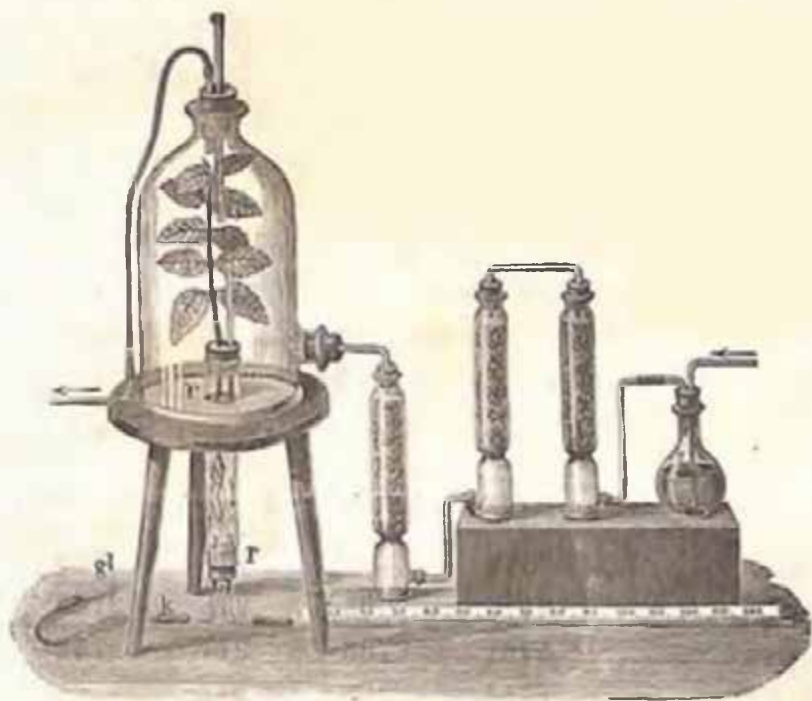


Рис. 11.

растеніе стекляннымъ колпакомъ, можно, по желанію, окружать растеніе атмосферою, лишенною водяныхъ паровъ, или же насыщенною ими. Для первой цѣли воздухъ изъ стекляннаго колокола вытягивается аспираторомъ, а вновь входящій воздухъ предварительно проходитъ рядъ склянокъ съ крѣпкою серною кислотою или съ кусками лемзы, смоченными тою-же кислотою. Для второй цѣли подъ колоколъ вводятся губки, смоченныя водою. Стѣнки колокола также смачиваются водою. Прикрывая колпакъ картоннымъ цилиндромъ, помещаемъ растеніе въ темноту.

Наконецъ 3) опредѣляя одновременно количество всосанной и выдѣленной въ парообразномъ состояніи воды. Для этой цѣли можетъ служить приборъ Веска¹. Онъ состоитъ изъ U-образной трубки, одно колѣно которой широкое, другое — узкое. Трубка наполняется водою. Въ широкое колѣно, при помощи хорошо пригнанной пробки, вставляется растеніе. Взвѣсившая весь приборъ, опредѣляемъ количество испарившейся воды. Перемѣщеніе воды въ узкой трубкѣ указываетъ количество поглощенной воды.

Растенія испаряютъ очень значительныя количества воды; такъ, примѣръ, въ опытахъ Визнера три молодыхъ растенія, *Zea Maïs*, вѣсомъ 1,6 грамма, испарили въ 1 часъ, на солнечномъ свѣтѣ, 0,198 граммовъ воды. Вольни² опредѣлили количество испарившейся воды для нѣсколькихъ воздѣлываемыхъ растеній въ продолженіи цѣлаго вегетаціоннаго періода. Прилагаемая таблица даетъ результаты его изслѣдованій:

Количество испарившейся воды, въ граммахъ.

Мѣсяцы.	Кукуруза.	Овесъ.	Горохъ.	Горчица.
Іюнь	647	482	773	538
Іюль	3113	2095	978	2125
Августъ	5761	2733	917	2152
Сентябрь	2754	2008	941	325
Октябрь	—	—	801	—
Сумма	12275	7318	4410	5140
Испареніе почвой .	1063	178	234	166
Величина испаренія.	11212	7140	4176	4974

Затѣмъ Вольни опредѣлили количество сухого вещества въ собранныхъ растеніяхъ и вычислили — сколько испарилось воды

¹ *Vesque*. Annales d. s. nat. 6 série, 6 tome. 1877. pag. 201.

² *Wollny*, Einfluss der Pflanzendecke etc. Изъ *Sachsse*, Lehrbuch der Agriculturchemie. 1888. pag. 423.

за все время вегетаціоннаго періода на одинъ граммъ образовавшагося сухого вещества. Оказались слѣдующія количества:

Кукуруза	233	грамма	воды.
Овесь	665	»	»
Горохъ. . . .	416	»	»
Горчица	843	»	»

Хотя растений, какъ видно изъ этихъ цифръ, испаряютъ очень значительныя количества воды, тѣмъ не менѣе количество воды испаряемой извѣстною поверхностью листьевъ значительно менѣе количества воды, испаряемой такою-же свободною поверхностью воды. По изслѣдованіямъ Унгера, большая часть растений испаряетъ воды въ среднемъ въ три раза менѣе, чѣмъ свободная поверхность воды. По изслѣдованіямъ Гартига, эта разниця еще болѣе значительна:

Поверхность воды въ 1 кв. метръ
испаряла въ 24 часа 2000 куб. сант. воды.

Поверхность листьевъ бука въ 1 кв.
метръ испаряла въ 24 часа . . . 210 » » »

Поверхность листьевъ дуба въ 1 кв.
метр. испаряла въ 24 часа . . . 280 » » »

Отрѣзанные листья испаряютъ воды гораздо болѣе, чѣмъ тѣ-же листья на растеніяхъ. По изслѣдованіямъ Крутицкаго¹ оказалось:

Одинъ листъ *Cyssus antharcticus* испарилъ въ сутки 10,6 куб. сант. воды.

Вѣтвь *Cyssus antharcticus* съ 6-ю
листьями испаряла въ сутки . . . 10,8 » » »

Одинъ листъ *Quercus* sp. испарилъ
въ сутки 3,2 » » »

Восьмилѣтняя вѣтвь *Quercus* sp. съ
180 листьями испаряла въ сутки. . 28,8 » » »

¹ Фаминцынъ, Объемъ веществъ, стр. 667.

Отсюда слѣдуетъ, что даппыя, полученныя для отрѣзанныхъ листьевъ, нельзя перечислять на цѣлыя растенія.

Послѣ этихъ предварительныхъ свѣдѣній относительно испаренія воды растеніями перейдемъ къ изученію вліянія вѣшнихъ дѣятелей на ходъ испаренія.

Свѣтъ оказываетъ большое вліяніе на количество испаряемой растеніями воды¹. Напримѣръ:

Три молодыхъ растеніица *Zea Mays*. Вѣсъ — 1.6 грамма.

О с в ѣ щ е н і е.	Количество испаряемой воды въ 1 часъ.
Солнечный свѣтъ	198 миллігр.
Разсѣянный дневной свѣтъ .	68 »
Темнота.	27 »

Слѣдовательно, на-свѣтъ растенія испаряютъ воды въ нѣсколь-
ко разъ болѣе, чѣмъ въ темнотѣ.

Если растенія переѣмщать изъ темноты на-свѣтъ, или обрат-
но, то энерія испаренія повышается, или понижается не сразу,
а постепенно. Примѣромъ можетъ служить одинъ изъ опытовъ
Коля, произведенный съ его приборомъ. Цифры означаютъ время
(въ секундахъ), нужное для испаренія столба воды длиною въ
5 миллиметровъ въ капиллярной трубкѣ его прибора.

Nicotiana Tabacum.

Свѣтъ.	36.	39.	37.	35.	36.	37.	35.	36.	36.	36.	36.
	37.	36.	36.								
Темнота.	39.	42.	46.	50.	53.	59.	65.	68.	81.	87.	91.
	103.	106.	110.	115.	131.	135.					
Свѣтъ.	155.	123.	101.	81.	76.	67.	61.	58.	53.	53.	
	50.	43.	42.	41.	42.	36.	34.	34.	33.	32.	31.
	32.	30.	31.	29.	29.	30.	26.	26.			

¹ Баранский. Bot. Zeitung. 1872. pag. 65, Wiesner Sitzungsberichte Wien-Akad. Math. Naturw. Cl. LXIV Band. I Abth. 1877. p. 477; Kohl, Die Transpiration der Pflanzen etc. 1886.

Этотъ опытъ показываетъ, что въ этомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ продолжающимъ дѣйствіемъ (*Nachwirkung*) дѣятеля (въ данномъ случаѣ свѣта или темноты) послѣ прекращенія его дѣйствія.

Отъ свѣта зависитъ также суточная періодичность испаренія. Одновременныя опредѣленія количествъ испарившейся и поглощенной воды дали слѣдующіе результаты¹:

Asclepias incarnata.

В р е м я.	Поглощенная вода, въ куб. сантиметр.	Испарившаяся вода, въ граммахъ.
3 ч. 55 м. пополуд. — 7 ч. вечера	1,70	1,80
7 ч. вечера — 10 ч. 5 м. вечера	0,75	0,15
10 ч. 5 м. веч. — 1 ч. 10 м. ночи	0,50	0,10
1 ч. 10 м. ночи — 4 ч. 15 м. утра	0,95	0,50
4 ч. 15 м. утра — 7 ч. 20 м. дня	2,00	1,80
7 ч. 20 м. дня — 10 ч. 25 м. дня	2,90	3,40
10 ч. 25 м. дня — 1 ч. 30 м. по-полуд.	3,80	4,30
1 ч. 30 м. по-полд. — 4 ч. 35 м. по-полуд.	2,20	2,50
Сумма: 24 ч. 40 м.	14,60	14,55

Слѣдовательно, въ суммѣ за сутки количество поглощенной воды равно количеству испарившейся воды. Въ различные же часы сутокъ равенства нѣтъ. Минимумы поглощенной и испарившейся воды лежатъ между 10 ч. вечера и 1 ч. ночи.

Минимумъ поглощенной воды значительно болѣе минимума испарившейся воды; наоборотъ, максимумъ поглощенной воды менѣе максимума испарившейся воды: ночью, слѣдовательно, растение насыщается водой, днемъ же терпитъ недостатокъ. Максимумы лежатъ между 10½ ч. и 1½ ч. дня.

¹ Eberdt, Die Transpiration der Pflanzen und ihre Abhängigkeit von äusseren Bedingungen. 1889.

Не всѣ лучи спектра имѣютъ одинаковое вліяніе на количество испаряемой зелеными растеніями воды. Максимумъ лежитъ въ лучахъ синихъ и фіолетовыхъ. Изъ остальныхъ лучей спектра наибольшимъ дѣйствіемъ обладаютъ красные лучи между *A* и *B*. Слѣдовательно, для испаренія главное значеніе имѣютъ лучи, поглощаемые хлорофилломъ. Изъ этихъ лучей — лучи синіе и фіолетовые, не принимающіе участія въ процессѣ ассимиляціи углерода, и слѣдовательно свободные — оказываютъ наибольшее дѣйствіе. Прилагаемая табличка даетъ количество испарившейся воды въ миллиграммахъ различными растеніями подъ желтыми и синими колпаками.

	<u>Zea Mays.</u>		<u>Taxus baccata.</u>	
Желтый колпакъ	386	95	172	508
Синій »	438	119	244	525

Влажность окружающаго воздуха — второе условіе, отъ котораго находится въ большой зависимости процессъ испаренія воды растеніями. Чѣмъ менѣе воздухъ содержитъ водяныхъ паровъ, тѣмъ испареніе идетъ энергичнѣе; съ увеличеніемъ количества водяныхъ паровъ въ воздухѣ испареніе слабѣетъ. Въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами, испареніе можетъ быть сведено къ нулю.

Температура также вліяетъ на ходъ испаренія; но зависимость здѣсь болѣе сложная, потому что отъ температуры сильно зависятъ всѣ жизненные процессы вообще.

Движенія воздуха, вѣтеръ, усиливаютъ испареніе.

Наконецъ, на количество испаряемой листьями воды оказываютъ большое вліяніе химическія свойства почвы. Опыты, произведенные надъ водными культурами, показываютъ, что количество испаряемой растеніями воды зависитъ какъ отъ концентраціи раствора, такъ и отъ присутствія или отсутствія разлчныхъ соединений. Такъ, кислоты усиливаютъ испареніе, щелочи задерживаютъ. Прибавленіе какой-либо соли въ маломъ ко-

личества къ дистиллированной водѣ, въ которой культивируются растенія, вызываетъ усиленіе испаренія. Увеличеніе количества соли постепенно ослабляетъ испареніе. При употребленіи питательныхъ смѣсей испареніе тѣмъ слабѣе, чѣмъ растворъ концентрированнѣе.

Кромѣ перечисленныхъ виѣшнихъ условій, вліяющихъ на испареніе, на этотъ процессъ оказываютъ вліяніе также внутреннія причины, зависящія отъ организаціи растеній.

На испареніе вліяетъ, во-первыхъ, возрастъ растеній.

Слѣдующая таблица показываетъ количество испаряемой воды листьями *Beta vulgaris* на десяти различныхъ стадіяхъ развитія.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Вѣсъ пластинокъ, въ граммахъ . . .	0,199	0,317	0,740	1,624	3,871	4,612	6,870	10,651	11,151	14,057
Вѣсъ черешка, въ граммахъ . . .	0	0	0	0	0,55	0,55	1,05	2,45	2,1	3,75
Поверхность пластинокъ, въ квадр. сантиметр.	14,4	22,4	54	115	207	251	338	424	432	514
Поверхность черешка, въ квадр. сантиметр.	0	0	0	0	7	8,1	12,2	20	21	31
Испареніе въ 1 часъ, въ миллигр.	17,8	17,3	40,4	60,7	170,6	237,8	260,2	265,6	277,7	329,3
Испареніе, пересчитанное на 1 часъ и 100 квадр. сантиметр. поверхности, въ миллигр.	123,6	77,2	74,7	52,8	81,2	94,7	77,0	62,7	64,2	64,0

Слѣдовательно, въ періодъ усиленной дѣятельности листа, сопровождающей его ростъ, онъ болѣе всего испаряетъ воды (123,6 mgr.). Причина такого явленія заключается въ томъ, что кожа молодыхъ листьевъ легко пропускаетъ водяные пары; затѣмъ испареніе падаетъ. Второй максимумъ совпадаетъ съ окончательнымъ

развитіемъ устьиць (94,7 mgr.). Съ дѣлѣніемъ устьиць, испареніе снова постепенно падаетъ.

Количество испаряемой листьями воды зависитъ также отъ ихъ формы и особенностей анатомическаго строенія, — отъ величины пластинки, отъ количества устьиць, отъ толщины и проводимости кожицы и т. д.¹.

У многихъ растений наблюдается, кромѣ выдѣленія воды въ парообразномъ состояніи, также выдѣленіе ея въ капельножидкомъ видѣ. Последний процессъ отчасти замѣняетъ испареніе и наблюдается по преимуществу тамъ, гдѣ испареніе почему-либо слабѣетъ, какъ на примѣръ у многихъ *Aroides*, растений сырыхъ мѣстностей.

У многихъ растений можно легко вызвать выдѣленіе воды въ капельножидкомъ видѣ, если ихъ культивировать во влажной атмосферѣ подъ стекляннымъ колпакомъ.

б) Второе условіе, отъ котораго зависитъ движеніе воды по стеблю, это—плачь растений. Онъ былъ въ первый разъ изученъ Гельзомъ². Если весной до распусканія почекъ сръзать у виноградной лозы вѣтвь, то изъ пораженнаго мѣста потечетъ водянистая прозрачная жидкость. Гельзь, желая задержать истеченіе этой жидкости, перевязалъ сръзанный конецъ лозы животнымъ пузыремъ. Оказалось, что сокъ вытекаетъ съ значительною силой, потому что пузырь надулся и затѣмъ лопнулъ.

Для измѣренія силы, съ какою выгоняется сокъ, Гельзь прикрѣпилъ къ сръзанному концу манометръ со ртутью. Отъ давленія сока ртуть стала подниматься во вѣтвѣ манометра и разность высотъ достигла до 103 сантиметровъ. Слѣдовательно, давленіе было около 1½ атмосферъ. Вмѣсто того что-

¹ О томъ, какъ относятся растения къ процессу испаренія, какъ приспособляются къ нему, будетъ изложено въ главѣ о ростѣ.

² Hales, Statique des végétaux. 1735.

бы срѣзывать вѣтви для констатированія явленія плача можно только продѣлывать въ стволѣ отверстія. Явленіе весенняго плача свойственно различнымъ древеснымъ породамъ. Этого рода плачь называется весеннимъ, потому что его можно наблюдать только весною до распусканія листьевъ. Послѣ распусканія листьевъ всѣ растенія нуждаются въ водѣ вслѣдствіе испаренія ея листьями, и обнаружить плачь, просверливая стволъ дерева, или отрѣзая вѣтви, не удастся. Чтобы обнаружить его, нужно срѣзать весь стволъ со всѣми листьями, тогда изъ оставшагося шия потечетъ жидкость. При такой постановкѣ опыта (т. е. удаляя весь стебель съ листьями) плачь можно констатировать впродолженіи цѣлаго вегетаціоннаго періода не только у деревянистыхъ, но и у травянистыхъ растеній.

Для изученія силы, съ которою выталкивается сокъ, къ перерѣзанному растенію прикрѣпляется ртутный манометръ. Для опредѣленія количества истекающей жидкости вмѣсто манометра прикрѣпляютъ стекляную трубку, по которой жидкость стекаетъ въ измѣрительный цилиндръ. Для той-же цѣли служилъ самопишущій приборъ Баранецкаго. Въ его приборѣ жидкость стекаетъ въ U-образную трубку. Въ свободномъ концѣ этой трубки находится поплавочъ, который поднимается по мѣрѣ поднятія жидкости въ трубкѣ. Поплавочъ прикрѣпленъ къ шелковникѣ, перекнутой черезъ блокъ. Стрѣлка, прикрѣпленная къ шелковникѣ, чертитъ кривую на закопченной бумагѣ, покрывающей вращающійся цилиндръ. Въ другомъ приборѣ Баранецкаго вытекающая жидкость распредѣляется въ отдѣльныя трубочки, представляемыя на одинъ часъ къ растенію. Трубочки размѣщены по окружности деревяннаго круга, который при помощи часового механизма пережѣивается одинъ разъ въ часъ такъ, чтобы на мѣсто прежней пробирочки подставлялась растенію повал.

Высота ртутнаго столба, уравнивающаго давленіе вытекающаго сока различныхъ растеній, различна. У травянистыхъ

меньше, чѣмъ у деревьевъ. Такъ, высота ртутнаго столба, по изслѣдованіямъ Гофмейстера¹, равна:

у <i>Atriplex hortensis</i>	66	миллиметровъ
» <i>Chrysanthemum coronarium</i>	14	»
» <i>Digitalis media</i>	461	»
» <i>Urtica urens</i>	354	»

Количество вытекающаго сока у травянистыхъ растений превышаетъ значительно объемъ корней. Слѣдовательно, значительная часть вытекающей жидкости поступаетъ въ корень уже послѣ перерѣзыванія растений.

	Объемъ корней, въ куб. сантим.	Количество вы- текшей поды, въ куб. сантим.
<i>Urtica urens</i>	1350	3025
» »	1450	11260
<i>Brassica oleracea</i>	1100	2210
<i>Helianthus annuus</i>	3370	5830.

Въ количествѣ вытекающей жидкости во время плача растеній наблюдается суточная періодичность². Эта періодичность нисколько не зависитъ отъ температуры. Часы максимума и минимума вытеканія сока различны для различныхъ растений. Этиологированныя растенія не обнаруживаютъ періодичности плача.

Большой интересъ представляютъ анализы вытекающаго сока. Посѣянные Ульбрихтомъ³ 11 апрѣля картофельные клубни дали стебли, зацвѣтшіе 5 іюля. 9 іюля стебли были срубаны на разстояніи 4—6 сантиметровъ надъ поверхностью земли. Вытекшій сокъ былъ собранъ въ 5 порцій такимъ образомъ, что первая порція содержала сокъ, вытекшій въ первый сутки, вторая — вытекшій во вторые сутки и т. д.

¹ Hofmeister, Flora 1858. pag. 1; 1862. pag. 97.

² Баранецкій, О періодичности плача травянистыхъ растений и причинахъ этой періодичности. Спб. 1872.

³ Ulbricht, Land. Versuchs-Stationen. VI. 1864. pag. 469.

1 литръ сока содержалъ, въ миллиграммахъ:

Порціи.	1	2	3	4	5
Сгораемыя вещества.	450	310	220	280	295
Зола	1160	980	960	910	945
Все сухое вещество.	1610	1290	1180	1190	1240

Въ 100 частяхъ золы отдѣльныхъ элементовъ было:

Порціи.	1.	2.
K ₂ O	25,57	23,13
N ₂ O	4,99	6,44
CaO	15,16	17,64
MgO	6,94	6,49
P ₂ O ₅	8,34	12,47
SO ₃	4,03	3,60
SiO ₂	слѣды	слѣды
Сумма	65,03	69,77

Приведенныя цифры показываютъ, что сухое вещество сока, вытекающаго изъ картофельныхъ стеблей, состоитъ главнымъ образомъ изъ веществъ минеральныхъ. Сгораемое вещество также не состоитъ исключительно изъ органическаго вещества, потому что вся азотная кислота и часть другихъ минеральныхъ соединений при прокаливаніи улетучиваются и тѣмъ увеличиваютъ количество сгораемаго вещества. Слѣдовательно, въ дѣйствительности минеральныхъ веществъ въ сокѣ плачущаго картофеля было болѣе, чѣмъ показываютъ анализы Ульбрихта. Такого результата и нужно было ожидать отъ подобныхъ анализовъ, потому что восходящій токъ служитъ для разнесенія по растенію поглощеннаго почвеннаго раствора. Присутствіе органическихъ веществъ въ сокѣ, вытекающемъ изъ элементовъ древесины, объясняется тѣмъ, что почвенный растворъ не прямо поступаетъ въ древесину, а поглощается живыми паренхимными клетками

кору корня, которая затѣмъ уже выталкиваетъ его въ древесные элементы. Трудно было бы ожидать, чтобы богатая органическимъ веществомъ паренхимная клетка выталкивала въ сосуды только однѣ минеральныя соли.

Сокъ изъ стеблей подсолнечника также оказался состоящимъ главнымъ образомъ изъ минеральныхъ веществъ.

Одинъ литръ сока содержитъ, въ миллиграммахъ:

Порціи.	Сгораемыя вещества.	Золы.	Въ сухое вещество.
1.	1450	1580	3030
2.	600	1560	2160
3.	300	1180	1480
4.	250	700	950
5.	210	600	810

Большое сравнительно количество сгораемыхъ веществъ въ сокѣ какъ картофеля, такъ и подсолнечника въ первый день объясняется случайною подмѣсью ихъ изъ перерѣзанныхъ клетокъ коры.

Сокъ же, вытекающій изъ древесныхъ породъ во время весенняго плача, имѣетъ совсѣмъ иной составъ, чѣмъ сокъ лѣтняго плача.

Литръ сока изъ ствола березы, вытекшаго изъ отверстія, сдѣланнаго близъ поверхности земли, содержитъ, въ миллиграммахъ:

Мѣсяцъ и число.	Сахаръ.	Бѣлка.	Лѣдочной кислоты.	Золы.
5 апрѣля.	12500	—	—	—
10 »	14000	20	—	—
11 »	13500	—	332	500
14 »	12700	24	234	—
15 »	12500	30	—	570
17 »	10900	21	—	640
20 »	10600	—	520	—

Мѣсяцъ и число.	Сахара.	Бѣлка.	Яблочной кислоты.	Золы.
24 апрѣля.	10600	27	—	900
27 »	10500	16	607	—
2 мая.	10100	6	—	1080
7 »	9600	9	436	—
18 »	9400	—	—	970
19 »	9400	6	437	—
22 »	6900	—	—	—

Приведенные анализы Шредера¹ показываютъ, что сокъ весенняго плача бѣденъ минеральными веществами, но за-то богатъ органическими. Это объясняется тѣмъ, что раннею весной многолѣтнія растенія пользуются древесною для скорѣйшаго проведенія въ нарастающіе побѣги органическихъ веществъ, накопленныхъ еще въ предыдущемъ году. Какъ увидимъ ниже, всѣ многолѣтнія растенія начинаютъ со второй половины лѣта накоплять въ себѣ такъ-называемые зимніе запасы, которые отлагаются въ-видѣ различныхъ органическихъ соединенийъ въ коровыхъ клѣткахъ ствола и корней. На счетъ этихъ запасовъ растенія весной строятъ первые листья. Для скорѣйшей доставки зимнихъ запасовъ къ мѣстамъ потребленія коровыя клѣтки выделяютъ ихъ въ древесину, по которой они и движутся вверхъ. Слѣдовательно, элементы древесины служатъ не только для проведенія почвеннаго раствора, т. е. минеральныхъ соединенийъ, но иногда они также служатъ и для проведенія органическихъ веществъ. По мѣрѣ перевода зимнихъ запасовъ въ нарастающіе побѣги количество органическихъ веществъ начинаютъ уменьшаться, количество же зольныхъ элементовъ увеличивается (какъ это видно на приложенной таблицѣ). Послѣ образованія листьевъ вытекающій сокъ содержитъ главнымъ образомъ минеральныя соединения, т. е. весенній плачъ замѣняется лѣтнимъ плачемъ.

¹ Schröder, Landw. Versuchs-Stationen. XIV. 1871. pag. 118.

Слѣдовательно, плачемъ растений называется истечение сока изъ древесныхъ элементовъ надрѣзанныхъ растений, зависящее отъ того, что паренхимныя кѣтки корня поглощаютъ воду съ растворенными въ ней минеральными соединеніями и выталкиваютъ ее въ элементы древесины, по которымъ она и движется. Причины, отъ которыхъ зависитъ это явленіе, въ настоящее время еще не выяснены.

