

В. Палладинъ .

ФИЗИОЛОГІЯ РАСТЕНІЙ



58

# ФИЗИОЛОГІЯ РАСТЕНІЙ

Даръ Библиотекы отъ  
снѣд. П. к. В. Ф. Юганова  
1944. 17/1

В. И. Лалладина

ПРОФЕССОРА С.-ПЕТЕРБУРГСКАГО УНИВЕРСИТЕТА

БИБЛИОТЕКА  
СТУДЕНТОВЪ-МЕДИКОВЪ

2012

№

1548

4-Е ИЗДАНИЕ

Новороссійскаго СО 163 РИСУНКАМИ ВЪ ТЕКСТѢ

1972

1952 г.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ

ТИПОГРАФІЯ А. С. СУВОРИНА, ЭРТЕЛЕВЪ ПЕР., Д. 13



1903

ИНВЕНТАР

№ 970

58.

Рисунки дозволени цензурою 14 апрѣля 1903 г. С.-Петербургъ.

ПЕРЕОБЛІК

Келерзон

ПОСВЯЩАЕТСЯ

Клименту Аркадьевичу

ТИМИРЯЗЕВУ

La physiologie est une des sciences les plus dignes de l'attention des esprits élevés par l'importance des questions, qu'elle traite, et de toute la sympathie des hommes de progrès par l'influence, qu'elle est destinée à exercer sur le bien-être de l'humanité.

*Claude Bernard.*

## ВВЕДЕНИЕ.

Задача физиологии растений состоитъ, во-первыхъ, въ полномъ и всестороннемъ ознакомленіи со всѣми 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 физиологія находится въ зависимости отъ физики и химіи. Прогрессъ въ области физиологии въ значительной степени зависитъ отъ прогресса въ области названныхъ наукъ. Только съ конца восемнадцатаго столѣтія, послѣ работъ Лавуазье, открывшаго законъ сохраненія вещества въ природѣ и сдѣлавшаго химію точною наукой, могла сдѣлаться таковою же и физиологія. Только съ этого времени и могли появиться изслѣдованія, въ которыхъ при помощи вѣсовъ сталъ возможенъ учетъ всѣхъ веществъ, поступающихъ въ растеніе, или выдѣляемыхъ имъ. Примѣромъ первой не вполне удачной попытки примѣнить вѣсы для рѣшенія вопроса о происхожденіи вещества растеній можетъ служить извѣстный опытъ ванъ-Гельмонта (1577—1644), произведенный задолго до Лавуазье. Онъ взялъ 200 фунтовъ сухой земли, посадилъ въ нее ивовую вѣтвь, вѣсомъ въ 5 фунтовъ, и поливалъ дождевою водою. Черезъ 5 лѣтъ ивовая

вѣтвь была взвѣшена. Въ ней оказалось 164 фунта. Земля была высушена и также взвѣшена. Она потеряла въ вѣсѣ 2 унціи. 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 соединеній показали, что для приготовления этихъ соединеній никакой жизненной силы не нужно. Хотя въ настоящее время органическія и неорганическія углеродистыя вещества часто соединяютъ въ одну группу углеродистыхъ соединеній, тѣмъ не менѣе, между органическими и неорганическими углеродистыми соединеніями существуетъ одно рѣзкое отличіе, 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 прошлаго 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 изъ углекислоты сопровождается поглощеніемъ теплоты, накопленіемъ потенциальной энергіи, освобождающейся при горѣніи. При всѣхъ изслѣдованіяхъ надъ превращеніемъ веществъ въ растеніяхъ не-

обходимо выяснитъ, 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 сохраненія силъ неприменимъ, что между причиной 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 выдѣлилось 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 причиной (*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 сѣрноокислый калий съ хлористымъ баріемъ, то никакой реакціи не произойдетъ. Прибавленіе воды вызываетъ реакцію двойного разложенія: получается сѣрноокислый барій и хлористый калий. Причина реакціи — 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 физиологіи растений необходимо знаніе внутренняго строенія растений, знаніе анатоміи ихъ. Необходимо также вообще умѣть владѣть микроскопомъ: многіе важные физиологическіе вопросы рѣшены при помощи микроскопа.

При изученіи многихъ физиологическихъ явленій, напримѣръ, явленій роста и измѣненія формы растеній, недостаточно знанія строенія даннаго растенія и внѣшнихъ 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 наслѣдственностью.



# ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

## Физиологія питанія.

### ГЛАВА ПЕРВАЯ.

#### Усвоеніе углерода.

§ 1. Сущность и значеніе процесса усвоенія углерода. Самымъ важнымъ признакомъ, отличающимъ *зеленыхъ* растенія отъ животныхъ, служитъ ихъ способность готовить 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 болѣе. Отсюда слѣдуетъ, что зеленыя растенія способны готовить органическое вещество изъ неорганическихъ. Животныя подобною способностью не обладаютъ и получаютъ нужное для нихъ органическое вещество въ готовомъ видѣ отъ растеній. Поэтому вопросъ, какъ готовится органическое вещество растеніями, является важнымъ не только для ознакомленія съ жизнью растеній, но и съ болѣе обширной точки зрѣнія: весь животный міръ, а слѣдовательно и человѣкъ, зависитъ отъ растеній. 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 въ растеніяхъ сопровождается поглощеніемъ теплоты. Поэтому, приступая къ изученію физиологіи растеній, нужно, прежде всего, выяснитъ, откуда растенія получаютъ нужные для приготовленія органическаго вещества углеродъ и теплоту. Отвѣтъ даетъ ученіе объ усвоеніи углерода. Сущность этого процесса состоитъ въ томъ, что растенія на солнечномъ свѣтѣ поглощаютъ своими зелеными частями углекислоту и выдѣляютъ кислородъ. Обмѣнъ 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 горѣннн 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. **Обмѣнъ газовъ.** Первые указанія, что растенія выдѣляютъ кислородъ, принадлежатъ Пристлею (1772). Такъ какъ всѣ животныя, поглощая дефлогистированный воздухъ (такъ Пристлей назвалъ открытый имъ кислородъ), дѣлаютъ воздухъ негоднымъ для горѣнія и дыханія, то онъ желалъ найти процессъ, діаметрально противоположный, который исправлялъ бы воздухъ, 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 исправляли воздухъ, иногда нѣтъ. Выяснить причину подобной разницы въ результатахъ Пристлею не удалось. Это сдѣлалъ Ингенгузъ <sup>1)</sup>. Онъ показалъ, что исправленіе воздуха производится только зелеными частями растеній и притомъ только на

<sup>1)</sup> *Ingenhous, Versuche mit Pflanzen. 1779.*

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 исправлять воздухъ, выдѣляемый изъ металловъ при дѣйствіи на нихъ кислотъ <sup>1)</sup>. Позднѣе Сенебье <sup>2)</sup> показалъ, что поглощается только углекислота и что это есть процессъ питанія. Затѣмъ Сосюръ <sup>3)</sup> нашель, что объемы обмѣниваемыхъ 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 Бусенго <sup>4)</sup> цѣлымъ рядомъ точныхъ опытовъ снова переизслѣдовалъ всѣ затронутые вопросы. Онъ подтвердилъ, что объемы обмѣниваемыхъ газовъ равны. Опытами надъ разложеніемъ углекислоты растеніями 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, Бусенго находилъ, что свѣченія фосфора не было. Слѣдовательно, выдѣленіе кислорода въ темнотѣ сейчасъ же прекращалось.

Опыты надъ разложеніемъ углекислоты растеніями производились въ замкнутой атмосферѣ, богатой углекислотой. Является сомнѣніе, въ правѣ ли мы заключать изъ этихъ опытовъ, что и при естественныхъ условіяхъ растеніе можетъ улавливать углекислоту, которой, какъ извѣстно, въ атмосферѣ только около 0,03—0,04 процента. Для рѣшенія этого вопроса Бусенго взялъ шаръ съ помѣщеннымъ въ него растеніемъ и пропускалъ черезъ него токъ воздуха. Опредѣляя количество воздуха, вошедшаго въ шаръ, а также количество углекислоты, оставшейся въ воздухѣ, выхо-

<sup>1)</sup> *Ingenhous*, L. c. стр. 51.

<sup>2)</sup> *Senebier*, Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire etc. 1772 и др. Также *Physiologie végétale*. 1800.

<sup>3)</sup> *Saussure*, Recherches chimiques sur la végétation. 1804.

<sup>4)</sup> *Boussingault*, Agronomie, chimie agricole et physiologie.

дившемъ изъ шара, онъ нашелъ, что при благопріятныхъ условіяхъ освѣщенія растеніе успѣвало поглотить почти всю проходившую черезъ шаръ углекислоту. «До какой степени изумительною казалась современникамъ точность этого опыта (какъ и большинства изслѣдованій Бусенго), можетъ лучше всего показать анекдотъ, который я (Тимирязевъ) слышалъ отъ самого Бусенго. «Мы предприняли изслѣдованіе», рассказывалъ онъ, «вмѣстѣ съ Дюма, но такъ, что каждый производилъ взвѣшиванія, велъ журналъ опытовъ отдѣльно, не сообщая другому, для того, чтобы лучше контролировать полученные результаты. Сначала все шло хорошо; растеніе, какъ и слѣдовало ожидать, разлагало углекислоту. Вдругъ картина измѣнилась. Несмотря на ясные солнечные дни, оно закапризничало и вмѣсто того, чтобы разлагать углекислоту, стало ее выдѣлять. Съ недоумѣніемъ подводили мы въ своихъ записныхъ книжкахъ вечерніе итоги, бросая другъ на друга нѣмые, вопросительныя взгляды. Обоимъ невольно приходила на память неудача, испытанная Пристлеемъ, когда онъ хотѣлъ повторить свой знаменитый опытъ. Такъ продолжалось нѣсколько дней. Наконецъ въ одно прекрасное утро Реньо (знаменитый физикъ), внимательно за нами слѣдившій, видя наши вытянутыя фізіономіи, разразился неудержимымъ хохотомъ и покаялся намъ, что причиною нашего горя былъ онъ: каждый день, когда мы уходили завтракать, онъ подкрадывался къ прибору и немного въ него дышалъ—«для того, чтобы убѣдиться», какъ онъ выразился, «что вы не шарлатаните, а дѣйствительно можете учитывать такія малыя количества углекислоты <sup>1)</sup>!»

Сосюръ и Бусенго показали, что отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  въ общемъ равно единицѣ. Но не слѣдуетъ забывать, что зеленыя части растеній одновременно съ процессомъ усвоенія углерода продолжаютъ дышать, т. е. совершать обратный процессъ выдѣленія углекислоты и поглощенія кислорода. Хотя процессъ дыханія значительно слабѣе процесса усвоенія углерода, тѣмъ не менѣе необходимо разбить эти два процесса и посмотрѣть, каково будетъ отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  независимо отъ дыханія. Это сдѣлали Боннье и Манженъ <sup>2)</sup> и на-

<sup>1)</sup> *Тимирязевъ*, Изъ области фізіологіи растеній. Публичныя лекціи и рѣчи. Москва. 1888, стр. 245.

<sup>2)</sup> *Bonnier et Mangin*, Annales d. sciences nat. VII serie, III tome, pag. 5. 1886.

шли, что въ этомъ случаѣ отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  нѣсколько менѣ единицы. Это значитъ, что растенія выдѣляютъ не только весь кислородъ поглощенной углекислоты, но также еще небольшую часть кислорода воды, усвояемой при этомъ же процессѣ <sup>1)</sup>.

Что касается методовъ изслѣдованія, то опыты надъ разложениемъ углекислоты производятся 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 эвдиометръ концентрированный растворъ ѣдкаго кали. Ртуть въ трубкѣ повышается. Снова измѣреніе газа. Затѣмъ вводится растворъ пирогалловой кислоты. Образовавшееся пирогалловокислосое кали поглощаетъ кислородъ. Последнее измѣреніе оставшагося азота. На основаніи полученныхъ чиселъ вычисляется количество поглощенной углекислоты и выдѣленнаго кислорода <sup>2)</sup>.

При менѣ точныхъ опытахъ довольствуются методомъ счета пузырьковъ газа, выдѣляемаго на свѣтъ водными растеніями, помѣщенными въ воду, насыщенную углекислотой <sup>3)</sup>. Выдѣляющійся газъ представляетъ собою довольно чистый кислородъ (рис. 2).

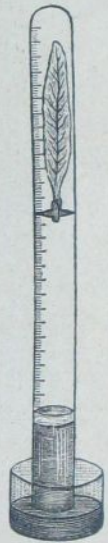


Рис. 1.  
Эвдиометръ съ листомъ.

<sup>1)</sup> Ниже мы увидимъ, что процессъ усвоенія углерода есть въ сущности процессъ усвоенія углерода, водорода и кислорода. Последніе два элемента доставляются почвенной водой.

<sup>2)</sup> Подробности по газовому анализу: *Bunsen*, Gasometrische Methoden. Zweite Auflage. 1877. *Алексеевъ*, Анализъ газовъ. Киевъ. 1887. *Winkler*, Lehrbuch der technischen Gasanalyse. 2 Auflage. 1892. *Geppert*, Die Gasanalyse und ihre physiologische Anwendung. 1885. Для физиологическихъ опытовъ особенно важенъ методъ Дойера: *Doyer*, Etudes sur la respiration. Annales de chimie et de physique. III sèrie, 28 tome, page 5. Также — *Тимирязевъ*, Объ усвоеніи свѣта растеніемъ. Спб. 1875, стр. 81—89. *Половицовъ*, Изслѣдованія надъ дыханіемъ растеній. 1902. *Blackman*, Phyl. Magazin 1894. pag. 485.

<sup>3)</sup> Этотъ методъ усовершенствованъ Колемъ. *Kohl*, Berichte bot. Gesellsch aft 1897. pag. 111.

Для обнаруживанія кислорода, выделяемаго водными растеніями, служитъ также реактивъ Шюценбергера (растворъ индигокармина или нигрозина, обезцвѣченный растворомъ гидросѣрнистаго натрія). Это желтоватая жидкость, синѣющая въ присутствіи кислорода. Если въ слабый растворъ реактива помѣстить вѣтку *Elodea* или другое растеніе, и выставить на солнечный свѣтъ, то черезъ нѣсколько минутъ вокругъ растенія появляется синее окрашиваніе <sup>1)</sup>. Кромѣ кислорода, какъ утверждаетъ Поллаччи <sup>2)</sup>, на свѣтѣ выделяются также въ небольшихъ количествахъ водородъ и углеводородъ (вѣроятно, метанъ). Эти опыты нуждаются въ подтвержденіи.

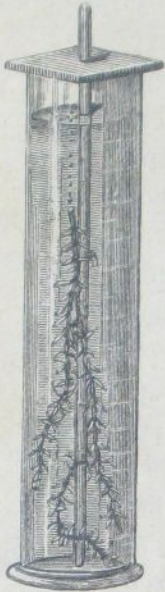


Рис. 2.

Выдѣленіе на свѣтѣ пузырьковъ кислорода вѣткой *Elodea*.

§ 3. **Хлорофиллъ.** <sup>3)</sup> 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. Онъ извлекается изъ листьевъ спиртомъ. Послѣдующія работы показали, что спиртовая вытяжка зеленыхъ листьевъ состоитъ не изъ одного пигмента, а изъ нѣсколькихъ. Для раздѣленія ихъ существуетъ нѣсколько способовъ. По способу Фреми-Тимирязева спиртовой растворъ сначала осаждается баритовою водою. Образовавшийся зеленый осадокъ собирается

на фильтрѣ и обрабатывается спиртомъ, который извлекаетъ желтые пигменты — ксантофиллъ и каротинъ. Зеленый осадокъ, промытый спиртомъ до полного удаленія ксантофилла и каротина, Тимирязевъ разлагаетъ ѣдкимъ кали <sup>4)</sup>. На полученный зеленый растворъ наливается слой эфира и затѣмъ, для нейтрализаціи ѣдкаго кали, прибавляется по каплямъ слабая уксусная кислота, при чемъ смѣсь взбал-

<sup>1)</sup> *Kny*, Berichte bot. Gesellsch. 1897, pag. 388.

<sup>2)</sup> *Pollacci*, Atti dell'Istituto Botanico dell'Università di Pavia VIII. 1900.

<sup>3)</sup> Сводъ очень обширной литературы по хлорофиллу: *Цвѣтъ*, Физико-химическое строеніе хлорофилльнаго зерна. Казань. 1901. *Kohl*, Untersuchungen über das Carotin. Leipzig. 1902.

<sup>4)</sup> *Тимирязевъ*, Спектральный анализъ хлорофилла. Петербургъ. 1871.

тывается. Пока реакція будетъ щелочною, слой ээира остается безцвѣтнымъ. Какъ только все ѣдкое кали будетъ нейтрализовано, то тотчасъ же нижній слой обезцвѣчивается, и весь пигментъ переходитъ въ ээиръ. Онъ изумрудно-зеленаго цвѣта, болѣе интенсивнаго, чѣмъ спиртовая вытяжка, и сильно флуоресцируетъ вишнево-краснымъ цвѣтомъ; желтые же пигменты флуоресценціей не обладаютъ. Тимирязеву первому удалось выдѣлить изъ хлорофилловой вытяжки чистый хлорофиллъ безъ примѣси желтыхъ пигментовъ. Но этотъ хлорофиллъ, благодаря полученію его при помощи щелочи, не есть вполне нормальный пигментъ, но уже нѣсколько измѣненный. Способъ Крауса <sup>1)</sup> основанъ на различной растворимости пигментовъ въ спиртѣ и бензинѣ. Отъ прибавленія бензина къ спиртовой зеленой вытяжкѣ получается однообразная зеленая жидкость. Послѣ прибавленія по каплѣ воды и взбалтыванія жидкости бензинъ и спиртъ образуютъ наконецъ два рѣзко разграниченныхъ слоя: верхній зеленый — бензиновый и нижній золотисто-желтый — спиртовой. Повторнымъ взбалтываніемъ бензинового слоя съ новыми количествами спирта удается очистить хлорофиллъ отъ желтыхъ пигментовъ. Для полученія хлорофилла по способу Монтеверде <sup>2)</sup> свѣжіе мелкоизмельченные листья обрабатываются 95% спиртомъ. Черезъ часъ спиртовой растворъ отфильтровывается и оставляется на воздухѣ для испаренія спирта, или же выпаривается въ атмосферѣ водорода. Выдѣлившіеся кристаллы очищаются отъ постороннихъ примѣсей и желтыхъ пигментовъ дистиллированной водой и бензиномъ. Очищенные кристаллы представляютъ собой темно-зеленый, почти черный порошокъ съ синевато-металлическимъ блескомъ. Спиртовой растворъ кристалловъ хлорофилла зеленаго цвѣта съ прекрасной красной флуоресценціей. Несмотря на легкую измѣняемость спиртового раствора на свѣтѣ, кристаллы выдерживаютъ очень продолжительное яркое освѣщеніе. Для полученія хлорофилла въ видѣ кристалловъ наиболѣе пригодны: *Dianthus barbatus*, *Lathyrus odoratus*, *Galeopsis versicolor*, *G. tetrahit*, *Acacia lophantha*, *Dahlia variabilis*.

Изъ многихъ другихъ растений хлорофиллъ получается не въ кристаллическомъ видѣ, а въ аморфномъ. Аморфный хлорофиллъ есть продуктъ измѣненія кристаллическаго: изъ растений, дающихъ

<sup>1)</sup> *Kraus*, Zur Kenntniss d. Chlorophyllfarbstoffe. 1872.

<sup>2)</sup> *Monteverde*, Acta Horti Petropolitani. XIII. № 9. 1893.

кристаллическій хлорофиллъ, можно получить только аморфный, если предварительно листья прокипятить въ водѣ.

Желтые пигменты, полученные отъ промыванія баритоваго осадка, для полнаго очищенія ихъ отъ слѣдовъ хлорофилла снова осаждаются баритовой водой и затѣмъ извлекаются спиртомъ. Для отдѣленія каротина отъ ксантофилла къ спиртовому раствору ихъ прибавляется петрольный эфиръ (или бензинъ) и нѣсколько капель воды, и смѣсь взбалтывается. Черезъ нѣсколько времени появляются два слоя, изъ которыхъ верхній, эфирный, содержитъ каротинъ, а нижній, спиртовой—ксантофиллъ. Для полнаго раздѣленія обоихъ желтыхъ пигментовъ взбалтываютъ отдѣленный нижній слой съ новымъ количествомъ петрольнаго эфира, а растворъ каротина со спиртомъ.

Слѣдовательно, на основаніи имѣющихся изслѣдованій, спиртовая вытяжка зеленыхъ листьевъ состоитъ изъ собственно хлорофилла, каротина и ксантофилла.

Шёнкъ и Мархлевскій<sup>1)</sup> для полученія чистаго хлорофилла берутъ вытяжку изъ свѣжихъ листьевъ *Ficus* 82-процентнымъ спиртомъ. Эта вытяжка взбалтывается съ равнымъ объемомъ сѣроуглерода. Сѣроуглеродный слой сливается, снова взбалтывается нѣсколько разъ со спиртомъ и наконецъ выпаривается. Осадокъ растворяется въ спиртѣ. Приготовленный такимъ образомъ, хлорофиллъ не обнаруживаетъ четвертой полосы поглощенія.

Хлорофиллъ легко разлагается отъ дѣйствія свѣта и кислотъ. Хотя для образованія хлорофилла, какъ увидимъ ниже, необходимо присутствіе желѣза, тѣмъ не менѣе, по Молишу<sup>2)</sup>, зола чистаго хлорофилла желѣза не содержитъ. Интересной особенностью хлорофилла является его способность флуоресцировать при падающемъ свѣтѣ вишнево-краснымъ цвѣтомъ.

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 фрауенгоферовыми линіями *B* и *C*

<sup>1)</sup> *Schunck und Marchlewski*, Journal für practische Chemie. 62. 1900, стр. 258.

<sup>2)</sup> *Molisch*, Die Pflanzen in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena. 1892.



и сплошное поглощение всѣхъ лучей вправо отъ линіи *b* (рис. 3, I). При средней концентраціи получаютъ еще три полосы между *C* и *D*, на *D* и немного влѣво отъ *E* (рис. 3, II); слѣдовательно — четыре полосы въ первой половинѣ спектра и сплошное поглощение всѣхъ синихъ и фіолетовыхъ лучей. Четвертая полоса получается въ нѣсколько измѣненномъ хлорофиллѣ. При соблюденіи предосторожностей получается хлорофиллъ безъ четвертой полосы. При увеличеніи концентраціи абсорбціонныя полосы дѣлаются толще, сливаются, такъ что чрезъ концентрированный растворъ хлорофилла проходятъ 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

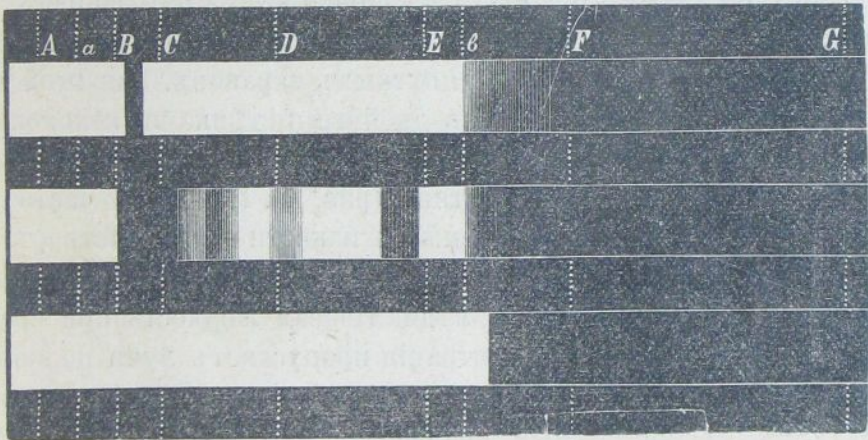


Рис. 3. I. Спектръ раствора хлорофилла слабой концентраціи.—II. Спектръ раствора хлорофилла средней концентраціи.—III. Спектръ ксантофилла.

красными. Въ спектрѣ ксантофилла замѣчается только одно сплошное поглощение всѣхъ лучей вправо отъ линіи *b* (рис. 3, III). Спектръ каротина въ общемъ тотъ же, что и спектръ ксантофилла.)

**Образованіе хлорофилла** въ растеніяхъ зависитъ отъ нѣсколькихъ условій. Одно изъ нихъ — это свѣтъ. У выросших въ темнотѣ растеній листья всегда желтаго цвѣта. Такія растенія называются этиолированными. Будучи выставлены на свѣтъ, они скоро зеленѣютъ. Исключеніе представляютъ только ростки нѣкоторыхъ хвойныхъ, молодыя вай папоротниковъ, а также многія одноклѣточные водоросли<sup>1)</sup>, зеленѣющія въ темнотѣ. Для зеленѣнія наи-

<sup>1)</sup> *Artari*, Bull. der Natur. de Moscou, 1899. № 1. Berichte botan. Gesellsch. 1901. XIX.

болѣе благоприятенъ свѣтъ средней напряженности. Въ опытахъ (Фаминцына <sup>1)</sup>) часть этиолированныхъ растений выставилась на прямой солнечный свѣтъ; другая часть, выставленная также на солнечный свѣтъ, затѣнялась вертикально повѣшенными листьями бумаги. Зеленѣть начинали постоянно ранѣе вторыя, затѣненные растенія. Визнеръ объясняетъ это явленіе тѣмъ, что одновременно съ зеленѣніемъ идетъ противоположный процессъ 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 результатѣ—болѣе слабое зеленѣніе, чѣмъ на разсѣянномъ свѣтѣ. Для зеленѣнія достаточно очень слабого свѣта. Различные лучи спектра не одинаково вліяютъ на образованіе хлорофилла. Болѣе обстоятельныя изслѣдованія по этому вопросу принадлежатъ Визнеру <sup>2)</sup>. Для изолированія отдѣльныхъ частей спектра онъ пользовался методомъ цвѣтныхъ экрановъ. Для этой цѣли берутся стеклянные колокола съ двойными стѣнками (колокола Сенебе, неправильно называемые Саксовыми), наполненные цвѣтными

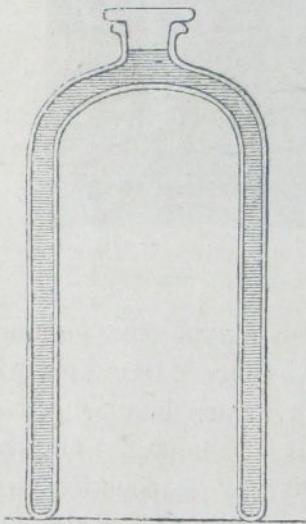


Рис. 4.

Двойной колоколь, наполненный цвѣтной жидкостью.

жидкостями (рис. 4). Наиболѣе часто употребляемыя жидкости—это растворъ двухромокислаго калия и амміачный растворъ окиси мѣди. Первая жидкость при средней концентраціи пропускаетъ лучи первой менѣе преломляемой части спектра, т. е. красные, оранжевые, желтые и часть зеленыхъ. Вторая жидкость пропускаетъ лучи остальной половины спектра, т. е. вторую половину зеленыхъ, голубые, синіе и фіолетовые. 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

<sup>1)</sup> Фаминцынъ, Мѣл. biolog. de l'Аkad. d. St.-Pétersbourg. Tome 6, pag. 94. 1886.

<sup>2)</sup> Wiesner, Sitzungsab. d. Wien. Akad. B. 69. Abth. 1, p. 327, 1874.—Entstehung d. Chlorophylls. Wien. 1877.

съ образованіемъ хлорофилла, которое идетъ лучше въ лучахъ первой половины спектра. На сильномъ свѣтѣ одновременно съ образованіемъ идетъ и значительное разрушеніе хлорофилла. Последній процессъ, какъ показали опыты надъ разрушеніемъ спиртового раствора хлорофилла подъ цвѣтными колпаками, происходитъ лучше въ первой половинѣ спектра. Слѣдовательно, на яркомъ свѣтѣ въ этой части спектра потому накапливается 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 линиями *A* и *B*. Въ этихъ лучахъ также нѣтъ зеленѣнія. Ультрафіолетовые лучи вызываютъ очень слабое зеленѣніе.

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

при 2—4° С.	. . . . .	нѣтъ зеленѣнія
4—5° »	зеленѣніе чрезъ 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.

Въ зависимости отъ свѣта и температуры воздуха находится осенняя окраска листьевъ. Осенніе лучи солнца разрушаютъ хлорофиллъ, низкая же температура препятствуетъ его новообразованію. Изъ различныхъ хвойныхъ особенно пригодна для наблюдений, по словамъ Баталына <sup>1)</sup>, *Chamaecyparis obtusa*. Вѣтви, освѣ-

<sup>1)</sup> Баталынг, Botanische Zeitung, 1874, pag. 433.

щаемыя солнцемъ, имѣють золотисто-желтый цвѣтъ, тогда какъ затѣненные вѣтви остаются зелеными. Иногда удается наблюдать различную окраску въ смежныхъ клѣткахъ на границѣ затѣненной и освѣщенной части вѣтви.

Третье необходимое условіе для образованія хлорофилла — это присутствіе желѣза <sup>1)</sup>. Безъ желѣза вырастають блѣдно желтыя растенія, называемыя хлоротическими. Самая же болѣзнь называется хлорозисомъ.

Для зеленѣнія необходимо также кислородъ. На свѣтѣ въ атмосферѣ, лишенной кислорода, этиолированные листья продолжают оставаться желтыми. Листья остаются желтыми даже при маломъ количествѣ получаемого кислорода. Зеленѣніе указываетъ на избытокъ кислорода.

Вилль <sup>2)</sup> доказаль, что недостатокъ въ почвѣ необходимыхъ зольныхъ элементовъ отражается уменьшеніемъ хлорофилла и каротина въ листьяхъ. На приложенной къ его работѣ раскрашенной таблицѣ видно, что особенно уменьшается количество упомянутыхъ пигментовъ при недостаткѣ азота. Лезажъ, а также Шимперъ <sup>3)</sup> показали затѣмъ, что уменьшеніе хлорофилла вызывается также и избыткомъ минеральныхъ веществъ. Это явленіе наблюдается не только у галофитовъ (солончаковыхъ растеній), но можетъ быть вызвано и у обыкновенныхъ растеній при поливкѣ ихъ соляными растворами.

Наконецъ, Палладинъ <sup>4)</sup> указаль на необходимость углеводовъ для образованія хлорофилла. Какъ увидимъ ниже, этиолированные листья различныхъ растеній по содержанію въ нихъ углеводовъ распадаются на двѣ группы. Этиолированные листья однихъ растеній, какъ, на примѣръ, пшеницы, содержатъ значительное количество растворимыхъ углеводовъ. Листья же другихъ этиолированныхъ растеній (бобовъ, лупиновъ) не содержатъ ихъ почти ни слѣда. Если отрѣзанные этиолированные листья положить на поверхность воды и выставить на свѣтъ, то листья пшеницы позеленѣють, листья же бобовъ почти всѣ (а листья лупиновъ всѣ) останутся

<sup>1)</sup> *E. Gris*, Comptes rendus. XIX. 1844, pag. 1110.

<sup>2)</sup> *Wille*, Comptes rendus. CIX. 1889, pag. 397. *Вилль*, Анализъ почвъ растеніями. Петербургъ. 1890.

<sup>3)</sup> *Schimper*, Indo-Malaise Strandflora. Jena. 1891, pag. 9.

<sup>4)</sup> *Палладинъ*, Berichte botan. Gesellschaft. 1891, pag. 229. Труды Харьковскаго общества испытателей природы. XXVI. Стр. 67.

желтыми. Если же эти листья положить не на воду, а на растворъ сахарозы или глюкозы, то они также всё позеленѣютъ. Позеленѣніе листьевъ при выставленіи на свѣтъ цѣлыхъ этиолированныхъ бобовъ объясняется тѣмъ, что въ этомъ случаѣ сахаръ притекаетъ въ листья изъ стеблей. Кромѣ сахарозы и глюкозы, матеріаломъ для образованія хлорофилла могутъ служить также раффиноза, фруктоза, мальтоза, глицеринъ и нѣкоторыя другія вещества<sup>1)</sup>. Концентрація раствора изслѣдуемаго вещества имѣетъ очень важное значеніе для образованія хлорофилла<sup>2)</sup>. Напримѣръ, на растворахъ сахарозы слабой или средней концентраціи происходитъ скорое образованіе хлорофилла. Если же во время предварительной культуры въ темнотѣ концентрацію сахарозы довести до 35<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и только тогда уже выставить на свѣтъ, то этиолированные листья въ теченіе цѣлаго ряда дней будутъ оставаться желтыми и не позеленѣютъ. Зеленѣніе наступаетъ только послѣ перенесенія на растворъ въ 5—10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Причина отсутствія зеленѣнія на крѣпкихъ растворахъ лежитъ въ томъ, что процессъ образованія хлорофилла— процессъ окислительный, крѣпкіе же растворы сильно понижаютъ энергію дыханія. Этиолированные листья на крѣпкихъ растворахъ такъ мало получаютъ кислорода, что онъ весь расходуется на потребности болѣе существенныя, чѣмъ образованіе хлорофилла.

Для рѣшенія вопроса о значеніи различныхъ веществъ для образованія хлорофилла особенно пригодны одноклѣточные зеленые водоросли. Ихъ чистыя культуры получаютъ на свѣтѣ очень разнообразную окраску (отъ слабой зеленовато-желтой до интенсивной темно-зеленой) въ зависимости отъ состава питательныхъ веществъ<sup>3)</sup>.

Химическая природа хлорофилла выяснилась, благодаря изслѣдованіямъ Шёнка и Мархлевскаго. При дѣйствіи соляной кислоты на спиртовой растворъ хлорофилла послѣдній измѣняетъ свой составъ, превращаясь сначала въ хлорофилланъ, затѣмъ въ филлоксантинъ и наконецъ въ филлоціанинъ.

Для полученія филлоціанина черезъ спиртовую вытяжку изъ зеленыхъ листьевъ пропускается токъ хлороводорода. При этомъ осаждается почти черная масса. Эготъ осадокъ отфильтровывается,

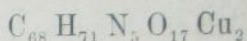
<sup>1)</sup> Палладинъ, Revue générale de botanique. 1897, pag. 385.

<sup>2)</sup> Палладинъ, Berichte d. deutsch. botan. Ges. 1902, pag. 224.

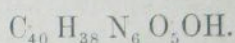
<sup>3)</sup> Артапу, Berichte d. deutschen botan. Gesellschaft, 1902, pag. 201. Matruchot et Molliard, Revue générale de botanique. 1902, pag. 113.

промывается спиртомъ и растворяется въ эфирѣ. Фильтратъ разбавляется равнымъ объемомъ крѣпкой соляной кислоты и взбалтывается. Кислота замѣняется новой, пока не будетъ оставаться послѣ взбалтыванія почти безцвѣтной. Собранный солянокислый растворъ оставляется нѣкоторое время въ открытыхъ сосудахъ для удаленія ээира, а затѣмъ осаждается избытокъ воды. Образовавшійся сине-черный осадокъ промывается водой и растворяется въ кипящей крѣпкой уксусной кислотѣ. Черезъ нѣкоторое время осаждаются кристаллы филлоціанина, которые очищаются перекристаллизованиемъ изъ крѣпкой уксусной кислоты.

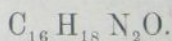
Уксусномѣдная двойная соль филлоціанина имѣетъ слѣдующій составъ <sup>1)</sup>:



При обработкѣ филлоціанина щелочами или крѣпкими кислотами получается новое вещество—*филлотаонинъ*, имѣющій слѣдующій составъ:



Полученный филлотаонинъ обрабатывался въ запаянной трубкѣ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ при температурѣ 190° спиртовымъ растворомъ ѣдкаго кали. Затѣмъ содержимое трубки разбавлялось водой, подкислялось соляной кислотой и взбалтывалось съ ээиромъ. Ээирный слой, окрашенный въ красивый пурпурово-красный цвѣтъ, выпаривался. Оставшаяся масса обрабатывалась кипящимъ спиртомъ, фильтратъ разбавлялся уксусноцинковой солью и давалъ при стояннн кристаллическій осадокъ, который освобождался отъ цинка и перекристаллизовывался. Полученное вещество, названное *филлопорфириномъ* <sup>2)</sup>, имѣетъ слѣдующій составъ:



Филлопорфиринъ кристаллизуется въ видѣ красивыхъ темно-красно-фіолетовыхъ кристалловъ, трудно растворимъ въ спиртѣ и ээирѣ, легче въ хлороформѣ. Ээирный растворъ филлопорфирина даетъ спектръ (рис. 5), состоящій изъ семи полосъ. Первая полоса лежитъ уже внѣ красной части спектра—между фрауенгоферовыми линіями *C* и *D*—и очень рѣзко выражена. Отъ спектра въ ээирномъ растворѣ

<sup>1)</sup> *Schunck und Marchlewski*, Liebig's Annalen d. Chemie. 278, 1894, pag. 329.

<sup>2)</sup> *Schunck und Marchlewski*, Liebig's Annalen d. Chemie. 284, 1895, pag. 81.

сильно отличаются, какъ видно на рисункѣ, спектры растворовъ въ сѣрной и соляной кислотѣ, а также спектръ цинковой соли.

Филлопорфиринъ является тѣломъ очень интереснымъ еще въ томъ отношеніи, что онъ очень близокъ къ гематопорфиру, полученному Ненцкимъ и Зиберъ изъ гемоглобина крови. Формула гематопорфирина слѣдующая:  $C_{16}H_{18}N_2O_3$ . Слѣдовательно, гематопорфиринъ отличается по своему составу отъ филлопорфирина только двумя лишними атомами кислорода. Полученіе гематопорфирина совершенно аналогично полученію филлопорфирина. При дѣйствіи кислотъ на гемоглобинъ получаютъ геминны состава:  $C_{32}H_{31}O_3N_4Fe$ , при омыленіи которыхъ получается гематинъ,  $C_{32}H_{31}O_{13}N_4$ , аналогичный филлотаонину. Затѣмъ изъ гематина получается гематопорфиринъ, изъ филлотаонина — филлопорфиринъ.

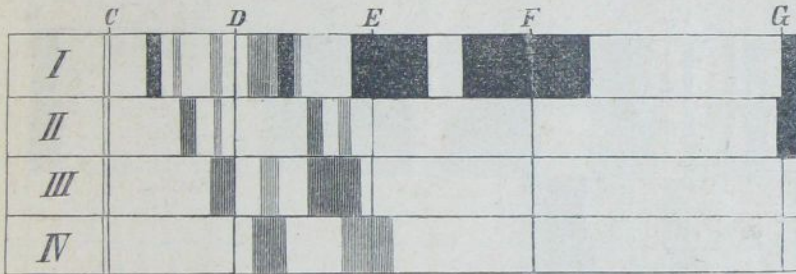


Рис. 5. Спектръ филлопорфирина. I—въ эфирѣ, II—въ сѣрной кислотѣ, III—въ соляной кислотѣ, IV—въ видѣ цинковой соли.

Спектры филлопорфирина и гематопорфирина <sup>1)</sup> въ различныхъ растворахъ почти тождественны, только спектры гематопорфирина немного сдвинуты въ сторону красной части спектра (рис. 6).

Какъ гематопорфиринъ, такъ и филлопорфиринъ при нагрѣваніи въ пробиркѣ даютъ пары, окрашивающіе въ красный цвѣтъ сосновые опилки, смоченные соляной кислотой и пахнущіе пирроломъ <sup>2)</sup> ( $C_4H_5N$ ). Слѣдовательно, хлорофиллъ, этотъ величайшій синтетикъ, находится въ тѣсномъ родствѣ съ величайшимъ аналитикомъ — гемоглобиномъ. Оба въ своемъ составѣ имѣютъ одно и то же ядро — пирролъ. Интересъ увеличивается еще тѣмъ, что пигментъ желчи — билирубинъ — имѣетъ ту же формулу, что и гематопорфиринъ ( $C_{16}H_{18}N_2O_3$ ), и то же происхождение.

<sup>1)</sup> Schunck und Marchlewski, Liebig's Annalen d. Chemie 290, 1896, pag. 306.

<sup>2)</sup> Schunck und Marchlewski, Liebig's Annalen der Chemie. 288, 1895, pag. 209.

Дальнѣйшія изслѣдованія еще болѣе подтвердили тѣсную генетическую связь хлорофилла съ гемоглобиномъ. Такъ, Ненцкому и Залѣсскому <sup>1)</sup> удалось получить изъ гемина мезопорфиринъ, состава  $C_{16}H_{18}N_2O_2$ , занимающій по количеству кислорода среднее мѣсто между гематопорфириномъ и филлопорфириномъ. Наконецъ, при дальнѣйшемъ распадѣ гемина они получили летучее масло, *гемопирроль* (*hämopyrrol*), состава  $C_8H_{13}N$ . На воздухѣ гемопирроль окрашивается въ красный цвѣтъ и превращается въ *уробилинъ*, совершенно тождественный съ уробилиномъ, получаемымъ изъ билирубина. Затѣмъ Ненцкому и Мархлевскому <sup>2)</sup> удалось получить гемопирроль и уробилинъ изъ филлопорфирина и тѣмъ окончательно доказать тождественность происхожденія хлорофилла и гемоглобина. Исходнымъ пунктомъ для получения гемопиррола служила

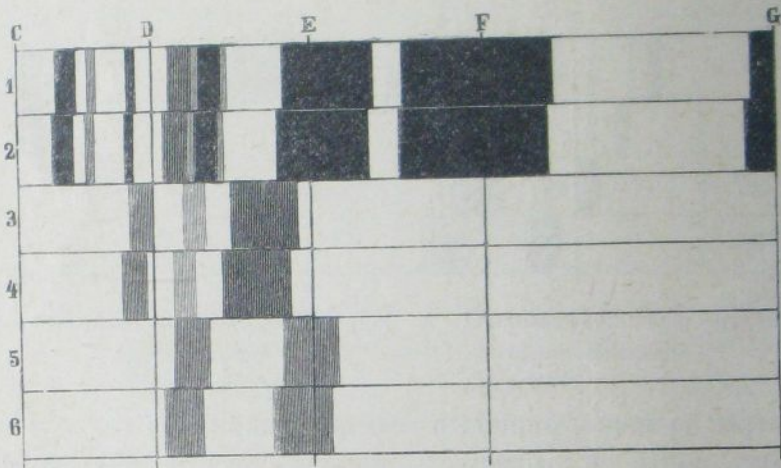


Рис. 6. Спектры филлопорфирина и гематопорфирина. 1 — филлопорфиринъ въ эфирѣ, 2 — гематопорфиринъ въ эфирѣ, 3 — филлопорфиринъ въ соляной кислотѣ, 4 — гематопорфиринъ въ соляной кислотѣ, 5 — цинковая соль филлопорфирина, 6 — цинковая соль гематопорфирина.

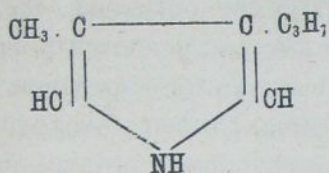
уксусномѣдная соль филлоцианина, которая нагрѣвалась на водяной банѣ съ іодоводородной и крѣпкой уксусной кислотами. Затѣмъ прибавлялся іодистый фосфоній, растворъ былъ разбавленъ водой и отфильтрованъ. Фильтратъ былъ разбавленъ въ избыткѣ ѣдкимъ кали и подвергнутъ перегонкѣ. Продуктомъ перегонки оказался гемопирроль, превращавшійся въ уробилинъ. По мнѣнію Ненцкаго,

<sup>1)</sup> *Nencki und Zaleski*, Berichte chemisch. Gesellschaft. 1901. I, pag. 997.

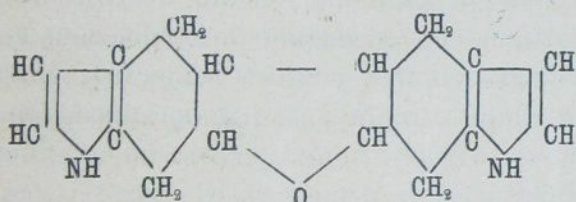
<sup>2)</sup> *Nencki und Marchlewski*, Berichte chemisch. Gesellschaft. 1901. II, pag. 1687.



гемопирроль можетъ быть или бутилпирроломъ или метилпропилпирроломъ. Если гемопирроль — метилпропилпирроль, то формула его будетъ слѣдующая:

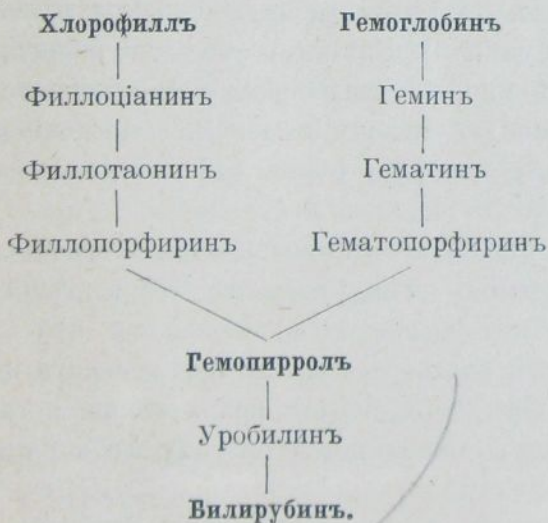


Если же примемъ, что гемопирроль есть изобутилпирроль, то тогда формула филлопорфирина,  $\text{C}_{16} \text{H}_{18} \text{N}_2 \text{O}$ , приметъ такой видъ:



Итакъ гемопирроль—это то ядро, изъ котораго построены какъ хлорофилль, такъ и гемоглобинъ, а также пигменты желчи.

Генетическая связь этихъ трехъ группъ представляется въ слѣдующемъ видѣ:



Такіе результаты имѣютъ большое значеніе въ биологической химіи, такъ какъ они проливаютъ свѣтъ на отдаленнѣйшіе моменты въ исторіи развитія организованнаго міра и указываютъ на общность происхожденія животнаго и растительнаго царства. Теорія

Дарвина о происхожденіи видовъ основывается на измѣняемости формъ въ зависимости отъ различныхъ условій жизни при борьбѣ за существованіе. Но разнообразіе организмовъ выражается не только въ формѣ и строеніи органовъ, но и въ химическомъ составѣ соединеній, изъ которыхъ состоятъ живыя кѣтки. Отъ природы этихъ соединеній зависитъ характеръ обмѣна вещества, а въ зависимости отъ этого послѣдняго находится видъ кѣтокъ и ихъ дифференцировка въ отдѣльные органы. Другими словами, видъ комплексовъ кѣтокъ, составляющихъ отдѣльные органы, опредѣляется обмѣномъ веществъ, который выработали отдѣльные органы, сообразно тѣмъ или инымъ внѣшнимъ условіямъ въ борьбѣ за существованіе. Съ перемѣной условій существованія измѣняется не только форма, но одновременно и химическій составъ кѣтокъ, а также производимый ими обмѣнъ веществъ. Поэтому для болѣе глубокаго пониманія исторіи развитія организованнаго міра необходимо сравненіе не однихъ лишь формъ, но и химическаго состава кѣтокъ, а также обмѣна веществъ. Съ этой точки зрѣнія работа Шенка и Мархлевскаго, сближающая красящія вещества листьевъ и крови, вещества со столь различной функціей, имѣетъ выдающійся научный интерес <sup>1)</sup>.

По мнѣнію Ненцкаго, какъ хлорофиллъ, такъ и гемоглобинъ образуются, какъ продукты распада бѣлковыхъ веществъ, изъ ихъ хромогенной группы <sup>2)</sup>. Извѣстно, что при расщепленіи бѣлка сокомъ поджелудочной желѣзы образуется особое вещество, дающее съ бромомъ красную окраску и названное протеинхромогеномъ, процентный составъ котораго очень близокъ гематопорфиру и меланинамъ.

Изъ другихъ продуктовъ превращенія хлорофилла заслуживаетъ вниманія полученное Тимирязевымъ <sup>3)</sup> при дѣйствіи водорода *in statu nascendi* интересное тѣло, названное имъ *протофиллиномъ*. Это вещество въ растворѣ желтаго или краснаго цвѣта, въ зависимости отъ концентраціи, въ высшей степени легко окисляется и даетъ хлорофиллъ. Сохраняется поэтому въ запаянныхъ трубкахъ,

<sup>1)</sup> Ненцкій, Архивъ біологическихъ наукъ Института Экспериментальной Медицины. V. 1896—1897, стр. 305.

<sup>2)</sup> Ненцкій, Архивъ біологическихъ наукъ Института Экспериментальной Медицины. V. 1896—1897, стр. 304. *Berichte d. chemischen Gesellschaft.* 1896. III, pag. 2877.

<sup>3)</sup> Тимирязевъ, *Comptes rendus.* СІІ. 1886, pag. 686.

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 зеленѣетъ и даетъ хлорофиллъ. Нужно предполагать, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ разложениемъ углекислоты, на счетъ кислорода которой и происходитъ зеленѣніе протофиллина. Въ спектрѣ поглощенія протофиллина характерны линіи въ оранжевой и зеленой частяхъ спектра, соотвѣтствующія II и IV линіямъ хлорофилла.

Въ слѣдующей работѣ <sup>1)</sup> Тимирязевъ показалъ, что въ спиртовыхъ экстрактахъ изъ этиолированныхъ листьевъ, выросшихъ въ абсолютной темнотѣ, всегда можно обнаружить при помощи спектроскопа линіи, характерныя для протофиллина. Отсюда онъ и вывелъ заключеніе, что протофиллинъ находится въ этиолированныхъ листьяхъ и, окисляясь на свѣтѣ, даетъ хлорофиллъ. Выдѣлить же это вещество изъ этиолированныхъ листьевъ и подробнѣе изучить его удалось уже Монтеверде <sup>2)</sup>. Кромѣ линій II и IV, замѣченныхъ Тимирязевымъ, это вещество уже въ слабыхъ растворахъ поглощаетъ крайніе красные лучи до фрауенгоферовой линіи *B*, которые хлорофиллъ совсѣмъ не поглощаетъ. Напротивъ, даже при очень значительной концентраціи раствора пропускаетъ красные лучи, лежащіе между фрауенгоферовыми линіями *B* и *C*, т. е. лучи, наиболѣе энергично поглощаемые хлорофилломъ. Въ виду того, что полученный Тимирязевымъ искусственнымъ путемъ протофиллинъ легко окисляется на воздухѣ, превращаясь въ хлорофиллъ, спиртовые же растворы вещества, выдѣленнаго изъ этиолированныхъ листьевъ, на воздухѣ не зеленѣютъ, даже на свѣтѣ, Монтеверде считаетъ его новымъ тѣломъ и называетъ *протохлорофилломъ*. Тимирязевъ, напротивъ, считаетъ различную окисляемость протофиллина, полученнаго искусственнымъ путемъ и выдѣленнаго изъ растений, несущественнымъ признакомъ и признаетъ, что въ обоихъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло съ однимъ и тѣмъ же веществомъ <sup>3)</sup>. Въ послѣднемъ сообщеніи Монтеверде утверждаетъ, что протохлорофиллъ <sup>4)</sup> есть пигментъ не желтаго, но, подобно хлорофиллу, ин-

<sup>1)</sup> Тимирязевъ, Comptes rendus CIX, p. 414. 1889.

<sup>2)</sup> Монтеверде, Acta Horti Petropolitani. XIII, № 11. 1894.

<sup>3)</sup> Тимирязевъ, Comptes rendus, CXX, p. 469. 1895.

<sup>4)</sup> Монтеверде, Біологическая лабораторія С.-Петербур. ботан. сада. 1902.

тенсивно зеленого цвѣта съ красной флуоресценціей; оба пигмента можно, однако, легко отличить другъ отъ друга по ихъ спектру поглощенія: у протохлорофилла I полоса, столь характерная для хлорофилла, отсутствуетъ, а II полоса лежитъ немного лѣвѣе соответствующей полосы хлорофилла. Такимъ образомъ, переходъ протохлорофилла въ хлорофиллъ есть превращеніе одного зеленого пигмента въ другой. Листья этиолозированныхъ растений содержатъ нѣкоторое количество протохлорофилла, образовавшагося въ нихъ въ абсолютной темнотѣ. При перенесеніи этихъ растений на свѣтъ протохлорофиллъ мгновенно начинаетъ переходить въ хлорофиллъ, а взамѣнъ исчезающаго протохлорофилла постоянно образуется новое количество его, которое, въ свою очередь, претерпѣваетъ ту же участь. Итакъ, работами Тимирязева и Монтеверде установленъ важный фактъ, что въ этиолозированныхъ листьяхъ, кромѣ ксантофилла и небольшого количества каротина, находится еще новое вещество, которое даетъ хлорофиллъ.

Таковы главные результаты изслѣдованій надъ хлорофилломъ. Участіе хлорофилла въ химическихъ процессахъ, происходящихъ при разложеніи углекислоты и образованіи первыхъ продуктовъ ассимиляціи, неизвѣстно. Физическая же функція хлорофилла понятна. Онъ служитъ сенсibiliзаторомъ или переносителемъ. Поглощая солнечный свѣтъ, онъ переноситъ его дѣйствіе на процессъ 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.

Кромѣ обыкновеннаго хлорофилла, Шёнкъ и Мархлевскій <sup>1)</sup> нашли въ листьяхъ второй зеленый пигментъ. Онъ встрѣчается въ очень небольшихъ количествахъ. Въ спектрѣ его обнаруживается также полоса поглощенія между *B* и *C*, но только сдвинутая нѣсколько въ сторону фіолетовой части спектра. Второй и третьей линіей поглощенія, свойственныхъ обыкновенному хлорофиллу, нѣтъ ни слѣда.

§ 4. **Пигменты, сопровождающіе хлорофиллъ.** Изъ всѣхъ пигментовъ, сопровождающихъ хлорофиллъ, особеннаго вниманія заслуживаетъ *каротинъ*. Еще Бородинъ <sup>2)</sup>, выкристаллизовывая

<sup>1)</sup> *Schunck und Marchlewski*, Journal für practische Chemie 62. 1900, pag. 252.

<sup>2)</sup> *Бородинъ*, Bulletin de l'Acad. de S.-Petersbourg. XXVIII. 1883, pag. 328.

спиртовую вытяжку листьевъ подъ микроскопомъ, показалъ постоянное присутствіе въ нихъ каротина, который онъ называлъ эритрофилломъ, но только благодаря изслѣдованіямъ Арно <sup>1)</sup> известна химическая природа каротина и нѣкоторыя условія образованія въ листьяхъ.

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. Изслѣдованія надъ содержаніемъ каротина въ теченіе лѣта въ листьяхъ крапивы и конского каштана (*Aesculus Hippocastanum*) показали, что наибольшее количество его у обоихъ растений совпадаетъ съ періодомъ цвѣтенія.

Образованіе каротина находится также въ зависимости отъ свѣта:

въ зеленыхъ листьяхъ фасоли	.	178,8	mgr.	каротина.
» этиолированн.	»	34,0	»	»

Изслѣдованія Коля <sup>2)</sup> показали, что каротинъ очень распространенъ. Онъ встрѣчается не только въ зеленыхъ частяхъ растений, но также въ цвѣтахъ, плодахъ, сѣменахъ, подземныхъ органахъ, а также въ грибахъ. Для обнаруживанія каротина въ клѣткахъ подъ микроскопомъ разрѣзы обрабатываются 40% спиртомъ, къ которому прибавлено 20% ѣдкаго калия, и оставляются, пока весь хлорофиллъ не будетъ извлеченъ. Постепенно происходитъ выкристаллизовываніе каротина, часто въ довольно крупныхъ кристаллахъ.

Функция каротина еще не выяснена. Прежде всего нужно имѣть въ виду его сильную способность поглощать кислородъ, что несомнѣнно имѣетъ важное значеніе для процесса усвоенія углерода, процесса, сопровождающагося отнятіемъ кислорода отъ окисленныхъ

<sup>1)</sup> *Arnaud*, Comptes rendus. C. 1885, pag. 751. СП, 1886, pag. 1119, 1319. СІХ, 1889, pag. 911.

<sup>2)</sup> *Kohl*, Untersuchungen über das Carotin und seine physiologische Bedeutung. Leipzig. 1902.

соединений. Коль утверждаетъ, что каротинъ въ отсутствіи хлорофилла можетъ разлагать на свѣтѣ углекислоту, но это нуждается въ подтвержденіи.

*Ксантофиллъ* (вѣроятно, ихъ два) изслѣдованъ крайне недостаточно.

*Фикоэритринъ* <sup>1)</sup> находится въ красныхъ водоросляхъ. Это бѣлковое тѣло, легко растворимое въ водѣ, нерастворимое въ спиртѣ, эфирѣ, сѣроуглеродѣ. Растворъ темнаго синевато-краснаго цвѣта флуоресцируетъ оранжево-желтымъ цвѣтомъ. Изъ соляныхъ растворовъ кристаллизуется въ видѣ гексагональныхъ кристаллоидовъ краснаго цвѣта.

*Фикоціанъ* <sup>2)</sup> находится въ синезеленыхъ водоросляхъ. Также бѣлковое тѣло, кристаллизующееся въ видѣ индигово-синихъ кристаллоидовъ. Фикоціанъ растворимъ въ водѣ, глицеринѣ, нерастворимъ въ спиртѣ и эфирѣ.

*Фикофеинъ* <sup>3)</sup> находится въ бурыхъ водоросляхъ, легко растворимъ въ водѣ. Крѣпкій растворъ интенсивнаго краснобураго цвѣта.

*Діатоминъ* находится въ діатомеяхъ.

*Перидининъ* и *фикопирринъ* находятся у перидиней.

Энгельманъ <sup>4)</sup> изслѣдовалъ у цѣлаго ряда пестролистныхъ растений ихъ спектры поглощенія. Шталь <sup>5)</sup> изслѣдовалъ біологическое значеніе окраски пестролистныхъ растений.

§ 5. **Вліяніе свѣта на разложеніе углекислоты растеніями.** Для изученія относящихся сюда изслѣдованій необходимо предварительное знакомство со свойствами отдѣльныхъ лучей солнечнаго спектра (рис. 7). Только средняя часть спектра, лежащая между фрауенгоферовыми 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 наиболѣе свѣтлые—желтые лучи. Кривая свѣтового напряженія различныхъ лучей спектра имѣетъ максимумъ около фрауенгоферовой линіи *D* и затѣмъ спускается къ *A* и *H*. Въ сущности, свѣтовая кривая выражаетъ не свойства отдѣльныхъ лучей спектра, а свойства человѣческаго глаза. Макси-

<sup>1)</sup> *Molisch*, Botanische Zeitung. 1894, pag. 175.

<sup>2)</sup> *Molisch*, Botanische Zeitung. 1895, pag. 131.

<sup>3)</sup> *Schütt*, Berichte botan. Gesellsch. 1887, pag. 259.

<sup>4)</sup> *Engelmann*, Botanische Zeitung. 1887, pag. 393.

<sup>5)</sup> *Stahl*, Annales du jardin botanique de Buitenzorg. XIII. 1896, pag. 137.

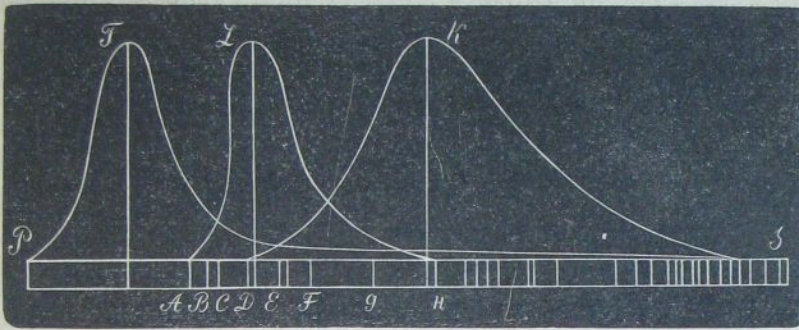


Рис. 7. Солнечный (призматический) спектръ.  $PA$  ультракрасные лучи,  $AH$  видимые лучи,  $HS$  ультрафиолетовые лучи,  $PTS$  кривая тепловой энергии,  $ALH$  кривая свѣтового напряженія,  $DKS$  кривая дѣйствія на серебряныя соли.

мумъ тепловой энергии въ призматическомъ спектрѣ лежитъ въ ультракрасныхъ лучахъ. Исслѣдованія послѣдняго времени надъ распредѣленіемъ тепловой энергии въ нормальномъ (диффракціонномъ) спектрѣ показали, что максимумъ лежитъ между фраунгоферовыми линіями  $B$  и  $C$ <sup>1)</sup>. Наконецъ, выдѣляютъ еще такъ называемые «химическіе» лучи съ максимумомъ въ фіолетовой части спектра. Но эти лучи названы химическими только на основаніи исслѣдованій 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. Всевозможныя другія вещества разлагаются въ тѣхъ лучахъ спектра, какіе каждымъ изъ данныхъ тѣлъ поглощаются. Специальныхъ химическихъ лучей нѣтъ. Такъ, хлорофиллъ, поглощающій преимущественно лучи между  $B$  и  $C$ , въ этихъ же лучахъ скорѣе всего и разлагается. Таковы главныя 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. Первыя работы, посвя-

<sup>1)</sup> Langley, Comptes rendus. XCV. 1882, pag. 482. Phil. Mag. Январь 1889.

ценныя качественной сторонѣ вопроса, принадлежать Добени (1836) и Дреперу (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. Саксъ <sup>1)</sup> въ своихъ изслѣдованіяхъ при помощи раствора дихромоксида калия 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 получается незначительное разложеніе углекислоты. Слѣдовательно, для химическаго процесса разложенія углекислоты растеніями нужны не такъ называемые «химическіе» лучи, а главнымъ образомъ лучи первой половины спектра. Количество выдѣлявшагося кислорода Саксъ опредѣлялъ путемъ счета пузырьковъ газа (рис. 2).