с) Движеніе воды по стеблю зависитъ отъ испаренія воды листьями и плача растений. Какъ показали кольцевыя вырѣзки, вода движется по древесинѣ. Ученіе Сакса, что вода движется въ толщѣ стѣнокъ древесныхъ элементовъ оказалось несостоятельнымъ и въ настоящее время оставлено¹. Вода движется въ полости сосудовъ и трахендъ. Если закупорить полости сосудовъ, то растение завянетъ. Это дѣлается слѣдующимъ образомъ. Берется смѣсь изъ 20 частей желатины и 100 частей воды. Эта смѣсь плавится при 33° и остается жидкою до 28°. При такой температурѣ о поврежденіи тканей отъ нагрѣванія рѣчи быть не можетъ. Къ смѣси прибавляется значительное количество китайской туши, чтобы сдѣлать ее болѣе замѣтною. Если надѣ подобною смѣсью, нагрѣвши ее до 33°, перерѣзать хорошо покрытую листьями вѣтвь какого-либо растенія, то жидкость войдетъ въ сосуды. Затѣмъ вѣтвь охлаждается, небольшой конецъ ея отрѣзывается, чтобы получилась свѣжая поверхность, и ставится въ воду. Черезъ нѣсколько часовъ вѣтвь завядастъ. Подобныя же вѣтви, только не инъецированныя желатиной, впродолженіи нѣсколькихъ дней остаются свѣжими².

¹ *Bohm*, Ueber d. Ursache d. Saftsteigens in d. Pflanzen (Sitzungsb. Wien. Akad. Band 48. 1863); Ueber die Ursache d. Wasserbewegung und d. geringen Lufttension in transpirirenden Pflanzen (Bot. Zeitung. 1881. pag. 801); *Hartig*, Gasdrucktheorie und die Sachs'sche Imbibitions-Theorie. 1883; *Godlewski*, Zur Theorie d. Wasserbewegung in d. Pflanzen (Pringsheim's Jahrbücher. Band. 15. 1885, p. 569); *Schwendener*, Untersuchungen über d. Saftsteigen (Sitzungsb. Berlin. Akad. 1886).

² *Errera*. Berichte bot. Gesellsch. 1886. pag. 16.

Чтобы доказать присутствіе воды въ элементахъ древесины, нужно сразу при помощи двойныхъ ножницъ вырѣзать часть изъ растущаго стебля и изъ этого отрѣзка приготовить продольные разрѣзы, которые разсматриваются безъ воды. Если же сначала перерѣзать стебель въ одномъ мѣстѣ и затѣмъ въ другомъ, то въ полученномъ отрѣзкѣ не удастся найти воды, потому что ворвавшійся въ разрѣзъ воздухъ выгонитъ ее въ болѣе отдаленныя отъ разрѣза части растенія.

Вода съ находящимся въ древесинѣ воздухомъ образуетъ въ сосудахъ такъ-называемую жаменовскую цѣпь, гдѣ капли воды чередуются съ пузырьками воздуха. Если взять растеніе съ сочнымъ стеблемъ и слабо развитою древесиной (*Begonia*, *Dahlia*) то можно при помощи микроскопа наблюдать жаменовскую цѣпь, очистивши осторожно сосудистый пучекъ отъ паренхимной ткани такъ, чтобы онъ не былъ поврежденъ и оставленъ въ соединеніи съ растеніемъ. Наблюдая за растеніемъ съ отпрепарированнымъ такимъ образомъ пучкомъ, можно видѣть, что въ сырую пасмурную погоду сосуды наполнены водою, а пузырьковъ воздуха мало; въ солнечныя же дни количество воды въ сосудахъ уменьшается, а пузырьковъ воздуха становится значительно больше¹.

На основаніи всего сказаннаго относительно мѣста нахождения воды въ стеблѣ, испаренія ея листьями и плача растеній можно представить себѣ движеніе воды (а также и зольныхъ элементовъ) по растенію такимъ образомъ: Листья испаряютъ воду. Получающійся вслѣдствіе этого недостатокъ въ водѣ живыхъ паренхимныхъ клѣтки листьевъ пополняютъ, на основаніи законовъ осмоса, высасывая ее изъ ближайшихъ элементовъ древесины; поэтому количество воды въ древесинѣ уменьшается и находящійся въ ней воздухъ разрѣжается. Отрицательное давленіе воздуха въ древесинѣ въ свою очередь дѣйствуетъ какъ насосъ,

¹ *Carpus, Comptes rendus. XCVII. 1883, pag. 1088.*

вытягивал воду изъ корня. Это вытягиваніе воды изъ корня значительно облегчается тѣмъ, что корни выработали въ себѣ способность всю поступающую въ нихъ паренхимныя кѣтки воду постоянно выталкивать въ древесные элементы даже и тогда, когда послѣдствіе перерѣзыванія растений отрицательное давленіе воздуха уже не имѣетъ мѣста.

Слѣдовательно, скорость движенія воды по растенію зависитъ какъ отъ количества воды, испаряемой листьями, такъ и отъ количества воды, всасываемой корнями.

Количество проходящей черезъ растенія воды имѣетъ значеніе какъ для распредѣленія по различнымъ частямъ растеній сольных элементовъ, такъ и для поступленія ихъ въ растенія. Доказательствомъ этого положенія служить произведенное Шлѣзингомъ изслѣдованіе надъ табакомъ¹. Одни растенія онъ выращивалъ при нормальныхъ условіяхъ, другія — подъ стекляннымъ колпакомъ, слѣдовательно — въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами.

Изслѣдовались только листья. Сухое вещество, образовавшееся во влажной атмосферѣ, оказалось бѣднѣе сольными элементами. Всей золы было только 13%. При нормальныхъ же условіяхъ въ сухомъ веществѣ золы было 21,8%.

Въ 100 частяхъ золы отдѣльныхъ элементовъ было:

	<u>Влажн. атмосф.</u>	<u>Нормальн. условія.</u>
Углекислоты . . .	23,00	19,25
Хлора	6,51	10,21
Серной кислоты . .	6,14	5,36
Фосфорной кислоты .	3,68	1,89
Калія	23,40	19,00
Кальція	30,76	31,48
Магнія	3,65	3,93
Окси железа . . .	0,65	0,99
Песку и кремнію . .	4,59	10,76.

¹ Schlosing, Comptes rendus. 69, 1869. pag. 353.

Если же перечислить приведенныя данныя на 100 частей сухого вещества, то получается:

Кальція	4,02%	6,85%
Фосфорной кислоты .	0,47%	0,41%.

Слѣдовательно, отъ количества испаряемой растеніями воды въ значительной степени зависитъ поступленіе и распредѣленіе по растенію нѣкоторыхъ зольныхъ элементовъ, какъ напримѣръ кальція. Ослабленное испареніе отражается уменьшеніемъ количества кальція въ растеніяхъ. Напротивъ, поступленіе другихъ элементовъ (фосфора), какъ кажется, не зависитъ отъ количества испаряемой воды, а слѣдовательно и скорости движенія ея по растенію.

§ 5. Движеніе органическихъ веществъ по растенію. При помощи кольцевыхъ вырѣзокъ, какъ мы уже видѣли, было доказано, что въ стеблѣ органическія вещества движутся по его корѣ. Кора содержитъ въ себѣ самыя разнообразныя по анатомическому строенію ткани. Поэтому является вопросъ, по всѣмъ ли изъ этихъ тканей могутъ перемѣщаться органическія вещества, или только по нѣкоторымъ. Для уясненія этого вопроса Ганштейнъ¹ пропизвелъ рядъ опытовъ надъ различными растеніями. Онъ нашелъ, что не у всѣхъ растеній кольцевая вырѣзка вызываетъ остановку въ развитіи частей растенія ниже вырѣзки. Анатомическое изслѣдованіе растеній, нестрадающихъ отъ кольцевой вырѣзки, показало, что у однихъ изъ нихъ, кромѣ общаго для двусѣмядныхъ растеній кольца сосудистыхъ пучковъ, таковыя имѣются также и въ сердцевинѣ, у другихъ же растеній были не коллатеральныя пучки, а биллатеральныя. Кольцевыя вырѣзки не оказываютъ также вліянія на развитіе одиодольныхъ растеній.

¹ Hanstein, Pringsheim's Jahrbücher. II. pag. 392.

На основаніи этихъ фактовъ Ганштейнъ пришелъ къ заключенію, что различныя послѣдствія отъ нанесенія кольцевой вырѣзки объясняются тѣмъ, что у большей части двудольныхъ растений ея удаляются всѣ ситовидныя трубки, тогда-какъ у растений съ сосудистыми пучками въ сердцевинѣ или съ биколлатеральными пучками, а также и у однодольныхъ вырѣзывается только часть ситовидныхъ трубокъ. Слѣдовательно, ситовидныя трубки служатъ главными элементами, по которымъ движутся органическія вещества. По своему анатомическому строенію онѣ болѣе приспособлены для этой цѣли, чѣмъ прочія ткани коры. Признаніемъ въ ситовидныхъ трубкахъ главныхъ элементовъ, по которымъ перемѣщаются на значительныя разстоянія органическія вещества, нисколько не исключается перемѣщеніе ихъ также и по всѣмъ прочимъ живымъ клѣткамъ растений на основаніи законовъ осмоса, а также при посредствѣ мельчайшихъ поръ, пронизывающихъ клѣточные оболочки многихъ клѣтокъ. Отличительною особенностью движенія органическихъ веществъ служитъ то, что оно регулируется исключительно потребностями живыхъ клѣтокъ, есть результатъ ихъ дѣятельности, другими словами — зависитъ только отъ такъ-называемыхъ внутреннихъ причинъ. Внешнія условія на движеніе органическихъ веществъ вліяютъ по-стольку, по-скольку они вліяютъ вообще на жизнь клѣтокъ. Совсѣмъ иное мы видѣли относительно движенія почвеннаго раствора, которое очень сильно зависитъ отъ внешнихъ условій (свѣтъ, влажность воздуха и т. д.). Вопросъ о движеніи почвеннаго раствора по растеніямъ въ общемъ представляется хорошо изученнымъ; относительно же передвиженія органическихъ веществъ мы имѣемъ мало прочно установленныхъ фактовъ, а больше только предположенія.

Съ цѣлью уяснить передвиженіе органическихъ веществъ по растеніямъ было произведено много изслѣдованій надъ проростаніемъ семянъ. Главнѣйшія микроскопическія работы въ этомъ

направленіи принадлежать Саксу¹. При помощи микроскопическихъ реакцій онъ прослѣдилъ на разрѣзахъ изъ сѣмянъ и ростковъ распределеіе по тканямъ главныхъ органическихъ веществъ, какъ-то — бѣлковъ, крахмала, сахара, жировъ и дубильныхъ веществъ. Изъ сравненія распределеія названныхъ веществъ въ различныя стадіи проростанія и въ различныхъ частяхъ растеній онъ выводилъ заключенія о путяхъ ихъ передвиженія. Но въ-сущности на основаніи подобныхъ изслѣдованій можно заключать только о распределеіи и накопленіи различныхъ органическихъ веществъ въ различныхъ органахъ. Изъ того только, что въ цѣломъ рядѣ клѣтокъ находится пзвѣстное вещество, нельзя заключать, что по этимъ клѣткамъ данное вещество движется, какъ сдѣлалъ, напримѣръ, Саксъ относительно перемѣщенія крахмала. Саксъ нашелъ, что во время проростанія въ корѣ паходится рядъ клѣтокъ, переполненныхъ крахмаломъ, и что этотъ рядъ идетъ отъ сѣмядолей, гдѣ отложены запасыя вещества, вдоль всего растенія. Саксъ называлъ его крахмальнымъ влагалищемъ и считалъ, что крахмалъ по этому влагалищу перемѣщается изъ сѣмядолей во все растущія части. Но позднѣйшія изслѣдованія Гейне² показали, что здѣсь крахмалъ не движется, а отлагается для мѣстныхъ потребностей. На проростающихъ растеніяхъ онъ дѣлалъ кольцевыя вырѣзки такъ, чтобы въ этихъ мѣстахъ были вполнѣ удалены выѣсты съ тѣмъ и крахмальныя влагалища. Не смотря на это, растенія продолжали развиваться и количество крахмала въ крахмальномъ влагалищѣ частей стебля, разобщенныхъ отъ сѣмядолей кольцевою вырѣзкой, несколько не уменьшалось. Слѣдовательно, движеніе органическаго вещества и въ этихъ случаяхъ происходило въ флоэмахъ (*leptom*) сосудистыхъ пучковъ, оста-

¹ Sachs, Pringsheim's Jahrbücher. III. pag. 183. 1863, Flora. 1862. pag. 139, 280. 1863. pag. 33. 193.

² Heine. Landw. Versuchs-Stationen XXXV. 1888. pag. 155.

вавшихся петропутьми кольцевыми вырѣзками, причемъ часть проходящаго вдоль стебля пластического матеріала отходила въ-сторону и отлагалась въ-видѣ крахмала для мѣстныхъ потребностей.

Избѣтся также нѣсколько изслѣдованій (Сакса, Сапожникова¹ и другихъ) надъ перемѣщеніемъ выработаннаго листьями органическаго вещества въ остальные части растеній. Образующіеся въ листьяхъ углеводы постоянно перетекаютъ въ стебли. Сравненіе убыли углеводовъ въ затѣненныхъ листьяхъ, оставленныхъ на растеніяхъ, и отрѣзанныхъ показываетъ, что въ отрѣзанныхъ листьяхъ убыль углеводовъ по-крайней-мѣрѣ въ пять разъ меньше, чѣмъ въ оставленныхъ на растеніяхъ. Это несомнѣнно свидѣтельствуешь о перемѣщеніи углеводовъ. Въ отрѣзанныхъ листьяхъ углеводы тратятся только для мѣстныхъ потребностей и расходъ поэтому значительно меньше, чѣмъ въ листьяхъ, оставленныхъ на растеніи. Въ истеченіи углеводовъ изъ листьевъ замѣчается суточная періодичность. По изслѣдованіямъ Сапожникова максимумъ истеченія приходится на первые часы ночи (между 7½ — 11½ ч. вечера).

Многолѣтнія растенія никогда не тратятъ всего накопленнаго въ данное лѣто органическаго вещества на свои текущія потребности. Значительная часть его отлагается въ-видѣ зимняго запаса для слѣдующей весны. Первое весеннее пробужденіе жизни въ многолѣтнихъ растеніяхъ и образованіе первыхъ побѣговъ и листьевъ идетъ на счетъ органическихъ веществъ, накопленныхъ въ предыдущемъ году. Отложеніе зимняго запаса у многихъ растеній начинается очень рано: у клепа, напримѣръ, въ мѣ; у другихъ же растеній это начинается позднѣе: у дуба въ іюль, у сосны въ сентябрь. Отложеніе запаса ранѣе всего происходитъ въ молодыхъ вѣтвяхъ, затѣмъ идетъ постепенно

¹ Сапожниковъ, Образованіе углеводовъ въ листьяхъ и передвиженіе ихъ по растенію. Москва, 1890.

внизъ по стволу, наконецъ заполняются и корни. Оканчивается отложеніе въ концѣ лѣта и осенью, — у сосны, напримѣръ, въ серединѣ октября. Зимніе запасы наполняютъ всю сердцевину, сердцевинные лучи, клѣтки коры, а также нѣкоторые элементы древесины. Состоять они главнымъ образомъ изъ крахмала и масла.

Раствореніе зимнихъ запасовъ начинается раннею весной. Растворъ при помощи сердцевинныхъ лучей переходитъ въ элементы древесины и по нимъ движется, какъ было уже описано ранѣе, въ нарастающіе побѣги. Если образовавшіеся молодые побѣги будутъ убиты морозомъ, то дерево погибаетъ, если всѣ зимніе запасы уже были израсходованы.

Резюмируя всѣ данныя относительно движенія органическихъ веществъ по растеніямъ, можно сказать, что оно главнымъ образомъ идетъ по ситовиднымъ трубкамъ. Второстепенные токи идутъ по всѣмъ живымъ клѣткамъ.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

ПРЕВРАЩЕНІЕ ВЕЩЕСТВЪ ВЪ РАСТЕНІЯХЪ.

§ 1. Бѣлковыя вещества. Бѣлковыя или протениновыя вещества принадлежатъ къ самымъ сложнымъ веществамъ, находящимся въ растеніяхъ. Они входятъ въ составъ протоплазмы и накапливаются по преимуществу въ тѣхъ частяхъ растеній, гдѣ фізіологическіе процессы идутъ наиболѣе энергично. Реакціи на бѣлки слѣдующія:

1) При нагреваніи съ азотною кислотою средней крѣпости получается желтый осадокъ, растворяющійся въ щелочахъ съ оранжево-красною окраской.

2) Отъ Миллонова реактива при нагреваніи красный осадокъ.

3) При нагреваніи съ крѣпкою соляною кислотой — фіолетовый растворъ.

4) При обработкѣ еѣрною кислотой и растворомъ сахара — красное окрашиваніе.

5) При обработкѣ мѣднымъ купоросомъ и ѣдкимъ кали — темнофіолетовый растворъ.

Для количественнаго опредѣленія бѣлковъ въ растеніяхъ до послѣдняго времени довольствовались тѣмъ, что опредѣлялось все бывшее въ растеніяхъ количество азота; полученное число послѣ помноженія его на 6,25 выражало количество бѣлковъ. Слѣдовательно, при подобныхъ опредѣленіяхъ остальными азотистыя вещества совсѣмъ игнорировались. Между тѣмъ, какъ показали позднѣйшія изслѣдованія, количество небѣлковыхъ азотистыхъ веществъ въ растеніяхъ иногда бываетъ очень значительно. Поэтому при отнесеніи всего входившаго въ составъ названныхъ веществъ азота на долю бѣлковъ получалась значительная ошибка. Кромѣ того при подобныхъ опредѣленіяхъ конечно постоянно оказывалось, что бѣлки въ растеніяхъ не подвергаются никакимъ превращеніямъ, что они принимаютъ участіе въ совершающихся въ растеніяхъ реакціяхъ, дѣйствуя какъ бы только каталитически, чего на самомъ дѣлѣ нѣтъ: бѣлки, какъ будетъ показано ниже, подвергаются во время жизни растеній глубокимъ превращеніямъ, они то распадаются, то снова регенерируются.

Только въ 1880 году Штудеръ¹ далъ способъ точнаго количественнаго опредѣленія бѣлковъ. Онъ основанъ на свойствѣ бѣлковъ давать съ гидратомъ окиси мѣди нерастворимое въ водѣ соединеніе. Осажденіе бѣлковъ производится такимъ образомъ. Растенія измельчаются, разбавляются водой и нагреваются

¹ A. Stutzer. Journal für Landwirtschaft. 1880, pag. 103. 1881, pag. 473.

до кипѣнія. Затѣмъ прибавляется нѣсколько гидрата окиси мѣди. Осадокъ отфильтровывается, промывается горичею водою и затѣмъ спиртомъ и высушивается вмѣстѣ съ фильтромъ при 100°. Въ этомъ осадкѣ будутъ все бѣлки. Все остальные азотистыя соединенія, находящіяся въ растеніяхъ, дають съ гидратомъ окиси мѣди болѣе или менѣе растворимыя въ водѣ соединенія и поэтому перейдутъ въ фильтратъ. Опредѣленіе количества азота въ осадкѣ всего лучше дѣлать по способу Кьельдаля¹.

Благодаря этому способу, теперь является возможность рѣшенія многихъ физиологическихъ вопросовъ, о рѣшеніи которыхъ прежде нельзя было и думать, не имѣя специально приспособленной лабораторіи. Онъ основанъ на свойствѣ всехъ азотистыхъ органическихъ соединеній, подвергнутыхъ нагреванію съ концентрированной сѣрною кислотою, переводить весь свой азотъ въ амміакъ, такъ - что по окончаніи реакціи весь азотъ органическаго вещества будетъ находиться въ колбѣ въ-видѣ сѣрноамміачной соли. Количество амміака затѣмъ опредѣляется по одному изъ существующихъ способовъ и вычисляется количество азота, приходящагося на долю бѣлковъ.

Если опредѣлить въ одной порціи изслѣдуемыхъ растеній количество всего азота, а въ другой количество азота, приходящагося на долю бѣлковъ, и изъ перваго числа вычесть второе, то разность покажетъ количество азота, приходящагося на долю небѣлковыхъ азотистыхъ веществъ.

Для примѣра приводимъ нѣсколько опредѣленій количествъ бѣлковаго и небѣлковаго азота въ различныхъ растеніяхъ:

¹ *Kjeldahl*, Zeitschrift für analyt. Chemie. 22, pag. 366. Также *Fresenius*, Anleitung zur quant. chem. Analyse. II Band. 6 Auflage. 1887, pag. 726. Описаніе методовъ анализа азотистыхъ соединеній, находящихся въ растеніяхъ: *Палладинъ*, Вліяніе кислорода на распаденіе бѣлковыхъ веществъ въ растеніяхъ. Варшава, 1889; *Густавсонъ*, Двадцать лекцій агрономической химіи.

Изъ 100 частей всего азота на долю:

	бѣлковыя вещества.	небѣлковыя вещества.
Вика 1 періодъ	67,2	32,8
» 2 »	73,4	26,6
Красный клеверъ	76,4	23,6
Люцерна молодая	73,1	26,9
» въ цвѣту	76,3	26,4
Овесь	85,2	14,8
Райграсъ	77,0	23,0
Картофельные клубни (7 іюля) . .	58,7	41,3.

Слѣдовательно, на долю небѣлковыхъ азотистыхъ веществъ приходится значительныя количества азота.

Бѣлки, находящіеся въ растеніяхъ, дѣлятся въ настоящее время на три группы:

1) Альбумины $C_{72}H_{111}N_{18}O_{22}S$. Бѣлки, растворимые въ водѣ, падаются въ клѣткахъ, живущихъ дѣятельной жизнью.

2) Растительныя фибрины. Сюда относится клейковина, находящаяся въ сѣменахъ злаковъ. Въ составъ ея входятъ три фибрина: глютенфибринъ, гліадинъ и мусединъ.

3) Растительныя казеины. Такъ-же какъ и фибрины нерастворимы въ водѣ. Сюда относятся: глютенказеинъ — четвертая составная часть клейковины, леугминъ — находящійся въ сѣменахъ бобовыхъ растеній, и конглутинъ.

Съ такимъ дѣленіемъ растительныхъ бѣлковъ не всѣ согласны. Впрочемъ, при современномъ состояніи физиологическихъ свѣдѣній, достаточно знать только — сколько бѣлковъ мы имѣемъ. Вопросъ же, какіе бѣлки имѣются, — вопросъ второстепенный¹.

¹ Литература по бѣлкамъ: *Ritthausen, Eiweisskörper der Getreidearten. 1872; Beilstein, Handbuch der organischen Chemie. 2-te Auflage. 3 Band. 1890.*

Особую группу бѣлковъ составляютъ нуклеины $C_{10}H_{10}N_5P_3O_{22}$. Это — главная составная часть ядра. Нуклеины нѣсколько растворимы въ водѣ. Ни съ мылоновымъ реактивомъ, ни съ мѣднымъ купоросомъ и ѣдкимъ кали не даютъ реакціи. Обладаютъ кислую реакціей (на лакмусову бумагу), разлагаютъ карбонаты и даютъ соли. Не разлагаются желудочнымъ сокомъ.

§ 2. Ферменты. Самый распространенный пѣзъ ферментовъ — это діастазъ. Онъ переводитъ въ растеніяхъ крахмалъ въ сахаръ. Небольшого количества фермента достаточно для разложенія очень большихъ количествъ крахмала. Одна вѣсовая часть діастаза можетъ перевести въ сахаръ 2000 частей крахмала.

По изслѣдованіямъ Баранецкаго¹, діастазъ очень распространенъ въ растительномъ царствѣ. Особенно много образуется его во время проростанія крахмалистыхъ сѣмянъ. Позднѣйшія изслѣдованія Вортмана² показали однако, что раствореніе крахмала въ растеніяхъ можетъ идти и безъ участія діастаза. Въ этомъ случаѣ раствореніе крахмала есть результатъ дѣятельности живой протоплазмы. Такъ, напримѣръ, въ листьяхъ, гдѣ параллельно съ образованіемъ крахмала идетъ также и постоянное разрушеніе его, Вортманну не удалось найти діастаза. Для приготовленія діастаза лучше всего брать ячменный солодъ. Солодъ разводятъ въ водѣ; жидкость фильтруется и въ фильтратѣ діастазъ осаждается спиртомъ. Получается бѣлый аморфный осадокъ. Для очищенія его можно снова растворить въ водѣ и осадить спиртомъ.

По составу діастазъ близокъ къ бѣлкамъ. Осажденіе спиртомъ не лишаетъ его способности растворяться въ водѣ, а также разлагать крахмалъ. Для этой реакціи берется крахмальный клейстеръ и приливается къ нему водный растворъ діастаза.

¹ Баранецкій, Die stärkeumbildende Fermente. 1878.

² Wortmann, Botanische Zeitung. 1890. pag. 581.

Первое дѣйствіе діастаза оказывается въ томъ, что клейстеръ перестаетъ краснѣть отъ іода въ синій цвѣтъ. Сначала окраска замѣняется фіолетовою, затѣмъ коричнево - бурю. Въ концѣ реакціи окраска отъ іода совсѣмъ не получается. При повышенной температурѣ реакція идетъ быстрее. Чтобы вызвать разрушеніе діастазомъ цѣлыхъ крахмальныхъ зеренъ необходимо прибавленіе какой-либо кислоты — соляной, муравьиной, уксусной или лимонной. По изслѣдованіямъ Варанецкаго, лучше всего дѣйствуетъ муравьиная кислота. При раствореніи крахмальныхъ зеренъ въ діастазъ получаютъ тѣ-же измѣненія, что и при раствореніи ихъ во время проростанія сѣмянъ. Въ мѣстахъ дѣйствія діастаза зерна становятся прозрачными, стекловидными. Эти мѣста іодомъ уже не красятся. Затѣмъ все зерно дѣлается прозрачнымъ. Наконецъ и зготъ «скелетъ» зерна растворяется.

Въ дрожжахъ находится другой ферментъ — инвертинъ. Для полученія его дрожжи высушиваются при 40° , затѣмъ 6 часовъ нагреваются при 100° и разбавляются водою. После стоянія въ продолженіи 12 часовъ при 40° жидкость отфильтровывается и фильтратъ осаждается спиртомъ. Полученный инвертинъ очищается повторнымъ раствореніемъ въ водѣ, осажденіемъ и промываніемъ спиртомъ. Одна часть инвертина можетъ инвертировать до 760 частей тростниковаго сахара.

Въ сладкихъ миндаляхъ находится эмульсинъ. Онъ разлагаетъ амигдалинъ на горько-миндальное масло, сильную кислоту и виноградный сахаръ.

Въ сѣменахъ черной горчицы находится мирозинъ, разлагающій миреновокислый калий на горчичное масло, виноградный сахаръ и кислую сѣрно-калиеву соль.