Послѣ того какъ Саксомъ и еще ранѣе его другими изслѣдователями было доказано, что разложеніе углекислоты вызывается преимущественно лучами первой половины спектра, оставалось еще выяснитъ, въ какихъ лучахъ этой половины разложеніе идетъ наиболѣе энергично. Изъ всѣхъ относящихся сюда изслѣдованій самыя точныя принадлежать Тимирязеву <sup>2)</sup>. Онъ производилъ свои опыты прямо въ спектрѣ. При помощи гелиостата солнечный свѣтъ пропускался въ темную комнату и разлагался призмой съ сѣрнистымъ 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. 8). Кривая *abcde*, соединяющая концы ординатъ, возставленныхъ изъ пяти мѣстъ спектра, гдѣ находились трубочки съ листьями, выражаетъ разложеніе углекислоты листьями въ солнечномъ спектрѣ. Максимумъ лежитъ въ красныхъ лучахъ между *B* и *C*, т. е. въ тѣхъ лучахъ, которые

<sup>1)</sup> *Sachs*, Bot. Zeitung. 1864.

<sup>2)</sup> *Тимирязевъ*, Объ усвоеніи свѣта растеніемъ. Петербургъ. 1875.



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<sup>1)</sup> и Рейнке (1884).

Энгельманъ предложилъ оригинальный методъ бактерій. Извѣстно, что многія бактеріи движутся только въ присутствіи кислорода. При отсутствіи же кислорода колебательныя движенія прекращаются. Если помѣстить на предметное стекло каплю изъ культуры такихъ бактерій, положить въ нее какую-либо нитчатую водоросль и, прикрывши покровнымъ стекломъ, помѣстить въ темноту, то движеніе бактерій черезъ нѣкоторое время прекратится вслѣдствіе недостаточнаго притока кислорода. Если затѣмъ на водоросль подъ микроскопъ проложить солнечный спектръ, то движеніе

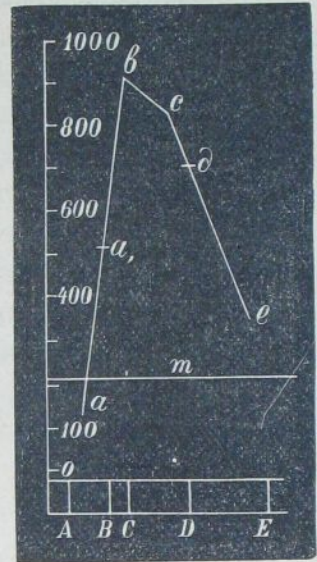


Рис. 8. Разложеніе углекислоты въ различныхъ лучахъ спектра.

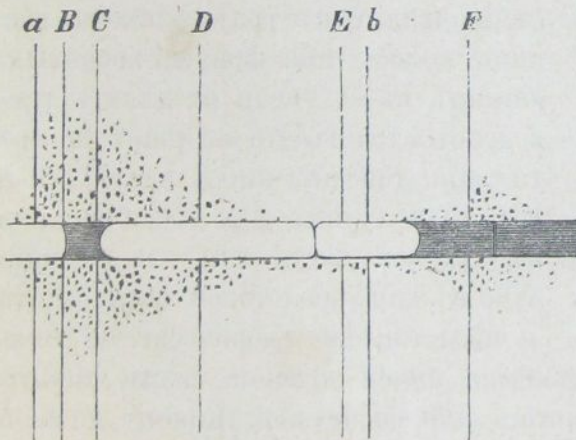


Рис. 9. Движеніе бактерій около полосъ поглощенія хлорофилла.

бактерій возобновится около обѣихъ полосъ поглощенія хлорофилла (рис. 9), — притомъ наиболее энергично въ красныхъ лучахъ и значительно слабѣе въ синихъ. Слѣдовательно, только въ этихъ частяхъ водоросли стали выдѣлять ся кислородъ, которымъ воспользовались бактеріи.

Этотъ опытъ наглядно показываетъ, что только въ лучахъ, поглощаемыхъ хлорофилломъ, разлагается углекислота. При употребленіи этого метода нужно, впрочемъ, имѣть

<sup>1)</sup> *Engelmann*, Bot. Zeitung. 1882.

въ виду, что онъ не отличается точностью и требуетъ большой осмотрительности.

Въ позднѣйшей своей работѣ Тимирязевъ <sup>1)</sup> выяснилъ, насколько дѣйствіе синихъ лучей слабѣе дѣйствія красныхъ. Для этой цѣли спектръ былъ раздѣленъ имъ на двѣ равныя половины при помощи цилиндрической линзы и призмы съ очень малымъ угломъ преломленія. Въ яркихъ полосахъ свѣта (синей и желтой) помѣщались въ плоскихъ трубкахъ равныя зеленыя поверхности листа, и по прошествіи  $\frac{3}{4}$  или 1 часа производился анализъ газа. Дѣйствіе двухъ пучковъ свѣта выразилось для менѣе преломляющейся половины спектра цифрою 100, для болѣе преломляющейся — 54. Слѣдовательно, дѣйствіе второй половины спектра вдвое слабѣе

дѣйствія первой. Но должно еще принять во вниманіе, что ширина абсорбціонныхъ полосъ, т. е. пучковъ свѣта, въ дѣйствительности вызывающихъ химическій процессъ, въ той и другой половинѣ спектра не равна. На 10-мъ рисункѣ изображенъ спектръ хлорофилла испытываемаго листа. Полоса въ сине-фіолетовой части спектра (нормальнаго) въ три слишкомъ раза шире полосы при фраунгоферовыхъ линіяхъ *B—C*. Если раздѣлить приведенныя только что величины на протяженія дѣйствующихъ частей спектра, то получимъ для средняго луча въ красной части 100, для средняго луча въ сине-фіолетовой части 14, что и представлено графически на 10-мъ

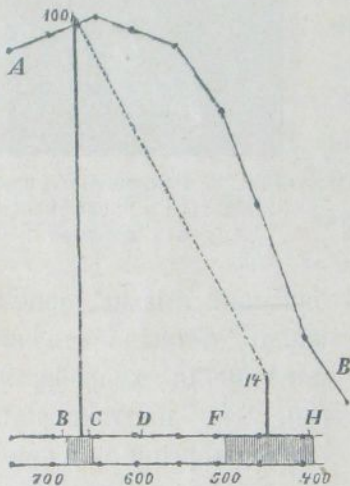


Рис. 10. *AB*—распределеніе тепловой энергіи въ солнечномъ спектрѣ. 100—14 разложеніе углекислоты въ красномъ и синемъ участкѣ спектра.

рисункѣ. Слѣдовательно, дѣйствіе лучей красной части спектра значительно энергичнѣе дѣйствія сине-фіолетовой. Какому же свойству лучей приписать это различіе въ дѣйствіи? Очевидно, ихъ энергіи (измѣряемой ихъ тепловымъ эффектомъ), возрастающей въ томъ же направленіи, какъ это видно изъ сопоставленія кривой Лангеля, представляющей распределеніе тепловой энергіи въ нормальномъ солнечномъ спектрѣ (кривая *AB'*, рис. 10).

<sup>1)</sup> Тимирязевъ, Фотохимическое дѣйствіе крайнихъ лучей видимаго спектра Москва. 1893.

Слѣдовательно, лучи синіе и фіолетовые хотя и поглощаются хлорофилломъ, но вызываютъ слабое разложеніе углекислоты, потому что обладаютъ малой тепловой энергіей.

Ислѣдованія Рихтера <sup>1)</sup> еще болѣе детально показали зависимость процесса разложенія углекислоты отъ энергіи лучей. Только поглощенные лучи способны разлагать углекислоту. Изъ поглощенныхъ же тѣ лучи производятъ наибольшую работу, которые обладаютъ наибольшею тепловою энергіей.

Рихтеръ пользовался слѣдующими цвѣтными экранами: двухромокислымъ калиемъ, амміачнымъ растворомъ мѣди и марганцево-кислымъ калиемъ. Опредѣленія количества свѣта, поглощенного листомъ за различными экранами, дали слѣдующія числа:

В о д а.	Двухромокислый калий.	Амміачный растворъ мѣди.	Марганцево-кислый калий.
1000	491	177	233
или	100	36	47,5

За этими же экранами были разложены въ среднемъ слѣдующія количества углекислоты:

В о д а.	Двухромокислый калий.	Амміачный растворъ мѣди.	Марганцево-кислый калий.
1000	494	168	249
или	100	34,4	48

Послѣднія цифры настолько близко совпадаютъ съ предыдущимъ рядомъ, что можно съ полнымъ правомъ сказать, что работа, производимая лучомъ въ листѣ, пропорціональна поглощенной этимъ листомъ энергіи луча, независимо отъ его мѣста въ спектрѣ или длины его волны.

Опыты Коля, хотя и произведенные при помощи менѣе точнаго способа счета пузырьковъ газа, дали въ общемъ тѣ же результаты <sup>2)</sup>. Такъ, было выдѣлено кислорода листомъ *Elodea*:

въ бѣломъ свѣтѣ . . . . .	74
» красномъ . . . . .	32
» желтомъ . . . . .	9
» зеленомъ . . . . .	14
» синемъ . . . . .	18
» фіолетовомъ . . . . .	7

<sup>1)</sup> *Rихтеръ*, *Revue générale de botanique*. 1902, pag. 151.

<sup>2)</sup> *Kohl*, *Berichte bot. Gesellschaft*. 1897, pag. 122.

Итакъ, зеленяя растенія наиболѣе энергично разлагаютъ углекислоту лучами, лежащими между фрауенгоферовыми линиями *B* и *C*. Если же, кромѣ хлорофилла, находятся еще другіе пигменты, то, по Энгельману<sup>1)</sup>, максимумъ разложенія углекислоты можетъ перейти въ другую часть спектра. Такъ, у синезеленыхъ водорослей максимумъ лежитъ на фрауенгоферовой линіи *D*. У бурныхъ водорослей—между *D* и *E*, однако, съ очень близкимъ къ максимуму разложеніемъ между *B* и *C*. Наконецъ, у красныхъ водорослей максимумъ также между *D* и *E*, но уже съ очень слабымъ разложеніемъ между *B* и *C*. Эти данныя находятся въ связи съ распредѣленіемъ водорослей на различныхъ глубинахъ. Поверхностные слои воды заняты по преимуществу зелеными водорослями, красныя же водоросли проникаютъ на очень большія глубины. Спектроскопическія изслѣдованія воды показали, что красныя лучи (необходимыя для зеленыхъ растеній) быстро задерживаются водою и на значительныхъ глубинахъ совершенно отсутствуютъ. Зеленыя же (поглощаемыя красными водорослями) и синіе лучи доходятъ до значительныхъ глубинъ.

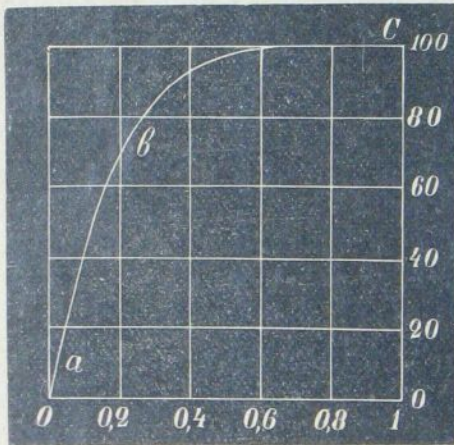


Рис. 11. Зависимость разложенія углекислоты отъ количества свѣта.

полнотой, благодаря изслѣдованіямъ Волкова (1866), Пряничникова, Фаминцына, Рейнке, Крейсера и Тимирязева. Прилагаемая кривая *abc*, взятая изъ работы Тимирязева<sup>3)</sup>, показываетъ зависимость разложенія углекислоты отъ количества свѣта (рис. 11). На

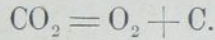
<sup>1)</sup> *Engelmann*, *Botanische Zeitung*, 1893, pag. 1.

<sup>2)</sup> *Engelmann*, *Botanische Zeitung*, 1888, pag. 661.

<sup>3)</sup> *Тимирязевъ*, *Comptes rendus*, CIX, 1889, pag. 381.

оси абсциссъ отложены интенсивности свѣта. (Прямой солнечный свѣтъ = 1). Ординаты выражаютъ количество разложенной углекислоты. (Количество углекислоты, разлагаемой на прямомъ солнечномъ свѣтѣ = 100). Разложеніе 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.

§ 6. **Продукты усвоенія углерода** <sup>1)</sup>. На основаніи газоваго обмѣна при усвоеніи 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 усвоенія углерода? Изслѣдованія Сакса <sup>2)</sup> 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 ѣдкимъ кали и іодомъ. Сильно разбухшія отъ ѣдкаго кали крахмальныя зерна послѣ окраски іодомъ становятся ясно видимыми. Если часть листа передъ выставленіемъ на свѣтъ затѣнить наложенной на него оловянной пластинкой и затѣмъ, обезцвѣтивъ спиртомъ, окрасить іодомъ, то затѣненная часть будетъ коричневой, а остальная — синей или черной, въ зависимости отъ количества отложеннаго крахмала (рис. 12). Особенно наглядно идетъ опытъ, если на обезкрахмаленный листъ наложить стеклянную пластинку съ наклееннымъ на нее оловяннымъ

<sup>1)</sup> *Brown and Morris*, Journal chem. Society. London. 1893, pag. 604.

<sup>2)</sup> *Sachs*, Botanische Zeitung. 1862. № 44. 1864. № 38.

листомъ, на которомъ вырѣзано слово «крахмаль», и затѣмъ выставить на свѣтъ. Послѣ обработки іодомъ на коричневомъ фонѣ листа рѣзко выступаетъ названіе покрашеннаго тѣла (рис. 13). Съ большею точностью можно производить опыты надъ водорослями, какъ показалъ Фамин-



Рис. 12.



Рис. 13.

Образованіе крахмала въ освѣщенныхъ мѣстахъ листа.

цынъ<sup>1)</sup>. Въ этомъ случаѣ 30 минутъ освѣщенія сильною керосиновой лампой достаточно для появленія крахмала. На солнечномъ же свѣтѣ, по наблюденіямъ Крауса, появленіе крахмала въ водоросляхъ замѣчается уже черезъ пять минутъ. Годлевскій<sup>2)</sup> доказалъ, что образованіе крахмала на свѣтѣ зависитъ отъ присутствія углекислоты въ атмосферѣ. Растенія, помещенныя въ замкнутую атмосферу, лишенную углекислоты, на свѣтѣ не только не образовали крахмала, но даже потеряли бывший въ началѣ опыта (рис. 14). Въ хлорофилловыхъ зернахъ листьевъ нѣкоторыхъ 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. При-

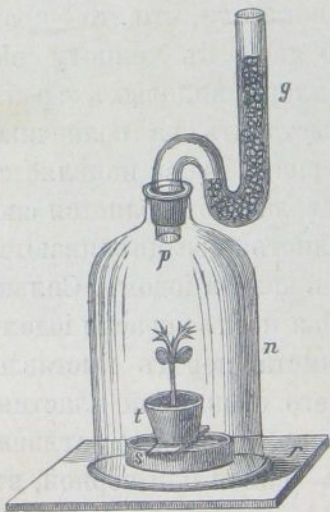
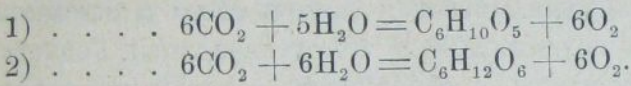


Рис. 14. Крахмаль не образуется въ атмосферѣ, лишенной углекислоты.

<sup>1)</sup> Фаминцынъ, Дѣйствіе свѣта на водоросли. 1866.

<sup>2)</sup> Godlewski, Flora. 1873, pag. 378.

нимая крахмалъ или глюкозу первыми продуктами усвоенія углерода, мы получаемъ слѣдующія уравненія для этого процесса:



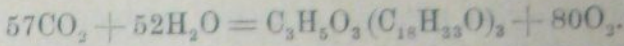
Тимирязевъ <sup>1)</sup> прямыми опытами доказалъ, что образованіе крахмала на свѣтѣ зависитъ отъ тѣхъ же лучей спектра, которые вызываютъ разложеніе углекислоты. На свѣжій листь, предварительно обезкрахмаленный пребываніемъ въ темнотѣ въ продолженіе 2—3 дней, отбрасывался при помощи гелиостата солнечный спектръ. Къ листу приклеивались также двѣ полоски бумаги, на которыя наносились фрауенгоферовы линіи такъ, чтобы онѣ совпадали съ таковыми же на проложенномъ спектрѣ. По окончаніи опыта листь обезцвѣчивался спиртомъ и окрашивался іодомъ. Послѣ такой обработки накопленіе крахмала было обнаружено какъ разъ въ мѣстахъ, соотвѣтствующихъ 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. 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 растеніяхъ масло является первымъ продуктомъ усвоенія углерода. Голле <sup>2)</sup> и Годлевскій <sup>3)</sup> доказали несостоятельность такого предположенія. Они нашли, что отношеніе обмѣниваемыхъ газовъ во время усвоенія углерода листьями *Musa* и *Strelitzia* равно единицѣ. Если бы первыми продуктами усвоенія были масла—тѣла, менѣе окисленные, чѣмъ углеводы, то тогда отношеніе поглощаемой углекислоты къ выдѣляемому кислороду было бы менѣе единицы. Принявъ тріолеинъ, какъ первый продуктъ усвоенія углерода, получимъ такое уравненіе:

<sup>1)</sup> *Тимирязевъ*, Comptes rendus. CX. 1890, pag. 1346.

<sup>2)</sup> *Holle*, Flora, 1877, pag. 113.

<sup>3)</sup> *Godlewski*, Flora, 1877, pag. 215.

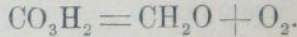


На 57 объемовъ углекислоты должно было бы выдѣлиться 80 объемовъ кислорода. Помѣщая листья *Musa* и *Strelitzia* на свѣтѣ въ атмосферѣ, содержащей до 8% углекислоты, Годлевскій черезъ нѣсколько часовъ могъ обнаружить образованіе крахмала. Слѣдовательно, и въ этомъ случаѣ крахмалъ является первымъ видимымъ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

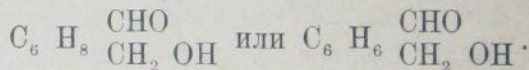
Бейеръ <sup>1)</sup> высказалъ предположеніе, что въ растеніяхъ первымъ продуктомъ усвоенія углерода является муравьиный альдегидъ, частицы котораго, постепенно уплотняясь, даютъ углеводы. Онъ основываетъ свое предположеніе на открытомъ Бутлеровымъ превращеніи оксиметилена ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ) въ сахаристое вещество при дѣйствіи на него известковою и баритовою водою.



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



Затѣмъ Рейнке <sup>2)</sup> удалось доказать, что въ зеленыхъ растеніяхъ постоянно встрѣчаются вещества съ характеромъ альдегидовъ. Въ послѣдней работѣ онъ и Курціусъ <sup>3)</sup> выдѣлили это вещество, изучили нѣкоторыя реакціи его и дали формулу:



Слѣдовательно, это вещество содержитъ въ себѣ бензольное ядро.

Поллаччи также нашелъ, что зеленныя части растеній, помѣщенные въ реактивъ Шиффа, даютъ реакціи на альдегидъ только въ томъ случаѣ, если онѣ получали свѣтъ и угольную кислоту. Зеленныя же части, бывшія въ теплотѣ или въ атмосферѣ, лишенной углекислоты, а также грибы альдегидной реакціи не даютъ <sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> *Boeyer*, Berichte d. chem. Gesellsch. 1870. III, pag. 13.

<sup>2)</sup> *Reinke*, Untersuchungen aus dem botanischen Laboratorium in Göttingen. Heft II. 1881. Heft III. 1883.

<sup>3)</sup> *Reinke und Curtius*, Berichte bot. Gesellsch. 1897, pag. 201.

<sup>4)</sup> *Pollacci*, Atti Instituto Botanico di Pavia. VII. Ottobr. 1899. Соображенія Эмиля Фишера о ходѣ образованія углеводовъ въ хлорофилловомъ зернѣ въ Berichte chem. Gesellschaft. XXVII. 1894, pag. 3230.



Какъ мы видѣли выше (стр. 8), Боннье и Манженъ показали, что если изучать газовый обмѣнъ при процессѣ усвоенія углерода независимо отъ дыханія, то отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  оказывается нѣсколько менѣе единицы. На основаніи этихъ опытовъ нужно допустить, что на свѣтѣ въ листьяхъ, кромѣ углеводовъ, образуется еще другое вещество, менѣе окисленное, чѣмъ углеводы. Уже многими высказывалось мнѣніе, что въ числѣ продуктовъ усвоенія углерода являются еще бѣлки. Это мнѣніе подтверждается количественными опредѣленіями Сапожникова<sup>1)</sup>. Въ своихъ опытахъ онъ получилъ, что на свѣтѣ параллельно съ накопленіемъ углеводовъ увеличивается также и количество бѣлковыхъ веществъ.

Постернакъ<sup>2)</sup> полагаетъ, что въ листьяхъ на свѣтѣ происходитъ также образование оксиметилфосфорной кислоты.

Между количествомъ разложенной углекислоты и количествомъ образовавшагося сухого вещества существуетъ, по опредѣленіямъ Крашенинникова<sup>3)</sup>, извѣстная зависимость, какъ видно изъ приводимыхъ среднихъ величинъ:

	Количество разложенной углекислоты.		Привѣсъ сухого вещества.
1) Бамбукъ . . . . .	971 кб. см.	1908 mgr.	1148 mgr.
2) Лавровишня . . . . .	378 » »	743 »	443 »
3) Сахарный тростникъ . . . . .	64 » »	126 »	84 »
4) Липа . . . . .	641 » »	1259 »	937 »
5) Табакъ . . . . .	706 » »	1388 »	943 »
Итого . . . . .	2760 кб. см.	5424 mgr.	3555 mgr.

Или въ среднемъ на кв. метръ листовой поверхности . . . . . 2286 кб. см. 4,49 гр. 2,94 гр.

Отношеніе привѣса сухого вещества къ количеству разложенной углекислоты, обозначающее увеличеніе массы органическаго вещества въ граммахъ, на каждый граммъ разложенной углекислоты равняется:

1) *Сапожниковъ*, Бѣлки и углеводы зеленыхъ листьевъ, какъ продукты ассимиляціи. Томскъ. 1894.

2) *Posternak*, *Revue générale de botanique*, 1900, pag. 5.

3) *Крашенинниковъ*, Накопленіе солнечной энергіи въ растеніи. Москва, 1901.

Для бамбука . . . . .	0,60
» лавровишни . . . . .	0,60
» сахарнаго тростника . . . . .	0,67
» липы . . . . .	0,74
» табака . . . . .	0,68

т. е. величина довольно постоянная. Образование же углевода формулы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  требует отношенія, равнаго 0,64.

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

### § 7. Усвоеніе солнечной энергіи зелеными растеніями.

Мы видѣли, что зеленныя растенія изъ веществъ минеральныхъ, неспособныхъ горѣть, поглощая солнечный свѣтъ, строятъ вещества органическія, способныя горѣть. Хлорофилловое зерно — единственная достовѣрно извѣстная лабораторія, въ которой происходитъ этотъ процессъ. Вся теплота и различныя движенія животныхъ, вся теплота горючихъ матеріаловъ, всѣ работы паровыхъ машинъ — все это только освобождающаяся солнечная энергія, усвоенная хлорофилловымъ зерномъ. Робертъ Майеръ ясно представлялъ себѣ роль зеленыхъ растеній. «Природа», говоритъ онъ, «поставила себѣ задачей ловить на лету падающій на землю свѣтъ и накоплять самую подвижную силу, превращая его въ неподвижное состояніе. Для достиженія этой цѣли она покрыла земную кору организмами, которые принимаютъ въ себя солнечный свѣтъ и, пользуясь этой силой, накопляютъ постоянно увеличивающуюся сумму химическихъ разностей. Эти организмы — растенія. Растительный міръ служитъ резервуаромъ, въ которомъ падающіе солнечные лучи удерживаются и отлагаются для дальнѣйшаго пользованія» <sup>1)</sup> Въ біографіи Стефенсона указывается, что онъ также ясно пред-

<sup>1)</sup> R. Mayer, Die Mechanik der Wärme.

ставлялъ себѣ роль зеленыхъ растений. «Однажды въ воскресенье, когда только что вернулись изъ церкви, находилось цѣлое общество, въ томъ числѣ Стефенсонъ и Букландъ, на террасѣ передъ замкомъ Драйтонъ и смотрѣло на быстро пробѣгавшій вдали поѣздъ, оставившій позади себя длинную полосу бѣлаго пара. «Ну, Букландъ», обратился Стефенсонъ къ знаменитому геологу: «отвѣтите мнѣ на вопросъ, можетъ быть, не особенно легкой. Можете ли вы мнѣ сказать, какая сила движетъ тотъ поѣздъ?» — «Я полагаю», отвѣтилъ геологъ: «сила одной изъ вашихъ большихъ машинъ». — «Да, но что приводитъ въ дѣйствіе машину?» — «О, весьма вѣроятно, что одинъ изъ вашихъ ньюкестльскихъ машинистовъ». — «Нѣтъ, солнечный свѣтъ!» — «Какъ это можетъ быть?» спросилъ докторъ. — «Я вамъ говорю», отвѣтилъ инженеръ: «что не что иное, какъ солнечный свѣтъ, который въ теченіе многихъ тысячелѣтій сохранялся въ землѣ. Свѣтъ, поглощаемый растеніями, нуженъ для отложенія въ нихъ углерода во время роста. Послѣ того, какъ свѣтъ въ теченіе столькихъ лѣтъ былъ похороненъ въ видѣ каменноугольныхъ отложеній, онъ снова появляется наружу, чтобы служить, какъ въ этомъ локомотивѣ, великимъ человѣческимъ цѣлямъ» <sup>1)</sup>).

Растенія, отлагая крахмалъ, одновременно отлагаютъ въ себѣ запасъ потенціальной энергіи. Крашенинниковъ <sup>2)</sup> прямыми опытами доказалъ связь между накопленіемъ крахмала и накопленіемъ энергіи. Отъ нѣсколькихъ листьевъ были отрѣзаны половины, опредѣлена ихъ поверхность; затѣмъ эти половины были высушены, и опредѣлена теплота горѣнія сухого вещества. Другія половины были выставлены на свѣтъ, и опредѣлено количество разложенной ими углекислоты, послѣ чего онѣ были тоже высушены, и также опредѣлена ихъ теплота горѣнія. Среднія величины, выведенныя изъ всѣхъ опредѣленій, перечисленныя на 1 кв. метръ листовой поверхности листьевъ, выставленныхъ на свѣтъ, дали слѣдующія числа:

Прибыль сухого вещества . . . . .	3,51 гр.
» углеводовъ . . . . .	2,46 »
» углерода . . . . .	1,58 »
» теплоты горѣнія . . . . .	15350 калор.
Количество разложенн. углекислоты	5,626 гр.

<sup>1)</sup> Mayer, Lehrbuch der Agriculturchemie. 5 Auflage. 1901, pag. 35.

<sup>2)</sup> Крашенинниковъ, Накопленіе солнечной энергіи въ растеніи. Москва 1901.

На основаніи этихъ опытовъ отношеніе между прибылью энергіи въ калоріяхъ, опредѣляемой по теплотѣ горѣнія, и количествомъ разложенной углекислоты въ граммахъ равняется:

Для бамбука . . . . .	3,4
» лавровишни . . . . .	2,3
» липы . . . . .	3,6
» табака . . . . .	2,2

т. е. на каждый граммъ разложенной углекислоты накопляется 2,2—3,6 калоріи теплоты.

Теперь возникаетъ вопросъ, какое же количество падающей на листья солнечной энергіи можетъ быть усвоено растеніями. Уже опыты относительно вліянія количества свѣта на процессъ разложенія углекислоты растеніями (стр. 32) показываютъ, что разложеніе углекислоты достигаетъ своего максимума около половины прямой инсоляціи. Весь остальной избытокъ свѣта не оказываетъ никакого вліянія на увеличеніе количества разлагаемой углекислоты. Слѣдовательно, на основаніи этихъ опытовъ слѣдуетъ, что листъ не можетъ усвоить болѣе половины падающаго на него свѣта. Въ дѣйствительности же онъ усваиваетъ гораздо менѣе, такъ какъ, во-первыхъ, не весь падающій свѣтъ поглощается листомъ и, во-вторыхъ, часть поглощеннаго свѣта затрачивается на другіе процессы, на примѣръ, на процессъ испаренія воды листьями. Первая попытка произвести этотъ учетъ принадлежитъ Беккерелю <sup>1)</sup>. Онъ даетъ слѣдующія указанія:

Киллогр.  
углерода.

Гектаръ лѣса въ средней полосѣ Европы усваиваетъ въ	
годъ . . . . .	1800
Гектаръ хорошо удобреннаго луга усваиваетъ въ годъ	3500
Гектаръ, засѣянный земляной грушей, усваиваетъ въ годъ	6000

Послѣ ряда вычисленій онъ заключаетъ, что во Франціи растеніями усваивается менѣе  $\frac{1}{100}$  солнечной энергіи. Къ тѣмъ же результатамъ пришелъ и Тимирязевъ <sup>2)</sup>. Еще меньшую величину даютъ новѣйшія опредѣленія Брауна <sup>3)</sup>. Листъ подсолнечника въ

<sup>1)</sup> *Becquerel, La lumière, ses causes et ses effets. 1868.*

<sup>2)</sup> *Тимирязевъ. Жизнь растеній.*

<sup>3)</sup> *Brown, Annales agronomiques. 1901, pag. 428.*

хорошій солнечный день получилъ на 1 квадратн. метръ въ часъ 600000 калорій. За это же время и на ту же поверхность образовывалось 0,8 грамма углеводовъ, образование которыхъ требуетъ 3200 калорій. Слѣдовательно, на усвоеніе углерода листъ утилизировалъ только 0,5 процента солнечной энергіи. Слѣдовательно, листъ, какъ машина, приготовляющая органическое вещество, далекъ отъ совершенства.

§ 8. **Вліяніе внѣшнихъ и внутреннихъ условій на процессъ усвоенія углерода.** Одно изъ важнѣйшихъ внѣшнихъ условій, отъ котораго зависятъ разнообразныя фізіологическіе процессы, это—температура окружающей среды. Мы уже видѣли, какъ сильно вліяетъ она, на примѣръ, на скорость зеленѣнія листьевъ. Напротивъ, процессъ разложенія углекислоты сравнительно очень мало зависитъ отъ температуры. По опредѣленіямъ Крейсера <sup>1)</sup>, разложеніе углекислоты листьями возможно почти при точкѣ замерзанія и продолжается до 50° С.