Въ животныхъ организмахъ имѣется особый ферментъ для разложенія бѣлковыхъ тѣлъ — пепсинъ. Относительно же присутствія подобнаго фермента у растений имѣются только немногія указанія. Глицериновая вытяжка изъ сѣмянъ п сѣмядолей рост-

ковъ нѣкоторыхъ растений въ присутствіи соляной кислоты переводитъ бѣлки въ пептоны. При осажденіи глицериновой вытяжки спиртомъ ферментъ получается въ видѣ бѣлой порошковатой массы. Пептонизирующій ферментъ находится также въ железахъ насѣкомоядныхъ растений.

§ 3. Азотистые продукты распада бѣлковъ. Изъ азотистыхъ продуктовъ распада бѣлковъ въ растеніяхъ самое распространенное тѣло — аспарагинъ $C_4H_8N_2O_3 + H_2O$. Въ наибольшемъ количествѣ онъ находится въ проросшихъ въ темнотѣ бобовыхъ растеніяхъ, особенно въ *Lupinus luteus*; по изслѣдованіямъ Бородинъ¹ — отсутствуетъ воишь у гвоздичныхъ растеній.

Глутаминъ $C_5H_{10}N_2O_4$. Тѣло — близкое къ аспарагину. Благодаря трудности его кристаллизація и отсутствію специальныхъ реакцій присутствіе его констатировано только для очень небольшого числа растеній. Въ большомъ количествѣ находится въ корняхъ свекловицы и росткахъ тыквы.

Къ числу очень распространенныхъ продуктовъ распада бѣлковъ относится также тигрозинъ $C_9H_{11}O_3N$ и лейцинъ $C_6H_{13}NO_2$. Встрѣчаются они обыкновенно въ незначительныхъ количествахъ.

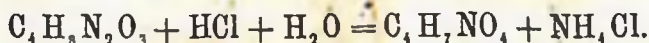
Наконецъ, къ числу азотистыхъ продуктовъ распада бѣлковъ относится еще слѣдующія соединенія: амидовалеріановая кислота, фениламидопротоновая кислота, гипоксантинъ, ксантинъ, аденинъ, гуанинъ, аллаптоинъ, вернинъ и аргининъ. Встрѣчаются они обыкновенно въ очень незначительныхъ количествахъ. Изъ нихъ большаго вниманія заслуживаетъ аденинъ $C_5H_5N_5$, какъ продуктъ распада нуклеина.

При количественныхъ опредѣленіяхъ перечисленныхъ соединений часто бываетъ достаточно знать, сколько ихъ всѣхъ находится въ растеніяхъ. Для этого въ одной порціи растеній

¹ Бородинъ, Труды С.-Петербург. общ. естествоиспыт. XVI. Выпуск. 2. 1885. стр. 72. Также Пиллидинъ, 1. с. стр. 88.

опредѣляется количество всего азота, въ другой — количество азота, приходящагося на долю бѣлковъ; разность даетъ количество азота, приходящагося на долю остальныхъ азотистыхъ веществъ. Когда можно знать, какія азотистыя вещества находятся въ растеніи при данныхъ условіяхъ, — осаждаютъ ихъ азотнокислою окисью ртути. Для этой цѣли водный экстрактъ изъ растений осаждается уксуснокислымъ свинцомъ. Въ осадкѣ — бѣлки, углеводы и нѣкоторые другія вещества, въ фильтратѣ — всѣ кристаллическія азотистыя вещества. Въ фильтрату затѣмъ прибавляется азотнокислая окись ртути. Въ полученномъ осадкѣ могутъ быть аспарагинъ, глютаминъ, аллаутопинъ, ксантинъ, гипоксантинъ, гуанинъ, аргининъ и тирозинъ. Осадокъ разлагается сероводородомъ, фильтратъ нейтрализуется амміакомъ и выпаривается на водяной банѣ до небольшого объема. Черезъ нѣсколько времени выкристаллизовываются азотистыя вещества, которые изслѣдуются обычными путями. Для полученія веществъ, не осаждающихся азотнокислою окисью ртути, фильтратъ отъ уксуснокислаго свинца обрабатывается сероводородомъ для удаленія свинца. Вновь полученный фильтратъ нейтрализуется амміакомъ и выпаривается до небольшого объема.

Спеціально для количественнаго опредѣленія аспарагина существуетъ способъ Саксе, который основанъ на свойствѣ аспарагина распадаться при продолжительномъ кипяченіи съ соляною кислотой на аспарагиновую кислоту и хлористый аммоній:



Слѣдовательно, половина азота, бывшаго въ аспарагинѣ, при этихъ условіяхъ переходитъ въ амміачную соль. Затѣмъ опредѣляютъ количество азота въ образовавшемся амміакѣ по одному изъ существующихъ способовъ и, помноживши полученное число на 2, получаютъ — сколько было азота въ аспарагинѣ. Этотъ-же способъ употребляется и для глютамина.

При микрохимическихъ изслѣдованіяхъ употребляется способъ Бородинъ¹. Разрѣзъ помѣщается въ капль спирта, покрывается покровнымъ стекломъ и оставляется, пока спиртъ не высохнетъ. Дальнѣйшая обработка основана на неспособности кристалла данного вещества, напримѣръ аспарагина, растворяться въ насыщенномъ растворѣ того-же самого вещества. Если въ тѣщи, изъ которой былъ приготовленъ разрѣзъ, находится аспарагинъ, то послѣ обработки спиртомъ получаютъ подъ покровнымъ стекломъ кристаллы его. Въ насыщенномъ растворѣ аспарагина эти кристаллы не растворяются. Если же выкристаллизовавшееся тѣло не аспарагинъ, то въ растворѣ аспарагина оно сейчасъ-же растворится.

§ 4. Распаденіе бѣлковъ въ растеніяхъ. Первая указанія относительно распаденія бѣлковъ въ растеніяхъ принадлежатъ Теодору Гартигу². Онъ нашелъ, что въ проростающихъ сѣменахъ образуется особое азотистое вещество — глейсъ. Этотъ глейсъ оказался не что иное, какъ аспарагинъ. Бусенго³ считалъ аспарагинъ присущимъ всемъ растеніямъ и ставилъ образованіе его въ зависимость отъ свѣта. Въ темнотѣ бѣлки распадаются во время дыханія растеній на азотистымъ продуктомъ распаденія является аспарагинъ, подобно тому какъ животныя образуютъ мочевины; съ тою разницею, что мочевина животнымъ выдѣляется, аспарагинъ же подъ вліяніемъ свѣта снова перерабатывается растеніями. Затѣмъ Пфедферъ⁴ микроскопическимъ путемъ показалъ, что на-свѣтѣ потоки не накапливаются аспарагинъ, что онъ вступаетъ въ соединеніе съ образующимися во время ассимиляціи углерода углеводами и даетъ бѣлокъ. При проростаніи сѣмянъ въ темнотѣ идетъ преимущественно распаденіе бѣлка и

¹ Бородинъ. Bot. Zeitung. 1878. pag. 805.

² Th. Hartig. Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims. 1858.

³ Boussingault, Agronomie, IV. 1868. pag. 265.

⁴ Pfeffer. Pringsheim's Jahrbücher. VIII. 1872. pag. 533.

накапляется аспарагинъ, при нормальныхъ же условіяхъ идутъ параллельно два процесса: распаденіе и регенерація бѣлковъ. Впрочемъ вліяніе свѣта оказывается только въ болѣе позднихъ стадіяхъ проростанія. Въ первое время проростанія, будетъ ли оно идти на-свѣтѣ или въ темнотѣ, все равно будетъ накапливаться аспарагинъ. Затѣмъ въ растеніяхъ, оставленныхъ въ темнотѣ, количество аспарагина продолжаетъ увеличиваться, въ растеніяхъ же, бывшихъ на солнечномъ свѣтѣ, исчезаетъ весь ранѣе образовавшійся аспарагинъ. Это утверждалъ еще Вусенго и затѣмъ подтвердилъ Менье¹:

Phaseolus coccineus L.

	Аспарагинъ	
	въ темнотѣ.	на-свѣтѣ.
13 дней	1,13	1,18
18 " 	2,28	2,25
38 " 	5,18	1,41.

Слѣдовательно, въ 18-дневныхъ росткахъ аспарагина было одинаковое количество, росли ли они на-свѣтѣ или въ темнотѣ. Въ 38-дневныхъ же росткахъ въ темнотѣ количество аспарагина сильно увеличилось, напротивъ на-свѣтѣ — уменьшилось.

Въ то время какъ Пфедфферъ ограничилъ свои изслѣдованія надъ аспарагиномъ исключительно бобовыми растеніями, наиболѣе богатыми аспарагиномъ, Вородинъ² доказалъ, что аспарагинъ имѣетъ очень широкое распространеніе и встрѣчается весьма вѣроятно почти во всѣхъ растеніяхъ. Хотя при нормальныхъ условіяхъ жизни аспарагинъ обнаружить обыкновенно трудно, часто и невозможно, но стоитъ только испытывать часть растенія помѣстивъ въ воду и культивировать въ продолженіи нѣсколькихъ дней въ темнотѣ, то, вслѣдствіе недостатка нужныхъ для регенераціи

¹ *Meunier. Annales agronomiques. 1880. VI. pag. 275.*

² *Вородинъ, Bot. Zeitung. 1878, pag. 801.*

бѣлка углеводовъ, аспарагинъ накапливается въ растеніяхъ въ значительномъ количествѣ. Бородинъ обнаруживалъ аспарагинъ микроскопическимъ путемъ. Кромѣ аспарагина Бородинъ находилъ и другія азотистыя вещества: тирозинъ и лейцинъ.

Работа Бородина затѣмъ была подтверждена Эрпстомъ Шульце¹ путемъ количественныхъ опредѣленій. Для примѣра — одинъ его опытъ надъ молодымъ овсомъ.

	а) непосредственно по снѣгѣ съ почвы.	б) 6—7 дней въ водѣ въ темномъ помещеніи.
Всего азота	4,12%	4,50%
Азотъ въ бѣлкахъ	3,51%	1,46%
Азотъ въ небѣлковыхъ веществахъ	0,61%	3,04%.

Слѣдовательно, за недѣлю пребыванія въ темнотѣ распалось болѣе половины бывшихъ въ началѣ опыта бѣлковъ.

Физиологія обязана Э. Шульце большимъ фактическимъ матеріаломъ по вопросу объ азотистыхъ веществахъ растеній, а также методами количественнаго опредѣленія ихъ.

Палладинъ² доказалъ, что распаденіе бѣлка въ растеніяхъ совершается и въ отсутствіи свободного кислорода. Для опытовъ употреблялась молодая пшеница.

Продолжитель- ность опыта.	% потрачен- наго бѣлка.
22 часа	1,1
24 »	3,9
2 сутокъ	5,7
2 »	15,4
3 »	26,1
8 »	46,8.

¹ E. Schulze. Landw. Versuchs-Stationen. 1886. XXXIII, p. 118.

² В. Палладинъ, Вліяніе кислорода на распаденіе бѣлковыхъ веществъ въ растеніяхъ. Варшава, 1889. Berichte d. deutsch. botan. Gesellschaft. 1888. pag. 205. 296.

При тѣхъ-же условіяхъ въ темнотѣ, но при полномъ доступѣ воздуха, распалось бѣлка:

24 часа	7,9
2 сутокъ	17,2
7 »	54,3.

Чтобы вызвать болѣе значительное распаденіе бѣлка въ первое время пребыванія въ средѣ, лишенной кислорода, въ другой части опытовъ растенія предварительно помѣщались на двое сутокъ въ темноту при полномъ доступѣ воздуха и затѣмъ уже въ среду, лишенную кислорода.

23 часа	8,2
23 »	14,4.

Слѣдовательно, въ растеніяхъ, не смотря на лишеніе ихъ кислорода, происходитъ распаденіе бѣлковъ. Продолжительное пребываніе въ безкислородной средѣ оканчивается смертью растеній, наступающею у молодой ишеницы приблизительно на третью сутку. Но процессъ распаденія бѣлковъ продолжаетъ идти энергично и послѣ смерти растеній, какъ видно изъ приведенныхъ данныхъ.

Что же касается продуктовъ распаденія бѣлковъ въ средѣ, лишенной кислорода, то они оказались въ inomъ количественномъ отношеніи, чѣмъ во время распаденія бѣлковъ при доступѣ воздуха. На-воздухѣ главнымъ продуктомъ распаденія являются аспарагинъ и въ очень небольшомъ количествѣ тирозинъ и лейцинъ. Безъ кислорода же въ растеніяхъ накапливаются тирозинъ и лейцинъ; а аспарагинъ появляется въ незначительномъ количествѣ. Слѣдовательно, образующійся при нормальныхъ условіяхъ аспарагинъ есть продуктъ окисленія бѣлковъ.

§ 5. Первичное образованіе бѣлковъ въ растеніяхъ. Относительно первичнаго образованія бѣлковъ въ растеніяхъ свѣдѣнія еще крайне ограничены. Для образованія ихъ необходимъ азотъ. Азотъ поступаетъ въ растенія въ-видѣ сели-

тры. Исслѣдованія надъ распредѣленіемъ селитры въ растеніяхъ¹ показали, что она идетъ по всему растенію до листьевъ, гдѣ и находится или въ ничтожномъ количествѣ, или же констатировать ее тамъ совсѣмъ не удастся. Уже этотъ фактъ говоритъ за то, что селитра въ листьяхъ перерабатывается. Исслѣдованія Шимпера² кромѣ того доказали, что исчезновеніе селитры въ листьяхъ находится въ связи съ ассимиляціей углерода. Въ растеніяхъ, оставленныхъ въ темнотѣ, селитра въ листьяхъ постоянно накапливается, послѣ же перенесенія на-свѣтъ — исчезаетъ. Если же для опытовъ брались листья, неспособные къ ассимиляціи углерода, напримѣръ хлорофитискіе, то въ нихъ селитра на-свѣтъ не пещезала. Особенно нагляды опыты съ цестролистными растеніями (*foliis variegatis*). Въ темнотѣ какъ зеленныя части этихъ растеній, такъ и части, лишеныя хлорофилла, паполнялись селитрой. Послѣ же выставленія на-свѣтъ въ зеленыхъ частяхъ листьевъ селитра пещезала, въ безцвѣтныхъ же количество ея оставалось прежнее.

Кромѣ того изслѣдованіе³ надъ движеніемъ почвеннаго раствора по растеніямъ показали, что растенія снабжены всѣми приспособленіями, чтобы этотъ растворъ достигалъ до листьевъ, гдѣ вода испаряется, а минеральныя вещества остаются въ листьяхъ, какъ въ перегонномъ кубѣ. Одновременно съ ассимиляціей углерода, въ листьяхъ идетъ ассимиляція азота и остальныхъ минеральныхъ веществъ. Продуктомъ ассимиляціи должно быть сложное азотистое тѣло, и имѣющіеся въ настоящее время данныя говорятъ за то, что это тѣло — бѣлокъ. Затѣмъ уже образовавшійся бѣлокъ путемъ распада даетъ крахмалъ, который и считается первымъ легко констатируемымъ продуктомъ ассими-

¹ *Wulfert*, Landw. Versuchs-Stationen. 12. p. 164. 1864; *Montecorpe*, Труды петерб. общ. естествоиспыт. 1882; *Berthelot et André*, Annales de chimie et de physique. 6 série. VIII tome. 1886. X tome. 1887.

² *Schimper*. Bot. Zeitung. 1888. pag. 65.

милляции углерода. Анатомическія данныя надъ образованіемъ крахмала въ листьяхъ подтверждаютъ только-что сказанное. Эти данныя показываютъ, что онъ образуется только въ хлорофильныхъ зернахъ — бѣловыхъ тѣлахъ. Ростъ крахмальныхъ зеренъ сопровождается уменьшеніемъ хлорофильныхъ зеренъ.

Образуется ли бѣлокъ изъ минеральныхъ азотистыхъ соединений и органическаго вещества и въ незеленыхъ органахъ vyšшихъ растений, — неизвѣстно. Относительно пукления Шимперъ¹ предполагаетъ, что онъ образуется преимущественно въ точкахъ роста. Къ этому заключенію онъ приходитъ на основаніи распределенія по растеніямъ фосфорной кислоты.

Незелеными простѣйшими растеніями бѣлокъ можетъ образоваться также и изъ азотистыхъ минеральныхъ веществъ. Грибы, культивируемые въ растворахъ, содержащихъ сахара, и изъ азотистыхъ веществъ только амміачныя соли, развиваются нормально, причемъ увеличивается въ значительной степени количество бѣлка.

Что же касается рогамериды, то она можетъ происходить во всѣхъ живыхъ клеткахъ растеній.

§ 6. Углеводы. Самые распространенные углеводы въ растеніяхъ — клетчатка и крахмалъ. Анатомическія наблюденія показываютъ, что ростъ клеточныхъ оболочекъ и крахмальныхъ зеренъ идетъ только до тѣхъ поръ, пока онъ находится въ соединеніи съ протоплазмой или съ особыми протоплазмическими тѣлами — крахмалообразователями. Следовательно, крахмалъ и клетчатка — продукты распада бѣловыхъ веществъ. За то-же говорятъ и физиологическія данныя. Образование крахмала и клетчатки идетъ параллельно съ уменьшеніемъ количества бѣлка и съ образованіемъ ихъ азотистыхъ продуктовъ распада, главнымъ образомъ — аспарагина.

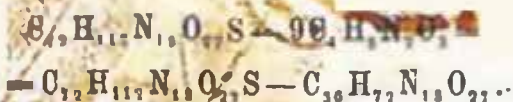
¹ Schimper. Flora. 1890. pag. 207.

Такъ, напримѣръ, изслѣдованія Гунтербюлера¹ надъ созрѣвающими картофельными клубнями дали слѣдующія цифры:

Время взятія пробы.	% крахмала въ сухомъ веществѣ.	Изъ всего N находилось въ %	
		какъ бѣлковый N.	какъ пѣлковый N.
23 іюня	56,7	70,9	29,1
30 »	61,3	64,4	35,6
7 іюля	66,3	58,7	41,3.

Приведенная таблица показываетъ, что образованіе крахмала сопровождается уменьшеніемъ бѣлковъ и увеличеніемъ количества небѣловыхъ азотистыхъ веществъ.

Главнымъ продуктомъ распада бѣлковъ въ растеніяхъ является аспарагинъ. Если мы возьмемъ для бѣлка формулу Диберкюна и отнимемъ отъ нея весь азотъ въ формѣ аспарагина, то увидимъ, что оставшееся тѣло будетъ совсемъ лишено кислорода.



Если мы считаемъ съры, то получится остатокъ $\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ и недостатка O_5 . Остатокъ $\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ можетъ войти на образованіе крахмала или клѣтчатки только подъ условіемъ ассимиляціи кислорода воздуха. Кроме того аспарагинъ образуется въ растеніяхъ только при доступѣ кислорода воздуха. На основаніи всего сказаннаго Палладинъ² считаетъ, что образованіе клѣточныхъ оболочекъ и крахмальныхъ зеренъ сопровождается ассимиляціей кислорода. Или, другими словами, образующіеся въ растеніяхъ углеводы не что иное, какъ продукты окисленія бѣлковъ.

Крахмалъ, благодаря своей нерастворимости, служитъ для отложенія органическаго вещества въ запасъ. Клѣтки часто такъ

¹ Hungerbühler, Land. Versuchs-Stationen. 1886. XXXII. pag. 381.

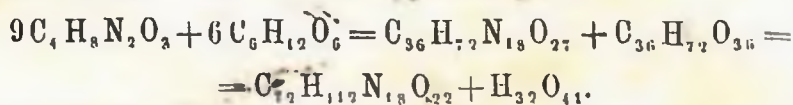
² Палладинъ, Л. с. стр. 79. Berichte d. deutschen botan. Gesellschaft. 1889. pag. 126.

переполнены крахмаломъ, что онѣ ни въ какомъ случаѣ не были бы въ состояніи выдержать того очень сильнаго осмотическаго давленія, которое развилось бы, если бы все органическое вещество крахмала было отложено въ-видѣ тѣла, растворимаго въ водѣ, напримѣръ, въ-видѣ глюкозы. Кромѣ крахмала и клѣтчатки въ растеніяхъ находится еще виноградный сахаръ. Онъ встрѣчается во всѣхъ клѣткахъ, живущихъ дѣятельною жизнью.

Тростниковый сахаръ почти исключительно встрѣчается, какъ запасный углеводъ.

Недавно Э. Шульце¹ нашелъ, что въ составъ клѣточной оболочки кромѣ клѣтчатки можетъ входить еще одинъ углеводъ — паралактанъ. Паралактанъ нерастворимъ въ водѣ; но при нагреваніи въ 1% растворѣ соляной или серной кислоты переходитъ въ растворъ. Клѣтчатка же при этихъ условіяхъ не измѣняется. При окисленіи азотною кислотою даетъ слизевую кислоту, клѣтчатка же — сахарную кислоту.

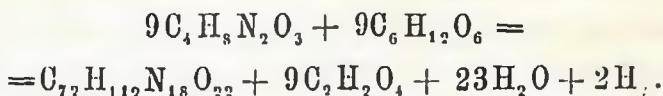
§ 7. Органическія кислоты. Въ клѣткѣ, живущей дѣятельною жизнью, постоянно содержатъ въ себѣ нѣкоторое количество органическихъ кислотъ. Клѣточный сокъ имѣетъ кислую реакцію. Обыкновенно органическія кислоты просто считаются продуктами неполнаго окисленія углеводовъ; но образованіе ихъ можно поставить въ связь съ процессами, совершающимися съ бѣлковыми веществами. Извѣстно, что при нормально идущихъ процессахъ въ клѣткахъ изъ имѣющагося аспарагина вновь образуется бѣлокъ при помощи углеводовъ.



Получается сильно окисленный остатокъ $H_{32}O_{41}$. Заключающийся въ этомъ остаткѣ кислородъ можетъ пойти только на оки-

¹ E. Schulze, Steiger und Maxwell. Zeitschrift für physiologische Chemie. 1890. XLI. pag. 181.

сленіе углеводовъ. Если взять для соединенія съ аспарагиномъ большее число частицъ глюкозы, то получимъ:



Слѣдовательно, регенерація бѣлка должна сопровождаться накопленіемъ сильно окисленныхъ соединеній. На основаніи изложеннаго, Палладинъ¹ заключаетъ, что органическія кислоты образуются въ растущихъ органахъ, какъ побочный продуктъ, при регенераціи бѣлка изъ аспарагина и углеводовъ. Отсюда не слѣдуетъ, что всѣ встрѣчающіяся въ растеніяхъ кислоты такого происхожденія, а только то, что регенерація бѣлка въ растеніяхъ сопровождается образованіемъ органическихъ кислотъ.

Особенно много изслѣдованій посвящено щавелевой кислотѣ въ-видѣ ея кальціевой соли². Изъ многихъ извѣстныхъ въ настоящее время фактовъ относительно распространенія и образованія щавелевокислаго кальція самые крупныя — это зависимость образованія названной соли отъ свѣта и испаренія. Только на солнечномъ свѣтѣ и при нормальномъ испареніи идетъ правильное отложеніе щавелевокислаго кальція. Въ темнотѣ же и при ослабленномъ испареніи количество его незначительно.

П р о р о с т а н і е с ѣ м я н ѣ .

Въ предшествовавшемъ изложеніи приходилось обращаться очень часто къ процессу проростанія сѣмянъ для рѣшенія различныхъ вопросовъ какъ относительно превращенія веществъ въ растеніяхъ, такъ и относительно другихъ физиологическихъ процессовъ. Теперь ознакомимся ближе съ главными особенностями

¹ Палладинъ, L. c. стр. 80. Berichte d. deutschen botan. Gesellschaft. 1887. pag. 325.

² Kohl, Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. 1889; Monteverde, Объ отложеніи щавелевокислыхъ солей кальція и магнія въ растеніи. Спб. 1889.

проростанія сѣмянъ. Каждое сѣмя въ своихъ сѣмядоляхъ, или въ бѣлкѣ (эндоспермѣ), содержитъ болѣе или менѣе значительныя количества органическихъ веществъ. Поэтому оно можетъ расти нѣкоторое время, нуждаясь только въ извѣстной средней температурѣ и въ водѣ. Проростающее сѣмя въ первое время можетъ обойтись безъ свѣта и минеральныхъ веществъ. Слѣдовательно, при проростаніи въ темнотѣ будутъ подвергаться измѣненіямъ только тѣ вещества, которыя были въ сѣмени и качество и количество которыхъ можетъ быть опредѣлено предварительнымъ анализомъ. Во взросломъ растеніи на - свѣтѣ параллельно съ подобными же процессами идетъ ассимиляція углерода и минеральныхъ веществъ, образованіе изъ усвоенныхъ элементовъ новыхъ соединений. Всѣ эти процессы новообразованія веществъ маскируютъ процессы превращенія веществъ. При проростаніи же въ темнотѣ и въ дистиллированной водѣ всѣ процессы усвоенія веществъ отсутствуютъ (исключая усвоенія воды и кислорода воздуха) и мы имѣемъ дѣло только съ процессами превращенія веществъ, ранѣе запасенныхъ въ сѣмени.

При проростаніи всевозможныхъ сѣмянъ въ темнотѣ замѣчается, что вѣсъ сухого вещества выросшихъ растеній постоянно значительно менѣе вѣса сухого вещества взятыхъ сѣмянъ.

	Вѣсъ сѣмянъ.	С	Н	О	N	Зола.
46 зеренъ пшеницы.	1,665	0,758	0,095	0,718	0,057	0,038
46 растеній	0,722	0,293	0,043	0,282	0,057	0,038
Разность, въ грам.	— 0,953	— 0,465	— 0,052	— 0,436	0,000	0,000

Остальныя явленія во время проростанія идутъ въ различныхъ сѣменахъ нѣсколько различно, въ зависмости отъ того, какія запасныя вещества въ данномъ сѣмени отложены. На основаніи преобладанія тѣхъ или другихъ веществъ въ сѣменахъ, она дѣлятся на три группы: на крахмалистыя, бѣлковыя и маслянистыя сѣмена.

При проростаніи крахмалистых сѣмянъ (злаки)¹ трата вещества, какъ видно изъ предыдущей таблицы, относится на долю углерода, водорода и кислорода. Количество азота и золь остается неизмѣннымъ. Другія главнѣйшія измѣненія при проростаніи видны изъ прилагаемой таблицы:

	Сухого вещества.	Крахмалъ и декстрины.	Глюкоза и сахаръ.	Масло.	Клейчатка.
22 зерна пшеницы . . .	8,636	6,386	—	0,463	0,516
22 растеній	4,529	0,777	0,953	0,150	1,316
Разность, въ грам.	— 4,107	— 5,609	+ 0,953	— 0,313	+ 0,800

Образующійся при проростаніи сѣмянъ диастазъ разрушаетъ почти весь крахмалъ; появляется глюкоза. Количество клетчатки значительно увеличивается.