Температура	Количество разложенной CO <sub>2</sub>	Температура.	Количество разложенной CO <sub>2</sub> .
2,3° С.	1,0	29,3° С.	2,4
7,5° »	1,7	33,0° »	2,4
11,3° »	2,4	37,3° »	2,3
15,8° »	2,8	41,7° »	2,0
20,6° »	2,6	46,6° »	1,3
25,0° »	2,9		

Если при 2,3° С. количество разложенной углекислоты равняется единицѣ, то при 25° оно, хотя и увеличивается, но не достигаетъ даже до трехъ, тогда какъ дыханіе при этихъ же условіяхъ усиливается во много разъ.

Сильныя измѣненія общаго атмосфернаго давленія оказываютъ большое вліяніе на процессъ разложенія углекислоты <sup>2)</sup>.

Процессъ разложенія углекислоты зависитъ также отъ анатомическаго строенія, при чемъ важную роль играютъ устьица. Манжель <sup>3)</sup> показалъ, что искусственное закупориваніе устьицъ влечетъ за собой ослабленіе газоваго обмѣна. Листъ *Ligustrum vulgare* со

<sup>1)</sup> *Kreusler*, Landwirthschaftliche Jahrbücher. XVI. 1887, pag. 711.

<sup>2)</sup> *Eriedel*, Revue générale de botanique. 1902, pag. 337.

<sup>3)</sup> *Mangin*, Comptes rendus. CV. 1887, pag. 879.

смазанной вазелиномъ верхней поверхностью разлагаетъ углекислоты 6,26. Напротивъ, такой же листъ со смазанной нижней поверхностью (слѣдовательно, съ закупоренными устьицами) разлагаетъ углекислоты только 1,92. Шталь <sup>1)</sup> пришелъ къ тѣмъ же результатамъ. Выставляя на свѣтъ обезкрахмаленные листья, у ко-



Рис. 15. Смазанная масломъ какао часть листа не образовала крахмала.

торыхъ была обмазана часть нижней поверхности смѣсью изъ 1 части воска и 3 частей масла какао, и затѣмъ обрабатывая іодомъ, онъ находилъ, что обмазанная часть окрашивалась въ коричневый цвѣтъ, остальные же — въ черно-синій <sup>2)</sup> (рис. 15).

Достаточное количество воды въ листьяхъ необходимо для нормальнаго хода процесса усвоенія углерода. По наблюденіямъ Сакса и Нагамаца <sup>3)</sup>, начавшіе увядать листья не образуютъ крахмала. Шталь нашелъ, что и въ этомъ случаѣ дѣло сводится къ закрыванію устьицъ вслѣдствіе увяданія. Тѣ же листья, устьица которыхъ и при увяданіи остаются открытыми (*Rumex aquaticus*, *Caltha palustris*, *Hydrangea hortensis*, *Calla palustris*), продолжаютъ накапливать крахмалъ и въ увядшемъ состояніи.

Наконецъ, избытокъ солей въ почвѣ также вліяетъ на количество разлагаемой углекислоты. Шимперъ нашелъ, что поливка растворомъ поваренной соли культуръ обыкновенныхъ растений (не галофитовъ) останавливаетъ ихъ развитіе вслѣдствіе угнетенія процесса усвоенія углерода. Шталь доказалъ, что и здѣсь причина въ закрытіи устьицъ, вызванномъ избыткомъ солей. Если листья такихъ растений слегка поранить, чтобы дать возможность углекислотѣ лучше проникать въ ткань листа, то около ранъ начинается накапливаться крахмалъ. Настоящіе галофиты растутъ (хотя и медленно) въ почвахъ, богатыхъ солями, вслѣдствіе того, что ихъ устьица утратили способность закрываться.

<sup>1)</sup> *Stahl*, Botanische Zeitung. 1 Abtheilung. 1894, pag. 117.

<sup>2)</sup> Сравни также *Blackman*, Philosophical Transactions. Vol. 186. 1895, pag. 503. Опыты описаны въ четвертой главѣ.

<sup>3)</sup> *Nagamats*, Arbeiten bot. Instituts in Würzburg. III. 1887.

§ 9. Усвоение углерода растениями, лишенными хлорофилла. Растения, лишенные хлорофилла и, следовательно, неспособны усваивать солнечный светъ, не способны готовить органическія вещества изъ минеральныхъ. Зеленые растения для приготовления органическаго вещества, кромѣ атмосферной углекислоты и почвенной воды, какъ мы увидимъ ниже, поглощаютъ еще изъ почвы азотную кислоту, калий, кальцій, магній, желѣзо, сѣру и фосфоръ въ видѣ различныхъ солей. Никакое безхлорофильное растение изъ такихъ веществъ, неспособныхъ горѣть, конечно, не можетъ приготовить способное горѣть органическое вещество. Поэтому всѣ незеленые растения пользуются готовыми органическими веществами и по своему способу питанія стоятъ ближе къ животнымъ, чѣмъ къ зеленымъ растениямъ. Къ безхлорофильнымъ растениямъ относятся бактеріи, грибы и нѣкоторыя цвѣтковые растения. Въ настоящее время изучено довольно подробно питаніе только простѣйшихъ бактерій, дрожжей и плѣсневыхъ грибовъ. Всѣ они нуждаются въ готовыхъ органическихъ соединеніяхъ.

Прежде предполагали, что для всѣхъ незеленыхъ растений (имѣя въ виду только простѣйшихъ) достаточно одной и той же питательной смѣси, на основаніи слѣдующихъ соображеній. У высшихъ растений специализація, приспособленіе къ окружающимъ условіямъ сопровождается цѣлесообразнымъ измѣненіемъ какъ внѣшняго вида ихъ, такъ и ихъ анатомическаго строенія. Напротивъ, простѣйшія растения (бактеріи, дрожжи) поражаютъ однообразіемъ и простотой своего строенія. Казалось поэтому, что это однообразіе строенія должно сопровождаться и однообразіемъ свойственныхъ имъ жизненныхъ процессовъ, что, въ свою очередь, заставляло предполагать, что и процессы питанія должны быть болѣе или менѣе однообразны. Но новѣйшія изслѣдованія показали, что, несмотря на простоту своего строенія (или, точнѣе говоря, именно благодаря простотѣ своего строенія), микроорганизмы въ большинствѣ случаевъ являются узкими специалистами. Каждый изъ нихъ дѣлаетъ свое опредѣленное маленькое дѣло, но каждый изъ нихъ необходимъ въ общей экономіи природы. Напримѣръ, для окисленія находящагося въ почвѣ амміака въ азотную кислоту необходимо участіе двухъ бактерій. Одна, *Nitrosomonas*, окисляетъ амміакъ до азотистой кислоты, другая, *Nitrobacter*, окисляетъ азотистую кислоту до азотной. Для первой необходимое питательное вещество—амміакъ, азотистая же кислота—продуктъ отброса. Для второй этотъ отбросъ—

необходимое питательное вещество. Развѣ можно въ этомъ случаѣ думать о какой-либо питательной смѣси, пригодной для питания обѣихъ бактерій въ отдѣльности? Напротивъ, мы должны приготовить питательныя среды, по возможности, пригодныя только для изучаемаго нами микроорганизма, соответствующія его индивидуальнымъ особенностямъ. Это особенно важно для полученія изучаемаго микроорганизма въ чистой культурѣ. Этотъ способъ названъ Виноградскимъ *методомъ элективной культуры*. «Культура будетъ элективной, если она благоприятна для обнаруженія только одной опредѣленной функціи, или, точнѣе, для обнаруженія функціи возможно тѣсно ограниченной. Чѣмъ болѣе узки или даже исключительны будутъ условія, тѣмъ болѣе извѣстный видъ, обладающій данной способностью, окажется въ благоприятныхъ условіяхъ по сравненію съ другими, этой способностью не обладающими; ростъ этихъ послѣднихъ въ такой чуждой имъ средѣ будетъ или невозможенъ или очень труденъ. Поддерживая такимъ образомъ искомый микробъ въ его жизненной конкуренціи съ другими, мы достигнемъ значительнаго преобладанія его въ нашихъ культурахъ, чѣмъ открытіе его будетъ чрезвычайно облегчено; по открытіи же специфическаго микроба обыкновенно удастся уже изыскать и подходящія приемы для выдѣленія его въ чистомъ видѣ». Поэтому въ настоящее время употребляется много разнообразныхъ питательныхъ субстратовъ, какъ жидкихъ, такъ и твердыхъ.

Теперь уже прошло то время, когда думали, что можно приготовить такую универсальную питательную среду, которая была бы пригодна для развитія всѣхъ микроорганизмовъ. Первая попытка приготовить искусственную питательную среду принадлежитъ Пастеру <sup>1)</sup>. Составъ его питательнаго раствора для культуры дрожжей слѣдующій:

Вода . . . . .	100	граммовъ.
Виннокислый амміакъ . . . .	1	»
Тростниковый сахаръ . . . .	10	»
Зола дрожжей . . . . .	0,075	»

Питательная среда Кона <sup>2)</sup>, названная имъ нормальной жидкостью для бактерій, имѣетъ слѣдующій составъ:

<sup>1)</sup> *Pasteur*, Annales de chemie et de physique. 3 série, t. 58. p. 381. 1860.

<sup>2)</sup> *Cohn*, Beiträge zur Biologie d. Pflanzen. I. 2 Heft. pag. 195.



Вода . . . . .	100 граммовъ.
Фосфорнокислый калий, $\text{KН}_2\text{PO}_4$ . . . . .	0,5 »
Кислый фосфорнокислый кальцій, $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ . . . . .	0,05 »
Сѣрнокислый магній . . . . .	0,5 »
Виннокислый амміакъ . . . . .	1,0 »

Въ настоящее время эти растворы, имѣвшіе большое значеніе въ старыхъ бактериологическихъ изслѣдованіяхъ, представляютъ почти исключительно историческій интересъ.

Для культуръ бактерій (рис. 16), во-первыхъ, очень часто употребляется мясной бульонъ. Для его приготовления берутъ 500 гр. лучшаго говяжьяго мяса, мелко рубятъ его, помещаютъ въ сосудъ содержащій литръ воды, перемѣшиваютъ и оставляютъ на холоду 24 часа. Жидкость затѣмъ отфильтровываютъ черезъ смоченное полотно и доливаютъ водой до литра. Затѣмъ—прибавленіе 0,5% поваренной соли (а для полученія пептонъ-бульона еще 1% пептона), нагреваніе въ автоклавѣ при 115° и фильтрованіе. Далѣе — нейтрализація растворомъ углекислаго натра до слабой щелочной реакціи. Снова нагреваніе въ автоклавѣ 15 минутъ при 115° С., затѣмъ фильтрованіе въ стерилизованную колбу и послѣдняя стерилизація въ автоклавѣ. Передъ стерилизаціей сосудъ съ бульономъ затыкается пробкой изъ ваты, которую закрываютъ бумагой и завязываютъ ниткой.

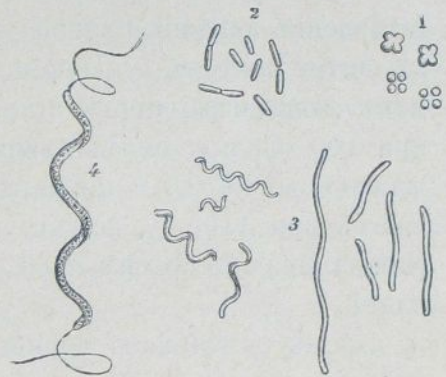


Рис. 16. Различныя формы бактерій.

Для полученія твердаго субстрата къ пептонъ-бульону прибавляется, кромѣ того, 10%, а лѣтомъ 15% лучшаго сорта желатинны. Смѣсь нагреваютъ на водяной банѣ при 100°, пока желатина не растворится. Горячую жидкость фильтруютъ черезъ горячую воронку (воронка съ двойными стѣнками, между которыми находится горячая вода). Если фильтратъ не прозраченъ, то его охлаждаютъ градусовъ до 50, прибавляютъ куриный бѣлокъ, взбалтываютъ, кипятятъ и снова фильтруютъ. Полученная питательная желатина остается твердой до 20° — 27° С. и разжижается при болѣе высокихъ температурахъ. Фильтратъ разливаютъ въ пробирки, пока онъ

еще не застылъ. Каждую пробирку наполняютъ приблизительно до  $\frac{1}{4}$  или  $\frac{1}{3}$ , закрываютъ пробкой изъ ваты (полезно также покрывать ихъ колпачками изъ фильтровальной бумаги) и стерилизуютъ въ автоклавѣ 15 минутъ при  $109^{\circ}$  С. Повышать температуру не слѣдуетъ, потому что въ противномъ случаѣ желатина можетъ не застыть. Послѣ стерилизации однѣ пробирки ставятъ вертикально, другія кладутъ на наклонную плоскость. Такое положеніе желатина сохраняетъ послѣ застыванія. Косой слой желатины необходимъ для прививокъ штрихомъ, о чемъ будетъ сказано ниже въ главѣ о чистыхъ культурахъ.

Для полученія твердаго субстрата вмѣсто желатины употребляется также агаръ-агаръ (желоза). Это студенистое вещество, получаемое изъ нѣкоторыхъ морскихъ водорослей. Одинъ изъ способовъ приготовления пептонъ-бульона на агаръ-агарѣ состоитъ въ томъ, что къ литру пептонъ-бульона щелочной реакціи прибавляютъ 15 граммовъ мелко изрѣзаннаго агаръ-агара, смѣсь варятъ въ теченіе часа при  $100^{\circ}$  С. при помѣшиваніи, процеживаютъ черезъ кисею, охлаждаютъ до  $50^{\circ}$  С. и прибавляютъ яичный бѣлокъ. Снова нагреваютъ при  $110^{\circ}$  С., фильтруютъ, разливаютъ въ пробирки, которыя затыкаютъ потомъ пробками изъ ваты, и стерилизуютъ въ автоклавѣ.

Кромѣ описаннаго мясного бульона и его различныхъ видоизмѣненій, для культуры бактерій употребляются также молоко, кровяная сыворотка, дрожжевая вода, солодовая вода и т. д. Въ качествѣ твердыхъ субстратовъ употребляется между прочимъ картофель. Изъ картофельныхъ клубней вырѣзываютъ прямоугольные куски сантиметровъ въ 5 длиною и различной ширины, въ зависимости отъ діаметра пробирокъ, моютъ ихъ въ водѣ и вытираютъ фильтровальной бумагой. Затѣмъ каждый кусокъ кладутъ въ пробирку. Пробирки затыкаютъ ватой и стерилизуютъ въ автоклавѣ.

Всѣ описанныя питательныя среды необходимы для бактерій, питающихся сложными органическими соединеніями. Но есть бактеріи, питающіяся минеральными соединеніями. Для успѣшнаго развитія ихъ необходимо избѣгать органическихъ веществъ. Виноградскому только тогда удалось получить чистую культуру нитрифицирующихъ бактерій, когда онъ приготовилъ питательную жидкость, совершенно лишенную органическихъ веществъ.

Ея составъ слѣдующій: <sup>1)</sup>

Сѣрнокислаго амміака . . . . .	1 граммъ.
Фосфорнокислаго калия . . . . .	1 »
Воды . . . . .	1000 »

На каждые 100 к. с. этого раствора прибавлялось, кромѣ того, отъ 0,5 до 1 грамма основного углекислаго магнія. Въ этой жидкости нитрифицирующія бактеріи прекрасно развивались, окисляли амміакъ до азотной кислоты и образовали значительныя количества органическаго вещества, усваивая атмосферную углекислоту безъ участія солнечнаго свѣта. Бактеріи же, нуждающіяся въ органическомъ веществѣ, въ такой чисто минеральной средѣ развиваться не могли.

На первый взглядъ можетъ показаться, что возможность культуры нитрифицирующихъ бактерій въ чисто минеральной средѣ противорѣчитъ всему ранѣе сказанному о необходимости органическаго вещества для культуры незеленыхъ растений. Дѣйствительно, изъ веществъ минеральныхъ, неспособныхъ горѣть, какими питаются зеленыя растенія, безъ поглощенія солнечнаго свѣта нельзя приготовить органическаго вещества. Но есть также вещества минеральныя, такъ сказать, органическаго происхожденія и обладающія однимъ изъ свойствъ органическихъ веществъ. Таковы, на примѣръ, амміакъ и сѣрководородъ. Оба вещества появляются въ природѣ, какъ продукты распада сложныхъ органическихъ соединений. Слѣдовательно, оба они органическаго происхожденія. Хотя ни то, ни другое вещество не содержитъ углерода, какъ одного изъ признаковъ органическихъ веществъ, но зато оба обладаютъ вторымъ признакомъ органическихъ веществъ,—оба способны горѣть, т. е. выдѣлять свободную теплоту. Такія-то полуорганическія вещества и могутъ замѣнять для нѣкоторыхъ бактерій настоящія органическія вещества. Такъ, нитрифицирующія бактеріи питаются амміакомъ, сѣрныя бактеріи—сѣрководородомъ.

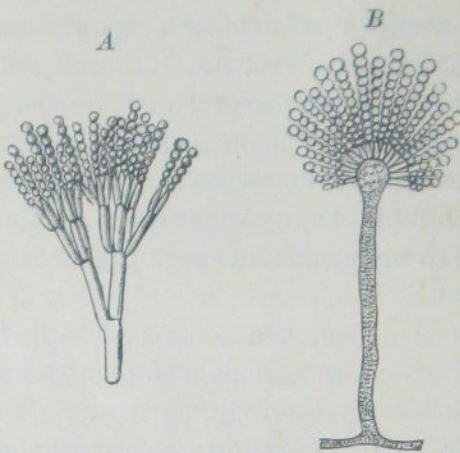
Для полученія твердаго субстрата въ томъ случаѣ, когда нужно избѣгать органическихъ веществъ, вмѣсто желатины или агаръ-агара употребляется кремнекислота. Для приготовления растворимой кремнекислоты смѣшиваютъ равныя объемы растворимаго стекла (уд. в. 1,05—1,06) и соляной кислоты и подвергаютъ смѣсь діализу

<sup>1)</sup> *Виноградскій*, Annales de l'Institut Pasteur. IV. 1890.

до исчезновения реакціи на хлоръ. По окончаніи діализа получается прозрачный растворъ, выдерживающій стерилизацію при 115—120° С. Если на кремнекислотѣ желательнo культивировать нитрифицирующія бактеріи, то къ раствору прибавляются необходимыя соли, послѣ чего жидкость застываетъ въ студень, приблизительно черезъ часъ <sup>1)</sup>. Кромѣ указанныхъ питательныхъ средъ, для культуръ бактерій употребляется очень большое число разнообразныхъ субстратовъ, какъ жидкихъ, такъ и твердыхъ. Приведенныя питательныя среды—мясной бульонъ и жидкость Виноградскаго для нитрифицирующихъ бактерій,—одна—очень богатая разнообразными органическими соединениями, другая—вполнѣ

лишенная ихъ,—служатъ нагляднымъ примѣромъ, что въ настоящее время объ универсальной питательной средѣ не можетъ быть и рѣчи. Для культуры дрожжей лучшая питательная среда—пивное сусло. Но употребляются также и другія жидкости: указанная выше смѣсь Пастера, виноградный сокъ, сокъ разныхъ плодовъ и ягодъ, различныя сахаристыя вещества.

Рис. 17. Плѣсени. А—*Penicillium glaucum*.  
В—*Aspergillus glaucus*.



Плѣсневые грибы (рис. 17) очень неприхотливы относительно питательныхъ веществъ. Они могутъ расти на самыхъ разнообразныхъ веществахъ. Изъ искусственныхъ смѣсей большой извѣстностью пользуется жидкость Ролена <sup>2)</sup>. Она состоитъ изъ:

воды . . . . .	1500	граммовъ.
сахара . . . . .	70	»
виннокаменной кислоты . . . . .	10	»
амміака . . . . .	2	»
фосфорной кислоты . . . . .	0,40	»
сѣрной кислоты . . . . .	0,25	»
кремнекислоты . . . . .	0,03	»

<sup>1)</sup> *Омелянскій*, Архивъ біологическихъ наукъ. VII, вып. 4. 1899.

<sup>2)</sup> *Raulin*, Annales d. sc. nat. 5 série, II tome. 1869, pag. 93.

кали . . . . .	0,40 грам.
магnezіи . . . . .	0,20 »
оксиcи цинка . . . . .	0,04 »
оксиcи желѣза . . . . .	0,03 »

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

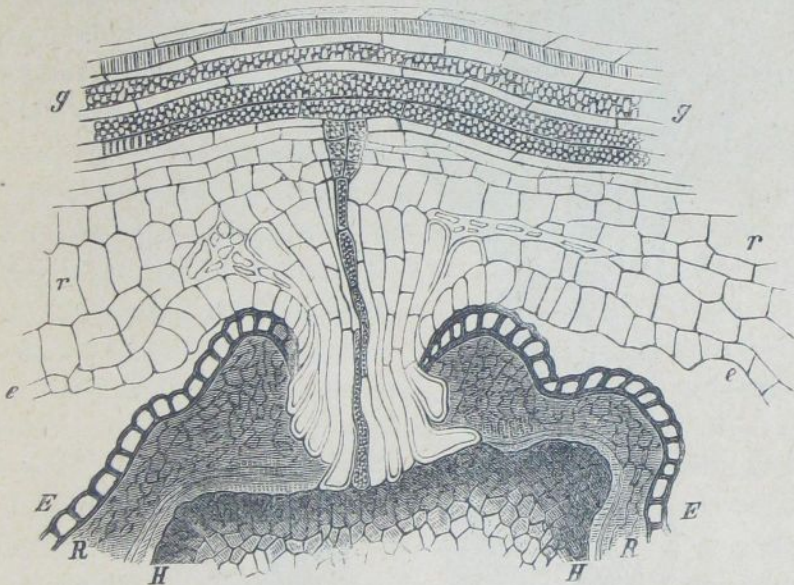


Рис. 18. *Cuscuta europaea*, присосавшаяся къ стеблю крапивы.

Относительно питанія цвѣтковыхъ безхлорофилльныхъ 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.

Къ паразитамъ относится, напримѣръ, очень распространенная у насъ повилика (*Cuscuta europaea*). Она паразитируетъ на крапивѣ и хмѣлѣ, а также на нѣкоторыхъ другихъ растеніяхъ (рис. 18). Отъ стебля отходятъ особыя присоски, проникающіе въ ткань растенія-хозяина и извлекающіе оттуда органическія вещества. Ни листьевъ, ни хлорофилла повилика не имѣетъ.

У нѣкоторыхъ безхлорофилльныхъ цвѣтковыхъ растеній паразитизмъ дошелъ до такой крайней степени, что они не имѣютъ ни

корня, ни стебля, ни листьевъ. Все тѣло ихъ напоминаетъ своимъ строеніемъ тѣло грибовъ и состоитъ изъ вѣтвистыхъ нитей, состоящихъ изъ ряда клѣтокъ и сильно напоминающихъ собой гифы грибовъ. Таковы растенія *Valanophoreae*, *Hydnoteae* и *Rafflesiaceae*. Гифообразное тѣло этихъ растеній живетъ внутри различныхъ деревьевъ и питается ими, наподобіе многихъ грибовъ. Только въ періодъ цвѣтенія на поверхности вѣтвей растенія-хозяина поя-

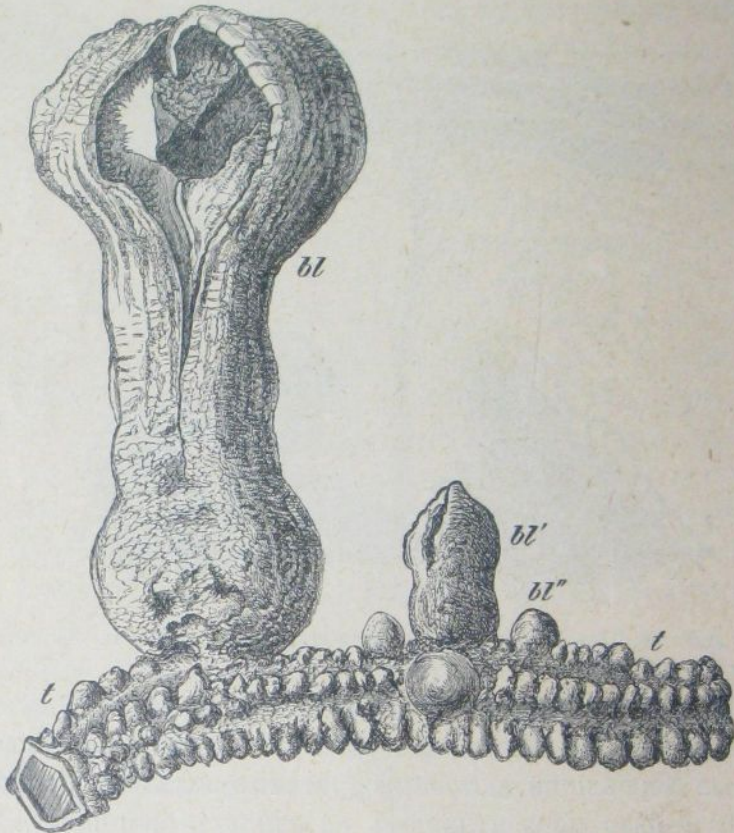


Рис. 19. *Hydnora africana*, *tt* часть подземнаго побѣга растенія-хозяина, изъ котораго выходятъ готовый цвѣтокъ *bl* и цвѣточные почки *bl'*, *bl''* паразитирующей въ немъ гидноры ( $\frac{2}{3}$  натур. величины).

вляются цвѣточные почки и цвѣты безхлорофилльного паразита. На первый взглядъ кажется, что пораженное паразитомъ растеніе образуетъ цвѣты двухъ родовъ. На самомъ же дѣлѣ одни цвѣты — собственные цвѣты растенія, другіе же принадлежатъ живущему внутри его паразиту. На 19-омъ рисункѣ изображена часть подземнаго побѣга, питающаго растенія, покрытая цвѣточными почками

и готовымъ уже цвѣткомъ паразитирующаго въ немъ растенія *Hudnora africana*.

Пейрсъ <sup>1)</sup> сдѣлалъ попытку вызвать паразитизмъ искусственно. Въ надрѣзъ стебля молодого растенія боба онъ вставилъ корешокъ проросшаго гороха. Рана была залита гипсомъ. Горохъ не погибъ, но продолжалъ развиваться и достигъ даже до образованія цвѣтовъ, правда, оставаясь небольшихъ размѣровъ. Главный корень его сильно разросся въ длину въ стеблѣ боба и далъ боковые корни, которые не вышли наружу, а росли въ коровой паренхимѣ бобоваго стебля. Слѣдовательно, въ данномъ случаѣ горохъ получалъ нужную ему воду и минеральныя вещества (а можетъ быть, и органическія) изъ стебля боба.

Питаніе готовыми органическими веществами можетъ идти параллельно съ усвоеніемъ углерода изъ атмосферы. Это особенно рѣзко выражено у насѣкомоядныхъ растеній <sup>2)</sup>. 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 (рис. 20). Сюда относится, напримѣръ, распространенная въ Россіи рослянка (*Drosera rotundifolia*) Она растетъ въ сырой торфяной почвѣ. Ея листья покрыты булавовидноутолщенными рѣсницами. Булавовидныя утолщенія представляютъ изъ себя железки, отдѣляющія капельки липкой, тягучей жидкости. Какъ только насѣкомое сядетъ на листъ, рѣсницы загибаются внутрь, начинается усиленное выдѣленіе кислой жидкости и фермента, вполне сходнаго съ пепсиномъ, и насѣкомое переваривается. Рослянку можно искусственно кормить мясомъ, куринымъ бѣлкомъ. У *Nepenthes* <sup>3)</sup> часть черешка превращена въ кувшинъ, крышкой котораго служитъ листовая пластинка. Кувшины содержатъ жидкость со слабо-кислой реакціей. Какъ только въ кувшинъ попадетъ животное, количество жидкости и кислотность ея увеличивается, и переваренныя части животнаго всасываются. У Венериной мухоловки (*Dionaea muscipula*) каждый листъ состоитъ изъ плоскаго черешка и округлой пла-

<sup>1)</sup> *Peirse*, Botanische Zeitung. I Abtheilung. 1894, pag. 169.

<sup>2)</sup> *Дарвинъ*. Насѣкомоядныя растенія.

<sup>3)</sup> *Clautriau*, La digestion dans les urnes de *Nepenthes* (Recueil de l'Institut botanique de Bruxells. V. 1902, pag. 89.

*Vines*, The Proteolytic Enzyme of *Nepenthes* (Annals of Botany. XV. 1901, pag. 563.

стинки. Последняя разделена средней жилкой на две равные половины, которые, подобно двусторчатой раковинѣ, наклонены другъ къ другу подъ угломъ въ  $60-90^{\circ}$ . Края пластинокъ оканчиваются каждый 10—20 острыми зубцами. По срединѣ каждой створки находится по три очень упругихъ волоска. Когда на листъ садится животное, то створки быстро закрываются, и выдѣляется жидкость, переваривающая животное.

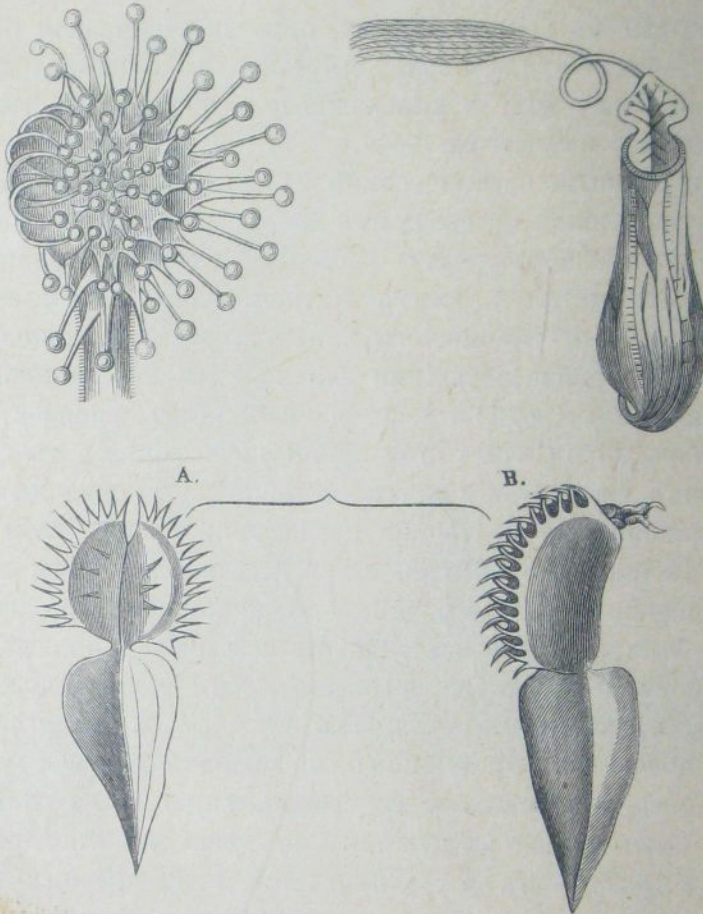


Рис. 20. Сверху листъ *Drosera rotundifolia*, рѣсницы которой съ лѣвой стороны загнулись внутрь влѣдствие раздраженія, и кувшинъ *Nepenthes gracilis*. Снизу листъ *Dionaea muscipula*, А открытый, В закрытый, съ пойманной внутри ухверткой.