При проростаніи бѣлковыхъ сѣмянъ (бобовыя)² трата вещества также относится на долю углерода, водорода и кислорода. Количество бѣлковыхъ веществъ сильно уменьшается. Появляется въ большомъ количествѣ аспарагинъ и другіе амиды. Изъ безазотистыхъ веществъ появляется глюкоза и значительно увеличивается количество клетчатки.

Lupinus luteus.

	Сухое вещество.	Бѣлковыя вещества.	Аспара- гинъ.	Остальные азотистыя вещества.	Глюкоза.	Клет- чатка.
Сѣмена	100	45,07	—	11,66	—	3,24
Выросшія растенія	81,70	11,66	18,22	23,97	2,10	6,47
Разность въ %	— 18,30	— 33,41	+ 18,22	+ 12,31	+ 2,10	+ 3,23

¹ Boussingault, *Agronomie, Chimie agricole etc.* 4 tome. 1868.

² E. Schulze, *Landw. Jahrbücher.* V. 1876. pag. 821.

При проростаніи бѣловыхъ сѣмянъ, какъ побочный продуктъ при распаденіи бѣловыхъ веществъ, появляется также сѣрная кислота. Количество ея по мѣрѣ проростанія увеличивается:

Въ сѣменахъ <i>Lupinus</i> . . .	0,385	гр. сѣрной кислоты.
На 7-й день проростанія . . .	0,619	»
» 15-й » » . . .	1,323	»

При проростаніи маслянистыхъ сѣмянъ (подсолнечникъ, тыква, клеверина и т. д.)¹ трата вещества относится только на долю углерода и водорода. Количество же кислорода по мѣрѣ проростанія не только не уменьшается, но, напротивъ, значительно увеличивается. Следовательно, проростаніе маслянистыхъ сѣмянъ сопровождается ассимиляціей кислорода. Находящиеся въ сѣменахъ жиры по мѣрѣ проростанія убываютъ; вмѣсто нихъ появляется крахмалъ. Этотъ фактъ объясняетъ, почему проростаніе маслянистыхъ сѣмянъ сопровождается ассимиляціей кислорода. Жиры значительно бѣднѣе кислородомъ, чѣмъ крахмалъ. Поэтому образованіе крахмала изъ жировъ возможно только подъ условіемъ поглощенія кислорода изъ - вѣ. Уменьшеніе жировъ сопровождается также увеличеніемъ количества жирныхъ кислотъ.

Таковы главные особенности проростанія въ темнотѣ сѣмянъ различныхъ растений. Проростаніе на-свѣтѣ сопровождается тѣми же явленіями съ тою только разницей, что кромѣ того идетъ ассимиляція углерода и минеральныхъ веществъ².

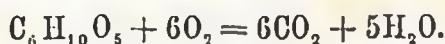
¹ Лисковскій, Проростаніе тыквенныхъ сѣмянъ въ химическомъ отношеніи. Москва. 1874.

² Руководство по проростанію сѣмянъ.—*Detmer, Vergleichende Physiologie des Keimungsprocesses der Samen.* Jena. 1880.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

ДЫХАНІЕ РАСТЕНІЙ.

§ 1. Общее понятіе о дыханіи растеній. Дыханію растеній состоитъ въ поглощеніи атмосфернаго кислорода, въ выдѣленіи углекислоты и образованіи воды, остающейся внутри растенія. Схожа дыханія такова:



Слѣдовательно, дыханіе — процессъ, прямо противоположный ассимиляціи углерода. Результатъ дыханія — трата вещества при помощи окисленія: дыханіе есть горѣніе. Такъ-же, какъ и во время горѣнія, во время дыханія происходитъ выдѣленіе свободной энергіи. Освобождающаяся сила работаетъ въ растеніяхъ. Трата вещества, замѣчаемая при проростаніи сѣмянъ въ темнотѣ, есть результатъ дыханія. Во время проростанія часть запасныхъ веществъ сѣмени сжигается и освобождающаяся при этомъ энергія работаетъ при постройкѣ молодого растенія изъ остальной части запасныхъ веществъ.

Первыя указанія, что растенія дышатъ, принадлежатъ Ингенгузу (1779). Повторяя опыты Пристли надъ исправленіемъ воздуха растеніями, онъ нашелъ, какъ извѣстно, что только на солнечномъ свѣтѣ и только зеленныя части растеній исправляютъ воздухъ, незеленыя же части растеній какъ на свѣтѣ, такъ и въ темнотѣ, а зеленныя только въ темнотѣ пор-

тять воздухъ, подобно животнымъ. Эта порча воздуха, состоящая въ выдѣленіи углекислоты, и есть дыханіе. Затѣмъ Сосюру (1804) принадлежатъ первыя точныя изслѣдованія надъ дыханіемъ растений.

§ 2. Приборы, употребляемые при изученіи дыханія растений. При изученіи дыханія опредѣляютъ или оба обмѣняемые газа, или же только одинъ изъ нихъ. Когда можно довольствоваться опредѣленіемъ только одной выдѣляемой растеніями углекислоты, то количество ея лучше всего опредѣлять при помощи петтенкоферовскихъ трубокъ. Это — довольно широкія стекляныя трубки, длиною въ одинъ метръ, поставленныя нѣсколько наклонно. Онѣ наполняются баритовою водою. Воздухъ, высасываемый аспираторомъ изъ прибора съ растеніями, проходитъ черезъ трубку, разбиваясь на отдѣльныя пузырьки. Вся находящаяся въ нихъ углекислота остается въ-видѣ углебаріевой соли на днѣ трубки. По окончаніи опыта опредѣляется титрованіемъ количество оставшагося свободнаго гидрата барія и отсюда заключается о количествѣ образовавшейся углебаріевой соли и, слѣдовательно, о количествѣ выдѣленной растеніями углекислоты.

Для опредѣленія количества поглощеннаго кислорода служитъ приборъ Волкова и Мейера, состоящій изъ колычато-изогнутой трубки, въ широкую часть которой вставляется растеніе и растворъ ѣдкаго кали. Этотъ широкій конецъ плотно закрывается притертою стеклянною трубкой. Узкій конецъ замыкается ртутью. Выдѣляемая растеніемъ, во время опыта, углекислота поглощается ѣдкимъ кали. Количество поглощеннаго растеніемъ кислорода опредѣляется по поднятію ртути въ узкомъ колыѣ прибора, снабженномъ дѣленіями.

Для опредѣленія какъ количества поглощеннаго кислорода, такъ и выдѣленной углекислоты служитъ приборъ Боннье и Ман-

жена (рис. 12). Онъ состоитъ изъ стекляннаго колокола *A*, въ который помѣщаются растенія. Воздухъ, очищенный отъ углекислоты въ склянкѣ *I'* съ фдкимъ кали, входитъ въ колоколъ по трубкѣ *a* и выходитъ по трубкѣ *b* въ аспираторъ *S* (на рисункѣ не изображенный). Когда колоколъ будетъ наполненъ чистымъ воздухомъ, краны *r* и *r'*, закрываются. Для увлаженія воздуха подъ колоколомъ помѣщается сосудъ *f* съ водой. Впродолженіи опыта часть воздуха изъ прибора, время отъ времени, извлекается и анализируется. Для извлеченія воздуха изъ колокола кранъ *R* съ тремя ходами поворачивается такъ, чтобы было сообщеніе *b* съ сосудомъ *l*. Затѣмъ второй сосудъ *l*₁ опускается, часть ртути изъ *l* переливается въ *l*₁. Взявъ ртути сосудъ *l* наполняется воздухомъ изъ колокола *A*;

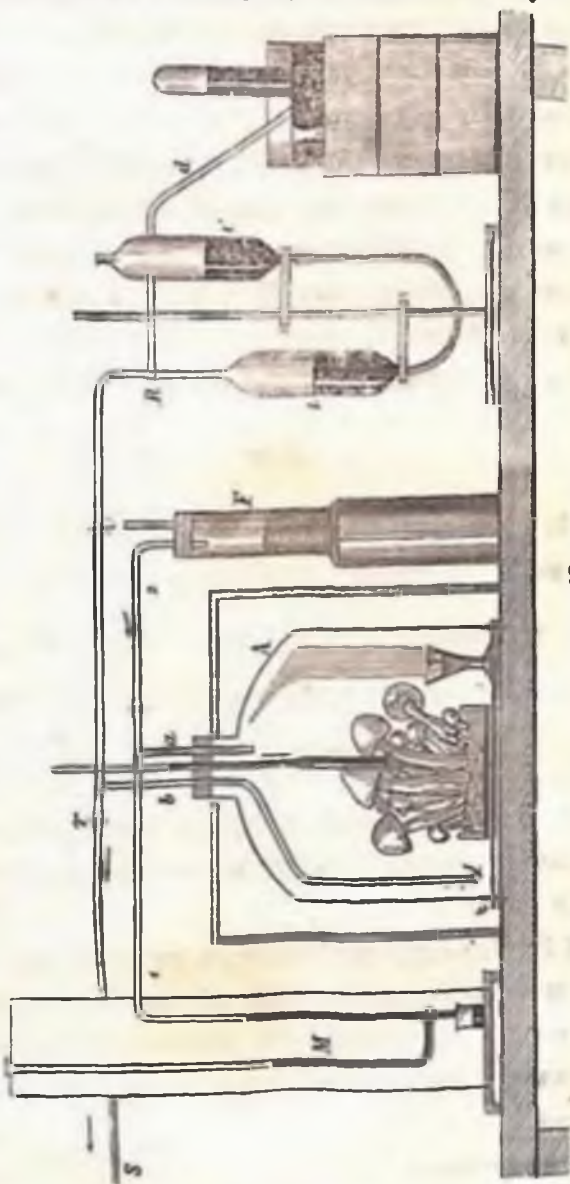


Рис. 12.

тогда край R повертывается такъ, чтобы было сообщеніе между l и d , и сосудъ l , поднимается. Ртуть, входя въ сосудъ l , выгоняетъ воздухъ въ эвдіометръ C , гдѣ извлеченный газъ анализируется. Объемъ замкнутого пространства опредѣляется слѣдующимъ образомъ. Положимъ этотъ объемъ равенъ X . Изъ этого неизвѣстнаго объема извлекается объемъ V , измѣренный при атмосферномъ давленіи H , и замѣчается давленіе оставшагося газа при помощи манометра M . Пусть будетъ $h - h'$ разница высотъ ртути въ манометръ. Объемъ газа X находится, слѣдовательно, послѣ извлеченія объема V , подъ давленіемъ $H - (h - h')$. На основаніи этихъ данныхъ X опредѣляется по слѣдующей формулѣ:

$$X = V \cdot \frac{H}{h - h'}$$

Въ тѣхъ случаяхъ, когда не нужно знать абсолютныхъ количествъ, т. е. сколько поглотилось кислорода и сколько выдѣлилось углекислоты, а нужно только отношеніе этихъ газовъ $\frac{CO_2}{O_2}$, т. е. будетъ-ли это отношеніе равно единицѣ, больше или меньше ея ($\frac{CO_2}{O_2} = 1 < 1 > 1$), то тогда дѣло значительно упрощается. Въ этомъ случаѣ не нужно опредѣлять количество газовъ въ началѣ опыта, а только процентный составъ смѣси по окончаніи опыта¹.

§ 3. Вліяніе внѣшнихъ условій на дыханіе. Наибольшее число изслѣдованій посвящено вліянію температуры на дыханіе². Для полученія постоянной температуры пользуются различнаго рода термостатами, напримѣръ термостатомъ Дарсонваля.

¹ Палладинъ. Bulletin de la Soc. Imp. des naturalistes de Moscou. LXII. 1886. № 3, стр. 44.

² Wolkoff und Meyer. Landw. Jahrbücher. III. 1874. pag. 481; Bonnier et Mangin. Annales des sc. naturelles. VI série, XVII tome. 1884. pag. 200.

Энергія дыханія увеличивается почти прямо пропорціонально повышеіію температуры, но только до извѣстныхъ предѣловъ (около 40° Ц.). При дальнѣйшемъ повышеііи температуры количество обмѣниваемыхъ газовъ не увеличивается, а остается прежнимъ до смерти растений. Отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$ отъ температуры не мѣняется (по-крайней-мѣрѣ въ предѣлахъ не вредныхъ для растений). Если, положимъ, при извѣстной температурѣ это отношеніе равнялось 0,6, то и при повышеііи температуры оно будетъ равняться той-же величинѣ.

Дыханіе находится также въ зависимости отъ свѣта. Косвенная зависимость была обнаружена Бородинымъ¹. Онъ нашелъ, что въ темнотѣ энергія дыханія постепенно ослабѣваетъ. Временное освѣщеніе вѣтви снова усиливаетъ дыханіе. Причина этихъ явленій лежитъ въ томъ, что въ темнотѣ постепенно убываютъ углеводы, дающіе матерьялъ для дыханія, на свѣтѣ же количество ихъ снова увеличивается. Это объясненіе подтверждается еще слѣдующими фактами: усиленіе дыханія вызывается только лучами первой половины спектра (красными и др.) и происходитъ только въ томъ случаѣ, если окружающій воздухъ въ состояніи снабдить растение достаточнымъ количествомъ углекислоты.

Свѣтъ, по изслѣдованіямъ Боннье и Манжена², оказываетъ также еще иное вліяніе, хотя и очень незначительное, на дыханіе растений. При послѣдовательномъ помѣщеніи растений на-свѣтъ и въ темноту оказывается, что свѣтъ нѣсколько задерживаетъ дыханіе. Такого рода вліяніе свѣта на дыханіе нѣсколько не зависитъ отъ ассимиляціи углерода, потому-что наблюдается

¹ Бородинъ, Физиологическія изслѣдованія надъ дыханіемъ лиственныхъ побѣговъ. Сиб. 1876.

² Bonnier et Mangin. Annales des sciences naturelles. VI série, XVIII tome, 1884. pag. 314.

также и у незеленых растений. Отношение же $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ не изменяется въ зависимости отъ освѣщенія.

Наконецъ, парціальное давленіе кислорода въ окружающей растенія атмосферѣ также вліяетъ на дыханіе. Отношенію $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ и въ этомъ случаѣ не мѣняется.

Вообще нужно сказать, что различными ви́шніи условія, часто сильно вліяющія на количество обмѣниваемыхъ газовъ, не оказываютъ никакого вліянія на величину ихъ отношенія другъ къ другу. Отношеніе $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ подѣ вліяніемъ ви́шнихъ условій не мѣняется; напротивъ, всѣ внутреннія условія, какъ сѣйчасъ увидимъ, сильно вліяютъ на величину отношенія $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$.

§ 4. Вліяніе внутреннихъ условій на дыханіе. Энергія дыханія находится въ тѣсной связи съ ростомъ. Чѣмъ быстрее растеніе пачинаетъ расти, тѣмъ болѣе оно поглощаетъ кислорода и выдѣляетъ углекислоты. Въ отдѣлѣ о ростѣ мы увидимъ, что всякое растеніе проходитъ во время своего развитія такъ-называемый большой періодъ роста, выражаемый большою кривою роста. Это значитъ, что проростающее растеніе сначала растетъ медленно, затѣмъ постепенно скорость роста увеличивается, доходитъ максимума и наконецъ ростъ постепенно замедляется. Если во время проростанія опредѣлять газы дыханія, то оказывается, что въ началѣ проростанія количество обмѣниваемыхъ во время дыханія газовъ незначительно. Съ увеличеніемъ скорости роста энергія дыханія также усиливается, достигаетъ максимума и затѣмъ постепенно падаетъ. Получается большая кривая дыханія, въ общемъ сходная съ большою кривою роста. Существованіе большой кривой дыханія во время проростанія сѣмянъ было доказано Ад. Майеромъ путемъ опредѣленія количества поглощаемого растеніями кислорода, а также

Бородичемъ и Рипави¹ — опредѣленіемъ количествъ выделяемой растеніями углекислоты.

Отношеніе $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ во время проростанія не остается одинаковымъ.

Въ началѣ проростанія, какъ показали Боннье и Манжель², оно близко къ единицѣ. Затѣмъ, съ увеличеніемъ скорости роста,

отношеніе $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ дѣлается постепенно значительно менѣе единицы.

Къ тѣмъ же результатамъ пришелъ Палладинъ³, опредѣляя от-

ношеніе $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ на вырѣзанныхъ растущихъ междоузліяхъ различныхъ

растеній. Во всѣхъ опытахъ онъ постоянно находитъ, что отно-

шеніе $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ менѣе единицы. Это значитъ, что растущіе органы

поглощаютъ большій объемъ кислорода, чѣмъ выделяютъ угле-

кислоты. Слѣдовательно, ростъ сопровождается ассимиляціей кп-

слорода: часть поглощенного кислорода остается въ растеніи.

Въ растущихъ органахъ происходитъ отложеніе клетчатки и об-

разованіе аспарагина. Оба эти явленія, какъ было уже указано

ранѣе (стр. 99), по изслѣдованіяхъ Палладина сопровожда-

ются ассимиляціей кислорода.

Дыханіе находится въ тѣснѣйшей связи со всѣми процессами,

совершающимися въ клеткахъ. Для примѣра остановимся на двухъ

явленіяхъ. Всѣ изслѣдованія надъ дыханіемъ проростающихъ ма-

слянистыхъ сѣмянъ показываютъ, что отношеніе $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ въ этомъ

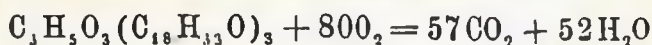
случаѣ значительно меньше, чѣмъ во время проростанія псѣхъ

¹ *Ad. Mayer*, Landw. Versuchs-Stationen. XVIII. 1875; pag. 245. — *Боро-
дичъ*, Sur la respiration des plantes. 1875; — *Pinaau*, Landw. Versuchs-
Stationen. XIX pag. 321. 1876.

² *Bonnier et Mangin*. Annales des sc. nat. VI serie, XVIII tome. 1884. pag. 364.

³ *Палладинъ*, l. c. стр. 97. Berichte d. deutsch. botan. Gesellschaft. 1886.
pag. 322.

прочихъ сѣмянъ. Слѣдовательно, проростаніе маслянистыхъ сѣмянъ сопровождается сильною ассимиляціей кислорода. Дѣйствительно, какъ мы уже видѣли (стр. 104), трата вещества въ проростающихъ маслянистыхъ сѣменахъ падаетъ только на углеродъ и водородъ, количество же кислорода не только не уменьшается, но, напротивъ, значительно увеличивается. Это объясняется тѣмъ, что во время дыханія маслянистыхъ сѣмянъ сгораютъ жиры, содержащіе кислорода значительно менѣе, чѣмъ углеводы. По этому отношенію $\frac{CO_2}{O_2}$ во время горѣнія жировъ значительно менѣе единицы. Возьмемъ, напримѣръ, тріолениъ.



$$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{57}{80} < 1.$$

Соевѣмъ иной видъ принимаетъ отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$ во время дыханія созрѣвающихъ плодовъ съ маслянистыми сѣменами, когда въ нихъ пачинаетъ отлагаться масло.

Образованіе масла изъ продуктовъ ассимиляціи углерода (крахмала) можетъ идти только подъ условіемъ выдѣленія избытка кислорода. Удаленіе этого избытка достигается тѣмъ, что въ этомъ случаѣ выдѣляется углекислоты гораздо болѣе, чѣмъ поглощается кислорода. Слѣдовательно, отношенію $\frac{CO_2}{O_2}$ дѣлается болѣе единицы. Для примѣра—опытъ съ созрѣвающими плодами мака¹:

Кислорода поглощено . . .	21,72 куб. сантим.
Углекислоты выдѣлилось . .	32,62 куб. сантим.

$$\frac{CO_2}{O_2} = 1,5 > 1.$$

¹ Godlewski. Pringsheim's Jahrbücher. XIII. 1882. pag. 537.

§ 5. Образованіе воды во время дыханія растений. Во время проростанія въ тѣмнотѣ всѣ сѣмена теряютъ значительное количество заключавагося въ нихъ водорода. Этотъ водородъ выдѣляется въ-видѣ воды какъ одинъ изъ продуктовъ дыханія. Прямыхъ опредѣленій надъ образованіемъ воды во время дыханія сдѣлано очень немного. Такъ, Дяковский¹ сдѣлалъ нѣсколько опредѣленій выдѣляемой воды во время дыханія проростающихъ тыквенныхъ сѣмянъ. Сѣмена выращивались въ герметически закрытомъ стеклянномъ колоколѣ, черезъ который проходилъ токъ воздуха. Приборъ со всѣмъ содержимымъ время отъ времени взвѣшивался. Для опредѣленія образовавшейся въ растеніяхъ воды сначала опредѣлялся вѣсъ всего прибора съ содержимымъ до (A), и послѣ проростанія (B), вѣсъ сухого вещества до (m) и послѣ проростанія (n), а также количество воды (O), которое улетало изъ прибора и задерживалось трубками съ хлористымъ кальціемъ. Предположивъ, что вѣсъ одного прибора (S) и вѣсъ воздуха (U) въ немъ заключавагося при началѣ и концѣ опыта не измѣнились, не трудно на основаніи имѣющихся данныхъ судить о количествѣ образовавшейся вновь воды. Количество воды (X), заключавшееся какъ въ сѣменахъ, такъ и въ снарядѣ при началѣ опыта равнялось $A - S - U - m$, количество же воды (Y), заключавшееся въ проросшихъ сѣменахъ и приборѣ равнялось $B - S - U - n$. Если мы къ Y прибавимъ еще ту воду (O), которая заключалась въ трубкахъ съ хлористымъ кальціемъ, и вычтемъ X, то найдемъ весь тотъ излишекъ воды, который образовался при проростаніи (Z); т. е.

$$Z = B - S - U - n + O - A + S + U + m$$

$$\text{или } Z = B - n + O - A + m.$$

¹ Дяковский, Проростаніе тыквенныхъ сѣмянъ въ химическомъ отношеніи, Москва. 1874. стр. 31.

Результаты, полученные Длековскимъ, таковы:

- 1) Въ первое время проростанія образуется мало воды. Можетъ быть, въ началѣ проростанія вода совсѣмъ не образуется.
- 2) Количество воды, образующейся при низшихъ температурахъ, относительно больше, чѣмъ при высшихъ.
- 3) Между выступающимъ углеродомъ и водородомъ постояннаго отношенія нѣтъ.

§ 6. Вещества, сжигаемыя во время дыханія. Результатомъ дыханія растений является уменьшеніе въ нихъ количества безазотистыхъ тройныхъ соединений, какъ то—углеводокъ и жировъ. Тѣмъ не менѣе въ настоящее время принимается, что тройныя соединенія служатъ только непрямымъ матеріаломъ для дыханія, что кислородъ воздуха дѣйствуетъ прямо на бѣлковыя вещества и окисляетъ ихъ. Получающіеся азотистые продукты распада бѣлковъ соединяются съ безазотистыми органическими веществами (крахмаломъ и другими) и даютъ снова бѣлокъ. Такимъ образомъ пока въ растеніи имѣется запасъ безазотистыхъ органическихъ веществъ, количество бѣлковъ остается неизмѣннымъ, количество же безазотистыхъ веществъ постепенно уменьшается. Съ наступленіемъ недостатка въ нихъ, количество бѣлковъ начинаетъ уменьшаться и появляются азотистые продукты распада ихъ. Однимъ изъ доказательствъ, что во время дыханія кислородъ дѣйствуетъ прямо на бѣлки, служатъ фактъ, что процессъ дыханія идетъ наиболѣе энергично въ молодыхъ растущихъ частяхъ растений, частяхъ — богатыхъ бѣлками и очень бѣдныхъ остальными органическими веществами.

§ 7. Выдѣленіе теплоты во время дыханія. Температура тѣла растений обыкновенно равна температурѣ окружающаго воздуха. Только посредствомъ очень тщательныхъ изслѣдованій удастся обнаружить незначительную разницу. Температура растущихъ побѣговъ выше температуры окружающаго воздуха обыкновенно не болѣе, какъ на $0,3^{\circ}$ C. Только два момента

въ жизни растений сопровождаются часого значительнымъ выдѣленіемъ теплоты — это проростаніе сѣмянъ и цвѣтеніе. Во время проростанія температура проросшихъ сѣмянъ бываетъ на $7-20^{\circ}$ С. выше температуры воздуха. Во время цвѣтенія разница бываетъ еще болѣе значительной. Въ початкахъ нѣкоторыхъ аroidныхъ иногда наблюдается температура въ 49° С. при температурѣ въ 19° С. окружающей атмосферы. Повышеніе температуры сопровождается усиленнымъ поглощеніемъ кислорода.

§ 8. Особенности дыханія нѣкоторыхъ бактерій. Цѣлый рядъ бактерій сильно отличается по своимъ особенностямъ дыханія отъ высшихъ растений. Всѣ растения во время дыханія сжигаютъ накопленные въ нихъ органическія вещества. Нѣкоторыя же бактеріи сжигаютъ окружающія ихъ минеральныя вещества. Таковы сѣрные бактеріи. Виноградскій¹ показалъ, что бактеріи, живущія въ сѣрныхъ источникахъ, каковы *Beggiatoa* и нѣкоторыя другія, пользуются сѣроводородомъ, какъ матеріаломъ для дыханія. Находящіеся внутри ихъ зернышки сѣры — продуктъ неполнаго сжиганія сѣроводорода. Эта сѣра въ присутствіи углекислыхъ солей, напримѣръ кальція, окисляется далѣе до сѣрной кислоты, которая съ углекислымъ кальціемъ даетъ гипсъ и углекислоту. Открытые также Виноградскимъ (описанные выше при изложеніи объ ассимиляціи азота) нитрофицирующіе организмы *Nitromonas* принадлежатъ къ той-же категоріи. Матеріаломъ для ихъ дыханія служитъ амміакъ, который они окисляютъ въ азотную кислоту.

¹ Виноградскій. Bot. Zeitung 1887. pag. 439.

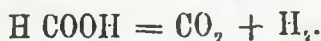
ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

В р о ж е н і я.

§ 1. Общее понятіе о броженіяхъ. На земной поверхности встрѣчаются мѣста, гдѣ нѣтъ совсѣмъ кислорода. Таковы многія стоячія воды и особенно покрытія ими почвы. Относительно почвы всегда легко рѣшить, какъ говоритъ Гоппе-Зейлеръ¹, получаютъ ли онѣ кислородъ, или нѣтъ. Если въ почвѣ есть желѣзо, то достаточно взгляда, или очень простыхъ пробъ, чтобы рѣшить этотъ вопросъ. Болотныя почвы имѣютъ особенный цвѣтъ. Образованіе болотнаго газа, сѣроводорода, углекислаго и сѣрнистаго желѣза характеризуетъ почвы, неполучающія кислорода. Присутствіе же въ почвѣ гидрата окиси желѣза указываетъ на доступъ въ нее кислорода.