Если у насекомоядныхъ растеній, независимо отъ усвоенія атмосферной углекислоты, очень рѣзко выражена способность питаться при удобныхъ случаяхъ готовыми органическими соединеніями, то



и остальные зеленые растения, нормально питающиеся атмосферной углекислотой, могут также усваивать органические вещества. Например, вода в гаванях, близ устьев каналов и клоак очень богата органическими веществами. Как раз в таких местах и замечается очень хорошее развитие водных зеленых растений. Многие морские водоросли (*Ulva lactuca*, некоторые виды *Bangia*, *Ceramium*, *Cystoseira barbata*) очень хорошо развиваются в загрязненной воде. В настоящее время известно также несколько одноклеточных зеленых водорослей, которые прекрасно развиваются в чистых культурах на органических веществах в полной темноте, сохраняя при этом зеленую окраску. Наконец, Бёмом (1883) и затем Цфлым рядом исследователей<sup>1)</sup> доказано, что даже обезкрахмаленные листья зеленых растений, положенные на растворы различных органических соединений, в темноте усваивают их и перерабатывают в крахмал. Для накопления его могут служить следующие соединения: сахара, глюкоза, фруктоза, лактоза, глицерин, декстрин, маннит и мелампирит. Сапожников<sup>2)</sup> доказал этот факт также количественным путем. Обезкрахмаленные листья *Astragalus Wallichii* на 20% растворе сахара в темноте образовали в 7 дней от 4,6 до 5,3 грамма крахмала на 1 кв. метр их поверхности. Образованием крахмала дело не ограничивается. Увеличивается также при кормлении листьев сахаром в темноте количество белковых веществ, энергия дыхания. Если листья усваивают органические вещества, то тем более их могут усваивать корни. В настоящее время известно много зеленых растений, снабженных микоризами (подробности в 3-й главе) и живущих в почвах, богатых перегноем. Весьма вероятно, что они также усваивают органические вещества.

<sup>1)</sup> Надсон, Труды Спб. Общ. Естествоисп. XX. Отдѣлъ ботаники. 1889.

<sup>2)</sup> Сапожниковъ, Образование углеводовъ в листьяхъ и передвиженіе ихъ по растенію. Москва. 1890.

## ГЛАВА ВТОРАЯ.

### Усвоение азота <sup>1)</sup>.

§ 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 усвоеніемъ растениями свободного атмосфернаго азота были произведены Бусенго (1851—1853). Бусенго бралъ сосуды съ прокаленнымъ пескомъ, прибавлялъ туда нѣсколько золы сѣмянъ того

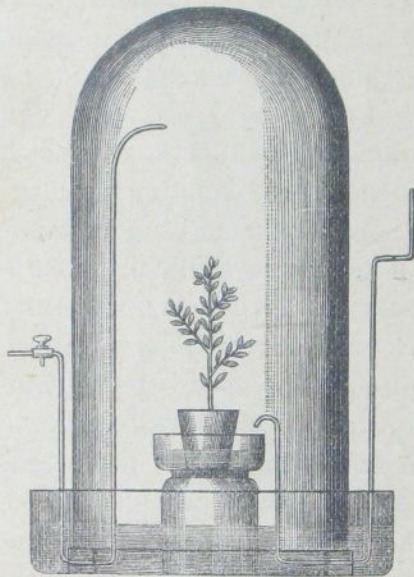


Рис. 21. Культура въ почвѣ, лишенной азотистыхъ соединений.

туда нѣсколько золы сѣмянъ того вида растеній, надъ которыми производился опытъ, и въ полученную почву, не содержащую азота, сѣялъ сѣмена различныхъ растеній. Эти сосуды помѣщались въ плоскія стеклянныя чашки и прикрывались большими стеклянными колпаками (рис. 21). 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 азота для растеній 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 расте-

<sup>1)</sup> Подобный сводъ работъ по ассимиляціи азота, вышедшихъ до 1879 г., находится у *Grandean*, Cours d'agriculture de l'école forestière. Chimie et physiologie appliquées à l'agriculture et à la sylviculture. Paris. 1879. *Тимирязевъ*, Земледѣліе и физиологія растеній. II. Происхождение азота растеній. Москва. 1893. *Баранецкій*, Объ усвоеніи растениями свободного азота. Кіевъ. 1894.

ніяхъ 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 растеній были произведены Саксомъ (1860), Шлѣзингомъ и Адольфомъ Мейеромъ. Результатъ получался положительный. Во всѣхъ опытахъ верхнія части растеній изолировались отъ почвы и получали амміакъ въ видѣ углеамміачной соли. Всѣ органы подобныхъ растеній 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 Шлѣзинга 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, всѣ ли азотистыя соединенія почвы прямо поглощаются растеніями, или предварительно подвергаются какимъ-либо измѣненіямъ, для этого нужно обратиться къ изученію нѣкоторыхъ свойствъ почвы. По изслѣдованіямъ Бусенго, въ одномъ килограммѣ почвы находятся слѣдующія количества азота:

	П о ч в ы:		
	Либфрауенберга.	Нанси.	Меттрэ.
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 живот-

ныхъ и растительныхъ веществъ. Наименьшее же количество азота приходится на долю амміака. Амміакъ въ почвѣ—частью какъ продуктъ распада азотистыхъ органическихъ веществъ, частью же поглощается изъ атмосферы. По изслѣдованіямъ Шлѣзинга, 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 анализированной, 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 кислота.	Азотъ азотной 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 гр.	+0,6149 гр.	+0,15925 гр.
2-й опытъ 1860 г. . .	0,4722 »	0,0029 »	0,00075 »
» » 1871 г. . .	0,4640 »	0,5620 »	0,14570 »
Разница . .	-0,0082 гр.	+0,5591 гр.	+0,14495 гр.

Слѣдовательно, азотная кислота образуется на счетъ другихъ находящихся въ почвѣ азотистыхъ соединеній. 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 для образованія въ почвѣ 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, несмотря на постоянное образованіе ея. Отвѣтъ на это да-

ютъ явленія *поглощенія почвой* различныхъ соединеній. Почва осаждаетъ въ себѣ различныя растворенныя вещества и задерживаетъ ихъ такимъ образомъ, что профильтрованный растворъ выходитъ изъ почвы обдѣнѣвшимъ 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 полусухою просѣянною садовою землею. 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, относительно азотистыхъ соединеній опыты показали, что амміачныя соли задерживаются почвой, напротивъ — азотнокислыя соли ею вполне пропускаются. Эта особенность азотной кислоты — вымываться изъ почвы — объясняетъ, почему она находится тамъ въ небольшомъ количествѣ. Вся азотная кислота, не поглощенная растеніями, вымывается атмосферными осадками въ болѣе глубокіе слои почвы. Итакъ, изъ различныхъ азотистыхъ соединеній, встречающихся въ почвѣ, органическія азотистыя соединенія<sup>1)</sup>, а также и амміачныя 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

<sup>1)</sup> Изслѣдованія *Костичева* (Сельское Хозяйство и Лѣсоводство, октябрь, 1890, стр. 115) показали, что азотистыя органическія соединенія въ перегноѣ вовсе не принадлежатъ исключительно къ продуктамъ распаденія тѣла растеній и животныхъ, а принадлежатъ главнымъ образомъ къ группѣ бѣлковъ, т. е., другими словами, они входятъ въ составъ живыхъ организмовъ. Въ продуктахъ 12-тимѣсячнаго 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 физиологическіе. Почва, благодаря массѣ живущихъ въ ней микроорганизмовъ, представляетъ изъ себя вѣчто живое. Изслѣдованія того же автора показали также, что и почвенный фосфоръ въ значительной степени входитъ въ составъ сложныхъ органическихъ соединеній, т. е., по всѣмъ вѣроятіямъ — въ составъ тѣла простѣйшихъ организмовъ.

н к лькихъ условій. Одно изъ нихъ, какъ показали Шлэзингъ, свободный доступъ въ почву кислорода воздуха. Одинаковыя количества почвы были помѣщены въ сосуды, чрезъ которые пропускался токъ газа. Чрезъ I сосудъ пропускался чистый азотъ; чрезъ остальные—смѣсь изъ азота и кислорода, при чемъ количество послѣдняго газа было различно въ смѣсяхъ, пропускаемыхъ чрезъ отдѣльные сосуды.

Чрезъ II сосудъ . . . . .	6 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	кислорода.
» III » . . . . .	11 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	»
» IV » . . . . .	16 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	»
» V » . . . . .	21 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	»

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

	I.	II.	III.	IV.	V.
	М и л л и г р а м м ы :				
3-го июля 1873 г. . . . .	00	263	286	267	289
18-го ноября 1872 г. . . . .	64	64	64	64	64
Азотная кисл. исчезнувшая. .	64	—	—	—	—
» » 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 нитрификации въ почвѣ, какъ показали Шлэзингъ и Мюнцъ (1877), вызываются дѣятельностью бактерій. Они брали широкую стеклянную трубку длиною въ одинъ метръ, наполняли ее пескомъ съ известью 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 дѣйствию паровъ хлороформа. Послѣ этого нитрификация прекращалась. Въ фильтратѣ вмѣсто азотной кислоты появлялся амміакъ. Такъ какъ хлороформъ прекращаетъ дѣятельность только живыхъ организмовъ,

не дѣйствуя ни на какіе химическіе процессы, не связанные съ жизнью, то отсюда Шлѣзингъ и Мюнцъ выводятъ заключеніе, что нитрификація въ почвѣ есть результатъ дѣятельности микроорганизмовъ.

Послѣ многихъ попытокъ различныхъ изслѣдователей получить нитрифицирующіе организмы въ чистыхъ культурахъ это удалось наконецъ Виноградскому<sup>1)</sup>. Оказалось необходимымъ брать питательную среду, очень бѣдную органическими веществами и лучше даже совсѣмъ лишенную ихъ. Виноградскій употреблялъ слѣдующій растворъ:

Сѣрнокислаго амміака . . . . .	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 обнаружить 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 бактерии всегда лежатъ на днѣ сосуда въ видѣ студенистой зооглеи въ тѣсномъ соприкосновеніи съ углекислою магнезіей. Эти-то бактерии, полученныя Виноградскимъ въ чистыхъ культурахъ, и вызываютъ явленія нитрификаціи. Дальнѣйшія изслѣдованія Виноградскаго показали, что въ каждой почвѣ для образованія азотной кислоты на счетъ аммонія необходимо участіе не одного, а двухъ микроорганизмовъ. Одинъ окисляетъ амміакъ въ азотистую кислоту, и другой заканчиваетъ окисленіе до азотной кислоты. Изученіе морфологическихъ свойствъ нитрозныхъ (окисляющихъ до азотистой кислоты) организмовъ изъ различныхъ странъ свѣта заставляеть принять, что ихъ нѣсколько.

<sup>1)</sup> *Виноградскій*, Recherches sur les organismes de la nitrification. (Annales de l'Institut Pasteur. Tome IV, № 4 и 5. 1890. Tome V, № 2, 9. 1891). Archives de sciences biologiques<sup>4</sup> publiées par l'Institut Imperiale de médecine expérimentale. Pétersbourg. Tome 1. 1892. Стр. 86.

Различіе между микробами Старого и Нового Свѣта настолько значительно, что ихъ нельзя отнести даже къ одному роду: приходится различать два рода съ нѣсколькими видами. Виноградскій предлагаетъ сохранить названіе нитробактерій для всей группы микробовъ, превращающихъ амміакъ въ селитру. Нитрозные организмы Старого Свѣта составляютъ родъ *Nitrosomonas* съ двумя видами: *N. eugoraea*, *N. javanensis* и съ мѣстными разновидностями. Нитрозный микробъ Нового Свѣта составляетъ родъ *Nitrosococcus*. Организмъ, окисляющій азотистую кислоту, составляетъ третій родъ *Nitrobacter*. Для чистыхъ культуръ этихъ организмовъ Виноградскій предлагаетъ слѣдующія питательныя жидкости <sup>1)</sup>. Для нитрозныхъ микробовъ:

Ammon. sulf. . . . .	2,0 гр.
Kal. phosph. . . . .	1,0 »
Magn. sulf. . . . .	0,5 »
Natr. chlorat. . . . .	2,0 »
Ferrum sulf. . . . .	0,4 »
Magn. carb. . . . .	въ избыткѣ
Aqua dest. . . . .	1.000 гр.

Для нитратныхъ микробовъ:

Natr. nitros. puriss. . . . .	1,0 гр.
Kal. phosph. . . . .	0,5 »
Magn. sulf. . . . .	0,3 »
Natr. carb. (calc.). . . . .	0,5 »
Natr. chlorat. . . . .	0,5 »
Aqua dest. . . . .	1.000 »

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 всѣ предосторожности. Въ этой средѣ, послѣ зараженія ея каплей изъ чистой культуры ни-

<sup>1)</sup> О методахъ выдѣленія микробовъ нитрификаціи изъ почвы см. статью Омелянскаго въ Архивѣ біологическихъ наукъ. VII. 1899, стр. 295.



тромадъ, получается быстрое размноженіе ихъ въ темнотѣ безъ выдѣленія кислорода. Нужная для жизненныхъ процессовъ сила доставляется отъ окисленія амміака. Что въ этомъ случаѣ дѣйствительно происходитъ накопленіе органическаго вещества, показываютъ сдѣланныя 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 прямого участія свѣта. Не слѣдуетъ, впрочемъ, думать, что этими опытами была доказана возможность образованія органическаго вещества изъ минеральныхъ безъ *всякаго* участія солнечнаго свѣта. Весь находящійся на земной поверхности амміакъ — органическаго происхожденія. Онъ — продуктъ распада тѣлъ животныхъ и растений и содержитъ въ себѣ запасъ солнечной энергіи, усвоенной при содѣйствіи зеленыхъ растений. Эта энергія и утилизируется нитрифицирующими микроорганизмами.

На основаніи работъ Виноградскаго возникало предположеніе, что эти организмы получаютъ свой углеродъ изъ углекислаго магнія. Годлевскій <sup>1)</sup> доказалъ, что это невѣрно. Въ атмосферѣ, лишенной углекислоты, несмотря на присутствіе углекислаго магнія, нѣтъ усвоенія углерода. Слѣдовательно, нитрифицирующіе микроорганизмы получаютъ свой углеродъ изъ углекислоты атмосферы.

Дальнѣйшія изслѣдованія Виноградскаго и Омелянскаго <sup>1)</sup> выяснили отношеніе микробовъ нитрификаціи къ различнымъ органическимъ веществамъ. Оказалось, что они задерживаютъ ихъ развитіе. Въ прилагаемой таблицѣ для каждаго изъ обоихъ микробовъ дано по два ряда цифръ: въ первыхъ столбцахъ указаны наименьшія концентрации, задерживающія развитіе микробовъ, во вторыхъ—дозы, совершенно останавливающія ростъ.

	Нитрозный микробъ.		Нитратный микробъ.	
Глюкоза . . . . .	0,025—0,05	0,2	0,05	0,2—0,3
Пептонъ . . . . .	0,025	0,2	0,8	1,25
Аспарагинъ . . . . .	0,05	0,3	0,05	0,5—1,0
Глицеринъ . . . . .	0,2	?	0,05	1,0
Мочевина . . . . .	0,2	?	0,5	1,0

<sup>1)</sup> *Godlewski*, O nitryfikacyi amoniaku. Kraków. 1896.

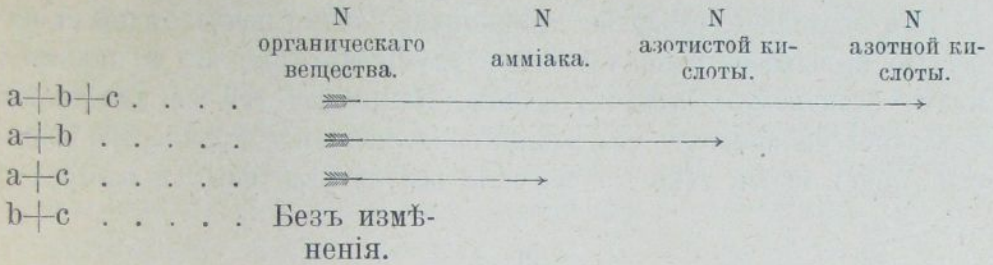
<sup>1)</sup> *Виноградскій и Омелянскій*, Архивъ биологическихъ наукъ Института Эксер. Медицины. VII. 1899, стр. 233.

	Нитрозный микробъ.		Нитратный микробъ.	
	0,5	1,5	1,5	3,0
Уксуснокислый натръ	0,5	1,5	1,5	3,0
Маслянокислый натръ	0,5	1,5	0,5	1,0
Бульонъ . . . . .	10	20—40	10	60
Амміакъ . . . . .	—	—	0,0005	0,015

«Антинитрифицирующее дѣйствіе упомянутыхъ веществъ, какъ видно изъ таблицы, настолько значительно и обнаруживается уже при такихъ слабыхъ концентраціяхъ, что эти вещества, зачисленные въ бактериологіи въ разрядъ питательныхъ, въ данномъ случаѣ не только нельзя признать таковыми, но ихъ нельзя считать и индифферентными; наоборотъ, совершенно очевидна аналогія, существующая между ихъ дѣйствіемъ и дѣйствіемъ веществъ, относимыхъ въ бактериологіи къ группѣ антисептиковъ».

Если присутствіе органическаго вещества задерживаетъ процессъ нитрификаціи, то уже, конечно, нельзя и ожидать нитрификаціи органическаго азота при дѣйствіи чистыхъ культуръ нитрифицирующихъ микроорганизмовъ. Эти организмы, какъ показали Омелянскій<sup>1)</sup>, совершенно лишены способности разлагать азотистыя органическія вещества, отщепляя амміакъ, или же воздѣйствовать непосредственно на азотъ сложной органической частицы, окисляя его. Для нитрификаціи органическаго азота необходимо, чтобы онъ былъ предварительно минерализованъ, т. е. превращенъ въ форму амміака, а для этого требуется участіе, по крайней мѣрѣ, еще одного микроба, который разлагалъ бы органическое вещество съ образованіемъ амміака. Въ опытахъ Омелянскаго происходила нитрификація бульона, только когда была сдѣлана прививка трехъ микробовъ: *Bacillus ramosus*, *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. При прививкѣ *Bacillus ramosus* и *Nitrosomonas* реакція идетъ только до образованія азотистой кислоты. При прививкѣ *Bacillus ramosus* и *Nitrobacter* образуется въ жидкости только амміакъ. Наконецъ, при прививкѣ *Nitrosomonas* и *Nitrobacter* бульонъ остается безъ измѣненія. Всѣ эти отношенія можно представить схематически. Назовемъ *a* микроба, разлагающаго органическое вещество съ образованіемъ  $\text{NH}_3$ , *b*—микроба, окисляющаго  $\text{NH}_3$  въ  $\text{NO}_2\text{H}$ , и *c*—микроба, окисляющаго  $\text{NO}_2\text{H}$  въ  $\text{NO}_3\text{H}$ . Ходъ нитрификаціи при каждомъ изъ показанныхъ въ таблицѣ зараженій выразится слѣдующимъ образомъ:

<sup>1)</sup> Омелянскій, Архивъ біологическихъ наукъ. VII. 1899, стр. 274.



Послѣ того, какъ вопросъ о процессѣ нитрификаціи выясненъ, возникаетъ вопросъ, питаются ли высшія растения исключительно нитратами, и амміачныя соединения служатъ только матеріаломъ для приготовления нитратовъ, или же и сами амміачныя соли могутъ служить непосредственнымъ источникомъ азота для зеленыхъ растений. Опыты послѣдняго времени говорятъ за то, что главная, но не исключительная роль, принадлежитъ нитратамъ. Но при извѣстныхъ благопріятныхъ комбинаціяхъ солей амміачныя соединенія могутъ также служить непосредственнымъ источникомъ азота. Опыты Вагнера <sup>1)</sup> показываютъ, что азотнокислыя и амміачныя удобрения оказываютъ различное дѣйствіе въ зависимости отъ состава почвы. Въ сосудахъ, наполненныхъ болотной почвой, очень бѣдной известью, выращивалась кормовая рѣпа. Въ одной серіи опытовъ часть сосудовъ не получила никакихъ азотистыхъ удобрений, другіе сосуды получили по два грамма азота въ видѣ азотнокислыхъ солей, третьи сосуды получили по два грамма азота въ видѣ амміачныхъ солей. Во второй серіи опытовъ, кромѣ указанныхъ удобрений, въ сосуды всѣхъ трехъ группъ былъ прибавленъ еще известковый мергель. Результаты опытовъ сведены въ слѣдующей таблицѣ:

## У Д О Б Р Е Н І Е .

		Сухое веще- ство жатвы въ граммахъ.	Избытокъ не- редъ неудо- брениями.	
Безъ примѣси известковаго мергеля.	{	Безъ азотистыхъ удобрений . . .	6,3	—
		2 гр. азотнокислаго азота . . .	94,4	88,1
		2 гр. амміачнаго азота . . . . .	29,4	23,1
Съ примѣсью известковаго мергеля.	{	Безъ азотистыхъ удобрений . . .	9,6	—
		2 гр. азотнокислаго азота . . .	92,0	82,4
		2 гр. амміачнаго азота . . . . .	86,7	77,1

<sup>1)</sup> Wagner, Düngeungsfragen. IV. 1900.

Слѣдовательно, удобреніе амміачными солями почвъ, бѣдныхъ известью, вызываетъ незначительное улучшение (рис. 22) и является почти бесполезною тратой денегъ. Напротивъ, тѣ же амміачныя удобренія на почвахъ, содержащихъ достаточное количество извести, дають почти такіе же хорошіе результаты, какъ и азотноки-

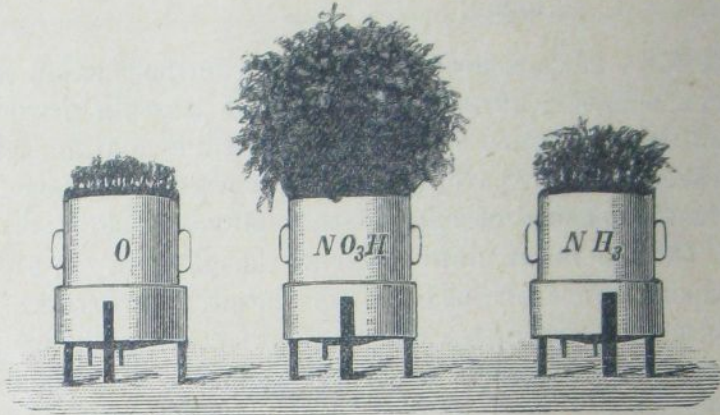


Рис. 22. Сравнительное дѣйствіе азотнокислыхъ и амміачныхъ удобреній въ почвъ, бѣдной известью.

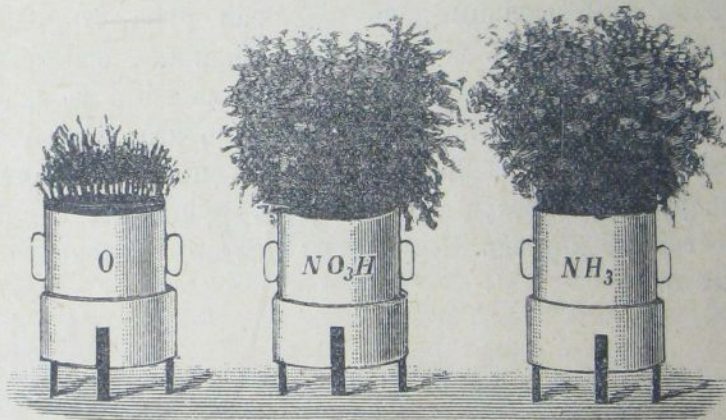


Рис. 23. Сравнительное дѣйствіе азотнокислыхъ и амміачныхъ удобреній въ почвъ, богатой известью.

слыя удобренія (рис. 23). Слѣдовательно, эти опыты доказываютъ пригодность азотнокислыхъ удобреній для различныхъ почвъ; амміачныя же удобренія пригодны для болѣе ограниченного числа почвъ. Причинъ подобнаго явленія двѣ. Во-первыхъ, если допустить, что весь амміакъ предварительно окислялся въ азотную кислоту и затѣмъ уже усваивался растеніями, то вслѣдствіе недо-

статка извести въ опытахъ первой серіи, въ почвѣ накоплялась свободная азотная кислота, вредно дѣйствовавшая какъ на развитіе растеній, такъ и на процессъ нитрификаціи. Во-вторыхъ, если допустить, что часть амміака усваивалась непосредственно, то, въ случаѣ недостатка извести, въ почвѣ опять - таки накоплялась свободная кислота, такъ какъ амміачныя соли относятся къ такъ называемымъ фізіологически - кислымъ солямъ<sup>1)</sup>, т. е. къ такимъ, основаніе которыхъ усваивается растеніями сильнѣе, чѣмъ кислота. Въ обоихъ случаяхъ прибавленіе углекислой извести избавляетъ отъ свободныхъ кислотъ. Но подобныя опыты съ естественными почвами не могутъ дать отвѣта на вопросъ, можетъ ли усваиваться непосредственно амміачный азотъ. Необходимо брать стерилизованныя почвы, гдѣ процессъ нитрификаціи былъ бы устраненъ.

Опыты Пича<sup>2)</sup>, Бреаля<sup>3)</sup> и Коссовича<sup>4)</sup>, работавшихъ со стерилизованными средами, дали положительный результатъ. Коссовичъ выращивалъ растенія въ чистомъ прокаленномъ кварцевомъ пескѣ. Имѣя въ виду давать растеніямъ сѣрноокислый амміакъ и предполагая возможность образованія въ этомъ случаѣ кислой реакціи вслѣдствіе болѣе значительнаго потребленія растеніемъ амміака сравнительно съ сѣрною кислотой, онъ для нейтрализаціи свободной кислоты въ однихъ опытахъ прибавлялъ углекислый кальцій, въ другихъ—гидратъ окиси желѣза. Сѣрноокислый же амміакъ не вводился прямо въ почву съ другими солями, а прибавлялся къ поливной водѣ. Растенія росли хорошо. Сухой вѣсъ, безъ корневой системы, увеличился въ 11—20 разъ по сравненію съ посѣвнымъ зерномъ. По мнѣнію Коссовича, мы имѣемъ въ амміакѣ азотъ, стоящій по питательному достоинству не ниже того же элемента въ нитратахъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ трудно вымываемый изъ почвы. Слѣдовательно, задача будущаго сумѣть такъ вносить амміачное удобреніе въ почву, чтобы его дѣйствіе было не ниже, а выше нитратовъ.

**§ 4. Круговоротъ азота въ природѣ.** На основаніи работъ Бусенго, Шлѣзинга и Мюнца установилось мнѣніе, что всѣ растенія усваиваютъ только связанный азотъ. Огромный же запасъ сво-

<sup>1)</sup> Подробности въ 3-й главѣ.

<sup>2)</sup> *Pitsch*, Landw. Versuchs-Stationen. XLII, pag. I. XLVI, pag. 357.

<sup>3)</sup> *Breal*, Annales agronomiques. 1893, pag. 274.

<sup>4)</sup> *Коссовичъ*, Журналъ опытной агрономіи. 1901, книга 5.

боднаго азота въ атмосферѣ для нихъ не имѣеть никакого значенія. Круговоротъ связаннаго азота въ природѣ Шлѣзингъ представляетъ такимъ образомъ. Азотная кислота, образовавшаяся въ почвѣ, поглощается растеніями и возстановляется 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. Вмѣстѣ 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, при чемъ выдѣляется свободный азотъ. Такъ, извѣстно, что при горѣнн азотистыхъ органическихъ соединеній весь азотъ выдѣляется въ свободномъ состояніи. Разложеніе органическихъ соединеній въ почвѣ также сопровождается выдѣленіемъ свободнаго 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 тихаго 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 (Шенбейнъ). Изъ этихъ трехъ случаевъ только первый имѣеть нѣкоторое значеніе, именно—образованіе связаннаго азота во время грозы. Благодаря работамъ Гельригеля надъ бобовыми растеніями и работамъ Вино-

градскаго надъ почвенными бактеріями, мы знаемъ наконецъ процессы, при которыхъ происходитъ усвоеніе атмосфернаго азота.

§ 5. **Усвоеніе атмосфернаго 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 подъ рядъ 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 улучшитъ дѣла относительно злаковъ. Количество азота въ жатвѣ будетъ держаться почти того же минимума. Иначе идетъ дѣло съ бобовыми растеніями: послѣ введенія подобныхъ же минеральныхъ безазотистыхъ удобреній количество азота въ жатвѣ будетъ значительно повышено. Вотъ результаты ихъ изслѣдованій:

		Продолжительность опытовъ.		Среднее количество азота на гектаръ въ годъ. Килограммы.
		Года.	Сроки.	
Пшеница.	безъ удобреній.	8	1844—1851	28,25
		12	1852—1863	25,33
		12	1864—1875	17,82
		32	1844—1875	23,20
	съ минеральными удобреніями.	12	1852—1863	30,26
		12	1864—1875	19,28
24		1852—1875	24,77	
Бобы.	безъ удобреній.	12	1847—1858	53,91
		12	1859—1870	16,36
		24	1847—1870	35,05
	съ минеральными удобреніями.	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 килограмма на 51,00. Слѣдовательно, бобовыя растенія развиваются нормально, не получая азотистыхъ удобрений.

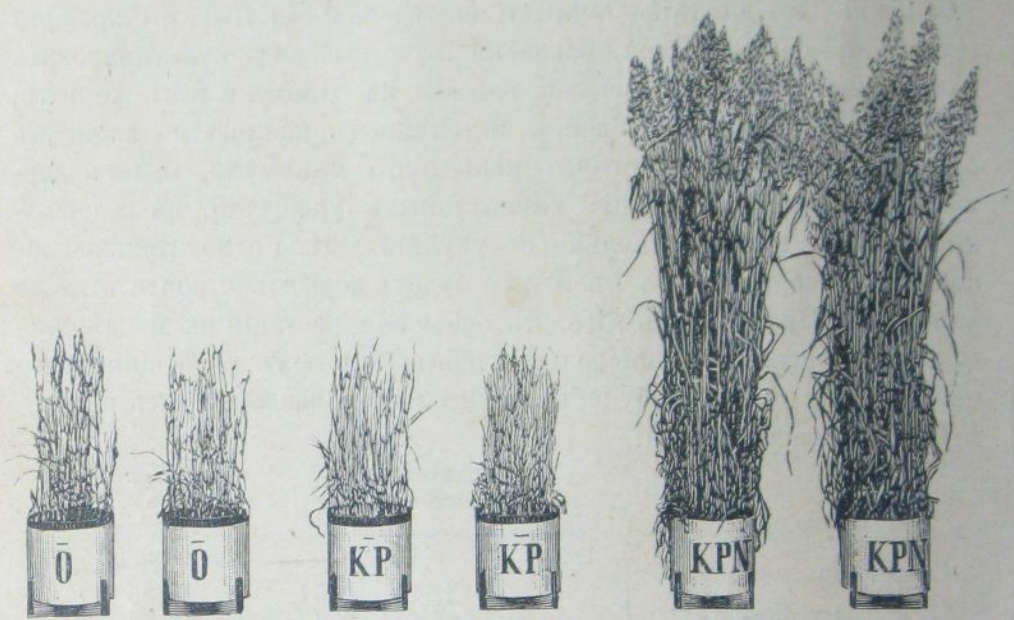


Рис. 24. Овесь. *O*—безъ удобрения. *KP*—удобрень калиемъ и фосфорной кислотой. *KPN*—удобрень калиемъ, фосфорной кислотой и селитрой.