Мѣста, не содержація кислорода, тѣмъ не менѣе обыкновенно густо заселены простѣйшими растительными организмами. О дыханіи здѣсь не можетъ быть рѣчи: нуженъ какой-либо другой процессъ, который давалъ бы организмамъ свободную силу, необходимую для поддержанія ихъ жизненныхъ отравленій, помимо великихъ реакцій окисленія.

Свободная теплота можетъ получаться и помимо окисленія, — путемъ распада сложнѣйшихъ органическихъ тѣлъ на болѣе простыя. Такъ, Бертелло² показалъ, что муравьиная кислота подъ вліяніемъ губчатой платины распадается на углекислоту и водородъ съ выдѣленіемъ свободной теплоты.

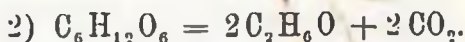
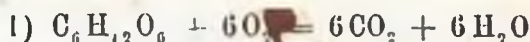


¹ Hoppe Seyler, Ueber die Einwirkung des Sauerstoff's auf Gährungen, Festschrift. Strassburg. 1881. pag. 26.

² Berthelot. Comptes rendus. 59. 1864.

Этот фактъ навелъ Берглю на мысль, что и въ живыхъ организмахъ можетъ получаться свободная теплота независимо отъ реакцій окисленія.

Реакціи броженій — именно такія реакціи распада сѣ сложныхъ соединений на простыя съ выдѣленіемъ свободной теплоты. Эти реакціи наступаютъ въ организмахъ, когда нѣтъ свободного кислорода. Слѣдовательно, броженіе есть процессъ, замѣняющій собою дыханіе. Броженіе есть жизнь безъ кислорода, говоритъ Пастеръ. Реакціи распада сѣ менѣе выгодны для организмовъ, потому что они даютъ менѣе свободной силы. При окисленіи муравьиной кислоты выдѣлилось бы, конечно, болѣе теплоты, чѣмъ при распадѣ ея, потому что въ первомъ случаѣ былъ бы сожженъ также и водородъ. Сравнимъ еще схематическое уравненіе дыханія съ уравненіемъ спиртового броженія на основаніи данныхъ термохиміи:



Въ первомъ случаѣ, при полномъ горѣніи глюкозы вся теплота горѣнія ея выдѣлится. Теплота горѣнія одной частицы глюкозы, выраженной въ граммахъ, равна 709 К.

Во второмъ случаѣ всѣ 709 калорій выдѣлится не могутъ, потому что въ числѣ продуктовъ распада сѣ получается также хорошо горящій спиртъ. Поэтому изъ теплоты горѣнія глюкозы нужно вычесть теплоту горѣнія двухъ частицъ спирта.

$$709\text{К} - 2.326\text{К} = 57\text{К}.$$

Слѣдовательно, при спиртовомъ броженіи одной частицы глюкозы можетъ выдѣлиться никакъ не болѣе 57 калорій теплоты. Отсюда слѣдуетъ, что дрожжевые грибки должны разрушить во время жизни безъ кислорода глюкозы по-крайней-мѣрѣ (а вѣдѣ-

ствие побочных обстоятельств и еще гораздо больше) въ 13 разъ больше того количества, которое они сожгли бы за то-же время на воздухъ, для полученія одинаковаго количества теплоты. Дѣйствительно, всѣ явленія броженія сопровождаются огромною тратой вещества.

§ 2. Спиртовое броженіе¹. Спиртовое броженіе состоитъ въ томъ, что виноградный сахаръ дѣятельностью различныхъ представителей рода *Saccharomycetes* расщепляется на спиртъ и углекислоту. При этомъ процессѣ въ небольшомъ количествѣ образуется также янтарная кислота и глицеринъ.

Безъ дрожжей броженія быть не можетъ. Броженіе винограднаго сока на первый взглядъ представляетъ собой случай броженія безъ прибавленія дрожжей. Но и здѣсь, какъ показать Пастеръ, броженіе вызывается также дрожжами. Микроскопическое изслѣдованіе виноградныхъ ягодъ показало, что на нихъ въ числѣ многихъ микроорганизмовъ всегоянно находятся различныя виды *Saccharomycetes*, которые, при раздавливаніи ягодъ, попадаютъ въ сокъ и вызываютъ броженіе.

Броженіе сопровождается увеличеніемъ вѣса сухого вещества дрожжей. Если ввести невѣсомое количество дрожжевыхъ клѣтокъ въ жидкость, способную къ броженію, то клѣтки начинаютъ быстро размножаться почкованіемъ, и если жидкости взято достаточное количество, то можно получить значительное количество сухого вещества дрожжей. Слѣдовательно, броженіе есть процессъ фізіологическій, сопровождающій размноженіе дрожжей.

Матеріаломъ для броженія можетъ служить не только декстроза, но и тростниковый сахаръ; только въ послѣднемъ случаѣ дрожжи, при помощи инвертина, разлагаютъ его на двѣ глюкозы и затѣмъ уже идетъ обычнымъ путемъ броженіе. *Saccharomycetes* ари-

¹ *Pasteur, Etudes sur la bière. 1876.*

culatus инвертина въ себѣ не содержитъ, и поэтому не можетъ вызвать броженія тростниковаго сахара.

Для правильнаго развитія дрожжей недостаточно одного сахара. Онѣ, какъ и всѣ остальные растенія, нуждаются въ азотѣ и минеральныхъ веществахъ. Въ виноградномъ сокѣ и пивномъ суслѣ всѣ эти элементы находятся въ достаточномъ количествѣ. При развитіи же дрожжей въ искусственныхъ смесяхъ названные элементы должны прибавляться. Пастеръ употребляетъ слѣдующую искусственную смесь для культуры дрожжей: на 100 куб. сантим. воды прибавляется 10 граммовъ тростниковаго сахара, 0,1 грамма винно-каменно-кислаго амміака и 0,07 грамма золы, полученной чрезъ обжиганіе дрожжей. Адольфъ Мейеръ ввелъ слѣдующее упрощеніе въ этой смѣси. На 100 куб. сантим. воды — 15 граммовъ тростниковаго сахара, 1 граммъ азотнокислаго амміака, 0,5 грамма фосфорнокислаго калия, 0,05 грам. фосфорнокислаго кальція и 0,25 грамма сѣрниокислаго магнія.

Въ жидкостяхъ, несодержащихъ питательныхъ веществъ, также можетъ при благопріятныхъ условіяхъ происходить размноженіе дрожжевыхъ клѣтокъ съ выдѣленіемъ углекислоты и спирта. Это такъ-называемое — самоброженіе дрожжей. Это явленіе сопровождается не увеличеніемъ, а напротивъ — уменьшеніемъ количества ихъ сухого вещества. На образованіе спирта и углекислоты здѣсь идетъ собственное тѣло дрожжей. Аналогичный случай представляетъ собой проростаніе сѣмянъ въ темнотѣ, гдѣ результатомъ дыханія безъ возможности ассимиляціи также получается уменьшеніе сухого вещества.

Изъ всѣхъ вышнихъ условій, вліяющихъ на броженіе, особенный интересъ представляетъ вопросъ о вліяніи кислорода на спиртовое броженіе. Для рѣшенія вопроса — можетъ ли происходить развитіе дрожжевыхъ грибовъ при полномъ отсутствіи кислорода, Пастеръ употребилъ слѣдующій приборъ. Пригодная

для броженія жидкость наливается въ стеклянный шаръ съ двумя трубками: одною снабженною краномъ и воронкой и другою изогнутою внизъ. Открытый конецъ изогнутой трубки погружается въ чашку, наполненную тою-же жидкостью. Затѣмъ жидкость въ шаръ и чашку подвергается одновременно сильному кипяченію. Благодаря этой операціи, весь воздухъ изъ прибора выгоняется наружу. После охлажденія его, приче́мъ изъ чашки часть жидкости, также несодержавшей кислорода, входитъ въ стеклянный шаръ, чашка закрывается сосудомъ со ртутью. Затѣмъ въ воронку, которою оканчивалась первая трубка, помещались покоящіеся дрожжевыя клѣтки и часть ихъ при помощи крана вводилась внутрь прибора. Оказывалось, что покоящіеся клѣтки, или старыя дрожжи по выраженію Пастера, неспособны вызвать спиртового броженія при полномъ отсутствіи кислорода. Въ другой серіи опытовъ въ воронки наливается жидкость, способная къ броженію, которая заражалась небольшимъ количествомъ дрожжей. Когда въ воронкахъ начиналось броженіе, то Пастеръ вводилъ незначительную часть этой жидкости съ несомнѣннымъ количествомъ молодыхъ почкующихся дрожжевыхъ клѣтокъ внутрь прибора. Въ этомъ случаѣ въ приборѣ постоянно начиналось броженіе и шло очень энергично. Изъ несомнѣннаго количества клѣтокъ получалось болѣе грамма сухого вещества дрожжей. Слѣдовательно, старымъ дрожжамъ для начала развитія нужно нѣкоторое количество кислорода. Молодыя же дрожжи могутъ размножаться при полномъ отсутствіи кислорода.

Чтобы выяснитъ, какое вліяніе оказываетъ кислородъ на спиртовое броженіе, Пастеръ помещалъ одно и то-же количество жидкости, способной къ броженію, въ сосуды различной емкости. Всѣ эти сосуды заражались несомнѣннымъ количествомъ дрожжей. Чѣмъ больше былъ сосудъ, тѣмъ болѣе тонкимъ слоемъ помещалась жидкость и тѣмъ, конечно, она была доступнѣе для кислорода воздуха. По окончаніи опыта оказалось, во-первыхъ, что

чѣмъ болѣе кислорода получала бродящая жидкость, тѣмъ скорѣе оканчивалось броженіе. Во-вторыхъ, отношеніе количества сухого вещества образовавшихся во время опыта дрожжей къ количеству разрушеннаго сахара было тѣмъ менѣе, чѣмъ менѣе жидкость получала кислорода. Такъ, во время броженія безъ кислорода это отношеніе было равно $\frac{1}{176}$, т. е. для образованія одной иѣсовой единицы сухого вещества дрожжей въ этомъ случаѣ нужно затратить 176 такихъ же иѣсовыхъ единицъ сахара. Въ остальныхъ сосудахъ по мѣрѣ увеличенія доступа кислорода это отношеніе постепенно увеличивалось. Наконецъ, въ очень большой плоской чашкѣ, гдѣ жидкость была палита очень тонкимъ слоемъ, отношеніе было равно $\frac{1}{4}$, т. е. для образованія одной части дрожжей было достаточно всего только 4 частей сахара. Большая трата вещества, какъ самая характерная особенность броженія, проявляется только тогда, когда нѣтъ, или очень мало кислорода. По мѣрѣ увеличенія доступа кислорода броженіе постепенно замѣняется дыханіемъ, т. е. реакціи расщепленія замѣняются болѣе выгодными реакціями окисленія и количество затрачиваемаго вещества постепенно уменьшается.

Для техническихъ цѣлей выгодно введеніе нѣкотораго количества кислорода въ бродящую жидкость, потому что въ этомъ случаѣ броженіе скорѣе оканчивается и получается большее количество спирта. Это объясняется тѣмъ, что благодаря введенію кислорода сильно повышается способность размноженія дрожжей. Хотя отдѣльный организмъ образуетъ спирта значительно менѣе, чѣмъ при полномъ отсутствіи кислорода, но такъ-какъ количество организмовъ въ жидкостяхъ, получающихъ кислородъ, увеличивается гораздо быстрѣе, чѣмъ въ жидкостяхъ не содержащихъ его, то въ суммѣ и получается большее количество спирта, т. е. какъ будто-бы кислородъ благопріятствуетъ броженію.

На ходъ броженія оказываетъ также количество спирта. По мѣрѣ увеличенія количества спирта въ бродящей жидкости,

дрожжи анестезируются иль и броженіе постепенно слабѣетъ. Когда содержаніе спирта достигнетъ градусовъ 16-ти, броженіе совсѣмъ останавливается.

Спиртовое броженіе можетъ вызываться не только дрожжами, но и другими грибами, напримѣръ *Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*. Обыкновенно эти плѣсени образуютъ на поверхности субстратовъ густое сплетеніе гифовъ — мицелій. При нормальныхъ условіяхъ они поглощаютъ много кислорода и выделяютъ углекислоту. Если же подобный мицелій, напримѣръ *Mucor*'а, погрузить на дно способной къ броженію жидкости, то, вслѣдствіе недостатка кислорода для дыханія, онъ вызываетъ спиртовое броженіе жидкости. При этомъ развитіе мицелія будетъ идти совершенно иначе. Длинные гифы начинаютъ почковаться и даютъ клѣтки, очень напоминающія собой обыкновенныя дрожжи. Получаются такъ-называемыя мукоровыя дрожжи.

Діаконовъ¹ показалъ, что плѣсеньевые грибы, такъ-же какъ и обыкновенныя дрожжи, способны къ спиртовому броженію только въ томъ случаѣ, если они получаютъ глюкозу. Всѣ же другія органическія соединенія, способныя въ присутствіи кислорода служить для питанія этихъ организмовъ, въ отсутствіи кислорода служить для этой цѣли не могутъ. Въ этомъ случаѣ выдѣленіе углекислоты прекращается и плѣсени умираютъ. Этими опытами была доказана несостоятельность высказаннаго Пфедферомъ и Вортманномъ² ученія о генетической связи между дыханіемъ и броженіемъ. По этому ученію основной процессъ, доставляющій организмамъ свободную силу, не дыханіе, а броженіе, которое происходитъ какъ въ отсутствіи кислорода, такъ и на-воздухѣ. Въ послѣднемъ же случаѣ продукты броженія подъ вліяніемъ кислорода воздуха окисляются далѣе до углекислоты и воды.

¹ Діаконовъ. Berichte d. deutschen botan. Gesell. 1886; Archives slaves de biologie. I. 1886, pag. 531. IV. 1887, pag. 31.

² Wortmann. Arbeiten botan. Instituts Würzburg. 2 Band. 1882.

§ 3. Броженіе глицерина. *Bacterium Fitz* вызывает броженіе глицерина. Въ числѣ продуктовъ броженія получается этильный алкоголь, летучія и нелетучія кислоты жириаго ряда, углекислота и водородъ. Эдуардомъ Вухнеромъ¹ были произведены изслѣдованія надъ вліяніемъ кислорода на этотъ видъ броженія. Результаты получились тѣ-же, что и у Пастера.

Колбы съ питательнымъ растворомъ получали опредѣленное количество бактерій. Во время опыта одиѣ колбы получали кислородъ, другія водородъ. По окончаніи опыта опредѣлялось какъ количество перебродившаго глицерина, такъ и количество образовавшихся бактерій.

	Количество бактерій		Количество перебродившаго глицерина.
	въ началѣ опыта.	въ концѣ опыта.	
Кислородъ.	727 миллион.	145000 миллион.	1,902 gr.
Водородъ.	877 миллион.	19000 миллион.	1,232 gr.

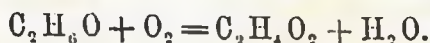
Если принять цифры въ опытѣ съ кислородомъ = 100, то получимъ слѣдующую таблицу:

	Среднее число бактерій (a).	Перебродившій глицеринъ (b).	Отношеніе $\frac{a}{b}$
Кислородъ.	100	100	1 : 1
Водородъ.	13,5	64,8	1 : 4,8

Слѣдовательно, введеніе кислорода въ бродящую жидкость дѣйствуетъ благоприятно на размноженіе бактерій; наоборотъ, спла броженія въ присутствіи кислорода слабѣетъ. При полномъ отсутствіи кислорода извѣстное количество бактерій разрушаетъ въ 4,8 раза болѣе глицерина, чѣмъ то-же количество бактерій за то-же время при доступѣ кислорода.

§ 4. Уксусное броженіе. Уксусное броженіе представляетъ собой примѣръ окислительнаго броженія. Оно состоитъ

въ томъ, что въ жидкостяхъ, содержащихъ спиртъ, послѣдній при помощи *Mycodorma aceti* окисляется въ уксусную кислоту.



Въ сущности это — явленіе дыханія и съ броженіемъ (въ фізіологическомъ смыслѣ) не имѣетъ ничего общаго. Всѣ подобнаго рода явленія обособляются въ особую группу окислительныхъ броженій.

Пока въ жидкости есть спиртъ, *Mycodorma aceti* окисляетъ только его. Когда же весь спиртъ исчезнетъ, тогда *Mycodorma* начинаетъ окислять уксусную кислоту до углекислоты и воды.

§ 5. Произвольное зарожденіе. Растворы очень многихъ органическихъ веществъ, какъ извѣстно, легко подвергаются броженіямъ. Микроскопическое изслѣдованіе разлагающихся жидкостей постоянно обнаруживаетъ въ нихъ присутствіе микроорганизмовъ. Легкость появленія микроорганизмовъ въ бродящихъ жидкостяхъ привела къ предположенію, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ произвольнымъ зароженіемъ простѣйшихъ организмовъ изъ органическихъ веществъ. Но Пастеръ¹ точными опытами доказалъ, что произвольнаго зароженія здѣсь нѣтъ; разложеніе же жидкостей есть результатъ занесенія микроорганизмовъ изъ воздуха. Для доказательства берется нѣсколько колбъ, наполненныхъ растворомъ, способнымъ легко разлагаться, напримѣръ мяснымъ бульономъ. Часть этихъ колбъ затывается пробками изъ ваты, и затѣмъ всѣ колбы подвергаются кипяченію. Высокая температура убьетъ всѣ микроорганизмы, которые были въ колбахъ. По мѣрѣ охлажденія колбъ, послѣ кипяченія, вытиснутый водяными парами воздухъ будетъ снова входить въ колбы. Въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ колбы закрыты пробками изъ ваты, входящій воздухъ будетъ какъ-бы фильтроваться черезъ нее. Всѣ микро-

¹ Pasteur, Etudes sur la bière. 1876.

организмы останутся на поверхности пробокъ. Внутрь колбъ войдетъ воздухъ, вполне очищенный отъ нихъ. Жидкость въ такихъ колбахъ будетъ поэтому сохраняться въ-продолженіи многихъ лѣтъ безъ всякихъ признаковъ разложенія и безъ появленія въ нихъ микроорганизмовъ. Въ колбахъ же, подвергнутыхъ кипяченію безъ ватныхъ пробокъ, вскорѣ послѣ охлажденія ихъ наступаютъ явленія разложенія, сопровождающія собой размноженіе занесенныхъ изъ воздуха споръ.

§ 6. Броженіе высшихъ растеній (интрамолекулярное дыханіе). Высшія растенія также могутъ нѣкоторое время оставаться живыми въ атмосферѣ, лишенной кислорода¹. За все время пребыванія ихъ въ подобныхъ условіяхъ, не смотря на прекратившееся поглощеніе кислорода, они продолжаютъ выдѣлять углекислоту. Кромѣ того, въ тканяхъ ихъ образуется спиртъ. Слѣдовательно, этотъ процессъ есть также броженіе и служитъ для поддержанія жизни высшихъ растеній въ средахъ, лишенныхъ кислорода. Онъ называется еще интрамолекулярнымъ дыханіемъ.

Растенія, содержащія въ себѣ маннитъ, въ безкислородной средѣ выдѣляютъ, кромѣ углекислоты, еще и водородъ; таковы: *Olea europaea*, *Ligustrum*, *Eugenia*, *Tilia* и нѣкоторыя другія².

Количество углекислоты, выдѣляемой высшими растеніями въ отсутствіи кислорода, рѣдко бываетъ равно количеству ея при нормальныхъ условіяхъ, обыкновенно же значительно менше³. Если *I* обозначаетъ количество углекислоты, выдѣленной извѣстнымъ растеніемъ за извѣстное время въ отсутствіи кислорода, а *N*

¹ *Lecharlier et Bellamy*. Comptes rendus. (9). 1869. 75. 1872. *Pasteur*. Comptes rendus. 75. 1872.

² *Munz*. Ann. d. chim. et d. physiologie. 5. VIII. 1876; *De Luca*. Annales des sciences nat. 6. VI. 1879.

³ *Pfeffer*, Untersuchungen aus d. Bot. Institut zu Tübingen. I. 4 Heft. 1885.

обозначать количество углекислоты, выдѣленной тѣмъ-же растеніемъ за такое-же время при нормальныхъ условіяхъ на-воздухѣ, то отношеніе $\frac{1}{N}$ для различныхъ растений будетъ слѣдующее:

Молодые ростки	<i>Vicia Faba</i>		1,197
»	»	<i>Triticum vulgare.</i>	 0,490
»	»	<i>Cucurbita Pepo</i>	 0,350
Молодые вѣтки	<i>Abies excelsa.</i>		0,077
»	»	<i>Ligustrum vulgare</i>	 0,816

Хотя высшія растенія могутъ жить безъ кислорода только очень недолго (отъ 1 до 3 дней), тѣмъ не менѣе и у нихъ можно констатировать наиболѣе характерную особенность броженія: значительную трату вещества¹. Если отрѣзать концы корешковъ въ два сантиметра отъ ростковъ *Vicia Faba* и помѣстить часть ихъ при нормальныхъ условіяхъ, другую же часть въ атмосферѣ водорода, то окажется, что за одно и то-же время въ атмосферѣ водорода корешки для поддержанія жизни потратятъ болѣе вещества, чѣмъ на воздухѣ. Такъ, за двадцать часовъ пребыванія въ атмосферѣ водорода корешки потратили въ различныхъ опытахъ въ среднемъ числѣ 11% своего сухого вещества. За то-же время на-воздухѣ подобные же корешки потратили только 4,6% сухого вещества. Слѣдовательно, и для высшихъ растений реакціи окисленія (дыханіе) оказываются значительно болѣе выгодными, чѣмъ реакціи распада (броженіе).

¹ Паладинъ, Значеніе кислорода для растений (Bulletin de la Soc. Imp. des naturalistes de Moscou. LXII. 1886. стр. 44).

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

Физиологія роста и формы растений.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

О вщія понятія о ростѣ.

§ 1. Анатомическія данныя относительно роста клѣтокъ. На основаніи наблюденій подъ микроскопомъ за развитіемъ растптельныхъ клѣтокъ, въ явленіяхъ роста можно различать три стадіи. Ростъ клѣтокъ начинается дѣленіемъ ихъ, — это будетъ первая стадія роста. Затѣмъ вновь образовавшіеся молодыя клѣтки начинаютъ растягиваться, увеличиваться въ объемъ, — этотъ періодъ растяженія клѣтокъ составляетъ вторую стадію роста. Наконецъ, растяженіе оканчивается и начинается закрѣпленіе тонкихъ растянутыхъ клѣточныхъ оболочекъ отложеніемъ новыхъ слоевъ клѣтчатки, — это третья стадія роста. Последнія двѣ стадіи не вполне раздѣлены между собою и незаметно переходятъ одна въ другую: во время растяженія клѣтокъ происходитъ также и отложеніе новыхъ слоевъ клѣтчатки. На поперечномъ разрѣзѣ чрезъ камбіальную область сосны можно видѣть — какъ камбіальныя клѣтки, по мѣрѣ превращенія въ тра-

хеиды, проходить всё три стадии роста (рис. 13). Когда всё клетки какого-либо клеточного комплекса или органа находятся въ периодѣ дѣленія или на третьей стадіи роста, то всё подобныя измѣненія нисколько не отражаются на его величинѣ: она остается прежнею. Поэтому эти двѣ стадіи нужно отличать подѣ именемъ внутренняго роста, отъ второй стадіи — стадіи внѣшняго или наружнаго роста, результатомъ котораго является увеличеніе размѣровъ растенія.



Рис. 13.

Физиологическія изслѣдованія надъ ростомъ растеній производится, главнымъ образомъ, путемъ измѣренія ихъ, или просто при помощи линейки съ нанесенными на нее миллиметрами, или же при помощи особыхъ измѣрительныхъ приборовъ. Слѣдовательно, во всѣхъ подобныхъ изслѣдованіяхъ изучается только наружный ростъ, или приростъ, даннаго растенія за извѣстное время при

извѣстныхъ условіяхъ. Явленій внутренняго роста при помощи линейки съ миллиметрами изучать нельзя. Подобныя явленія изучаются или при помощи микроскопа, или путемъ качественного и количественнаго анализа входящихъ въ составъ растенія веществъ.

§ 2. Условія, необходимыя для роста. Ростъ клетки есть результатъ дѣятельности протоплазмы. Для того чтобы ростъ, какъ результатъ неизвѣстныхъ измѣненій въ протоплазмѣ, могъ осуществиться, необходимы цѣлый рядъ условій. При отсутствіи хотя-бы одного изъ нихъ, ростъ прекращается. На-оборотъ, если въ клеткѣ, въ данный моментъ, нѣтъ потребности въ ростѣ, то она и не будетъ расти, не смотря на помѣщеніе ея при всѣхъ благоприятныхъ для роста условіяхъ.

Одно из необходимых условий для роста — это тургоръ. Всякая растущая клетка, помещенная въ 10%-й растворъ поваренной соли, селитры или сахара, начинаетъ уменьшаться въ объемъ. Ея клеточная оболочка и кожистый слой протоплазмы сокращаются сначала равномерно, затѣмъ оболочка, достигнувъ известной величины, перестаетъ сокращаться, а кожистый слой протоплазмы еще продолжаетъ сокращаться, и въ слѣдствіе этого начинается отдѣленіе его отъ оболочки. Наконецъ онъ вмѣстѣ со всѣмъ содержимымъ клетки образуетъ шарообразное тѣло, лежащее внутри клетки. Подобное явленіе называется плазмолизомъ. При помѣщеніи плазмолизованной клетки обратно въ чистую воду, она начинаетъ вновь увеличиваться и принимаетъ прежній видъ. Подобныя измѣненія въ клеткѣ происходятъ по той-же причинѣ, по какой сокращается въ крепкихъ соляныхъ растворахъ животный пузырь, наполненный болѣе слабымъ солянымъ растворомъ. Клеточный сокъ всякой растительной клетки также представляетъ собою растворъ различныхъ веществъ, притягивающихъ къ себѣ воду. Вызываемое этимъ процессомъ гидростатическое давленіе называется тургоромъ.

Ростъ всякой клетки начинается растяженіемъ оболочки, вызываемымъ тургоромъ. Это растяженіе затѣмъ закрѣпится отложеніемъ новыхъ слоевъ клетчатки. Искусственная клетка Траубе представляетъ близкую аналогію роста живой клетки. Если помѣстить каплю желатины въ растворъ танинна, то на ея поверхности образуется осадочная дубильная пленка. Получившаяся искусственная клетка начинаетъ расти. Этотъ ростъ можетъ быть объясненъ только такимъ образомъ, что желатина притягиваетъ къ себѣ воду изъ раствора танинна; вызываемое этимъ гидростатическое давленіе растягиваетъ оболочку, въ которой, наконецъ, появляется множество мельчайшихъ трещинъ. Черезъ эти трещины танинъ соприкасается съ желатиной и происходитъ вставка новыхъ частицъ дубильной пленки; затѣмъ снова поглощеніе воды,

снова расширеніе оболочки съ образованіемъ трещинъ и вставкой новыхъ частицъ оболочки и т. д.

Опыты плазмолиза, производившіеся ранѣе только надъ отдѣльными клѣтками, де-Фризъ¹ произвелъ надъ цѣлыми растущими органами. Онъ показалъ, что, помѣщая растущія части стеблей, корней или цвѣтоножекъ въ растворъ солей, можно обнаружить значительное уменьшеніе длины взятыхъ для опыта отрѣзковъ. Всѣ растущія части растений послѣ плазмолиза дѣлаются дряблыми, какъ-бы завядшими; при помѣщеніи же снова въ чистую воду, онѣ опять достигаютъ прежней длины и становятся упругими. Напротивъ, длина выросшихъ органовъ, при помѣщеніи въ соляной растворъ, не уменьшается. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ вызванное тургоромъ растяженіе уже закрѣплено отложеніемъ новыхъ слоевъ клѣтчатки.

Тургоръ можетъ вызвать увеличеніе объема клѣтокъ только подъ условіемъ растяжимости клѣточныхъ оболочекъ. Опыты Вортмана² показали, что наиболѣе растяжимы оболочки очень молодыхъ клѣтокъ; съ возрастомъ растяжимость постепенно слабѣетъ, результатомъ чего, въ концѣ-концовъ, будетъ прекращеніе роста клѣтокъ не смотря на то, что тургоръ не уменьшается. Слѣдовательно, растяжимость клѣточныхъ оболочекъ второе необходимое условіе для роста.

Для того, чтобы ростъ могъ осуществиться, необходимы еще благопріятныя внѣшнія условія, какъ-то: извѣстная средняя температура, присутствіе кислорода въ окружающей растенія атмосферѣ и достаточное количество воды.

§ 3. Приборы для изученія роста. Простѣйшій приборъ для изученія роста — линейка съ нанесенными на нее миллиметрами. При болѣе тщательныхъ и мелкихъ измѣреніяхъ употребляется горизонтально поставленный микроскопъ или катето-

¹ De-Fries, Mechanische Ursachen der Zellstreckung. 1877.

² Wortmann. Bot. Zeitung. 1889. pag. 229.

метр. Наконецъ употребляются самозаписывающіе приборы — ауксанометры. Къ верхушкѣ пслѣдуемаго растенія прикрѣпляется нить съ грузомъ, перекинутаая черезъ блокъ. По мѣрѣ роста растенія блокъ поворачивается. Это часто незначительное движеніе увеличивается при помощи прикрѣпленнаго къ блоку колеса, черезъ которое перекинута нить съ грузами на концахъ. На одномъ концѣ этой нити укрѣплена стрѣлка. Последняя прикасается къ вращающемуся барабану, обвернутому покрытою сажкою бумагой, и чертитъ на немъ кривую, выражающую собою скорость роста взятаго растенія за извѣстное время.

Если нужно выяснитъ—растетъ ли данный органъ по всѣхъ своихъ частяхъ равномерно, то на него паносятся тушью мѣтки на разстояніи одного сантиметра или миллиметра другъ отъ друга. Черезъ нѣкоторое время отдѣленные участки измѣряются.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Явленія роста, зависящія отъ внутренней организации растеній.

§ 1. Большой періодъ роста. Всякое растеніе, каждый органъ его и каждая незначительная часть органа во время своего развитія растутъ не съ одинаковою скоростью. Сначала ростъ идетъ медленно, затѣмъ постепенно скорость его увеличивается, достигаетъ максимума и, наконецъ, снова наступаетъ замедленіе и ростъ прекращается. Такой ходъ развитія Саксъ называлъ большимъ періодомъ роста¹. Кривую, выражающую этотъ періодъ, онъ называлъ большою кривою роста. Эта особенность

¹ Sachs, Arbeit. d. Würzburg. Instituts. 1872. p. 102.

развитія зависить отъ того, что отдѣльныя клѣтки, входящія въ составъ каждаго растенія, также проходятъ большой періодъ роста. Вышшія условія могутъ удлинитъ или укоротитъ періодъ, но общій видъ кривой останется прежній.

Такъ, суточный приростъ участка въ 3,5 mm. на первомъ междоузліи проростающаго растенія *Phaseolus multiflorus*, при температурѣ 10,2 — 11° R., слѣдующій:

въ 1-й день	1,2 mm.
» 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 »

§ 2. Особенности роста корня, стебля и листа. Кромѣ общаго веѣтъ органамъ большого періода роста, каждый изъ трехъ главныхъ органовъ растений обладаетъ своими особенностями роста.

Корень¹ растетъ не во всей своей длинѣ. Его растущая область находится на концѣ и обыкновенно у корней, живущихъ въ землѣ, она не превышаетъ десяти миллиметровъ. Исключеніе представляютъ воздушные корни. Такъ, растущая зона воздушныхъ корней *Monstera deliciosa* равна 30 — 70 mm., у *Vitis volutina* — болѣе 100 mm. Отдѣльныя части въ растущей области корня растутъ неравномѣрно. Части наиболѣе быстро растущія лежатъ въ срединѣ этой области, участки же, лежащіе по краямъ, растутъ медленно. Если на концахъ корешковъ проросшихъ съ-

¹ Sachs, Arbeit. Würzb. Instituts. 1873 — 1874. Band 1. p. 385, 584.

милл. *Vicia Faba* отмѣтить тушью 10 участковъ по одному миллиметру и затѣмъ ростки помѣстить на сутки во влажную атмосферу, то получится слѣдующій приростъ въ отдѣльныхъ участкахъ (темпер. 20,5° C.):

Участки.	Приростъ.
Верхній X	0,1 мм.
IX	0,2 »
VIII	0,3 »
VII	0,5 »
VI	1,3 »
V	1,6 »
IV	3,5 »
III	8,2 »
II	5,8 »
I	1,5 »

Каждый участокъ въ растущей области корня также проходитъ въ своемъ развитіи большой періодъ роста. Такъ, суточный приростъ участка въ одинъ миллиметръ, отмѣченнаго на самомъ концѣ корешка *Vicia Faba*, слѣдующій (температ. 18—21,5° C.):

въ 1-й день	1,8 мм.
» 2 »	3,7 »
» 3 »	17,5 »
» 4 »	17,5 »
» 5 »	17,0 »
» 6 »	14,5 »
» 7 »	7,0 »
» 8 »	0,0 »

Стебель¹ также растетъ не во всей своей длинѣ. Только растущая зона у него значительно длиннѣе, чѣмъ у корня. Такъ, у

¹ *Askenasy. Verhandl. d. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. Band 2. 1878.*

<i>Galium Mollugo</i> раст. зона =	2—4	сант. или	8—10	междоузлий
<i>Aristolochia Sipo</i> » » =	40—50	» »	8—10	»
<i>Elodea canadensis</i> » » =	2—3	» »	40—50	»
<i>Hippuris vulgaris</i> » » =	20—30	»		

Такъ-же какъ и у корня, въ стеблѣ отдѣльные участки растущей области растутъ неравномѣрно и каждый проходить большой періодъ роста.

Ростъ листьевъ¹ въ большинствѣ случаевъ базистальный. Растущая область находится въ нижней части листа. Слѣдующая таблица показываетъ приростъ листа *Allium Cepa* отъ 8-го по 23 марта. Мѣтки тушью въ началѣ опыта были нанесены на разстояніи 2,5 миллиметровъ. Температура 19—21° С.

		Приростъ въ 24 часа:			Сумма приростовъ отъ
Номера участковъ.		8—9-го марта.	17—18-го марта.	22—23-го марта.	8—23-го марта.
		mm.	mm.	mm.	mm.
Влагалище	I	0,1	0,0	0,0	7,9
	II	0,1	2,9	0,0	26,4
	III	0,1	2,9	0,2	25,1
	IV	0,4	5,1	0,1	48,1
	V	0,4	3,0	0,0	30,1
Пластика	VI	0,2	2,1	0,0	19,1
	VII	0,2	1,6	0,0	16,7
	VIII	0,2	0,7	0,0	10,4
	IX	0,1	0,0	0,0	1,4
Сумма приростовъ		1,8	18,3	0,3	185,1

Слѣдовательно, въ верхней части листа (IX) ростъ скоро прекращается. Наибольшій приростъ наблюдается въ нижней части.

¹ Stebler, Jahrb. f. wiss. Botan. Band 11. 1878. p. 47.

Результатомъ роста органовъ бываетъ иногда не удлиненіе, а укорачиваніе¹; это зависитъ отъ сильнаго разрастанія въ радіальномъ направленіи паренхимныхъ клѣтокъ коры; сосудистыя пучки вслѣдствіе этого дѣлаются волнистыми. Укорачиваніе иногда бываетъ довольно значительно и имѣетъ важное біологическое значеніе. Сокращающійся корень уноситъ вглубь находящіеся на верхушкѣ его почки, чѣмъ предохраняетъ ихъ отъ поврежденія и вредныхъ атмосферныхъ условій.

§ 3. Напряженіе тканей. Каждый изъ растительныхъ органовъ состоитъ изъ разнообразныхъ тканей. Клѣтки, входящія въ составъ различныхъ тканей, размножаются и растутъ не съ одинаковою скоростью; вслѣдствіе этого между тканями появляется антагонизмъ: одніе ткани оказываются сдавленными другими и въ свою очередь растягиваютъ ихъ. Это явленіе называется напряженіемъ тканей. Напряженіе тканей увеличиваетъ упругость органовъ. Во всякомъ растеніи одніе ткани напряжены тягой, т. е. растянуты, другіе — напряжены давленіемъ, т. е. сдавлены; первое напряженіе называется также отрицательнымъ, второе — положительнымъ. Напряженіе бываетъ продольное и поперечное. Существованіе продольнаго напряженія можно легко обнаружить, расколовши крестообразно двумя глубокими продольными разрѣзами растущій еще въ длину стебель двусѣмядольнаго растенія или общую цвѣтоножку лилейнаго растенія; полученные четыре участка, послѣ помѣщенія въ воду, изгибаются наружу и даже завертываются. Слѣдовательно, въ неразрѣзанномъ стеблѣ кожица и кора напряжены тягой, а сердцевина — давленіемъ. Крестообразный надрѣзъ даетъ возможность сердцевинѣ растянуться и изогнуть кнаружи кору. Каждый слой растущаго междоузлія напряженъ тягой относительно тканей, лежащихъ болѣе въ центрѣ, и давленіемъ — относительно болѣе наружныхъ тканей.

¹ *De-Vries*. Landwirthschaftl. Jahrbücher. 1880. p. 37.

Поперечное напряженіе всего лучше наблюдать въ болѣе старыхъ стволахъ двуствольныхъ растений. Оно вызывается тѣмъ, что древесина растетъ быстрѣе, чѣмъ кора. Если на стволъ дерева вырѣзать кольцо коры и затѣмъ снова надѣть его на прежнее мѣсто, то концы не сойдутся.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Явленія роста, зависящія отъ вѣшнихъ условій.

§ 1. Зависимость роста отъ температуры. Для роста наиболѣе благоприятна извѣстная средняя температура¹. При очень низкихъ и высокихъ температурахъ ростъ прекращается. Слѣдующая таблица показываетъ приростъ трехъ растений за 48 часовъ при различныхъ температурахъ:

Температура. °C.	<i>Lupinus albus.</i> mm.	<i>Pisum sativum.</i> mm.	<i>Triticum vulgare.</i> mm.
14,4	9,1	5,0	4,5
17,0	11,0	5,3	6,9
21,4	25,0	25,5	41,8
24,5	31,0	30,0	59,1
25,1	40,0	27,8	59,2
26,6	54,1	53,9	86,0
28,5	50,1	40,4	73,4
30,2	43,8	38,5	104,9
31,1	43,3	38,9	91,4
33,6	12,9	8,0	40,3
36,5	12,6	8,7	5,4

¹ *Koppen, Wärme und Pflanzenwachsthum. 1870; Sachs. Jahrb. f. wiss. Botanik. 1860. II. p. 338.*

Во второй таблицѣ сопоставлены три главных пункта (minimum, optimum и maximum) температуры для различныхъ растений.

	Minimum. °C.	Optimum. °C.	Maximum. °C.
<i>Hordeum vulgare</i> . . .	5,0	28,7	37,7
<i>Sinapis alba</i>	0,0	21,0	28,0
<i>Lepidium sativum</i> . .	1,8	21,0	28,0
<i>Phaseolus multiflorus</i> .	9,5	33,7	46,2 *
<i>Zea Mays</i>	9,5	33,7	46,2 *
<i>Cucurbita Pepo</i> . . .	13,7.	33,7	46,2 *

Изъ этой таблицы видно, что minima, optima и maxima температуры для роста различныхъ растений не одинаковы. Особенно сильное колебаніе замѣчается въ положеніи minimum'овъ: между тѣмъ какъ одни растенія прекращаютъ свой ростъ уже при 10—15° C., другія могутъ развиваться при 0°; такъ, альпійскій колокольчикъ (*Soldanella*) начинаетъ свое развитіе весною еще подъ снѣжнымъ покровомъ и, пробивая его, выходитъ наружу.

§ 2. Зависимость роста отъ кислорода воздуха. Только нѣкоторые простѣйшіе организмы могутъ расти и размножаться при полномъ отсутствіи кислорода¹; всѣ же высшія растенія растутъ только подъ условіемъ поглощенія кислорода,—съ прекращеніемъ доступа кислорода, ростъ сейчасъ-же останавливается. Выше было уже указано², что, по мѣрѣ увеличенія скорости роста во время проростанія сѣмянъ, увеличивается также и количество поглощаемого растеніями кислорода. Дыханіе проростающихъ сѣмянъ выражается большою кривою дыханія, въ общемъ сходною съ большою кривою роста.

Количество кислорода въ окружающей растенія атмосферѣ также вліяетъ на скорость ихъ роста. Избытокъ кислорода такъ-

¹ Сравн. главу о броженіяхъ.

² См. стр. 110.

же какъ и очень малое его содержаніе въ атмосферѣ, замедляютъ ростъ и могутъ совсѣмъ прекратить его.

§ 3. Зависимость роста отъ влажности среды. Отъ влажности почвы и атмосферы зависитъ какъ количество поглощаемой растеніями воды, такъ и быстрота движенія ея по растенію. Атмосфера, насыщенная водяными парами, сильно ослабляетъ испареніе воды листьями и, слѣдовательно, задерживаетъ до известной степени поступленіе въ растеніе новыхъ количествъ воды; напротивъ, бѣдная водяными парами атмосфера способствуетъ какъ испаренію воды, такъ и поступленію ея въ растенія.

Растенія сухихъ мѣстностей по своему виду сильно отличаются отъ растений влажныхъ, болотистыхъ мѣстностей. Первые имѣютъ твердые, часто покрытые колючками, стебли и мало развитыя листовыя пластинки; растенія же влажныхъ мѣстностей имѣютъ мягкіе, сочные стебли и хорошо развитыя листья съ большими пластинками. Такія наблюденія заставляютъ предполагать, что форма растений въ значительной степени обуславливается количествомъ получаемой ими воды. Прямые опыты дѣйствительно подтверждаютъ это. Если взять сѣмена какого-либо однолѣтняго травянистаго растенія и часть ихъ выращивать въ довольно сухой почвѣ и атмосферѣ, лишенной водяныхъ паровъ, другую же часть — въ сильно влажной почвѣ и насыщенной водяными парами атмосферѣ, то растенія, выросшія при такихъ различныхъ условіяхъ, будутъ сильно отличаться между собой.

Для полученія атмосферы, лишенной водяныхъ паровъ, растенія выращиваются подъ стеклянными колпаками, подъ которыми находятся также сосуды съ крѣпкою сѣрною кислотой или съ хлористымъ кальціемъ. Для полученія насыщенной водяными парами атмосферы подъ стеклянные колпаки помѣщается мокрая губка; стѣнки колпаковъ также смачиваются водой. Во влажной атмосферѣ получаютъ длинныя междоузлія и большія листовыя пластинки; въ сухой атмосферѣ короткія междоузлія и

листовыя пластинки — значительно меньшей величины. Въ анатомическомъ строеніи растений получаютъ также существенныя различія. У растений, выросшихъ въ сухой почвѣ и сухой атмосферѣ, получается толстая кутикула, хорошо развитые колленхима, лубъ и древесные элементы; напротивъ, у растений изъ влажной почвы и влажной атмосферы наблюдается тонкая кутикула и слабо развитые древесные элементы; колленхима и лубъ часто совсѣмъ не образуются. Для примѣра могутъ служить опыты надъ *Thymus majus*¹. Растенія выращивались при слѣдующихъ четырехъ условіяхъ:

1. Влажная почва и влажная атмосфера.
2. Влажная почва и сухая атмосфера.
3. Сухая почва и влажная атмосфера.
4. Сухая почва и сухая атмосфера.

Анатомическое изслѣдованіе листьевъ дало слѣдующіе результаты:

Величины листовыхъ пластинокъ въ среднемъ относятся другъ къ другу какъ:

- | | |
|---|----|
| 1. Тонкая кутикула, тангенціально вытянутыя клѣтки эпидермиса съ очень тонкими наружными стѣнками. Колленхима нѣтъ | 5. |
| 2. Толстая кутикула, радіально вытянутыя клѣтки эпидермиса съ утолщенными наружными стѣнками, и два ряда ниже лежащихъ сильно колленхиматическихъ клѣтокъ | 4. |
| 3. Тонкая кутикула, почти кубическія клѣтки эпидермиса. Колленхима едва выражена | 3. |
| 4. Толстая кутикула, очень сильно радіально вытянутыя клѣтки эпидермиса. Колленхима есть, но меньше, чѣмъ во 2. | 1. |

¹ Kohl. Die Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe. Braunschweig. 1886. pag. 94.



Рис. 14

Слѣдовательно, листья *Трораеолум мајус*, выросшіе во влажной почвѣ и влажной атмосферѣ, были въ пять разъ больше листьевъ изъ сухой почвы и такой-же атмосферы. На рисунокъ 14 изображены листья *Тагахасум officinale* — *A* изъ атмосферы, насыщенной водяными парами, *B* и *B* — выросшіе при нормальныхъ условіяхъ. (Сильно уменьшены. *A* въ дѣйствительности около 60, *B* и *B*, 15 и 12 сантиметромъ длиною).

Въ послѣднее время Визнеръ доказалъ, что, кромѣ восходящаго тока воды, въ растеніяхъ существуютъ еще отводящіе водяные токи¹. Доказать ихъ существованіе можно слѣдующимъ опытомъ. Огрѣзывается вѣтвь виноградной лозы, или другого подходящаго растенія, и опускается растущая верхушкой стебля въ воду такъ, чтобы листья были выѣ воды. Черезъ нѣсколько времени находящаяся подъ водою верхушка стебли завянетъ. Это объясняется тѣмъ, что сильно испаряющіе листья оттягиваютъ отъ верхушки стебля болѣе воды, чѣмъ она можетъ всасывать въ себя.

Многія особенности формы различныхъ растеній объясняются существованіемъ отводящихъ токовъ воды. Напримѣръ, у многихъ растеній при нормальныхъ условіяхъ наблюдается замираніе верхушечной почки и образованіе симподія. Листья такихъ растеній развиваются очень рано, такъ-что почти подъ самою точкой роста имѣются уже выросшіе листья. Сильно испаряя воду,

¹ Wiesner, Der absteigende Wasserstrom und dessen physiologische Bedeutung. (Bot. Zeitung. 1889. pag. 1).

они оттягиваютъ ее отъ верхушечной почки, которая поэтому и замираетъ. Культурой подобныхъ растений въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами, верхушечная почка предохраняется отъ гибели и получается моноподіальное вѣтвленіе. Различныя растения съ укороченными междоузліями, какъ напримѣръ *Bellis perennis* и *Capsella Bursa pastoris*, выращиваемыя подъ стеклянными колпаками въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами, даютъ стебель съ спящими на немъ по спирали листьями. Следовательно, въ этихъ случаяхъ недоразвитіе стебля при нормальныхъ условіяхъ есть слѣдствіе недостатка воды: быстро развивающаяся розетка листьевъ сильно испаряетъ воду и оттягиваетъ ее отъ верхушки стебля.

Всѣ изложенныя наблюденія и опыты показываютъ, что растенія одного и того-же вида, выращиваемыя при различной влажности почвы и атмосферы, значительно отличаются другъ отъ друга какъ своею формою, такъ и внутреннимъ анатомическимъ строеніемъ. Эти измѣненія въ высшей степени дѣлособразны. Является вопросъ — почему различное количество получасмой растеніями воды такъ сильно отражается на ихъ формѣ.

Тургоръ, какъ извѣстно, одно изъ необходимыхъ условій для роста. Чѣмъ болѣе растенія получаютъ воды, тѣмъ сильнѣе конечно клѣтки ихъ могутъ растягиваться. Если же задержать поступленіе воды внутрь клѣтокъ, то ростъ клѣтокъ останавливается. Такъ, Вортманн¹, выращивая корневые волоски *Lepidium sativum* частью въ водѣ, частью же въ растворѣ сахара, нашелъ, что въ водѣ было сильное разрастаніе клѣтокъ, оболочки же ихъ оставались тонкими; въ растворѣ сахара ростъ, напротивъ, задерживался: получались маленькія клѣтки съ сильно утолщенными оболочками. То количество клѣтчатки, которое въ первомъ слу-

¹ W'ortmann, Bot. Zeitung. 1889. pag. 270.

чаѣ шло на увеличеніе оболочки въ поверхность, въ послѣд-
немъ — шло на утолщеніе ея. То-же самое замѣчается и въ
естественныхъ условіяхъ во время роста при недостаточномъ ко-
личествѣ воды. Въ этомъ случаѣ также получаютъ маленькія
кѣтки съ толстыми оболочками. Слѣдовательно, измѣненіе тур-
гора кѣтокъ въ зависимости отъ разлічнаго содержанія воды
въ окружающей растенія почвѣ и атмосферѣ будетъ одна изъ
причинъ, вліяющихъ на измѣненіе ихъ формы. Но это не един-
ственная причина. Разлічное количество водяныхъ паровъ въ
атмосферѣ вліяетъ на количество испаряемой растеніями воды.
По мѣрѣ увеличенія количества испаряемой воды, должно уве-
личиваться также количество поглощаемой ими воды изъ почвы.
Но, вмѣстѣ съ водой, растенія изъ почвы получаютъ необходи-
мые для нихъ элементы зольныя, отъ количества которыхъ въ свою
очередь зависитъ образованіе и передвиженіе въ растеніяхъ раз-
личныхъ органическихъ веществъ. Что дѣйствительно количество
получаемой растеніями воды вліяетъ не только на ихъ форму и
анатомическое строеніе, но также и на химическій составъ, это
показалъ Шлѣзингъ¹. Онъ выращивалъ табакъ, частью при обык-
новенныхъ условіяхъ, частью подъ колпакомъ, т. е. въ атмо-
сферѣ, почти насыщенной водяными парами. Главныя результаты
его изслѣдованій относительно листьевъ табака таковы: ростъ
въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами, благопріятствуетъ
накопленію сухого вещества листьямъ. Такъ, за мѣсяцъ пребы-
ванія въ названныхъ условіяхъ одно растеніе образовало 40 грам.
сухого вещества, тогда - какъ за шесть недѣль роста при нор-
мальныхъ условіяхъ въ параллельномъ опытѣ подобное же расте-
ніе накопило только 29,4 грамма. Но сухое вещество, образо-
вавшееся во влажной атмосферѣ, бѣднѣе зольными элементами:

¹ Schlösing. Comptes rendus. 69, 1869. pag. 353.

зола оказалось только 13%. При нормальных же условиях в сухомъ веществѣ листьевъ было 21,8% зола¹.

Рис. 8-й (на стр. 43) наглядно показываесть, какъ сильно вліять на развитіе растений недостатокъ даже одного зольнаго элемента. Анализы Шлэзинга также показали, что разницей въ содержаніи зола не исчерпываются особенности выросшихъ ивъ листьевъ табака.

Образованіе въ листьяхъ различныхъ органическихъ веществъ также оказывается въ зависимости отъ количества испаряемой ими воды.

	Влажность атмосферы.	Нормальные условія.
Никотинъ	1,32%	2,14%.
Щавелевая кислота	0,24 »	0,66 »
Лимонная —	1,91 »	2,79 »
Яблочная —	4,68 »	9,48 »
Пектиновая —	1,78 »	4,36 »
Смолистыя вещества	4,00 »	5,02 »
Клѣтчатка.	5,36 »	8,67 »
Крахмалъ	19,30 »	1,00 »
Азотистыя вещества	17,40 »	18,00 »

Особенно поразительно перенеполненіе крахмаломъ листьевъ, выросшихъ во влажной атмосферѣ. Этотъ избытокъ крахмала отразился уменьшеніемъ въ количествѣ всѣхъ остальныхъ органическихъ соединений. Въ настоящее время принимается, что образующійся въ листьяхъ крахмалъ переходитъ въ другія части растеній въ-видѣ соединенія съ металлами, недостаточное количество которыхъ и служить причиной, что образующійся крахмалъ остается въ значительной части въ листьяхъ. Последнее же

¹ На страницѣ 80 уже было сказано, что разница была не только въ количествѣ зола, но и въ качественномъ содержаніи ея.

обстоятельство, въ свою очередь, по всѣмъ вѣроятіямъ, служить одною изъ причинъ сильнаго разростанія листьевъ въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами. Отсюда слѣдуетъ, что различное количество поступающихъ въ растенія зольныхъ элементовъ, зависящее отъ влажности атмосферы, — вторая причина, вызывающая измѣненіе формы растеній въ средахъ различной влажности.