На прилагаемыхъ рисункахъ изображены 2 ряда опытовъ Вагнера<sup>1)</sup>: одинъ съ горохомъ, другой съ овсомъ. Всѣ условія опыта въ обоихъ случаяхъ одинаковы. Сосуды, обозначенные буквой *O*, не получали никакого удобрения, обозначенные *KP* получали кали и фосфорную кислоту, обозначенные *KPN* получали калий, фосфорную кислоту и азотъ въ видѣ селитры. На рисункахъ видна рѣзкая разница между бобовыми и злаками по отношенію къ удобрениямъ. Такъ, овесь въ неудобренномъ сосудѣ представляетъ жалкое развитіе. Введеніе для удобрения калия и фосфорной кислоты не вызываетъ никакого улучшенія, между тѣмъ какъ получившій удобрение изъ кали, фосфорной кислоты и азота далъ прекрасный урожай (рис. 24).

<sup>1)</sup> *P. Wagner*, Ergebnisse von Düngungsversuchen in Lichtdruckbildern. Mit



Совсѣмъ иначе относится къ удобреніяхъ горохъ. Онъ не нуждается въ удобреніи селитрой. Достаточно было введенія калия и фосфорной кислоты, чтобы получить нормальное развитіе. Весь необходимый для себя азотъ горохъ получилъ изъ воздуха (рис. 25).

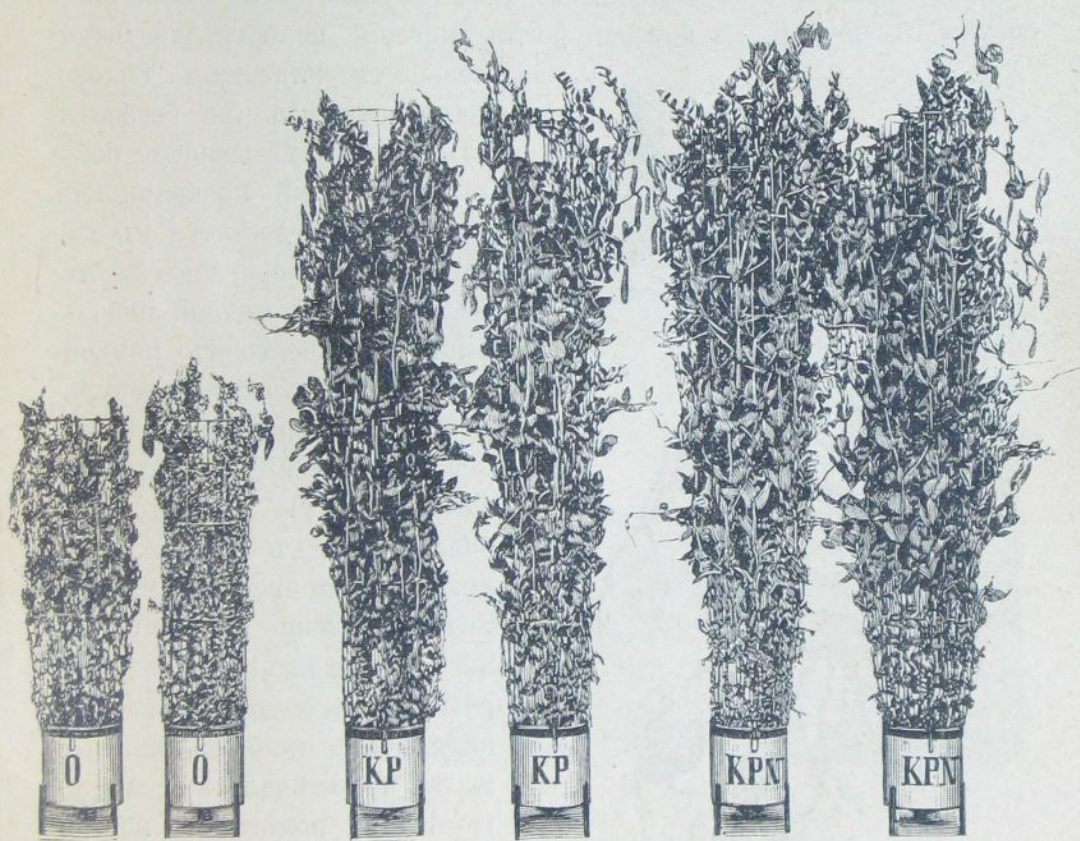


Рис. 25. Горохъ. *O*—безъ удобренія. *KP*—удобрень калиемъ и фосфорной кислотой. *KPN*—удобрень калиемъ, фосфорной кислотой и селитрой.

Разница въ результатахъ опытовъ Бусенго, съ одной стороны, и Лоза и Гильберта, а также Вагнера, съ другой, объясняется тѣмъ, что первый употреблялъ стерилизованныя почвы, вторые же работали въ естественныхъ условіяхъ съ почвами нестерилизо-

erlauterndem Vortrage über die rationelle Düngung der landwirthschaftlichen Kulturpflanzen. 2 Auflage. 1891.

*Вагнеръ*, Основы разумнаго удобренія сельскохозяйственныхъ растений. Переводъ Тимирязева. Москва. 1891. Съ 6 таблицами фотограф. снимковъ.

ванными. Въ последнее время Гельригель и Вильфартъ <sup>1)</sup> выяснили въ своихъ замѣчательныхъ опытахъ, почему бобовыя растенія относятся столь различно къ стерилизованнымъ и нестерилизованнымъ почвамъ. 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 предвари-

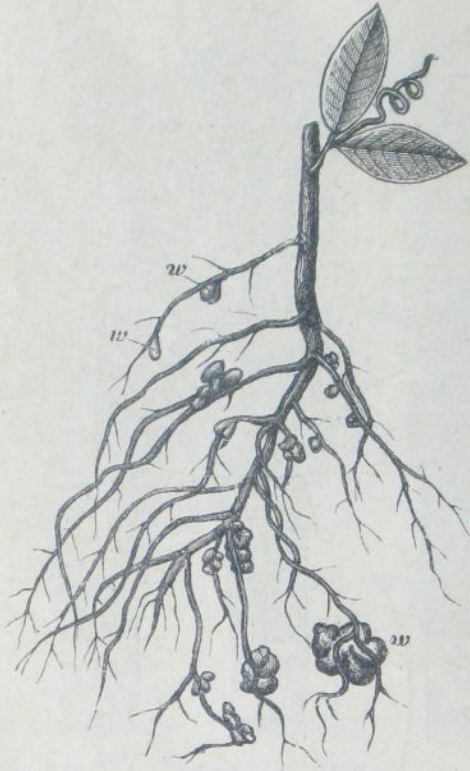


Рис. 26. Клубеньки *w* на корняхъ гороха.

тельно стерилизованы. Въ стерилизованныхъ же безазотистыхъ почвахъ развитие бобовыхъ растеній прекращалось вслѣдствіе недостатка въ азотѣ. Зараженіе сосудовъ съ стерилизованной почвой небольшимъ количествомъ почвеннаго настоя давало въ результатѣ нормальное развитие бобовыхъ растеній: они давали жатву, богатую азотомъ. Прибавленіе же къ стерилизованной почвѣ почвеннаго настоя, предварительно прокипяченнаго, оставалось безъ всякаго результата: растенія недоразвивались, и прибыли 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 (рис. 26). Изслѣдуя корни выращенныхъ ими бобо-

<sup>1)</sup> *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).

выхъ растений, 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.

Еще Воронинъ <sup>1)</sup>, изслѣдуя клубеньки люпиновъ, нашелъ въ нихъ маленькія тѣльца, напоминающія бактерій, которыя въ водѣ оживали и начинали двигаться. Эти тѣльца онъ считалъ причиною, вызывающею образованіе клубеньковъ.

Гельригель 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 (рисункъ 27). Внутреннія

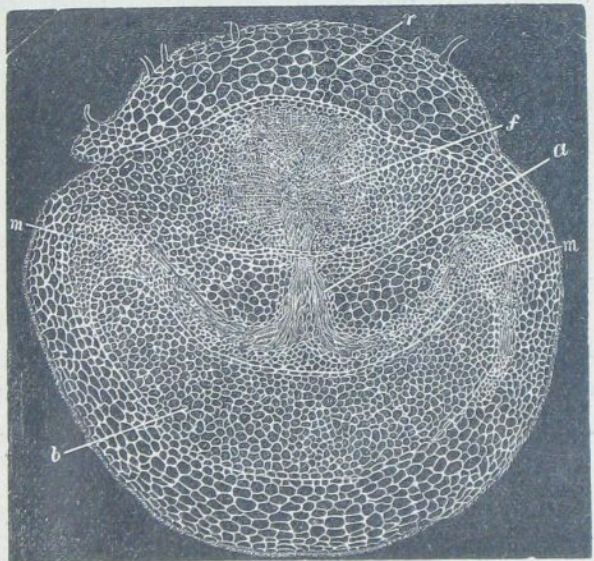


Рис. 27. Поперечный разрѣзъ черезъ клубенькъ, *f* — сосудистые пучки корня, *a* — сосуд. пучки клубенька, *b* — бактероидная ткань, *m, m* — молодые разрастающіеся концы бактероидной ткани *r* — кора корня.

клетки сильно отличаются отъ болѣе наружныхъ. Онѣ составляютъ такъ называемую бактероидную ткань, имѣютъ тонкія оболочки и переполнены массой бѣлковаго вещества, которое въ молодыхъ клубенькахъ главнымъ образомъ состоитъ изъ палочекъ, сильно напоминающихъ бактерій. Въ болѣе старыхъ клубенькахъ эти палочки вѣтвисты. Онѣ называются бактероидами. Клетки наружныхъ слоевъ паренхимы бѣдны содержимымъ. Только клетки, прилегающія къ бактероидной ткани, наполнены крахмаломъ. Сна-

<sup>1)</sup> Воронинъ, Mémoires de l'Acad. de St.-Petersbourg, VII série, X tome, 1866

ружи клубенекъ покрытъ слоемъ пробковой ткани. Отъ сосудистыхъ пучковъ корня отходятъ въ клубенекъ нѣсколько сосудистыхъ пучковъ.

Бейеринку <sup>1)</sup> и Пражмовскому <sup>2)</sup> удалось получить чистыя культуры бактерій, живущихъ въ клубенькахъ. Послѣ перенесенія въ питательный растворъ молодыхъ бактерій или уже измѣненныхъ бактерій, такъ называемыхъ бактериоидовъ, онѣ начинаютъ дѣлиться и быстро размножаются. Вновь образовавшіеся организмы ничѣмъ не отличаются отъ обыкновенныхъ бактерій и такъ же 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 культурою *Bacterium radicola* можно замѣтить въ корневыхъ волоскахъ гороха группы бактерій. Затѣмъ группа бактерій покрывается оболочкой и образовавшійся комокъ начинаетъ вырастать въ мѣшокъ, который идетъ черезъ весь волосокъ и входитъ въ клѣтки паренхимы корня, пронизывая ихъ оболочки. Послѣ вхожденія въ корень бактерійный мѣшокъ начинаетъ сильно вѣтвиться. Въ то же время клѣтки паренхимы корня начинаютъ усиленно дѣлиться на той сторонѣ, гдѣ происходитъ разрастаніе бактерійнаго мѣшка, вслѣдствіе чего эта часть выпячивается и даетъ клубенекъ. Вѣтви бактерійнаго мѣшка занимаютъ среднюю часть клубня, послѣ чего ихъ оболочки растворяются и освободившіяся бактеріи смѣшиваются съ содержимымъ клѣтокъ. Тогда подъ вліяніемъ клѣточного сока онѣ принимаютъ вѣтвистый видъ и превращаются въ бактериоиды. Къ этому времени въ клубенькѣ образуются сосудистые пучки. Спустя нѣкоторое время бактериоидная ткань начинаетъ опоражниваться. 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.

Для рѣшенія вопроса, какими частями — подземными или надземными — бобовыя растенія усваиваютъ атмосферный азотъ при

<sup>1)</sup> *Beyerinck*, Bot. Zeitung. 1888, pag. 725.

<sup>2)</sup> *Pražmowski*, Landw. Versuchs-Stationen. XXXVII. 1890, pag. 161.

помощи своих клубеньковъ, Коссовичъ <sup>1)</sup> лишалъ атмосфернаго азота въ однихъ опытахъ листья, въ другихъ корни изслѣдуемыхъ растений и пришелъ къ заключенію, что азотъ усваивается корнями.

Зараженіе бобовыхъ растений культурами *Bacterium radicola* не всегда ведетъ къ улучшенію развитія этихъ растений. Позднее зараженіе (въ іюлѣ) вызываетъ быстрое образованіе клубеньковъ на корняхъ, но получившія ихъ растенія начинаютъ расти нисколько не лучше, а, напротивъ, даже хуже, чѣмъ незараженные. Клубеньки являются просто паразитами. Микроскопическое изслѣдованіе показываетъ, что въ этомъ случаѣ не происходитъ превращенія бактерій въ бактероидовъ. Поэтому Ноббе и Гильтнеръ <sup>2)</sup> думаютъ, что усвоеніе атмосфернаго азота идетъ въ связи съ образованіемъ бактероидовъ. По мнѣнію названныхъ изслѣдователей, продолжительная культура (съ весны до середины лѣта) *Bacterium radicola* на питательной желатинѣ дѣлаетъ ихъ сильнѣе, и ихъ труднѣе заставить превратиться въ бактероиды. Съ другой стороны, и само бобовое растеніе должно обладать извѣстной крѣпостью, чтобы вызвать превращеніе бактерій въ бактероидовъ. Этой силой поздно зараженные и поэтому истощенные экземпляры уже не обладаютъ.

Изученіе клубеньковыхъ бактерій различныхъ бобовыхъ растений приводитъ къ заключенію, что ихъ существуетъ нѣсколько разновидностей. Такъ, для нормальнаго развитія *Robinia pseudacacia* въ почвѣ, лишенной азотистыхъ соединеній, необходимо зараженіе культурой изъ клубеньковъ *Robinia*, зараженіе же бактеріями изъ клубеньковъ гороха или лупина не вызываетъ никакого улучшенія. Напротивъ, зараженіе культурой изъ клубеньковъ *Cytisus* вызываетъ нормальное развитіе, хотя и нѣсколько болѣе слабое, чѣмъ при зараженіи бактеріями *Robinia* <sup>3)</sup>.

**§ 6. Усвоеніе атмосфернаго азота бактеріями.** Уже на основаніи работъ Бергло <sup>4)</sup> становилось весьма вѣроятнымъ, что различныя почвы усваиваютъ атмосферный азотъ при помощи жи-

<sup>1)</sup> *Kossovich*, *Botanische Zeitung*. 1892.

<sup>2)</sup> *Nobbe und Hiltner*, *Landw. Versuchs-Stationen*. XLII. 1893, pag. 459.

<sup>3)</sup> *Nobbe, Schmidt, Hiltner und Hotter*, *Landw. Versuchs-Stationen*. XXXIX. 1891, pag. 327.

<sup>4)</sup> *Berthelot*, *Annales de chimie et de physique*. VI série, XIII tome. 1888, pag. 5.

вущихъ въ нихъ микроорганизмовъ. Виноградскому <sup>1)</sup> же удалось вполне выяснитъ этотъ процессъ. Культура ведется въ жидкости, содержащей сахаръ, но вполне лишенной азотистыхъ соединеній. Если бросить щепотку земли въ указанную жидкость, то, несмотря на отсутствіе азотистыхъ соединеній, начинается сильное броженіе съ образованіемъ углекислоты, большихъ количествъ водорода, масляной кислоты и уксусной. Размноженіе бактерій сопровождается усвоеніемъ атмосфернаго азота. Количество усвоеннаго азота находится въ тѣсной связи съ количествомъ потребленнаго сахара, какъ видно изъ прилагаемой таблицы:

	1.	2.	3.	4.
Количество сахара въ грамм. . . . .	2,0	2,0	4,0	20,0
Количество азота въ милл. {	въ началѣ	0,0	0,0	0,0
	въ концѣ	3,9	5,9	9,7
			28,0	

Прибавленіе амміачныхъ соединеній въ ничтожныхъ количествахъ дѣйствуетъ благопріятно. Но, по мѣрѣ увеличенія амміачныхъ соединеній въ культурной жидкости, количество усвоеннаго атмосфернаго азота постепенно уменьшается и наконецъ становится равнымъ нулю.

	5.	6.	7.	8.
Количество сахара въ грамм. . . . .	3,0	3,0	3,0	3,0
Количество азота въ милл. {	въ началѣ.	2,1	8,5	17,0
	въ концѣ .	9,1	12,1	17,3
	прибыль .	7,0	3,6	0,3
			—2,2	

Слѣдовательно, ассимиляція атмосфернаго азота возможна только въ субстратѣ или совершенно лишенномъ азотистыхъ соединеній, или очень бѣдномъ ими.

Попытки получить чистыя культуры бактерій, усваивающихъ атмосферный азотъ, сначала были безуспѣшны. Оказалось необходимымъ вести культуру безъ доступа воздуха. Слѣдовательно, эти бактеріи принадлежатъ къ такъ называемой группѣ «анаэробныхъ» бактерій, т. е. способныхъ расти только въ средѣ, лишенной кислорода. Культуры въ атмосферѣ чистаго азота дали возможность

<sup>1)</sup> *Виноградскій*, Comptes rendus. CXVI. 1893. CXVIII. 1894. Дневникъ IX съѣзда русскихъ естествоиспытателей и врачей. Москва. 1894. Архивъ біологическихъ наукъ Института эксперим. медицины. Петербургъ. 1895. Т. III. Вып. 4.

получить микробъ въ чистомъ видѣ. Въ нечистыхъ культурахъ на воздухѣ эти организмы могутъ развиваться только подъ условіемъ присутствія другихъ бактерій, поглощающихъ весь поступающій въ жидкость кислородъ.

На основаніи изложенныхъ условій для жизни микроорганизмовъ, усваивающихъ атмосферный азотъ, можно вывести заключеніе, что они могутъ при естественныхъ условіяхъ проявлять свои функціи только въ почвахъ мало вентилируемыхъ, содержащихъ органическія соединенія и бѣдныхъ азотистыми.

Поэтому понятно, что сельскому хозяину рассчитывать на нихъ, какъ на источникъ азота, много не приходится: плохой доступъ воздуха въ почву и бѣдность ея азотистыми соединеніями не принадлежатъ къ числу условій, благопріятныхъ для разведенія злаковъ и другихъ сельско-хозяйственныхъ растений. Но на истощенныхъ почвахъ подъ паромъ, покрытыхъ разнообразными простѣйшими зелеными организмами, задерживающими проникновеніе кислорода внутрь почвы, получаютъ уже болѣе благопріятныя условія для дѣятельности этихъ бактерій. Такъ, Коссовичъ <sup>1)</sup> нашелъ, что сами по себѣ водоросли не усваиваютъ атмосфернаго азота, но присутствіе ихъ дѣйствуетъ очень благопріятно на усвоеніе азота бактеріями, которыя пользуются выработанными водорослями органическими соединеніями.

§ 7. Усвоеніе азота простѣйшими растеніями. Азотно-кислыя соли, представляющія лучшій источникъ азота для высшихъ зеленыхъ растений, не годятся для питанія простѣйшихъ безхлорофилльных растений, каковы, на примѣръ, бактеріи, дрожжи, плѣсени и прочіе грибы. Въ искусственныхъ культурахъ азотъ имъ доставляется или въ видѣ сложныхъ органическихъ соединеній, или, по крайней мѣрѣ, въ видѣ амміачныхъ солей. Выше были уже указаны питательныя смѣси для подобныхъ организмовъ. Указано было также, что различные организмы требуютъ различныхъ питательныхъ средъ.

<sup>1)</sup> Коссовичъ, Botanische Zeitung. I Abtheilung. 1894, pag. 97.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### Усвоение элементовъ золы.

§ 1. **Культуры въ искусственныхъ почвахъ.** Въ составъ cadaго растенія и cadaго его органа, кромѣ четырехъ органоеновъ—углерода, водорода, кислорода и азота,—входитъ еще много другихъ элементовъ, такъ называемыхъ элементовъ золы. При сжиганіи растеній четыре органоена улечувиваются, но постоянно останеа болѣе или менѣе значительное количество золы. По Кнопу, среднее количество золы въ сухомъ веществѣ растеній равно 5%. Въ золѣ 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, таллій, титанъ, олово, свинець, мышьякъ, селенъ, марганецъ, желѣзо, кобальтъ, никкель, мѣдь и серебро.

Культуры растеній въ искусственно приготовленныхъ почвахъ показываютъ, что для правильного развитія растеній необходимы только немногіе изъ перечисленныхъ элементовъ. Для искусственныхъ культуръ употребляютъ или твердый непитательный субстратъ, къ которому прибавляются различные соли, или воду, также съ растворенными въ ней тѣми или другими соединеніями, это—водныя культуры. Твердымъ субстратомъ можетъ служить очищенный кварцевый песокъ, пемза или уголь, а также мелко изрѣзанная платиновая проволока; но послѣдняя очень дорога. Изъ названныхъ субстратовъ болѣе всего употребляется песокъ съ примѣсью различныхъ солей. Чаше 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 Ноббе <sup>1)</sup>.

На основаніи культуръ въ искусственныхъ почвахъ оказалось, что для развитія растеній нужно присутствіе только слѣдующихъ элементовъ: азота, сѣры, фосфора, калия, кальция, магнія и желѣза,

<sup>1)</sup> Кноп, Kreislauf des Stoffs. Leipzig. 1868, pag. 572—663.



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  $Ca(NO_3)_2$ .

Къ раствору этихъ соединений затѣмъ прибавляется немного фосфорнокислаго желѣза. Хотя азотъ не входитъ въ составъ золы, 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 кноровскою смѣсью. Растворы должны быть очень слабы. Сначала для молодыхъ еще растений употребляются 0,1% растворы. Затѣмъ съ возрастомъ растений можно употреблять болѣе крѣпкіе растворы, до 0,5%. Сѣмена, предназначенныя для культуры, проращиваютъ на канвѣ, натянутой надъ сосудомъ съ дистиллированной водой. Послѣ появленія небольшого корешка, растенъица переносятъ въ растворъ минеральныхъ солей. Въ растворъ погружается только корень. Растенъица закрѣпляется въ разрѣзѣ пробки посредствомъ ваты и вставляется въ горло стекляннаго сосуда, содержащаго растворъ солей (рис. 28).

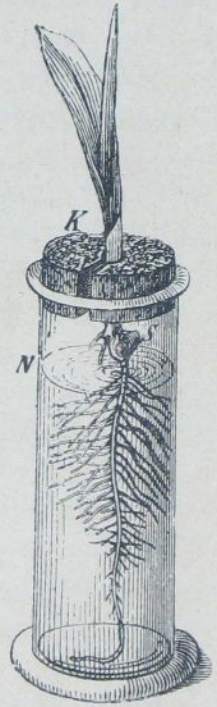


Рис. 28.  
Водная культура.

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 слабого раствора фосфорной кислоты, пока жидкость не сдѣлается слабо кислою.

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

Употребляемая при водныхъ культурахъ соли раздѣляются на двѣ группы: на физиологически-щелочныя и физиологически-кислыя. Къ первымъ относятся тѣ соли, кислота которыхъ энергично потребляется растеніемъ, основаніе же совсѣмъ не потребляется,

или поглощается въ меньшихъ количествахъ, благодаря чему среда, окружающая корни, дѣлается щелочной. Примѣромъ такихъ солей служитъ чилийская селитра. Если же, наоборотъ, основаніе соли поглощается растеніемъ, а кислота—нѣтъ или въ меньшей степени, то среда дѣлается кислой. Примѣромъ физиологически-кислыхъ солей служитъ хлористый аммоній, сѣрно-кислый аммоній. Вредное вліяніе физиологически-кислыхъ и физиологически-щелочныхъ солей въ почвахъ, имѣющихъ сложный составъ, легко устраняется соответствующими реакціями. Въ водныхъ же и песчаныхъ культурахъ простого состава съ этимъ явленіемъ нужно считаться.

## § 2. Значеніе необходимыхъ элементовъ золы<sup>1)</sup>.

Относительно значенія отдѣльныхъ элементовъ золы извѣстно только очень немного; о многихъ изъ нихъ извѣстно только то, что они необходимы, потому что отсутствіе въ почвѣ одного изъ такихъ элементовъ отражается прекращеніемъ роста растений.

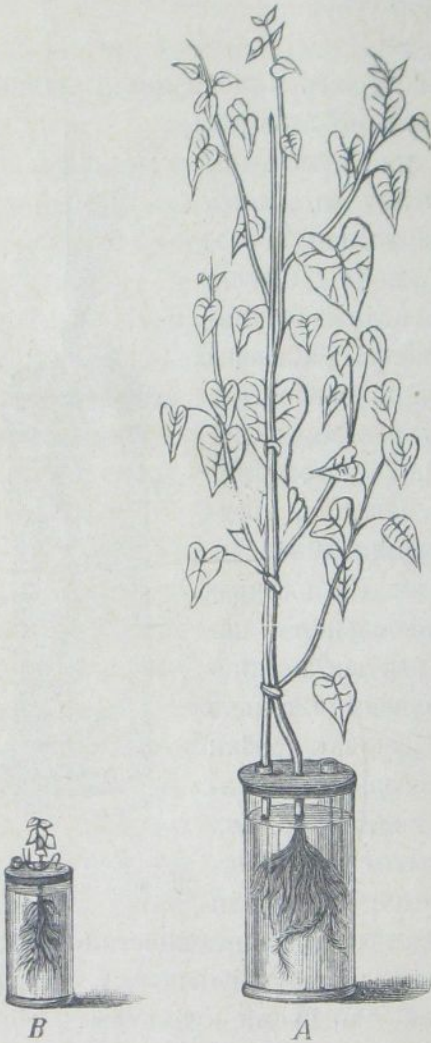


Рис. 29. Гречиха. А—съ калиемъ,  
В—безъ калия.

Рисунокъ 29-й даетъ два экземпляра гречихи, изъ которыхъ

<sup>1)</sup> Berthelot, Chimie végétale et agricole. Tome quatrième. Paris. 1899.  
A. Mayer, Lehrbuch der Agriculturchemie. 5 Auflage. Heidelberg. 1902.

одинъ (А) выращенъ въ растворѣ, содержащемъ всѣ необходимые зольные 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. Вводитъ въ питательный растворъ сѣру нужно въ видѣ сѣрнокислыхъ солей одного изъ необходимыхъ для растеній оснований. Всѣ прочія сѣрнистыя соединенія вредны для растеній. Заменить сѣру другимъ элементомъ не удастся.

*Фосфоръ* также принадлежитъ къ необходимымъ элементамъ. Онъ входитъ въ составъ нуклеиновъ — особой группы бѣлковыхъ веществъ. Вводитъ въ растворъ его можно только въ видѣ солей трехъ-основной фосфорной кислоты. Другія соединенія фосфора вредны для растеній. Другимъ элементомъ не можетъ быть замѣненъ.

*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<sup>1)</sup>. Безхлорофильныя цвѣтковые содержатъ кальція гораздо меньше, чѣмъ зеленныя растенія<sup>2)</sup>.

*Магній* необходимъ для растеній. Онъ сопровождаетъ бѣлковыя вещества.

Наконецъ, *железо* — необходимый элементъ для растеній. Безъ желѣза нѣтъ хлорофилла. Несмотря на присутствіе свѣта, при этихъ условіяхъ вырастаютъ блѣдныя хлоротическія растенія<sup>3)</sup>.

**§ 3. Значеніе второстепенныхъ элементовъ золы.** Кромѣ небольшого количества зольныхъ элементовъ, безусловно необходимыхъ для растеній, въ золѣ находится еще очень значительное ко-

<sup>1)</sup> *Loew*, Liming of soils from a physiological standpoint. U. S. Department of Agriculture. Bulletin № 1. Washington. 1901.

<sup>2)</sup> *Aso*, On the lime content of Phanerogamic parasites (Bulletin of the College of Agriculture. Tokyo. IV. № 5, pag. 387. 1901).

<sup>3)</sup> *Molisch*, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena. 1892.

личество другихъ элементовъ. Считать эти элементы совершенно ненужными или безразличными для растеній нельзя. Всякій зольный элементъ, попавшій въ растеніе, оказалъ на него какое-либо полезное или вредное вліяніе, хотя бы и незначительное. Если при отсутствіи того или иного элемента удастся вырастить въ кюповскомъ растворѣ нормальное растеніе, то отсюда еще не слѣдуетъ, что присутствіе этихъ элементовъ не могло бы въ какомъ-либо отношеніи оказаться для растенія полезнымъ.

— *Кремній*, напримѣръ, во многихъ растеніяхъ находится въ очень большомъ количествѣ. Тѣмъ не менѣе, опыты съ 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 полегаго хлѣба<sup>1)</sup> показываетъ, что они имѣютъ всѣ особенности строенія этиолированныхъ стеблей (рис. 30). Въ нормальныхъ стебляхъ мы видимъ мелкія клѣтки съ толстыми оболочками, въ полегихъ же стебляхъ, такъ же, какъ и въ стебляхъ, выросшихъ при недостаткѣ свѣта, клѣтки очень крупны, съ тонкими оболочками.

Итакъ, въ лабораторныхъ опытахъ, гдѣ растенія защищены отъ неблагоприятныхъ внѣшнихъ условій, кремній не нуженъ. Иное дѣло—развитіе при естественныхъ условіяхъ. Здѣсь кремній является очень полезнымъ элементомъ въ борьбѣ за существованіе, какъ средство защиты отъ вреда, наносимаго различными паразитами. Черезъ клѣтки, пропитанныя кремнеземомъ, труднѣе проникаютъ грибныя гифы. Злаки, воспитываемые въ водныхъ растворахъ безъ кремнекислыхъ солей, часто настолько сильно страдаютъ отъ головневыхъ грибовъ, что едва могутъ быть сохранены отъ гибели. Твердость растеній, какъ результатъ окремнѣнія, хорошо ихъ защищаетъ отъ поѣданія животными. Напримѣръ, растеніе *Lithospermum argense*, выращенное въ водной культурѣ безъ кремнія, очень сильно страдало отъ травяныхъ тлей, несмотря на то, что его ежедневно очищали отъ нихъ. Два рядомъ стоящіе экземпляра *Lithospermum*, также росшіе въ водныхъ культурахъ безъ кремнія, но за которыми былъ менѣе тщательный уходъ, погибли отъ травяныхъ тлей, тогда какъ рядомъ растеніе, росшее въ цвѣточномъ

<sup>1)</sup> Koch, Abnorme Aenderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung.