Уже давно доказано водными культурами растеній въ растворахъ различной концентраціи, что количество получаемыхъ растеніями зольныхъ элементовъ вліяетъ на ихъ ростъ и форму. Растенія, выросшія въ слабыхъ растворахъ, напоминаютъ собой растенія изъ влажной среды; напротивъ, растенія, выросшія въ очень крѣпкихъ растворахъ, имѣютъ общій видъ растеній сухихъ мѣстностей¹. Слѣдовательно, будутъ ли растенія получать въ избыткѣ зольные элементы благодаря культурѣ въ крѣпкихъ растворахъ, или вслѣдствіе сильнаго испаренія воды своими листьями, результатъ получается одинъ и тотъ-же: короткія междоузлія, сильная дифференцировка тканей, толстая оболочка клѣтокъ и т. д.

Часто на низкихъ морскихъ берегахъ, не смотря на очень влажную почву и такую-же атмосферу, покрывающія ихъ растенія имѣютъ всѣ рѣзко выраженные особенности растеній сухихъ мѣстностей. Въ послѣднее время на этотъ фактъ обратилъ вниманіе Шимперъ² и даетъ ему слѣдующее телеологическое объясненіе. Мѣста, покрытыя подобными растеніями, подвергаются морскимъ приливамъ. Поэтому, почва ихъ пропитана крѣпкимъ солянымъ растворомъ. Чтобы предохранить себя отъ переполненія минеральными солями растенія вырабатываютъ въ себѣ различныя приспособленія для уменьшенія количества испаряемой ими воды. Но, на основаніи всего, что извѣстно въ настоящее

¹ *Nobbe und Siegert*, Landw. Versuchs-Stationen. VI. 1864, pag. 19.

² *Schimper*, Ueber Schutzmittel des Laubes gegen Transpiration, besonders in der Flora Java's (Sitzungsb. Berlin. Akad. 1890, pag. 1045)

время относительно значенія зольныхъ элементовъ для растеній, а также на основаніи только - что приведенныхъ изслѣдованій Шлѣзинга, можно сказать также, что самое накопленіе въ избытѣ минеральныхъ солей въ растеніяхъ вліяетъ какъ на образованіе различныхъ органическихъ веществъ, такъ и на ихъ распредѣленіе, а слѣдовательно въ-большую-концовъ также и на анатомическое строеніе и вѣшнюю форму растеній. Наконецъ, концентрація почвеннаго раствора вліяетъ также и на количество поступающей въ растенія воды, какъ это видно изъ приведенныхъ выше опытовъ Вортмана надъ ростомъ корневыхъ волосковъ *Lepidium*.

Различная влажность окружающей среды на двухъ противоположныхъ сторонахъ растенія также вліяетъ на его ростъ. Если выращивать сѣмена въ рѣшетѣ, наполненной опилками и повышенномъ подъ угломъ въ 45° , то проросшіе корешки скоро выйдутъ наружу чрезъ канву, натянутую въ нижней части рѣшета, но не будутъ расти вертикально внизъ, а отклонятся въ сторону наибольшей влажности и будутъ расти, прикасаясь ко дну рѣшета. Это явленіе называется гидротропизмомъ.

§ 4. Зависимость роста отъ свѣта. Свѣтъ сильно вліяетъ какъ на скорость роста растенія, такъ и на образованіе отдельныхъ органовъ его. Самое обыкновенное явленіе роста въ зависимости отъ свѣта — это суточная періодичность роста. Растеніе днемъ растетъ медленнѣе, чѣмъ ночью. Свѣтъ какъ-бы задерживаетъ ростъ¹. Максимумъ роста приходится на ранніе утренніе часы, минимумъ на вечерніе часы сутокъ. Хотя это явленіе и вызвано свѣтомъ, тѣмъ не менѣе оно продолжается хотя съ меньшею правильностью и въ отсутствіи свѣта. Это объясняется наслѣдственностью: цѣлый длинный рядъ пред-

¹ Баранецкій, Tägliche Periodicität im Längenwachsthum (Mémoires de l'Acad. d. St.-Petersbourg. VII série, 27 tome. № 2. 1879).

ковъ даннаго растенія подвергался тѣмъ-же условіямъ и это вошло въ привычку вида.

Одностороннее освѣщеніе растеній вызываетъ въ нихъ явленія гелиотропизма¹. Гелиотропизмъ называется положительнымъ, когда растенія наклоняются къ свѣту, и отрицательнымъ, когда растенія отклоняются отъ свѣта. Положительный гелиотропизмъ — явленіе очень распространенное въ растительномъ царствѣ. Почти во всѣхъ стебляхъ можно наблюдать гелиотропическія искривленія при одностороннемъ освѣщеніи ихъ. Примеромъ растеній, наиболѣе чувствительныхъ къ разницѣ въ освѣщеніи, могутъ служить этиолированные ростки *Vicia sativa*. При помощи этихъ ростковъ можно обнаружить ту ничтожную разницу въ силѣ свѣта двухъ его источниковъ, которая уже не можетъ быть обнаружена при помощи фотометра. Если взять два подобныхъ источника свѣта и помѣщать на равномъ разстояніи между ними этиолированные ростки *Vicia sativa*, то они будутъ искривляться всегда въ сторону одного и того-же источника свѣта, сила котораго нѣсколько болѣе. Въ растеніяхъ открытых солнечныхъ мѣстностей иногда очень трудно обнаружить явленія гелиотропизма. Таковы *Cichorium Intybus*, *Verbena officinalis*, *Sisymbrium strictissimum*, *Achillea Millefolium*. Если же ихъ культивировать на слабомъ свѣтѣ, то и у нихъ можно вызвать гелиотропическія искривленія. Стебла *Dipsacus* и *Equisetum* стоятъ на границѣ между гелиотропными и неспособными къ гелиотропизму (ангелиотропными) растеніями. Наконецъ, стебли *Verbascum Thapsus* и *V. phlomoides* вообще ангелиотропны.

Въ листьяхъ явленія гелиотропизма также очень распространены. Легко можно наблюдать, что листья поворачиваются въ сторону наибольшаго освѣщенія. Многие цвѣты также гелиотропны.

¹ Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche (Denkschriften der k. Akad. der Wissensch. zu Wien. Bd. 39 und 43. 1878—1880).
Его-же, Bewegungsvermögen der Pflanzen. Wien. 1881, pag. 37—84.

Различные виды *Tragopogon* (*pratense*, *orientalis* и другие) дают прекрасный примѣръ цвѣтѣвъ, поворачивающихся за солнцемъ. Передъ восходомъ солнца еще закрытыя головки повертываются къ востоку и раскрываются съ восходомъ солнца. Если идти утромъ по-лугу, покрытому цвѣтущими экземплярами *Tragopogon*, съ востока на западъ, то лугъ кажется пестрымъ отъ открытых и обращенныхъ къ востоку цвѣточныхъ головокъ этихъ растений; если же повернуться и идти въ обратномъ направленіи, то картина измѣняется: лугъ оказывается однообразно зеленымъ, потому что цвѣточные головки будутъ обращены къ идущему своими зелеными покровными листочками. Цвѣты въ продолженіи дня идутъ за солнцемъ; къ вечеру они все обращаются на западъ и закрываются. Послѣ захода солнца они выпрямляются и всю ночь стоятъ прямо; утрення заря снова наклоняетъ ихъ къ востоку. Очень сильный свѣтъ можетъ остановить движеніе цвѣтѣвъ. Гелиотропическія искривленія можно наблюдать и на незеленыхъ растеніяхъ, напримѣръ на различныхъ грибахъ.

Отрицательный гелиотропизмъ распространенъ значительно меньше. Онъ свойственъ прицѣпкамъ и усикамъ лазящихъ растеній, а также воздушнымъ корнямъ. Визнеръ изслѣдовалъ 61 видъ различныхъ растеній, имѣющихъ воздушные корни, и нашелъ у 27-ми видовъ сильный, у 24-хъ ясный и у 6-ти слабый отрицательный гелиотропизмъ; только у 4-хъ видовъ не было обнаружено гелиотропизма ни положительнаго, ни отрицательнаго. Въ обыкновенныхъ корняхъ отрицательный гелиотропизмъ — рѣдкое явленіе. Въ росткахъ *Sinapis alba*, культивируемыхъ въ водѣ, можно одновременно наблюдать отрицательный гелиотропизмъ на корешкахъ и положительный на стебелькахъ.

Явленія гелиотропизма суть явленія роста; искривленія происходятъ только въ области растущей зоны. Сила гелиотропизма зависитъ отъ количества свѣта; наибольшее дѣйствіе производитъ свѣтъ средней напряженности. При постепенномъ увеличе-

ни силы свѣта его геліотропическая сила сначала увеличивается, достигаетъ своего максимума и затѣмъ снова постепенно уменьшается. Это и вполне понятно: явленія геліотропизма — результатъ разницы въ освѣщеніи двухъ сторонъ растенія. Подобная разница, конечно, будетъ болѣе значительна при свѣтѣ средней напряженности. На очень сильномъ свѣтѣ растенія какъ бы пронизываются свѣтомъ на-сквозь и разницы въ освѣщеніи двухъ сторонъ не будетъ. Поэтому въ растеніяхъ открытых солнечныхъ мѣстностей не замѣчается геліотропизма; поэтому же очень сильный свѣтъ останавливаетъ движеніе цвѣтковь *Tragopogon*. Различные лучи солнечнаго спектра обладаютъ не одинаковымъ геліотропическимъ дѣйствіемъ. (Рис. 15) *A, B, C* фраунгоферовы линіи. Кривыя, представляющія геліотропическую



Рис. 15.

силу цвѣтныхъ лучей: I для ростковъ вики, II для ростковъ кресса, III для этиолированныхъ побѣговъ пвы. Кривая X представляетъ скорость роста ростковъ подсолнечника въ различныхъ лучахъ спектра. Ординаты послѣдней кривой даютъ приростъ въ соответствующихъ цвѣтныхъ лучахъ. Слѣдовательно, наименьшая скорость роста у Y и наибольшая у X.

Въ желтыхъ лучахъ геліотропизма не замѣчается; отъ нихъ геліотропическая сила повышается какъ въ сторону ультрафіоле-

товыхъ, такъ и въ сторону ультракрасныхъ лучей. Лучи второй половины спектра обладаютъ болѣе значительнымъ геліотропическимъ дѣйствіемъ, чѣмъ лучи первой половины. Въ этиолированныхъ побѣгахъ нвы, напримѣръ, красные лучи совѣтъ не вызываютъ геліотропическихъ искривленій. Слѣдовательно, въ видимой части спектра наибольшимъ геліотропическимъ дѣйствіемъ обладаютъ фіолетовые лучи.

Свѣтъ, какъ видно изъ наблюдений надъ суточной періодичностью роста, задерживаетъ ростъ. Этою способностью обладаютъ не все лучи спектра. Наибольшею задерживающею силой, какъ показываетъ кривая XY 15-го рисунка, обладаютъ фіолетовые лучи. По направленію къ желтымъ лучамъ эта задерживающая сила уменьшается. Въ желтыхъ лучахъ лежитъ минимумъ задерживающей силы; затѣмъ по направленію къ краснымъ лучамъ задерживающая сила снова нѣсколько увеличивается. Эти наблюдения подѣ влияніемъ различныхъ лучей спектра на ростъ растений объясняютъ различное геліотропическое дѣйствіе этихъ лучей: чѣмъ болѣею задерживающею силой обладаютъ извѣстные лучи, тѣмъ болѣе геліотропическое дѣйствіе будетъ вызываться ими. Сила геліотропическихъ искривленій зависитъ также отъ направленія свѣта; наибольшее геліотропическое дѣйствіе вызывается свѣтомъ, падающимъ подѣ прямымъ угломъ на растущій органъ.

Явленія геліотропизма имѣютъ большое биологическое значеніе. Положительный геліотропизмъ помѣщаютъ растенія въ условія, наиболѣе благоприятныя для освѣщенія. Благодаря отрицательному геліотропизму, прицѣпки и воздушные корни оттапливаются солнцемъ къ мѣсту, гдѣ они могутъ прикрѣпиться, — къ изгороди, стѣнѣ, къ стволу дерева и т. д.

Если временное отсутствіе свѣта (ночью) или неравномѣрное освѣщеніе растеній (геліотропизмъ) отражается на скорости ихъ роста и въпншемъ видѣ, то подобныя же взмѣненія должны обща-

руживаться еще въ бѣльшей степени, если выращивать растенія при полномъ отсутствіи свѣта. Дѣйствительно, выросшія въ темнотѣ — этіолированныя растенія — сильно отличаются отъ растеній, выросшихъ на-свѣтѣ¹. Листья этіолированныхъ растеній — желтаго цвѣта, стебли же всегда совершенно бѣлы.

Форма этіолированныхъ растеній очень разнообразна. Растенія, не дающія въ темнотѣ стеблей, образуютъ листья значительно длиннѣе, но нѣсколько уже, чѣмъ на-свѣтѣ. Въ общемъ въ темнотѣ такія растенія образуютъ листья съ бѣльшей поверхностью, чѣмъ на-свѣтѣ. Примеромъ можетъ служить пшеница. Двусѣмядольныя растенія также даютъ въ темнотѣ хорошо развитые листья, но также только въ томъ случаѣ, если стебли не развиваются.

Если растенія въ темнотѣ образуютъ стебли, то междоузлія ихъ почти всегда значительно длиннѣе, чѣмъ на-свѣтѣ. Напротивъ, листья ихъ въ темнотѣ остаются совсѣмъ въ зачаточномъ состояніи. Горохъ (*Pisum sativum*), бобы (*Vicia Faba*) и просо (*Panicum miliaceum*) могутъ служить примеромъ растеній, дающихъ въ темнотѣ сильно развитые стебли и зачаточные листья. Вообще въ темнотѣ не только листья, если они сидятъ на стебляхъ съ развитыми междоузліями, но и всѣ другія боковыя образованія недоразвиваются или совсѣмъ неразвиваются. Вѣтвей этіолированныхъ растеній обыкновенно не образуютъ. Рѣдкое исключеніе представляютъ этіолированные стебли картофеля, дающіе небольшія боковыя вѣтви.

Многія нормально безстебельныя растенія съ листьями въ-видѣ розетки, какъ наприкладъ маргаритка, въ темнотѣ даютъ хорошо развитые стебли съ сидящими по спирали листьями.

Какъ уже было сказано, не всегда въ темнотѣ получаютъ междоузлія бѣльшей длины, чѣмъ на-свѣтѣ. У всѣхъ растеній,

¹ Sachs, Botanische Zeitung. 1863. Beilage. Ваталіи, О вліянніи свѣта на образованіе формы растеній. С. - Петербургъ. 1872.

у которыхъ развитіе листьевъ запаздываетъ, верхняя растущая часть стебля, часто очень длинная, несетъ на себѣ при нормальномъ развитіи на-свѣтѣ очень маленькіе еще свернутые листья. Только значительно ниже въ части стебля, уже переставшей расти въ длину, листья достигаютъ наконецъ своей нормальной величины. Такія растенія, какъ напримѣръ *Humulus* *Lupulus* и *Polygonum dumetorum*, въ темнотѣ даютъ междоузлія той-же длины, что и на-свѣтѣ.

Не только высшія растенія измѣняютъ свою форму въ отсутствіи свѣта, но также и низшія, какъ напримѣръ грибы¹. Такъ, *Pilobolus* въ темнотѣ даетъ очень длинныя спороносцы съ неразвитыми спорами.

По анатомическому строенію этиолированныя растенія также отличаются отъ зеленыхъ. Въ темнотѣ преобладаетъ развитіе паренхимныхъ клетокъ съ тонкими оболочками. Кутикла мало развита; величина и число сосудистыхъ пучковъ уменьшаются; механическіе элементы недоразвиваются.

Выращиваніе растеній въ различныхъ лучахъ спектра (подъ цвѣтными колпаками) показываетъ, что растенія только тогда растутъ правильно и имѣютъ нормальный видъ, когда получаютъ синіе и фіолетовыя лучи; въ остальныхъ лучахъ спектра они сохраняютъ особенности этиолированныхъ растеній. На рисункѣ 15 - я кривая ХУ показываетъ, какъ сильно задерживается ростъ стебля въ синихъ и фіолетовыхъ лучахъ.

Что касается содержанія воды въ этиолированныхъ растеніяхъ, то стебли ихъ постоянно богаче водой, чѣмъ стебли зеленыхъ растеній. Листья растеній, въ темнотѣ не дающихъ стеблей, также богаче водой, чѣмъ зеленые листья.

¹ *Brefeld, Bot. Zeitung. 1877, pag. 386.*

Молодые листья пшеницы:

<u>ЗЕЛЕННЫЕ.</u>		<u>ЭТИОЛИРОВАННЫЕ.</u>	
Сух. вещ.	11,0% воды 89,0%	Сух. вещ.	8,7% воды 91,3%
»	12,0% » 88,0%	»	9,9% » 90,1%
»	12,9% » 87,1%	»	10,9% » 89,1%

Напротивъ, листья растений, образующихъ въ темнотѣ стебли, бѣдѣе водой, чѣмъ зеленые листья.

Молодые растеньица *Vicia Faba*.

а) Зеленые листья:

<u>Верхніе еще свернутые.</u>		<u>Нижніе уже развернутые, старые.</u>	
Сух. вещ.	18,7% воды 81,3%	Сух. вещ.	10,9% воды 89,1%
»	18,6% » 81,4%	»	11,5% » 85,5%

б) Этилированные листья.

Сухого вещества	17,3%	Воды	82,7%
»	17,1%	»	82,9%

Количество воды въ этилированныхъ листьяхъ, сидящихъ на стебляхъ съ развитыми междоузліями, съ возрастомъ почти не мѣняется; въ зеленыхъ же листьяхъ количество ея съ возрастомъ значительно увеличивается.

Относительно причинъ, вызывающихъ особенности въ формѣ этилированныхъ растений, высказывалось мнѣніе, что онѣ зависятъ отъ отсутствія въ темнотѣ процесса ассимиляціи углерода. Но приведенные результаты изслѣдованій надъ выращиваніемъ растений въ различныхъ лучахъ спектра показываютъ, что это мнѣніе не вѣрно. Во второй половинѣ спектра, слѣдовательно въ лучахъ неспособныхъ разлагать углекислоту, получаютъ нормальныя растенія; напротивъ, въ лучахъ первой половинѣ спектра, не смотря на возможность разложенія углекислоты, выросшія растенія напоминаютъ собой этилированныя. Далѣе, Годлев-

скій¹ получалъ нормальныя растенія, выращивая ихъ на-свѣтѣ въ атмосферѣ, лишенной углекислоты. Слѣдовательно и эти опыты доказываютъ, что для полученія растеній нормальнаго вида нужно свѣтъ, а не возможность ассимиляціи углерода. Наконецъ, опыты Вайнза² говорятъ за то-же. Выращивая растенія на-свѣтѣ въ почвѣ, лишенной желѣза, онъ получилъ хлоротическія растенія нормальнаго вида, хотя они не могли ассимилировать углекислоты, благодаря отсутствію хлорофилла.

Принимая во вниманіе, во-первыхъ, что этиолированныя растенія въ темнотѣ испаряютъ значительно менѣе воды, чѣмъ зеленныя на солнечномъ свѣтѣ и, во-вторыхъ, что ослабленное испареніе, вызванное помѣщеніемъ растеній въ атмосферу, насыщенную водяными парами, не смотря на присутствіе свѣта сильно вліяетъ на ихъ форму и анатомическое строеніе, Палладинъ считаетъ, что испареніе — главная причина, отъ которой зависитъ форма этиолированныхъ растеній³.

Всѣ разнообразныя формы этиолированныхъ растеній можно объяснить особенностямъ въ ходѣ процесса испаренія воды у этихъ растеній и находящимся въ зависимости отъ этого процесса взаимодѣйствіемъ органовъ другъ на друга.

Возьмемъ для примѣра обыкновенныя бобы (*Vicia Faba*). Растенія на-свѣтѣ испаряютъ значительно болѣе воды, чѣмъ въ темнотѣ. Въ примѣненіи этого факта къ объясненію формы этиолированныхъ растеній важно не только общее количество воды, испарившейся на-свѣтѣ, или въ темнотѣ, а отношеніе количества воды, испарившейся черезъ листья, къ количеству

¹ Godlewski, Bot. Zeitung. 1879, pag. 81.

² Vines, Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. 2 Band. Heft 1. 1878. pag. 114.

³ Палладинъ, VIII съездъ русскихъ естествоиспытателей и врачей. С.-Петербургъ. 1890. Труды харьковскаго общества испытателей природы. Т. XXV. Berichte d. deutschen botan. Gesellschaft. 1890.

воды, испарившейся через стебель. Это будетъ зависѣть какъ отъ величины поверхностей обонхъ органовъ, такъ и отъ цвѣта ихъ. Зеленыя растенія на солнечномъ свѣтѣ почти всю воду испаряютъ черезъ листья; листья поэтому развиваются нормально, стебель же тернѣтъ недостатокъ въ водѣ: получаютъ короткія междоузлія. Въ темнотѣ цвѣтъ листьевъ не имѣетъ значенія. Они не могутъ уже оттягивать воду отъ стебля, который сильно разрастается; листья же вслѣдствіе недостатка въ водѣ недоразвиваются.

У пшеницы поверхность этіолированнаго листа въ общемъ больше поверхности зеленого листа. Это объясняется двумя причинами. Въ первыхъ нѣтъ стебля, т. е. нѣтъ органа, оттягивающаго воду отъ листьевъ; кромѣ того, этіолированные листья испаряютъ воды значительно менѣе, чѣмъ зеленые. Исслѣдованія же надъ вліяніемъ испаренія на измѣненіе листовыхъ поверхностей показываютъ, что при слабомъ испареніи получается большая листовая поверхность, чѣмъ при сильномъ.

Маргаритка въ темнотѣ даетъ стебли съ сидящими на немъ по спирали листьями. Такіе-же стебли получаютъ на-свѣтѣ въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами.

Такія растенія, какъ хмѣль, у которыхъ развитіе листьевъ запаздываетъ, въ темнотѣ даютъ междоузлія почти той-же длины, что и на-свѣтѣ. Находится ли растущій конецъ стебля подобныхъ растеній въ темнотѣ, или на-свѣтѣ, онъ развивается свободно, не подвергаясь ни въ томъ, ни въ другомъ случаѣ угнетающему вліянію листьевъ; поэтому, разницы въ длинѣ междоузлій зеленыхъ и этіолированныхъ растеній почти не замѣчается.

Кромѣ того, для правильнаго роста всѣхъ растеній необходимы тѣ-же лучи спектра, отъ которыхъ на-свѣтѣ главнымъ образомъ зависитъ испареніе воды, т. е. синіе и фіолетовые. Анатомическія особенности этіолированныхъ растеній тѣ-же, ка-

кія появляются на-свѣтѣ въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами.

Наконецъ, изслѣдованія Вебера¹ показали, что этиологизованныя растенія бѣднѣе золой, чѣмъ зеленыя, — особенно бѣдны они кальціемъ.

Въ 1000 вѣсовыхъ частяхъ сухого вещества растеній (гороха) находилось:

	Всѣй золи.	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₂
Зеленыхъ	127,7	48,5	1,1	32,1	10,2	0,9	16,7	16,4
Этиологизованныхъ.	101,1	44,9	1,4	12,4	6,7	2,1	20,5	13,1

Тѣ-же самыя особенности по изслѣдованіямъ Шлѣзинга наблюдаются и въ растеніяхъ, выросших на-свѣтѣ, но — въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами².

Суточная періодичность роста можетъ быть также поставлена въ связь съ измѣненіемъ хода процесса испаренія воды растеніями. Съ восходомъ солнца количество испаряемой растеніями воды увеличивается; это должно вызвать постепенное замедленіе роста, что на самомъ дѣлѣ и наблюдается. Передъ заходомъ же солнца количество испаряемой воды начинаетъ уменьшаться, а скорость роста увеличиваться. По всѣмъ вѣроятіямъ, вліяніе свѣта на ростъ не ограничивается измѣненіями въ процессѣ испаренія воды. Высказывается также мнѣніе, что свѣтъ прямо вліяетъ на молекулярное строеніе клеточныхъ оболочекъ и протоплазмы, но никакихъ фактическихъ данныхъ для подтвержденія этого мнѣнія мы еще не имѣемъ.

Цвѣты многихъ растеній развиваются въ темнотѣ вполне нормально, но только въ томъ случаѣ, если остальные части растенія оставлены на-свѣтѣ.

¹ Weber, Landw. Versuchs-Stationen. 18. 1875, pag. 40.

² Какъ было уже указано на 80-й страницѣ.

Многіе цвѣты обладаютъ также способностью открываться днемъ и закрываться на-ночь¹; нѣкоторые же цвѣты, напротивъ, днемъ бываютъ закрыты, ночью же открываются. Это періодическое движеніе лепестковъ вызывается переменной освѣщеніемъ.

Измѣренія закрывающихся и открывающихся лепестковъ показали, что движеніе обуславливается неравномѣрнымъ ростомъ. Ускоренный ростъ наружной (нижней) стороны лепестковъ вызываетъ закрываніе цвѣтка, открываніе же вызывается усиленнымъ ростомъ внутренней (верхней) стороны лепестковъ; слѣдовательно, періодическое движеніе лепестковъ есть также явленіе роста. Движенія лепестковъ вызываются не только переменной освѣщеніемъ, но также переменной температуры. Многіе цвѣты особенно чувствительны къ измѣненіямъ температуры; такъ, для цвѣтовъ *Crocus* достаточно измѣненіа температуры на 5°С., чтобы они въ продолженіи пяти минутъ вполне закрылись или открылись.

§ 5. Зависимость роста отъ земного притяженія². Ростъ стебля вверхъ и корня внизъ настолько всемъ извѣстныя явленія, что на это долго не обращалось вниманія, хотя эти явленія вовсе не принадлежатъ къ числу фактовъ понятныхъ сами-по-себѣ. Первый обратившій на нихъ вниманіе былъ Додаръ (Dodart, 1770). Но смотря на большое число работъ, появившихся съ того времени и посвященныхъ выясненію этого вопроса, онъ до-сихъ-поръ еще очень мало изученъ.

Если растущее растеніе вывести изъ вертикальнаго положенія и помѣстить горизонтально, то черезъ нѣсколько времени конецъ корня загнется внизъ, а конецъ стебля — вверхъ. Опытами Найта (Knight, 1806) доказано, что этотъ ростъ

¹ *Pfeffer*, Physiologische Untersuchungen. 1873.

² *Wiesner*, Bewegungsvermögen der Pflanzen. 1881, pag. 85 — 130. Sitzungsber. Wien. Akad. 89 Band. 1 Abth. 1884, pag. 275.

стебли вверхъ и корни внизъ есть результатъ дѣйствія земного притяженія. Онѣ проращивалъ сѣмена на кружкѣ центробѣжной машины, бывшей въ дѣйствіи во все время опыта. Оказалось, что ослъ всѣхъ выросшихъ растеньицъ приняли положеніе, параллельное радіусамъ кружка, и притомъ такъ, что всѣ корешки направились по направленію центробѣжной силы, а всѣ стебли — въ обратномъ направленіи. Въ такихъ опытахъ земное притяженіе было устранено и замѣнено центробѣжною силой. Корешки, растущіе при нормальныхъ условіяхъ по направленію земного притяженія, стали расти по направленію центробѣжной силы. Стебли, при нормальныхъ условіяхъ растущіе отъ центра земли, стали расти въ центроостремительномъ направленіи.

Явленія роста подъ вліяніемъ земного притяженія называются геотропизмомъ. Различаютъ положительный геотропизмъ, когда органъ растетъ по направленію къ центру земли, и отрицательный — когда органъ растетъ отъ центра земли. Главные стебли отрицательно геотропичны, и главные корни — положительно геотропичны. Геотропизмъ въ боковыхъ вѣтвяхъ и боковыхъ корняхъ выраженъ въ значительно слабѣйшей степени; они не растутъ вертикально вверхъ или внизъ, а принимаютъ наклонное положеніе, болѣе или менѣе приближающееся къ горизонтальному.

Кромѣ центробѣжной машины для устраненія дѣйствія земного притяженія употребляются еще различные клипостаты. Клипостатъ состоитъ изъ длинной металлической оси, вращающейся при помощи часового механизма. По желанію, ось можетъ быть поставлена въ горизонтальномъ, вертикальномъ, или въ какомъ угодно наклонномъ положеніи. Если на медленно вращающуюся въ горизонтальномъ положеніи ось надѣтъ пробковый кружокъ и къ нему прикрѣпить булавками проросшія сѣмена, то послѣднія будутъ продолжать расти въ томъ направленіи, въ какомъ они были случайно прикрѣплены. Въ этомъ случаѣ земное притяженіе въ-сущности не устраняется, а продолжаетъ дѣйство-

вать на растенія, но только въ равные промежутки времени это дѣйствіе направлено на противоположныя части растеній. Если, напримѣръ, въ теченіи извѣстнаго времени при горизонтальномъ положеніи растенія какая-либо часть его находилась выпзу, то затѣмъ съ перемѣщеніемъ оси наступаетъ новое положеніе, когда та-же часть растенія въ теченіи такого-же количества времени будетъ на-верху и земное притяженіе будетъ дѣйствовать на нее въ противоположномъ направленіи.

Явленія геотропизма — явленія роста. Только въ области растущей зоны стебля или корня, при помѣщеніи ихъ въ горизонтальномъ положеніи, можно вызвать геотропическія искривленія. Въ частяхъ выросшихъ геотропическія искривленія никогда не появляются. Чѣмъ быстрѣе растетъ извѣстный органъ, тѣмъ скорѣе появляются въ немъ геотропическія искривленія. Всѣ условія, задерживающія ростъ, задерживаютъ также и явленія геотропизма.

Почему одна и та-же сила земного притяженія производитъ различное дѣйствіе, т. е. корень растетъ по направленію этой силы, а стебель въ діаметрально противоположномъ направленіи, — причину этой разницы нужно искать въ различномъ строеніи корня и стебля и вытекающемъ отсюда различномъ взаимодѣйствіи входящихъ въ составъ ихъ тканей; подобно тому какъ не въ свѣтѣ, а въ различномъ взаимодѣйствіи между стеблемъ и листьями лежитъ причина того, что въ темнотѣ листья однихъ растеній (со стеблями) вырастаютъ меньшей величины, листья же другихъ (безстебельныхъ) болѣе, чѣмъ на-свѣтѣ.

§ 6. Вліяніе поврежденій на ростъ. Всевозможныя поврежденія растущихъ органовъ сильно вліяютъ на ихъ ростъ. Онъ или задерживается, или совсѣмъ прекращается. Иногда же вслѣдствіе поврежденій появляются разнообразныя искривленія растущихъ органовъ. Изъ числа послѣднихъ явленій роста наибольшаго вниманія заслуживаетъ дарвиново искривленіе корен-

ковъ. Оно было такъ названо Визнеромъ въ честь Дарвина, открывшаго это явленіе (1880). Если надрѣзать или какъ-нибудь иначе повредить съ одной стороны растущій кончикъ корешка, то послѣдній отклоняется въ сторону, противоположную отъ поврежденія, часто при этомъ погибаетъ къ верху, образуетъ петлю и затѣмъ снова начинаетъ расти внизъ. Это явленіе представляется очень цѣлесообразнымъ, потому - что благодаря ему корешокъ отклоняется отъ опаснаго мѣста. Позднѣйшія изслѣдованія Визнера¹ показали, что дарвиново искривленіе есть въ - сущности двойное искривленіе. Вскорѣ послѣ нанесенія поврежденія появляется искривленіе въ верхней части растущей зоны корешка съ выпуклостью на сторонѣ, противоположной поврежденію. Это искривленіе очень слабо и замѣчается только при точныхъ наблюденіяхъ. Затѣмъ появляется второе искривленіе въ противоположную сторону уже въ нижней части растущей зоны. Это второе искривленіе и отпоситъ кончикъ корешка отъ мѣста нанесенія поврежденія. Верхнее искривленіе наступаетъ черезъ 25 — 45 минутъ, второе черезъ 45 — 135 минутъ послѣ пораненія.

Механизмъ этого явленія еще не вполне выясненъ.

¹ Wiesner, Sitzungsber. Wiener Akad. 89 Band. I Abth. 1884, pag. 223.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Вьющіяся и лазящія растенія.

§ 1. Вьющіяся растенія¹. Очень многія растенія имѣютъ настолько длинныя и тонкіе стебли, что поддерживать себя въ вертикальномъ положеніи они не могутъ. Тѣ изъ подобныхъ растеній, у которыхъ нѣтъ для этой цѣли особыхъ приспособленій, остаются всю жизнь стелющимися по - землѣ. Напротивъ, вьющіяся и лазящія растенія, благодаря своей способности обвиваться или прикрѣпляться къ другимъ растеніямъ, поднимаются вверхъ и, такимъ образомъ, помѣщаютъ себя относительно свѣта въ наиболѣе благопріятныя условія.

Вьющимися растеніями называются растенія съ очень длинными и тонкими стеблями, растущія верхушки которыхъ обвиваются вокругъ другихъ растеній или иныхъ случайно встрѣтившихся подпорокъ. Примеромъ такихъ растеній могутъ служить хмѣль (*Humulus Lupulus*), фасоль (*Phaseolus multiflorus*), различные виды вьюнка (*Convolvulus*) и нѣкоторые виды *Polygonum*, какъ-то *P. dumetorum*, *P. Convolvulus*. Верхушка растущей части стебля этихъ растеній описываетъ во все время роста кругъ. Это явленіе называется круговою путаціей. У однихъ растеній эта путація совершается по направленію движенія часовой стрѣлки, у другихъ — въ обратномъ направленіи.

¹ Darwin, Kletternde Pflanzen. 1876. Баранцкій, Mémoires de l'Académie de St.-Petersbourg. VII série, XXXI tome. № 8. 1883. Pfeffer, Untersuchungen aus d. bot. Inst. zu Tübingen. 1 Band. 1885, pag. 483.

Нутряющая верхушка стебля у большинства вьющихся растений состоитъ изъ 2 — 3 послѣднихъ междоузлій. Скорость, съ какою описывается полный оборотъ круга, у различныхъ растений различна:

у <i>Scyphanthus elegans</i>	въ 1 часъ	17 мин.
» <i>Convolvulus sepium</i>	» 1	» 42 »
» <i>Phaseolus vulgaris</i>	» 1	» 57 »
» <i>Lonicera brachypoda</i>	» 9	» 45 »

Круговое движеніе верхушки стебля продолжается до тѣхъ-поръ, пока она не встрѣтитъ на своемъ пути какого-либо препятствія. Результатомъ прикосновенія является неравномѣрный ростъ. Сторона, испытавшая прикосновеніе, начинаетъ расти медленнѣе противоположной стороны, и стебель начинаетъ обвиваться вокругъ встрѣтившагося препятствія — будетъ ли это растеніе, или иное тѣло. Обороты спирали сначала ложатся не плотно, особенно если встрѣтившееся препятствіе очень тонко; но затѣмъ образовавшаяся спираль, въ слѣдствіе роста подъ вліяніемъ отрицательнаго геотропизма, вытягивается и крѣпко обхватываетъ подпорку. Болѣе тѣсному соприкосновенію способствуютъ еще твердые волоски, обыкновенно покрывающіе стебли вьющихся растений.

Вьющіеся растенія могутъ обвиваться вокругъ очень тонкихъ предметовъ; однако подставки не должны переходить извѣстной предѣльной толщины, чтобы была возможность обвиваться около нихъ. Эта предѣльная толщина для различныхъ растений различна; такъ, *Phaseolus multiflorus* можетъ обвиваться вокругъ подставокъ, имѣющихъ 3 — 4 дюйма въ діаметръ, но уже не обвивается вокругъ подставокъ толщиной въ 9 дюймовъ. Тропическія вьющіеся растенія обвиваются вокругъ толстыхъ стволовъ.

Если вьющееся растеніе медленно вращать вокругъ его собственной оси въ горизонтальномъ положеніи на клипостатѣ, то

оно перестанетъ обвиваться и станетъ расти параллельно подпоркѣ; молодые, только передъ тѣмъ образовавшіеся, обороты спирали снова развертываются. Такіе факты показываютъ, что геотропизмъ есть одно изъ необходимыхъ условій для обвиванія стеблей.

§ 2. Лазящія растенія¹. Длинные стебли лазящихъ растеній неспособны обвиваться. Они поднимаются вверхъ при помощи особыхъ приспособленій, каковы — волоски, шишкы, воздушные корни, усики и т. д. Самые распространенные изъ перечисленныхъ органовъ — это усики. Усики для прищипки различныхъ растеній — различнаго морфологическаго происхожденія: у однихъ растеній (*Vitis*, *Ampelopsis*, *Cucurbitaceae*) усики — измѣненные вѣтви, у другихъ — измѣненные листья; у *Pisum*, напримѣръ, въ усикъ превращается только верхняя часть листа, въ нижней же части сохраняются перисто расположенные листочки.

Молодые растущіе усики обладаютъ способностью къ круговой путаціи, которая продолжается, пока они не встрѣтятъ на своемъ пути какой-либо опоры, около которой и начинаютъ обвиваться. Обвертываніе опоры есть результатъ неравномѣрнаго роста двухъ противоположныхъ сторонъ усиковъ, наступившаго подъ вліяніемъ раздраженія отъ прикосновенія.

Свободная часть усика, лежащая между его основаніемъ и мѣстомъ прикрѣпленія къ опорѣ, не остается прямою, а закручивается въ спираль, благодаря чему стебель притягивается ближе къ опорѣ и растеніе оказывается висѣющимъ не на стержнѣ, могущемъ легко разорваться, но на пружинѣ, которая при движеніяхъ стебля отъ вѣтра нѣсколько распрямляется и тѣмъ предохраняетъ себя отъ разрыва. Прикрѣпленіе усика къ опорѣ

¹ Darwin, Kletternde Pflanzen. 1876. De Vries, Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. Band I. pag. 302.

можетъ произойдти только пока онъ растетъ. Усики, не встрѣтившіе во время роста опоры, въ большинствѣ случаевъ засыхаютъ и отваливаются.

Оригинальную особенность представляютъ усики *Ampelopsis*, когда имъ не удастся встрѣтить предмета, около котораго они могли бы обвиться, какъ, напримѣръ, во время роста около стѣны. Въ этомъ случаѣ усики, прижатые къ стѣнѣ отрицательнымъ гелиотропизмомъ, нападаютъ во время своихъ нутаціонныхъ движеній въ находящіеся на ней случайныя отверстія; тогда на ихъ концахъ начинаютъ образовываться утолщенія, которыя плотно заполняютъ отверстія, и такимъ образомъ поддерживаютъ растение.

§ 3. Циркумнутація¹. Дарвинъ нашелъ, что всѣ растущіе органы растений, которые кажутся намъ растущими по одной прямой линіи, на-самомъ-дѣлѣ описываютъ разнообразныя круговыя движенія; только эти движенія такъ незначительны, что безъ особыхъ приспособленій они незамѣтны. По Дарвину, такого рода движеніе, названное имъ циркумнутаціей, есть основное, какъ-бы зачаточное движеніе, изъ котораго при благоприятныхъ условіяхъ могутъ развиваться разнообразныя движенія, свойственныя растениямъ. Но Визнеръ доказалъ, что подобное мнѣніе невѣрно: онъ нашелъ, что во многихъ растущихъ органахъ не удастся замѣтить циркумнутаціи; тамъ же, гдѣ она есть, это не что иное, какъ результатъ нѣкоторыхъ неправильностей роста.

¹ Дарвинъ, Способность растений къ движенію. 1881. *Wiesner*, Bewegungsvermögen der Pflanzen. 1881.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ПЕРЕМѢННЫЯ ДВИЖЕНІЯ.

§ 1. Обзоръ различныхъ движеній, свойственныхъ растеніямъ. Всѣ движенія, свойственныя растеніямъ, распадаются на двѣ группы. Къ первой группѣ относятся движенія растущихъ органовъ: это — нутаціонныя движенія (*Nutationsbewegungen*); ко второй группѣ относятся движенія органовъ уже вполне выросшихъ, — переменныя движенія (*Variationsbewegungen*). Всѣ движенія растеній, разсмотрѣнныя уже нами выше, относятся къ первой группѣ, потому что они совершаются, пока органъ растетъ, и прекращаются вмѣстѣ съ прекращеніемъ роста. Всѣ нутаціонныя движенія, въ свою очередь, дѣлятся на двѣ группы. Къ первой — къ паратоническимъ нутаціоннымъ движеніямъ (*Paratonische oder receptive Nutation*) относятся движенія, вызванныя вѣшними условіями, таковы — явленія геліотропизма, геотропизма и т. д. Ко второй группѣ — къ произвольнымъ нутаціоннымъ движеніямъ (*Spontane Nutation*) относятся движенія растущихъ органовъ, зависящія только отъ внутренней организаціи растеній; сюда относятся круговая нутація вьющихся растеній, циркумнутація, эмпнастія, гипонастія и другія. Эмпнастіей называется явленіе усиленнаго роста на верхней сторонѣ органа, будетъ ли то стебель, или листъ; вслѣдствіе такого роста органы загнбаются внизъ. Гипонастіей, на-оборотъ, называется усиленный ростъ на нижней

поверхности органа. Оба явленія роста зависятъ только отъ внутренней организаціи данныхъ органовъ.

Всѣ перемѣнныя движенія также дѣлятся на паратоническія и произвольныя.

§ 2. Произвольныя перемѣнныя движенія. Въ настоящее время извѣстно нѣсколько случаевъ подобныхъ движеній. Лучшимъ примѣромъ служатъ движеніе боковыхъ листочковъ тройчатаго листа *Desmodium gyrans*¹. Они постоянно совершаютъ колебательныя движенія описывая своими свободными концами эллипсы. Скорость движенія зависитъ отъ температуры; при высокой лѣтней температурѣ полный оборотъ совершается минуты въ три.

Такія-же колебательныя движенія, только значительно болѣе медленныя, замѣчаются и у другихъ растеній; такъ, конечный листочекъ клевера совершаетъ одно колебаніе въ теченіи 1 — 4 часовъ.

§ 3. Паратоническія перемѣнныя движенія². Листья *Mimosa pudica*, обладающіе способностью опускаться отъ незначительнаго прикосновенія, представляютъ лучшій примѣръ паратонического перемѣннаго движенія. Каждый листъ состоитъ изъ длиннаго черешка, на которомъ сидятъ два перистыхъ листочка; каждый перистый листочекъ также состоитъ изъ черешка второго порядка, усаженнаго большимъ числомъ маленькихъ листочковъ третьяго порядка. Главный черешокъ имѣетъ при своемъ основаніи хорошо развитую сочленительную подушку; такія-же сочлененія находятся и при основаніи черешковъ второго и третьяго порядка. Достаточно, очень слабаго прикосновенія къ глав-

¹ Hofmeister, Pflanzenzelle. 1867.

² Brücke, Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie. 1848, pag. 434. И. Леваковский, О движеніи раздражимыхъ органовъ растеній. Харьковъ, 1867. Pfeffer, Physiologische Untersuchungen. 1873. Haberland, Reisleitende Gewebesystem der Sinuspflanze. 1890.

ной сочленительной подушкѣ, чтобы главный черешокъ опустился внизъ, листочки же третьяго порядка при этомъ поднимаются кверху и прикладываются другъ къ другу своими верхними сторонами. Если раздраженіе было достаточно сильно, то оно передается черезъ стебель и на прочіе листья растенія, которые также опускаются и складываются. Черезъ нѣсколько времени листья понемногу начинаютъ расправляться и принимаютъ прежнее положеніе. Описанное явленіе происходитъ въ листьяхъ уже вполне выросшихъ и поэтому представляетъ собой видъ движенія, независимаго отъ роста.

Наблюденія надъ самымъ процессомъ опусканія листьевъ показываютъ, что онъ вызывается измѣненіемъ формы сочленительной подушки.

Главная масса сочленительной подушки¹ состоитъ изъ паренхимной ткани съ большимъ числомъ межклеточныхъ ходовъ. Оболочки клетокъ нижней половины подушки значительно толще оболочекъ верхней половины. Въ центрѣ проходитъ сосудистый пучекъ. Въ сочлененіяхъ замѣчается очень сильное напряженіе тканей. Наружныя части сильно сдавлены, а внутренняя центральная часть растянута. Это явленіе легко констатировать, вырѣзая сочлененіе или отдѣльныя его части и помѣщая ихъ въ воду: наружныя части удлиняются, внутреннія же сокращаются. Прямой выводъ изъ этихъ фактовъ тотъ, что опусканіе листьевъ вълѣдствіе раздраженія есть результатъ измѣненія тургора клетокъ верхней или нижней половины сочлененія.

Если вырѣзать нижнюю половину листової подушки до древесины, то черешокъ опускается и въ такомъ положеніи остается, не поднимаясь снова; если же удалить верхнюю половину подушки, то листової черешокъ также опускается, но затѣмъ

¹ Для изслѣдованій наиболее удобны подушки главного черешка. Въ ниже описанные опыты сдѣланы изъ нихъ.

снова поднимается и принимает болѣе высокое положеніе, чѣмъ занималъ прежде. Отсюда слѣдуетъ, что опусканіе листьесъ вызывается уменьшеніемъ тургора въ клѣткахъ нижней половины сочлененія, поднятіе же ихъ — результатъ возобновленія въ этихъ клѣткахъ прежняго тургора. Принятіе листьями съ вырѣзанными верхними половинами сочлененій болѣе высокаго положенія зависитъ отъ того, что клѣтки нижней половины въ этомъ случаѣ могутъ расширяться болѣе значительно, не встрѣчая сопротивленія съ противоположной стороны. Если мимозу сначала перевернуть и затѣмъ вызвать раздраженіе, то листья въ этомъ случаѣ не опускаются, а напротивъ — начинаютъ подниматься. Это поднятіе есть также результатъ устраненія сопротивленія съ противоположной стороны.

Ослабленіе тургора въ клѣткахъ нижней половины листовой подушки сопровождается уменьшеніемъ ихъ объема. Часть бывшей въ нихъ воды должна поэтому куда-нибудь уйдти. Наружу вода никогда не выходитъ: поверхность подушки послѣ раздраженія продолжаетъ оставаться сухою. Въ то-же время замѣчается, что сочлененіе послѣ опусканія листа становится окрашеннымъ въ болѣе темный цвѣтъ, — оно какъ будто-бы инъецировалось водой. На основаніи этихъ наблюденій Брюкке заключаетъ, что выходящая изъ клѣтокъ вода поступаетъ въ межклеточные ходы, вытѣсняя оттуда воздухъ; когда же раздраженіе кончится, то выделяемая вода вновь поступаетъ въ клѣтки, межклеточные ходы наполняются воздухомъ и вслѣдствіе этого цвѣтъ сочленительной подушки снова становится свѣтлымъ.

Причина временнаго выдѣленія воды клѣтками нижней половины сочленительной подушки лежитъ конечно въ измѣненіи, вслѣдствіе раздраженія, свойствъ кожнаго слоя протоплазмы этихъ клѣтокъ. Каковы эти измѣненія — въ настоящее время неизвѣстно.

Опусканіе листьевъ мимозы, какъ одно изъ проявленій ея жизни, можетъ происходить только при условіяхъ благопріятныхъ для жизненныхъ отравленій вообще; эти условія: достаточное количество свѣта, теплоты, влажности и присутствіе кислорода въ окружающей атмосферѣ. Хлороформированіе вызываетъ анестезію мимозы съ прекращеніемъ на нѣкоторое время способности отвѣчать на раздраженія.

Многія другія бобовыя растенія, а также нѣкоторые виды *Oxalis* также обладаютъ листьями, способными къ раздраженію, но чувствительность ихъ гораздо слабѣе.

Тычики *Cynagoga* также принадлежать къ числу органовъ раздражимыхъ прикосновеніемъ: онѣ укорачиваются отъ слабого давленія. Сокращеніе ихъ объема, такъ-же какъ и въ листьяхъ *Mimosa*, сопровождается выступленіемъ воды въ межклеточныя пространства.

Вполнѣ выросшіе листья многихъ растеній съ наступленіемъ ночи принимаютъ иное положеніе, чѣмъ какое они имѣли днемъ: листочки ихъ накладываются одинъ на другой, черешки же часто опускаются. Это явленіе называется сномъ листьевъ. Опусканіе листьевъ мимозы вслѣдствіе раздраженія вызывается уменьшеніемъ тургора нижней половины сочленительной подушки, сонъ же листьевъ, какъ мимозы, такъ и другихъ растеній, результатъ увеличенія тургора одной половины сочленительной подушки. Искусственное затѣненіе также вызываетъ сонъ листьевъ.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

ФОРМА РАСТЕНИЙ.

§ 1. Зависимость формы растений отъ внѣшнихъ условій. Форма растений находится въ тѣсной зависимости отъ внѣшнихъ условій. Растенія, приспособляясь къ окружающей ихъ средѣ, сильно измѣняютъ какъ свой внѣшнй видъ, такъ и свое внутреннее анатомическое строеніе. Выше было уже изложено, какія глубокія измѣненія вызываютъ въ растеніяхъ различныя количества окружающей ихъ влажности и свѣта. Многія особенности формы отдѣльных растений, считавшіяся исключительно достояніемъ морфологій, оказываются результатомъ внѣшнихъ условій. Такъ, Фёхтингъ¹ показалъ, что зигоморфизмъ многихъ цвѣтовъ вызывается земнымъ притяженіемъ. Если помѣстить цвѣтоножки съ нераспустившимися еще зигоморфными цвѣтками на горизонтальной медленно вращающейся оси клиностата, то раскрывшіеся черезъ нѣсколько времени цвѣты будутъ уже не зигоморфными, а правильными. Если же подобные цвѣтоножки перевернуть и закрѣпить въ такомъ положеніи, то въ этомъ случаѣ также получатся зигоморфные цвѣты, но зигоморфизмъ будетъ уже въ обратномъ направленіи. Выше было показано также², что выращиваемыя на клиностатѣ вьющіяся растенія перестаютъ обвиваться.

¹ *Vöchting, Pringsheim's Jahrbücher.* XVII. 1886.

² См. стр. 161.

Водныя растенія имѣютъ иное анатомическое строеніе, чѣмъ сухопутныя растенія. Искусственное выращиваніе водныхъ растеній на воздухѣ, а сухопутныхъ въ водѣ показало¹, что измѣненіе окружающихъ условій отражается измѣненіемъ ихъ формы и анатомическаго строенія: сухопутныя растенія, выращиваемыя въ водѣ, приобретаютъ особенности подводныхъ растеній, подводныя же растенія, выращиваемыя на-воздухѣ, приближаются по строенію къ наземнымъ.

Константенъ² показалъ также, что анатомическія особенности, отличающія подземные стебли отъ воздушныхъ, — тоже результатъ вліянія среды. Въ воздушныхъ стебляхъ, искусственно вырощенныхъ подъ землей, появляются слѣдующіе признаки подземныхъ побѣговъ:

- 1) Большое развитіе кроющихъ тканей.
- 2) Редукція или исчезновеніе механическихъ элементовъ.
- 3) Большое развитіе коры и редукція сердцевины.
- 4) Слабое одревеснѣніе.
- 5) Образованіе запасныхъ веществъ (крахмалъ).

Наконецъ, изслѣдованія Фѣхтинга³ надъ образованіемъ картофельныхъ клубней даютъ новый примѣръ — какъ можно измѣнять форму растеній. При нормальныхъ условіяхъ клубни вырастаютъ только на подземныхъ побѣгахъ. Если же отрѣзать картофельную вѣтвь съ листьями и посадить ее въ землю такъ, чтобы находящаяся въ землѣ часть ея не имѣла на собѣ ни одной почки, что достигается тщательнымъ вырѣзываніемъ ихъ, то вѣтвь пуститъ корни и получится новое растеніе. Это растеніе не можетъ дать подземныхъ побѣговъ, потому-что въ подземной части его нѣтъ почекъ, а слѣдовательно не можетъ дать также

¹ Н. Леваковскій, Ученыя записки казанскаго университета. XX 5—6. 1873. Constantin, Annales des sciences naturelles. VI série. XIX tome. 1884, pag. 287.

² Constantin, L. c. VI série. XVI tome. 1883, pag. 5.

³ Fochting, Bibliotheca botanica. Band 1. 1887.

и подземныхъ клубней; поэтому образующійся въ листьяхъ крахмалъ начинаетъ отлагаться въ обыкновенныхъ воздушныхъ почкахъ, которыя превращаются въ настоящіе клубни. Если же часть такого растенія затѣнить, то образованіе клубней будетъ идти преимущественно въ затѣненной части растенія. Подобные же воздушные клубни можно получить также и на другихъ растеніяхъ, дающихъ при нормальныхъ условіяхъ клубни подземные.

При соблюденіи тѣхъ-же условій, какія примѣнялись для полученія воздушныхъ клубней, Фохтингъ¹ получилъ также подземныя корневища у *Stachys tuberifera*. Въ этомъ случаѣ въ корневища превращалась какъ боковыя вѣтви, такъ и верхушка главной оси.

¹ Fochting, Botanische Zeitung. 1889. Tafel VI.