горшкѣ, очень мало страдало отъ нея. Распредѣленіе кремнезема въ различныхъ частяхъ зерна <sup>1)</sup> вполне подтверждаетъ его защитную роль. На долю зерна проса, лишеннаго пленокъ, приходится только отъ 4,8<sup>0</sup>/<sub>0</sub> до 7,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> всего находящагося въ зернѣ кремнезема. Вся же остальная масса его отъ 92,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> до 95,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> отлагается въ пленкахъ. Такое скопленіе кремнезема въ пленкахъ указываетъ на большую потребность въ

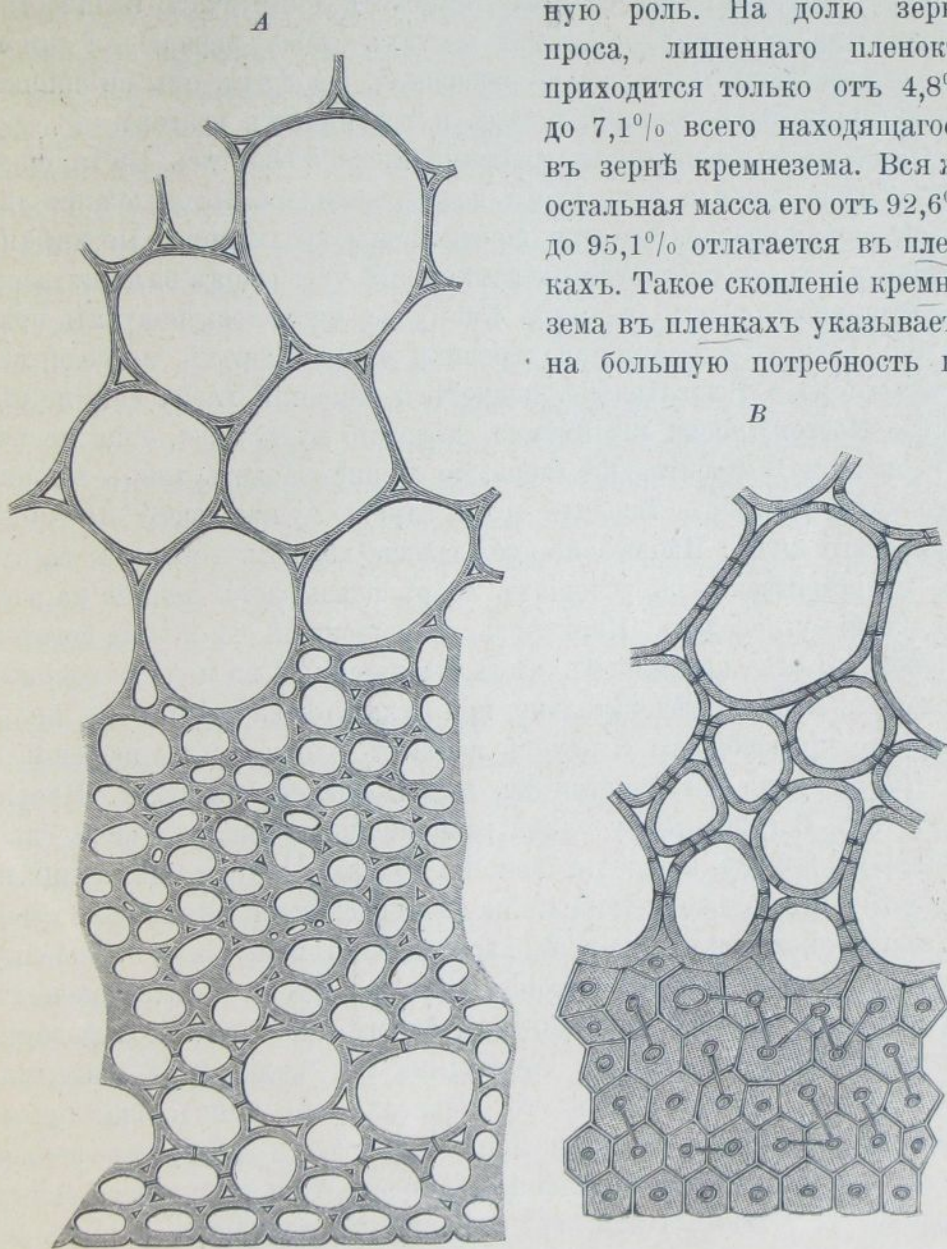


Рис. 30. Поперечные разрѣзы черезъ стебли ржи. А—полегшій стебель, В—нормальный.

<sup>1)</sup> Сабанинъ, О кремнеземѣ въ зернѣ проса. (Журналъ опытной агрономіи. 1901, стр. 257).

немъ для проса, живущаго въ естественныхъ условіяхъ. Исслѣдованія Сабанина надъ созрѣвающими сѣменами проса показываютъ, что растеніе какъ бы спѣшитъ отложить достаточное количество кремнезема въ периферическихъ частяхъ (palea) зерна, для защиты притекающихъ въ зерно запасныхъ веществъ отъ вѣшнихъ неблагоприятныхъ вліяній: погоды и различныхъ враговъ.

Безъ хлора большинство растеній можетъ обойтись. Но въ опытахъ Ноббе гречиха безъ хлора недоразвивалась. Исслѣдованіе листьевъ ея показало, что они переполнены крахмаломъ. По мнѣнію Ноббе, хлоръ способствуетъ перемѣщенію углеводовъ изъ листьевъ въ остальные органы растеній. Кнопю же удавалось получать 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 не изслѣдованною 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, содержащей мало хлора. Слѣдовательно, при культурѣ картофеля для крахмального производства слѣдуетъ избѣгать хлористыхъ удобреній<sup>1)</sup>.

Цинкъ рѣдко встрѣчается въ числѣ элементовъ золы. Напримеръ, онъ встрѣчается у одной разновидности фіалки (*Viola calaminaria*), живущей исключительно на почвахъ, содержащихъ цинкъ. Вѣроятно, что только питаніе цинковыми соединениями вызвало у нея нѣсколько измѣненій видового характера, отличающихъ эту фіалку отъ обыкновенной (*Viola tricolor*). Цинкъ введенъ также Роленомъ въ питательную смѣсь для культуры *Aspergillus niger*. Исслѣдованія Рихтера<sup>2)</sup> надъ развитіемъ *Aspergillus* въ жидкостяхъ, содержащихъ цинкъ и лишенныхъ его, показали, что цинкъ благоприятствуетъ накопленію органическаго вещества и росту въ первое время развитія. Спорообразование въ присутствіи цинка наступаетъ позднѣе. Костычевъ<sup>3)</sup> нашелъ, что присутствіе цинка вліяетъ на обмѣнъ веществъ плѣсневыхъ грибовъ.

<sup>1)</sup> Будрикъ, Искусственныя, преимущественно азотистыя удобренія. Варшава. 1888.

<sup>2)</sup> Рихтеръ, Centralblatt für Bacteriologie. VII. 1901, pag. 417.

<sup>3)</sup> Костычевъ, Berichte botan. Gesellschaft. 1902, pag. 327.

*Алюминій* рѣдко сравнительно встрѣчается въ золѣ растений. У одного растенія (*Hydrangea hortensis*) оказываетъ вліяніе на измѣненіе окраски цвѣтовъ<sup>1)</sup>. Уже давно садовники замѣтили, что *Hydrangea hortensis*, дающая обыкновенно розовокрасные цвѣты, въ нѣкоторыхъ почвахъ начинаетъ образовывать синіе цвѣты. Такковы нѣкоторыя болотистыя и лѣсныя почвы. Изслѣдованіе надъ цѣлымъ рядомъ веществъ опредѣленнаго химическаго состава показало, что синіе цвѣты постоянно получаютъ при введеніи въ почву растворимыхъ соединеній алюминія. Первоначально были употреблены квасцы  $Al_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 24H_2O$ . Они вводились въ почву кусками величиною отъ гороха до лѣсного орѣха. Въ такой почвѣ получались синіе цвѣты. Затѣмъ, въ другомъ рядѣ опытовъ почва однихъ растеній получила только сѣрноокислый алюминій, почва же другихъ растеній получила сѣрноокислый калий. Въ присутствіи сѣрноокислаго калия получались нормальные красные цвѣты, въ присутствіи же сѣрноокислаго алюминія постоянно получались синіе цвѣты и притомъ болѣе интенсивнаго оттѣнка, чѣмъ въ присутствіи квасцовъ. Слѣдовательно, квасцы вызываютъ посинѣніе цвѣтовъ благодаря присутствію въ нихъ алюминія; находящійся же въ нихъ калий значенія не имѣетъ. Этотъ случай даетъ наглядный примѣръ, какъ случайное введеніе ненужнаго элемента можетъ отражаться на ходѣ химическихъ реакцій, въ данномъ случаѣ выразившемся въ измѣненіи окраски цвѣтовъ.

§ 4. **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 Вольфа<sup>2)</sup>, въ которой собраны и приведены въ систему всѣ 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 эле-

<sup>1)</sup> *Molisch*, Botanische Zeitung. 1896.

<sup>2)</sup> *Wolff*, Aschenanalysen. 1 Theil. 1871; 2 Theil. 1880.

ментовъ преобладаетъ въ нихъ. Слѣдующая таблица <sup>1)</sup> (по Либиху) даетъ результаты анализовъ нѣсколькихъ растений, принадлежащихъ къ тремъ названнымъ группамъ.

Названіе растений.	Соли калия и натрія.	Соли кальція и магнія.	Кремнезень.
<i>Кремнеземистыя растенія:</i>			
Овсяная солома и зерно . . . . .	34,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	4,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	62,08 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
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

<i>Известковая растенія:</i>			
Табакъ гаванскій . . . . .	24,34 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	67,44 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	8,30 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» нѣмецкій. . . . .	23,07	62,23	15,25
Табакъ, выросшій на искусственной 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

<i>Поташныя растенія:</i>			
Солома кукурузы . . . . .	71,80 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	6,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	18,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
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 богатыя золой—это водныя растенія. Древесныя растенія—наиболѣе бѣдны золой. Травянистыя растенія занимаютъ среднее мѣсто.

*Chara foetida.*

Чистая зола	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cl
39,08	0,40	0,28	96,23	1,39	0,28	0,28	0,49	0,58	0,09

*Fagus sylvatica.*

Чистая зола.	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cl	
Древесина . . . . .	0,355	14,48	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	—

<sup>1)</sup> Взята изъ *Фамининына*, Обмѣнъ веществъ и превращеніе энергіи въ растеніяхъ. Петербургъ. 1883, стр. 117.



Такое распределение 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 золные элементы также входятъ въ различныхъ количествахъ; кальцій, на примѣръ, значительно преобладаетъ въ листьяхъ.

*Cynara Scolymus.*

Органы.	Чистая зола.	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	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. Последній фактъ объясняется тѣмъ, что въ стебляхъ и корняхъ съ возрастомъ увеличивается количество отмершихъ клѣтокъ, всегда болѣе бѣдныхъ золой.

*Corylus Avellana.*

Корни въ	0,5	миллим. въ діаметрѣ содержатъ 4,30 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> золы.							
» »	1,0	»	»	»	»	»	»	3,00	»
» »	30,0	»	»	»	»	»	»	2,00	»
» »	105,0	»	»	»	»	»	»	1,50	»

*Листья Fagus sylvatica.*

Время.	Чистая зола.	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>
16 мая . . .	4,16	42,11	3,24	13,83	4,36	0,83	32,43	1,62
18 іюля . . .	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	30,5.

Приведенный анализъ листьевъ бука показываетъ, какъ сильно измѣняется съ возрастомъ содержаніе отдѣльныхъ элементовъ золы.

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

Но на основаніи этихъ анализовъ мы еще не имѣемъ никакого права заключать объ абсолютномъ уменьшеніи калия и фосфорной кислоты въ листьяхъ, какъ справедливо указалъ Вемеръ<sup>1)</sup>. Если бы, напримѣръ, въ извѣстномъ количествѣ молодыхъ листьевъ было 50 граммовъ калия и 50 граммовъ остальныхъ элементовъ, то въ золѣ мы нашли бы 50% калия. Предположимъ далѣе, что къ осени листья получили еще 100 граммовъ различныхъ элементовъ, количество же калия осталось то же. Тогда въ золѣ мы нашли бы только 25% калия.

Такъ, по анализамъ Риссмюллера зола листьевъ бука содержитъ слѣдующія количества калия и фосфорной кислоты:

1) калия: въ маѣ . . . . .	31,23 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » іюнѣ . . . . .	21,74 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » іюлѣ . . . . .	11,85 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » августѣ . . . . .	9,81 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » сентябрѣ . . . . .	10,53 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » октябрѣ . . . . .	7,67 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » ноябрѣ . . . . .	5,78 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
2) фосфорной кислоты: въ маѣ . . . . .	21,27 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » іюнѣ . . . . .	8,43 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » іюлѣ . . . . .	5,24 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » августѣ . . . . .	4,53 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » сентябрѣ . . . . .	4,24 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » октябрѣ . . . . .	3,22 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
» » ноябрѣ . . . . .	1,08 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>

Слѣдовательно, въ золѣ процентное содержаніе калия и фосфорной кислоты сильно уменьшается. Сдѣланныя же тѣмъ же Риссмюллеромъ опредѣленія количества калия и фосфорной кислоты въ 1000 листьевъ показываютъ, что объ абсолютномъ уменьшеніи ихъ не можетъ быть и рѣчи.

<sup>1)</sup> *Wehmer*, Landwirthschaftliche Jahrbücher. 1892, pag. 513.

1) калия: въ маѣ . . . . .	0,77 грамма
» » іюнѣ . . . . .	1,20 »
» » іюлѣ . . . . .	1,28 »
» » августѣ . . . . .	1,19 »
» » сентябрѣ . . . . .	1,14 »
» » октябрѣ . . . . .	0,87 »
» » ноябрѣ . . . . .	0,74 »
2) фосфорной кислоты: въ маѣ . . . . .	0,53 грамма
» » » іюнѣ . . . . .	0,46 »
» » » іюлѣ . . . . .	0,56 »
» » » августѣ . . . . .	0,66 »
» » » сентябрѣ . . . . .	0,45 »
» » » октябрѣ . . . . .	0,36 »
» » » ноябрѣ . . . . .	0,14 »

Слѣдовательно, количество калия и фосфорной кислоты въ теченіе вегетаціоннаго періода остается почти постояннымъ и только поздною осенью начинаетъ значительно уменьшаться.

§ 5. **Микрохимическій анализъ зола.** Анализъ зола требуетъ большихъ количествъ матеріала. Между тѣмъ, при детальномъ изученіи распредѣленія и передвиженія зольныхъ элементовъ необходимо довольствоваться небольшими количествами. Въ этомъ случаѣ пользуются микрохимическимъ анализомъ<sup>1)</sup>. Для обнаруженія калия служитъ хлористая платина. Получаются прекрасныя кристаллы хлороплатината калия (рис. 31). Для обнаруженія кальція прибавляютъ разведенной сѣрной кислоты. Получаются иголки гипса (рис. 32). Магній выкристаллизовывается въ видѣ фосфорно-амміачно-магнезіальной соли послѣ прибавленія фосфорнокислаго натра и амміака (рис. 33). Для желѣза служитъ обычная цвѣтная реакція съ желѣзисто-синеродистымъ калиемъ. Для открытія фосфора прибавляется растворъ молибденово-кислаго аммонія въ азотной кислотѣ. Получаются красивыя зеленовато-желтыя кристаллы фосфорно-молибденоваго амміака, принимающіе постепенно все болѣе и болѣе интенсивную зеленую окраску (рис. 34). Сѣра дока-

<sup>1)</sup> *Haushofer*, *Mikroskopische Reactionen*. 1885.

*Klement et Renard*, *Reactions microchimiques à cristaux*. 1886.

*Schimper*, *Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze*. *Flora*. 1890, pag. 207.

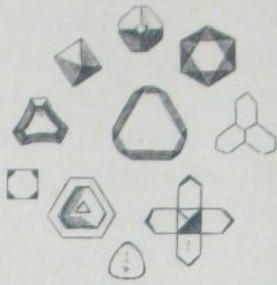


Рис. 31. Хлороплатинатъ калия.

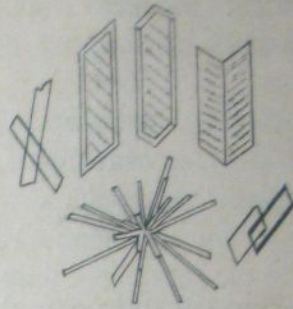


Рис. 32. Сѣрноокислый кальцій.

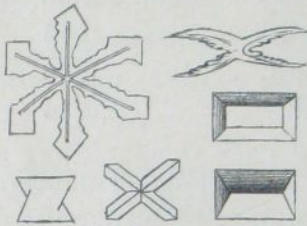


Рис. 33. Фосфорно-амміачно-магнезіальная соль.



Рис. 34. Фосфорно-молибденовый амміакъ.



Рис. 35. Сѣрноокислый стронцій.



Рис. 36. Хлористый таллій.

зывается прибавленіемъ азотнокислаго стронція. Образуются мелкіе закругленные кристаллы сѣрноокислаго стронція (рис. 35). По другому способу получаютъ крупныя кристаллы цезіевыхъ квасцовъ послѣ прибавленія хлористаго цезія и хлористаго алюминія. Реактивомъ на хлоръ служитъ сѣрноокислый таллій. Получаются оригинальныя кристаллы хлористаго таллія (рис. 36).

§ 6. **Растенія и почва.** Растенія получаютъ всѣ необходимыя зольныя элементы изъ почвы. Слѣдующіе три анализа даютъ

понятіе о количествѣ главныхъ минеральныхъ соединеній въ различныхъ почвахъ.

	Глинистая почва.	Глинистый мергель.	Известковый мергель.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	51,52	40,7	11,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	17,93	32,0	10,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7,42	8,9	1,5
CaO . . . . .	1,57	6,0	47,0
MgO . . . . .	7,27	1,2	0,2
K <sub>2</sub> O . . . . .	4,10	0,05	0,1

Кромѣ минеральныхъ соединеній, всякая покрытая растительностью почва содержитъ органическія вещества. Ими особенно богаты болотныя почвы, какъ видно изъ слѣдующей таблицы:

П о ч в ы.	Въ ‰ сухой почвы		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	гумусъ.
Черноземъ Орловской губерніи . . . . .	0,128	0,268	13,08
Черноземъ Саратовской губерніи . . . . .	0,223	0,607	14,58
Болотная почва низменныхъ мѣстностей .	0,25	3,23	82,56
Болотная почва возвышенныхъ мѣстн. .	0,09	1,06	91,47

Химическій анализъ почвы не можетъ дать яснаго понятія о достоинствахъ ея. Не достаточно знать, что въ почвѣ находится много калия, фосфора и другихъ необходимыхъ для растений элементовъ, чтобы имѣть право утверждать, что на данной почвѣ получится хорошій урожай. Нужно еще знать, находятся ли названные элементы въ соединеніяхъ, усвояемыхъ растеніями.

Напримѣръ, извѣстный своимъ плодородіемъ нильскій иль содержитъ только  $\frac{1}{2}\%$  калия и не нуждается въ калийныхъ удобренияхъ, тогда какъ слюдяно-сланцевая почва содержитъ 3‰ калия и тѣмъ не менѣе совершенно бесплодна безъ калийныхъ удобрений.

Чтобы составить себѣ лучшее представленіе о достоинствахъ почвы, кромѣ анализовъ всего количества находящихся въ почвѣ необходимыхъ зольныхъ элементовъ, дѣлаютъ также анализы водныхъ или, гораздо чаще, солянокислыхъ вытяжекъ изъ почвы.

Слѣдующая таблица даетъ понятіе о составѣ солянокислыхъ вытяжекъ изъ различныхъ почвъ:

## Солянокислая вытяжка въ ‰.

П О Ч В Ы.	Солянокислая вытяжка въ ‰.				
	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Суглинокъ Курляндской губ. . .	0,119	0,251	0,042	0,037	—
Черноземъ Орловской губ. . . .	1,69	0,776	0,526	—	0,082
Солонецъ Полтавской губ. . . .	1,45	0,36	0,181	—	—
Черноземъ Саратовской губ. . .	1,7	0,68	0,096	0,006	0,042
Болотная почва низменныхъ мѣстностей . . . . .	5,96	0,19	—	1,51	—
Болотная почва возвышенныхъ мѣстностей . . . . .	0,27	0,19	—	0,22	—

Эта таблица показываетъ, что необходимые для растений элементы находятся въ солянокислой вытяжкѣ въ очень незначительномъ количествѣ. При этомъ нужно еще имѣть въ виду, что далеко не все количество элементовъ, извлекаемыхъ изъ почвы соляной кислотой, можетъ быть извлечено также и растеніями. Нужно имѣть также въ виду, что различныя растенія обладаютъ различной способностью извлекать питательныя вещества изъ почвы. Напримѣръ, Дитрихъ произвелъ опыты надъ нѣсколькими растеніями и опредѣлилъ количество минеральныхъ веществъ, извлеченныхъ растеніями изъ опредѣленныхъ горныхъ породъ. Онъ нашелъ, что минеральныхъ веществъ переведено въ растворъ:

	Изъ песчаника.	Изъ базальта.
3 экз. гороха . . . . .	0,481	0,713
10 » гречихи . . . . .	0,232	0,327
4 » вики . . . . .	0,221	0,251
8 » пшеницы . . . . .	0,027	0,196
8 » рѣпы . . . . .	0,014	0,132

Анализъ солянокислой вытяжки даетъ понятіе о состояніи почвы только въ моментъ анализа. Соединенія, находящіяся въ данный моментъ въ почвѣ въ видѣ силикатовъ, нерастворимыхъ въ кислотахъ и поэтому недоступныхъ для растений, со временемъ, при дальнѣйшемъ ходѣ вывѣтриванія почвы могутъ сдѣлаться доступными для растений.

Если почва содержитъ недостаточное количество необходимыхъ элементовъ въ соединеніяхъ, способныхъ усваиваться растеніями, то качество почвы можетъ быть улучшено введеніемъ удобрений. Величина пользы, получаемой отъ удобрения, зависитъ не только

отъ свойствъ самаго удобренія, но также еще отъ свойствъ удобренной почвы и отъ свойствъ культивируемаго растенія. Возьмемъ, на примѣръ, фосфорнокислыя удобренія. Къ числу очень полезныхъ фосфорнокислыхъ удобреній относится шлакъ Томаса. Онъ получается какъ побочный продуктъ при выплавкѣ стали изъ нечистаго чугуна, содержащаго кремній, сѣру и фосфоръ въ присутствіи извести. Въ этомъ случаѣ весь кремній, сѣра и фосфоръ окисляются и даютъ съ известью соли, всплывающія въ видѣ расплавленнаго шлака надъ сталью. Составъ различныхъ сортовъ шлаковъ Томаса сильно колеблется:

$P_2O_5$ . . . . .	11	—23 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
CaO . . . . .	38	—60 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7,5	—25 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
SiO <sub>2</sub> . . . . .	2,5	—13 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
S . . . . .	0,05	— 2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Различные шлаки отличаются также различной растворимостью находящейся въ нихъ фосфорной кислоты въ кислотѣ лимоннокисломъ амміакѣ. Сорта, содержащіе много фосфорной кислоты, растворимой въ лимоннокисломъ амміакѣ, хорошо усваиваются растеніями. Напротивъ, сорта, содержащіе мало фосфорной кислоты, растворимой въ лимоннокисломъ амміакѣ, мало пригодны для удобреній. На примѣръ, въ опытахъ Вагнера <sup>1)</sup> съ овсомъ, три сосуда получили одинаковое количество (0,5 гр.) фосфорной кислоты въ видѣ шлаковъ Томаса различной растворимости въ лимоннокисломъ амміакѣ; четвертый сосудъ получилъ вдвое большее количество фосфорной кислоты (1 гр.) въ видѣ фосфоритной муки, и пятый сосудъ не получилъ никакихъ фосфорнокислыхъ удобреній. Слѣдующая таблица показываетъ результаты удобреній:

Количество фосф.кислоты въ грамм.	У д о б р е н і е .	Раствори- мость въ ли- моннокисл. амміакѣ.	Количе- ство кат- вы въ грам.	Избытокъ передъ неудоб- реннымъ.
0,5	Шлакъ Томаса . . . . .	65 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	416,7	272,7
0,5	»       » . . . . .	39 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	306,9	162,9
0,5	»       » . . . . .	36 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	281,1	137,1
1,0	Фосфоритная мука. . . . .	2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	159,0	15,0
—	Безъ удобренія . . . . .	—	144,0	—

<sup>1)</sup> *Wagner, Düngungsfragen. III. 1896.*

Свойства удобрения выступают въ этомъ опытѣ очень рѣзко. Хотя четвертый сосудъ получилъ больше другихъ фосфорной кислоты, въ немъ получился ничтожный избытокъ сухого вещества (только 15 гр.) по сравненію съ количествомъ жатвы изъ пятого сосуда, не получившаго никакого фосфорнокислаго удобрения. Растенія не могли усвоить данной фосфорной кислоты. Чѣмъ больше было фосфорной кислоты въ соединеніяхъ, растворимыхъ въ кислотѣ лимоннокисломъ амміакѣ, тѣмъ лучше усваивали ее растенія, и тѣмъ большій получился урожай (рис. 37).

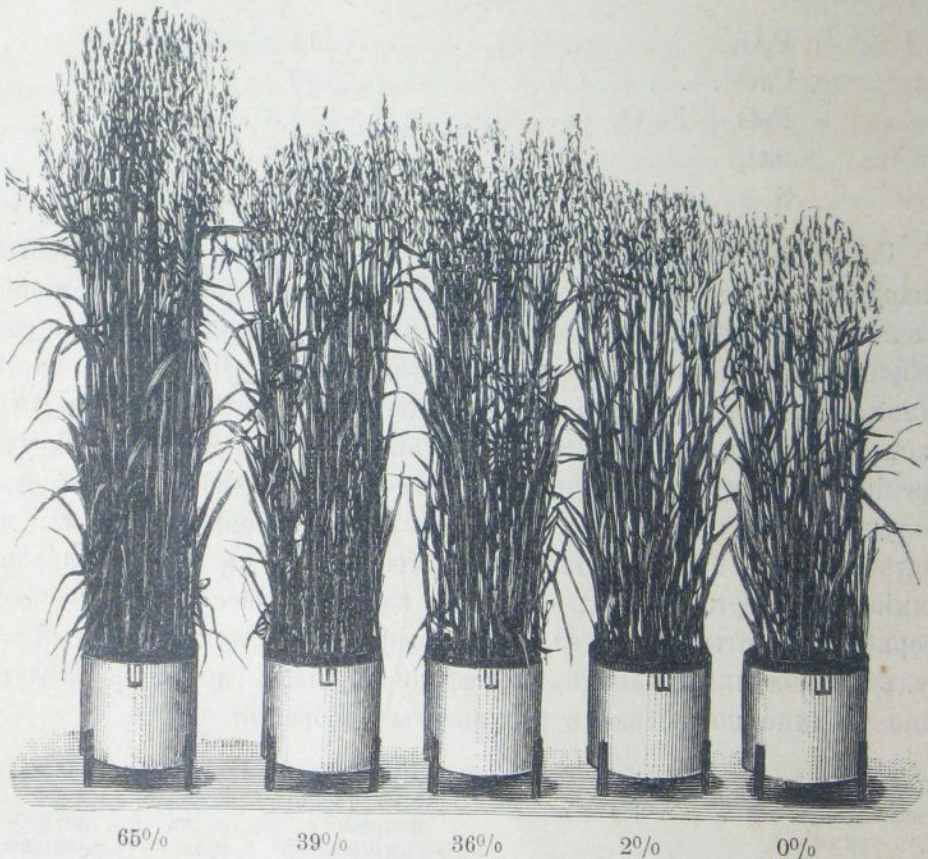


Рис. 37. Вліяніе на урожай шлаковъ Томаса и фосфорита различной растворимости въ лимоннокисломъ амміакѣ.

Нужно обращать вниманіе не на одни только свойства удобрения. Приходится считаться также и съ выращиваемымъ растеніемъ. Одно и то же удобрение на одной и той же почвѣ для однихъ растеній окажется полезнымъ, на другія же не окажетъ никакого



дѣйствія. Напримѣръ, въ опытахъ Прянишникова <sup>1)</sup>, различныя растенія выращивались въ пескѣ, къ которому были прибавлены необходимыя соли. Въ однихъ опытахъ фосфоръ давался въ видѣ кислаго фосфорнокислаго натра ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), въ другихъ же въ видѣ фосфоритовъ. Фосфориты представляютъ собою фосфорнокислую известь въ смѣси съ углекислою известью, пескомъ, глиной, окисями желѣза и алюминія. Опытъ съ просомъ далъ слѣдующіе результаты:

Урожай съ растворим. $\text{P}_2\text{O}_5$ . . . . .	29,07 гр.
» » фосфоритомъ . . . . .	0,57 »

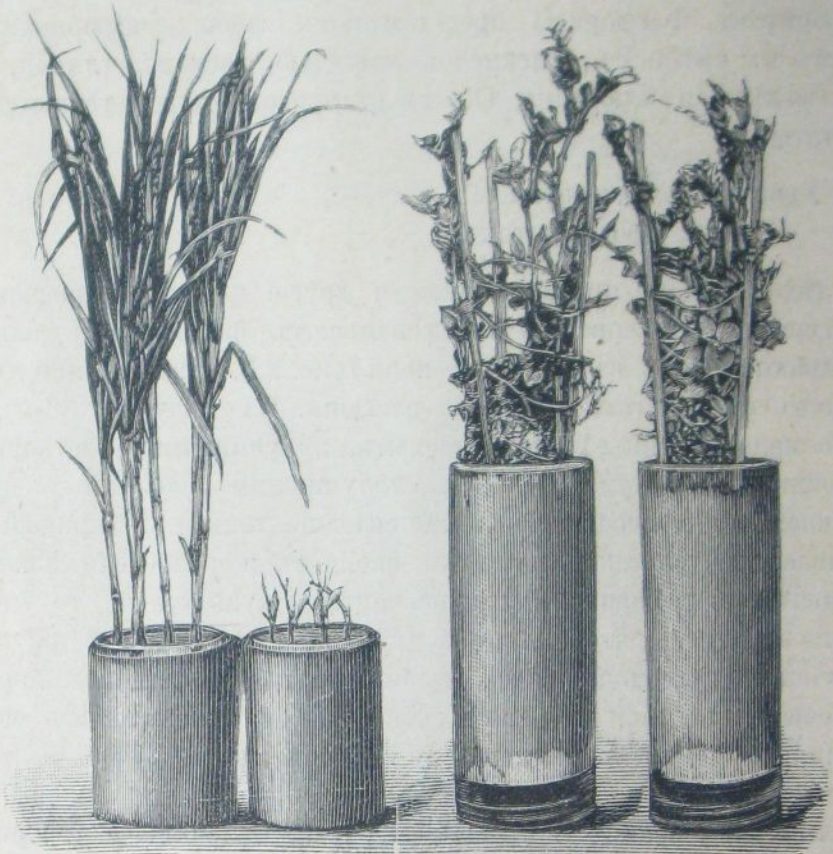
Слѣдовательно, просо, а также и другіе злаки—въ песчаныхъ культурахъ или совѣмъ не усваиваютъ фосфоритовъ, или же усваиваютъ лишь въ слабой степени (рис. 38). Совѣмъ иначе относятся къ фосфоритамъ бобовыя растенія. На рисункѣ 38-мъ замѣтно мало разницы между горохомъ, получившимъ растворимую фосфорную кислоту, и горохомъ, получившимъ фосфоритъ.

Усвояемость фосфоритовъ зависитъ не только отъ природы выращиваемыхъ растений, но и отъ свойствъ почвы. Если злаки не усваиваютъ фосфоритовъ въ песчаныхъ культурахъ, то отсюда еще не слѣдуетъ, что они не будутъ ихъ усваивать и при культурахъ въ другихъ почвахъ. Въ опытахъ Прянишникова, яровая рожь была посѣяна въ четырехъ сосудахъ, содержавшихъ четыре различныхъ почвы: черноземъ изъ Воронежской губерніи, легкій супесокъ изъ Минской губерніи и двѣ подзолистыхъ почвы изъ окрестностей Москвы. Всѣ четыре сосуда получили фосфоритное удобреніе. Получились слѣдующіе результаты:

П о ч в ы.	Урожай зерна.		Общій вѣсъ надземныхъ частей.		Повышеніе урожая въ %.
	Безъ удобрений.	Съ фосфоритомъ.	Безъ удобрений.	Съ фосфоритомъ.	
Черноземъ . . . . .	1,95	2,30	5,65	5,80	+ 3 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Супесокъ . . . . .	1,25	1,50	3,55	4,40	+ 24 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Подзолъ № 1-й . . . . .	0,40	4,75	3,30	10,75	+ 226 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
» № 2-й . . . . .	1,40	3,30	2,35	11,10	+ 372 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>

<sup>1)</sup> *Прянишниковъ*, Усваиваютъ ли культурныя растенія фосфорную кислоту фосфоритовъ? Москва. 1898.

Слѣдовательно, фосфоритъ далъ сильное повышеніе на подзолистыхъ, некультурныхъ почвахъ; черноземъ же совершенно не реагировалъ на это удобрение.



$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . Фосфоритъ.

$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .

Фосфоритъ.

Рис. 38. Сравнительное дѣйствіе фосфорнокислаго натра и фосфорита на просо и горохъ въ песчаныхъ культурахъ.

Такъ какъ яровая рожь не могла сама по себѣ пользоваться фосфорной кислотой фосфоритовъ, то, очевидно, подзолистыя почвы подготовляли фосфоритъ, дѣйствовали на него растворяющимъ образомъ, а черноземъ этого дѣйствія не проявилъ.

Фосфоритъ можетъ быть сдѣланъ полезнымъ для злаковъ и въ песчаныхъ почвахъ подъ условіемъ введенія дополнительнаго удобрения въ видѣ физиологически-кислыхъ солей, именно амміачныхъ солей. Такъ какъ полная замѣна селитры амміакомъ въ водныхъ и песчаныхъ культурахъ бываетъ обыкновенно гибельной

для растений, то Прянишниковъ <sup>1)</sup> замѣнялъ часть селитры соотвѣтствующимъ количествомъ амміака. Разсчитывая при этихъ условіяхъ имѣть среду тѣмъ болѣе наклонную дѣлаться кислой, чѣмъ болѣе вводилось амміачныхъ солей, естественно ожидать, что въ такой кислой средѣ фосфоритъ будетъ растворяться и усваиваться злаками. Такъ на самомъ дѣлѣ и оказалось, какъ видно изъ прилагаемыхъ результатовъ опыта съ овсомъ:

	Нормальная культура $\text{KNO}_3 + \text{PO}_4 + \text{NaNO}_3$ .	Фосфоритъ $\text{NaNO}_3$ .	Фосфоритъ, $\frac{1}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \frac{3}{4}\text{NaNO}_3$ .	Фосфоритъ, $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \frac{1}{2}\text{NaNO}_3$ .	Фосфоритъ, $\frac{3}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \frac{1}{4}\text{NaNO}_3$ .	Фосфоритъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
Урожай надземныхъ частей . . . . .	19,7	6,9	22,0	20,5	19,2	1,6

Данныя урожая говорятъ за то, что при частичномъ замѣщеніи селитры амміачными солями фосфорная кислота фосфорита дѣлается совершенно доступной для овса, такъ что урожай на фосфоритѣ не уступалъ урожаю нормальныхъ культуръ (рис. 39).

Различныя растенія обладаютъ, слѣдовательно, различною способностью пользоваться питательными веществами почвы. Для приведенія въ растворъ нерастворимыхъ въ водѣ частицъ почвы они, какъ мы увидимъ ниже, выдѣляютъ своими корнями кислый сокъ. Но, кромѣ этой способности, многимъ растеніямъ свойственна еще въ высшей степени оригинальная особенность, открытая Каменскимъ <sup>2)</sup>: корни многихъ растеній покрыты грибными гифами. На важное значеніе этого явленія для усвоенія питательныхъ веществъ изъ почвы обратилъ вниманіе Франкъ <sup>3)</sup>, назвавшій покрытый грибными гифами корень грибнымъ корнемъ—микоризой. Обстоятельное изслѣдованіе физиологическаго значенія микоризы сдѣлано въ послѣднее время Шталемъ <sup>4)</sup>. Грибныя гифы въ однихъ случаяхъ покрываютъ корень снаружи; получается эктотрофная ми-

<sup>1)</sup> Прянишниковъ, Результаты вегетаціонныхъ опытовъ за 1899 и 1900 гг. Извѣстія Московск. Сельск.-Хоз. Института. VII. 1901.

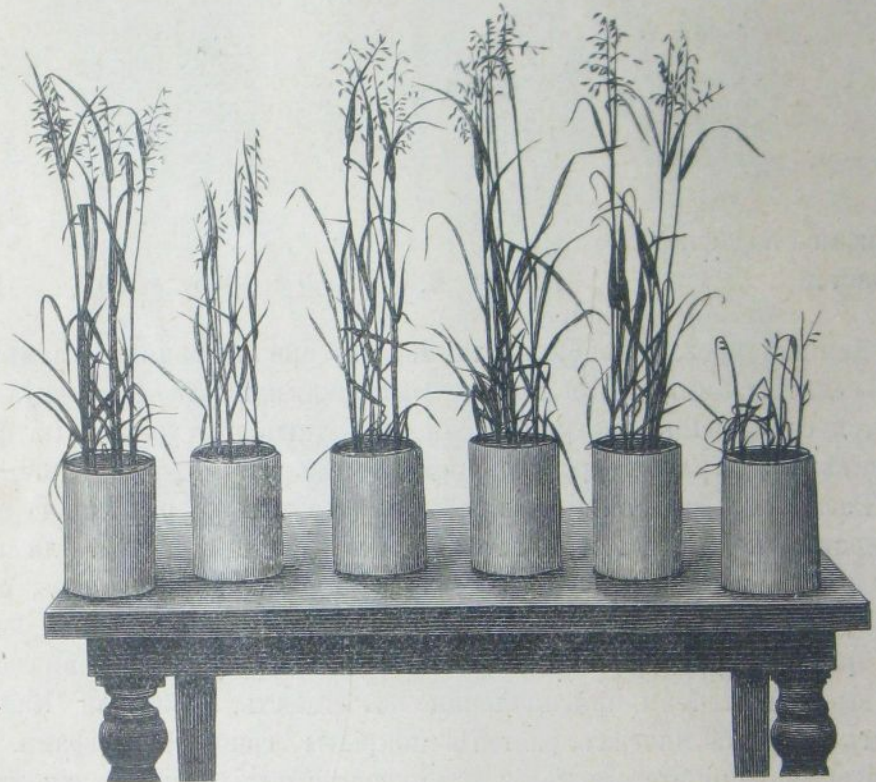
<sup>2)</sup> Каменскій, Botan. Zeitung. 1881.

<sup>3)</sup> Frank, Bericht ed. deutschen botan. Gesellsch. 1885.

<sup>4)</sup> Stahl, Pringsheim's Jahrbücher. XXXIV. 1900, pag. 539.



кориза. На 40-мъ рисункѣ изображена эктотрофная микориза бука. Конецъ корня покрытъ гифами. Отдѣльные пучки ихъ (*p*) отходятъ въ гумусъ и срастаются съ его частицами (*a*). Въ другихъ случаяхъ грибныя гифы находятся внутри клѣтокъ корня— это эндотрофная микориза. На 41-мъ рисункѣ изображена эндотрофная микориза *Andromeda polifolia* въ поперечномъ разрѣзѣ. Грибныя гифы помѣщаются въ видѣ клубковъ въ большихъ поверх-



$\text{KH}_2\text{PO}_4$  Ф о с ф о р и т ъ.

$\text{NaNO}_3$   $\text{NaNO}_3$   $\frac{3}{4}\text{NaNO}_3$   $\frac{1}{2}\text{NaNO}_3$   $\frac{3}{4}\text{NaNO}_3$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
 $\frac{1}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   $\frac{3}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Рис. 39. Дѣйствіе амміачныхъ солей на усвояемость фосфорита.

ностныхъ клѣткахъ корня. Микоризы— очень распространенное явленіе въ растительномъ царствѣ. Между сосудистыми растеніями растеній съ микоризами также много, и, пожалуй, даже болѣе, чѣмъ растеній безъ микоризъ. Микоризы встрѣчаются не только у древесныхъ, кустарныхъ и травянистыхъ растеній, но даже у мховъ. Микоризныя растенія распадаются на облигатныя и факультатив-

ныя. Къ облигатнымъ микоризнымъ растениямъ относятся прежде всего всѣ безхлорофильныя растения. Микоризныя растения встрѣчаются по преимуществу на почвахъ, богатыхъ органическими веществами. При содѣйствіи грибныхъ гифовъ, живущихъ на корняхъ, растения лучше поглощаютъ питательныя вещества изъ почвъ, богатыхъ перегноемъ, чѣмъ безъ ихъ содѣйствія. Безхлорофильныя растения поглощаютъ изъ почвы, при содѣйствіи микоризъ, не только

минеральныя вещества, но и органическія. Для растений же, содержащихъ хлорофиллъ, значеніе микоризъ, главнымъ образомъ, сводится на поглощеніе элементовъ золы, хотя можетъ быть и въ видѣ органическихъ соединеній. Почву, богатую гумусомъ, никакъ нельзя разсматривать только съ

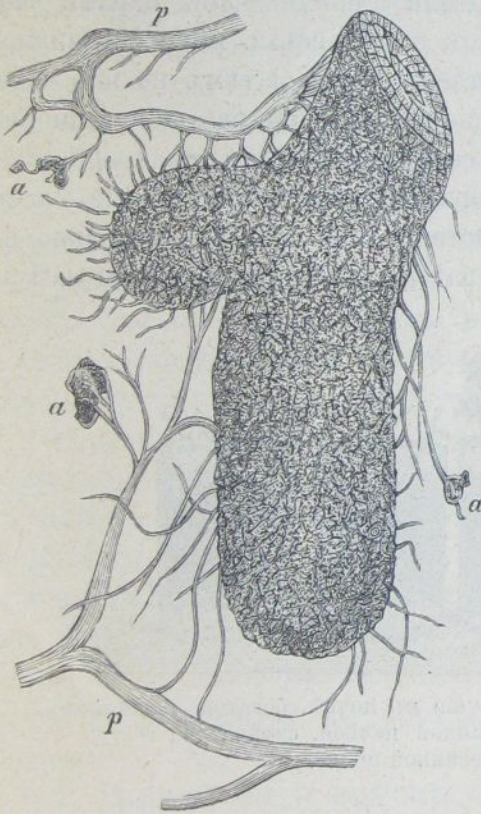


Рис. 40. Эктотрофная микориза бука.

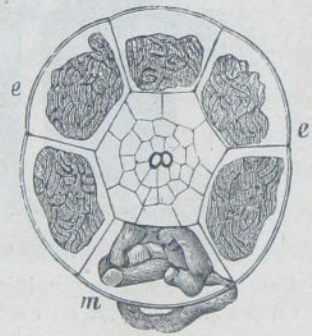


Рис. 41. Эндотрофная микориза *Andromeda polyfolia*.

химической точки зрѣнія. Она представляетъ собою какъ бы нѣчто живое, благодаря массѣ живущихъ въ ней бактерій и грибовъ. Эти микроорганизмы требуютъ большихъ количествъ питательнаго матеріала. Если въ такой почвѣ развивается какое-либо зеленое сосудистое растеніе, то ему приходится выдерживать сильную борьбу съ почвенными грибами изъ-за питательнаго матеріала, тѣмъ болѣе, что этотъ питательный матеріалъ находится въ гумусовыхъ почвахъ въ иныхъ соединеніяхъ, а не въ тѣхъ, къ которымъ при-

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНІЙ.

выкло зеленое растеніе въ минеральныхъ почвахъ. Микоризныя растенія, благодаря симбіозу съ нѣкоторыми почвенными грибами, съ гораздо большей легкостью выдерживаютъ борьбу съ остальными почвенными микроорганизмами, чѣмъ растенія, лишенныя микоризъ. Какъ трудно бороться съ почвенными грибами растеніямъ, лишеннымъ микоризъ, показываетъ слѣдующій опытъ Штала. Была взята богатая перегноемъ почва изъ буковаго лѣса и распределѣна въ четыре сосуда. Два сосуда были стерилизованы парами эфира и хлороформа, которые убили въ почвѣ всѣхъ микроорганизмовъ, не измѣнивши химическаго состава почвы. Затѣмъ во всѣ четыре сосуда были посеяны сѣмена *Lepidium sativum*, растенія, лишеннаго микоризъ. Въ стерилизованныхъ сосудахъ выросли сильныя растенія, въ сосудахъ же съ нестерилизованной почвой получились слабыя, сильно отставшія въ развитіи растенія (рис. 42). Слѣдовательно, почвенные микроорганизмы сильно задержали ростъ *Lepidium sativum*.

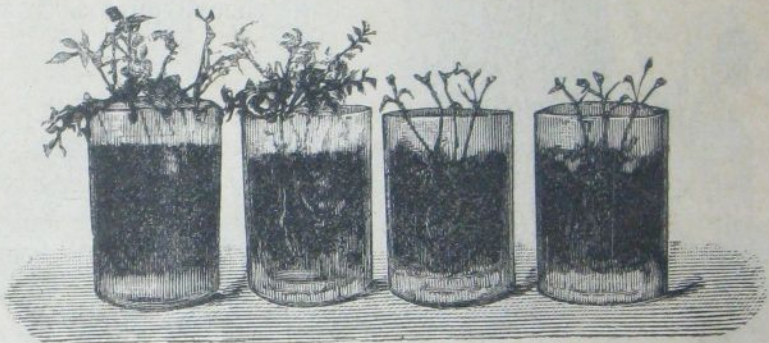


Рис. 42. Развитие *Lepidium sativum* въ почвѣ, богатой перегноемъ. Слева два сосуда со стерилизованной почвой, справа два сосуда съ нестерилизованной почвой.

Въ микоризахъ не удастся обнаружить ни слѣда азотной кислоты. Въ почвахъ, покрытыхъ микоризными растеніями, также, обыкновенно, не удастся обнаружить азотной кислоты. Это подтверждаетъ предположеніе, что питаніе микоризныхъ растений идетъ нѣсколько иначе, чѣмъ питаніе растений, лишенныхъ микоризъ. Дѣйствительно, описанные выше опыты съ амміачными удобрениями, обнаружившіе бесполезность подобныхъ удобрений на почвахъ, богатыхъ органическими веществами и бѣдныхъ известью (покрытыхъ обыкновенно микоризными растеніями), показали, что въ такихъ почвахъ существуютъ крайне неблагоприятныя условія для нитрификаціи.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

### Поступленіе веществъ въ растенія.

§ 1. **Вещества, поступающія въ растенія.** Вышеизложенныя изслѣдованія показываютъ, что растенія нуждаются въ немногихъ неорганическихъ веществахъ для построенія изъ нихъ своего тѣла. Эти необходимыя вещества— $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и нѣкоторые растворенныя 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 названыхъ 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 золы съ азотомъ включительно, — въ жидкомъ. Растенія состоятъ изъ клѣтокъ, покрытыхъ оболочками. Какъ жидкія, 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. **Диффузія и осмосъ газовъ.** Газы, раздѣленные перегородкой, смѣшиваются чрезъ нее. Здѣсь нужно различать два случая. Одинъ,— когда перегородка, раздѣляющая газы (какъ, на примѣръ, неглазурованная пластинка изъ слабо обожженной глины), относится къ нимъ совершенно индифферентно. Это — диффузія газовъ. Другой случай,— когда перегородка притягиваетъ или растворяетъ проходящія чрезъ нее газы. Прохожденіе газовъ чрезъ подобныя перегородки (въ этомъ случаѣ уже перепонки — каучуковая, влажная оболочка бычачьяго пузыря и т. п.) называется діализомъ, или осмосомъ, газовъ.

При диффузіи скорость зависитъ отъ плотностей диффундируемыхъ газовъ. Скорость диффузіи обратно пропорціональна квад-

ратному корню изъ плотностей диффундируемыхъ газовъ. Такъ какъ, напримѣръ, плотность водорода равна 1, плотность кислорода равна 16, то скорости диффузіи этихъ газовъ относятся между собой, какъ 1 : 4, т. е. водородъ въ 4 раза будетъ проходить быстрѣе 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 клѣтокъ пропитаны водой. Поэтому углекислота, которая, на основаніи закона диффузіи 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, несмотря на малое содержаніе ея въ атмосферѣ.

При изученіи газоваго обмѣна необходимо знать слѣдующіе законы<sup>1)</sup>:

1) *Законъ Мариотта*. При постоянной температурѣ объемы двухъ газовъ обратно пропорціональны давленію. Если обозначимъ объемъ  $v$  и давленіе  $p$ , то

$$pv = p'v' = \text{const.}$$

2) *Законъ Гэ-Люссака*. При постоянномъ давленіи повышеніе температуры вызываетъ у всѣхъ газовъ одинаковое увеличеніе объема. Всѣ газы имѣютъ одинаковый термическій коэффициентъ расширенія:

$$v = v_0 (1 + \alpha t),$$

гдѣ  $\alpha = 0,000367 = \frac{1}{273}$  объема при  $0^\circ\text{Ц}$ .

Если при повышеніи температуры газъ не имѣетъ возможности расширяться, то увеличивается давленіе:

$$p = p_0 (1 + \alpha t).$$

Изъ комбинаціи послѣднихъ двухъ законовъ получается слѣдующее общее уравненіе газообразнаго состоянія:

$$pv = p_0 v_0 (1 + \alpha t).$$

<sup>1)</sup> *Reychler, Les théories physico-chimiques, 2 edition, 1901, pag. 3.*



При  $t^\circ$  абсолютная температура, считая от  $-273^\circ$ , будетъ

$$T = 273 + t$$

или

$$t = T - 273.$$

Подставляя эту величину въ предыдущее уравненіе, получимъ:

$$pV = p_0V_0 \left[ 1 + \frac{1}{273} T - 273 \right] = p_0V_0 \left( 1 + \frac{T}{273} - 1 \right)$$

$$pV = \frac{p_0V_0}{273} T.$$

Такъ какъ для данного количества газа  $\frac{p_0V_0}{273}$  постоянная величина, то

$$pV = RT.$$

**§ 3. Поступленіе газовъ въ растенія.** Растенія снабжены различными приспособленіями для лучшаго поступленія въ нихъ газовъ. Сюда относятся — устыца, чечевички, многочисленные воздухоносные ходы, пересѣкающіе въ различныхъ направленіяхъ различные органы растеній.

Относительно прохожденія газовъ черезъ различныя растительныя оболочки имѣется много изслѣдованій, изъ которыхъ позднѣйшія и болѣе обстоятельныя принадлежатъ Визнеру и Молишу<sup>1)</sup>. Для опытовъ они брали прямыя стеклянныя 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 канифоли и двухъ частей воска. Для зажиманія мягкихъ сочныхъ тканей на трубку навинчивался 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.

<sup>1)</sup> *Wiesner und Molisch*, Sitzungsab. Wiener Akad. Math.-Naturw. Classe. XCVIII Band. 1 Abtheilung. 1890.

Для примѣра — одинъ опытъ съ перидермой березы. Взята бѣлая кожа, 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 подъ давленіемъ ни въ живомъ, ни въ мертвомъ, ни въ сухомъ, ни во влажномъ состояніи.

2) Протоплазма и водянистое содержимое клѣтокъ также не пропускаютъ газовъ подъ давленіемъ, такъ что чрезъ замкнутую ткань, состоящую изъ плотно соединенныхъ клѣтокъ, воздухъ не профильтровывается<sup>1)</sup>.

Для опытовъ надъ осмосомъ газовъ чрезъ растительныя оболочки употреблялись такія же трубки, наполненныя ртутью, но въ которыхъ ртуть замѣнялась различными газами. Оболочки употреблялись сухія и смоченныя водой. Скорость осмоса измѣрялась быстротой 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 продолженіе 30-ти дней ртуть поднялась въ трубкѣ съ сухою перидермой только на 5 миллиметр., въ трубкѣ же со влажною перидермой — на 40 миллиметровъ.

Эти опыты показываютъ, что обмѣнъ газовъ происходилъ здѣсь по законамъ осмоса: болѣе плотная углекислота проходила черезъ перегородку быстрее, чѣмъ входилъ воздухъ, и въ результатѣ получилось поднятіе ртути. Если бы взятая растительная ткань была индифферентна къ углекислотѣ, наподобіе пластинки изъ слабо обожженной глины, то на основаніи закона о диффузійи газовъ мы получили бы опусканіе ртутнаго столба.

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

1) Отъ клѣтки къ клѣткѣ движеніе газовъ по растенію идетъ

<sup>1)</sup> Эти опыты объясняютъ возможность отрицательнаго давленія воздуха въ древесинѣ, о чемъ ниже.

только путем осмоса. Въ тканяхъ, снабженныхъ межклетными 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 осмоса. Напротивъ, прохождение газовъ черезъ опробкованныя и одревеснѣвшія оболочки возможно и въ сухомъ состояніи послѣднихъ.

Эти опыты объясняютъ намъ значеніе опробкованія и кутикуляризаціи. Если бы растеніе оказалось покрытымъ на всей своей поверхности сухими оболочками изъ чистой клетчатки, то внутреннія клетки должны были бы погибнуть отъ задушенія. Напротивъ, пробка и кутикула, предохраняя растенія отъ засыханія, не останавливаютъ вполнѣ газоваго обмѣна, даже при закрытыхъ устьицахъ и чечевичкахъ.

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

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

Такъ какъ опыты Визнера показали, что черезъ кутикулу возможенъ осмосъ газовъ, то возникаетъ вопросъ, насколько раскрытая устьица увеличиваютъ количество проходящаго черезъ кутикулу газа. Для этой цѣли Блякменъ <sup>1)</sup> устроилъ слѣдующій приборъ (рис. 43, В). Два латунныхъ кольца, съ приклеенными съ одной стороны стеклянными пластинками и двумя мѣдными трубками съ отверстиями на двухъ противоположныхъ концахъ колець, служили камерами. Глубина каждой камеры 5 миллиметровъ, діаметръ — 36 миллиметровъ. Между этими камерами плотно при помощи воска зажимался листъ, имѣющій устьица только на одной нижней сторонѣ. Для узкихъ листьевъ изготовлялись продолговатая камеры (рис. 43, А). Проходившій одновременно черезъ обѣ камеры газъ изслѣдовался. Оказалось, что дыханіе происходитъ главнымъ образомъ при помощи устьиць. Напримѣръ, листъ *Nerium Oleander* выдѣлялъ углекислоты:

<sup>1)</sup> *Blackman*, Experimental Researches on Vegetable Assimilation and Respiration. (Philosoph. Transactions. 1894, pag. 503).

Поверхность.	Углекислоты.	Отношение.
Верхняя . . . . .	0,002	} 3 100
Нижняя . . . . .	0,065	
Верхняя . . . . .	0,006	} 6 100
Нижняя . . . . .	0,091	

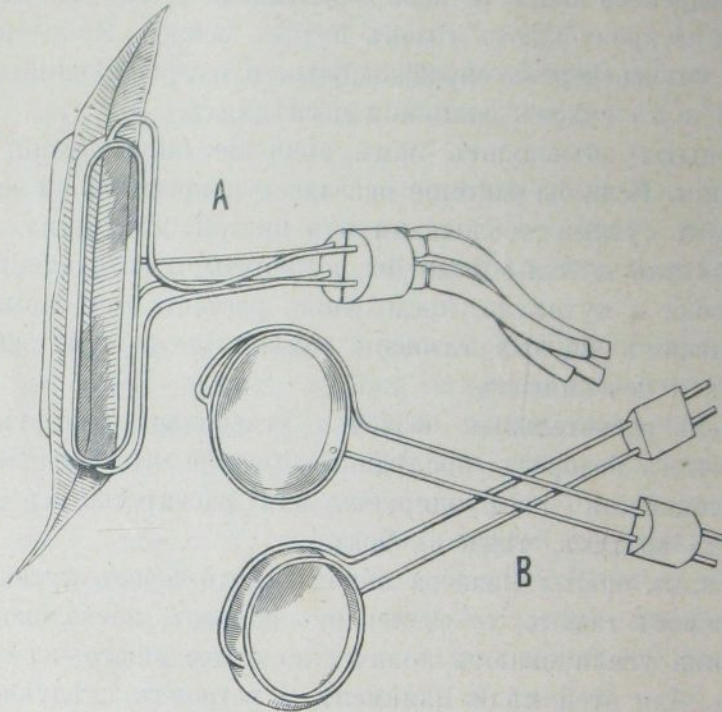


Рис. 43. Приборы для изучения газового обмена верхней и нижней поверхностью листа.

Опыты же надъ поглощеніемъ углекислоты на свѣтѣ показали, что листья поглощаютъ атмосферную углекислоту исключительно устьицами. Нижнія поверхности, лишенная устьицъ, совершенно не поглощаютъ углекислоты. Смазываніе верхнихъ поверхностей вазелиномъ сильно понижаетъ газовый обменъ, но не прекращаетъ его, что показалъ уже Манжень (см. стр. 38). Если устьица находится на обѣихъ поверхностяхъ листа, то углекислоты разлагается болѣе той стороной, на которой болѣе устьицъ. Напримѣръ, у *Alisma plantago* отношеніе количества устьицъ верхней поверхности къ количеству устьицъ нижней поверхности равно 135 : 100. Количество разлагаемой углекислоты у нея равняется:

Верхняя поверхность.	Нижняя поверхность.
0,10 . . . . .	0,06
0,15 . . . . .	0,11
0,10 . . . . .	0,07

Изложенные опыты дали толчокъ къ слѣдующимъ интереснымъ изслѣдованіямъ Брауна и Эскомба <sup>1)</sup>. Листъ Catalpa имѣетъ устьяца только на нижней поверхности листа, которая только и поглощаетъ на свѣтѣ углекислоту. При благоприятныхъ условіяхъ количество поглощаемой углекислоты равно 700 куб. сантиметровъ въ 1 часъ на 1 кв. метръ листовой поверхности. Если допустить, что поглощеніе углекислоты идетъ равномерно всей поверхностью листа; то отсюда слѣдуетъ, что каждая частица углекислоты проникаетъ въ листъ со скоростью 3,8 сантиметра въ минуту. Эта скорость только на половину менѣ скорости поглощенія углекислоты поверхностью раствора ѣдкаго натра. Но такъ какъ поглощеніе углекислоты идетъ только черезъ устьяца, поверхность всѣхъ открытыхъ отверстій устьяцъ на листѣ Catalpa не болѣе одной со- той всей поверхности листа, то отсюда получается неожиданно очень большое число, 380 сантиметровъ, для скорости прохожденія въ минуту углекислоты черезъ устьяца. Это число въ 50 разъ болѣе числа для поверхности раствора ѣдкаго натра. Въ виду этого былъ предпринятъ слѣдующій опытъ. Пробирки съ растворами щелочи были закрыты сверху тонкими пластинками. Каждая пластинка имѣла по одному отверстию различнаго діаметра. Титрованіемъ щелочи по окончаніи опыта опредѣлялось количество углекислоты, прошедшей черезъ различныя отверстія во время опыта. Оказалось, что скорости прохожденія углекислоты черезъ отверстія пропорціональны діаметрамъ ихъ, а не поверхностямъ.

Диаметръ отверстия въ милли- метрахъ.	Прошедшая углекислота въ кубич. сантим.		Отношеніе по- верхностей.	Отношеніе діа- метровъ.	Отношеніе ко- личества угле- кислоты.
	Въ часъ.	Въ часъ на кв. сантим.			
22,70	0,2380	0,0588	1,00	1,00	1,00
6,03	0,0625	0,2186	0,07	0,26	0,26
3,23	0,0398	0,4855	0,023	0,14	0,16
2,11	0,0260	0,8253	0,008	0,093	0,10

<sup>1)</sup> Brown, Annales agronomiques. 1901, pag. 428.

Слѣдовательно, черезъ четвертое отверстіе, имѣющее поверхность менѣе, чѣмъ въ сто разъ меньшую, чѣмъ поверхность перваго отверстія, углекислоты прошло не въ 100, а только въ 10 разъ меньше. Отсюда слѣдуетъ, что, закрывая пробирку тонкой пластинкой, пронизанной очень узкими отверстіями, можно получить такое количество прошедшей углекислоты, какъ будто прикрывающей пластинки совершенно не было, хотя бы общая поверхность всѣхъ отверстій была только незначительной частью всей поверхности пластинки. Это подтверждается на опытѣ. На основаніи опытовъ было также найдено, что лучшее размѣщеніе отверстій на пластинкѣ достигается тогда, когда разстояніе между отверстіями въ 10 разъ болѣе ихъ діаметровъ. Приблизительно такое же распреѣленіе устьицъ замѣчается у большинства листьевъ. Слѣдовательно, когда устьица открыты, то поглощеніе газа у большинства растений идетъ съ такою быстротою, какъ будто бы кутикулы совершенно не было, а весь листъ былъ покрытъ оболочкою изъ чистой клѣтчатки.

Ислѣдованія<sup>1)</sup> надъ газовымъ обмѣномъ у подводныхъ растений показали, что воздухъ воздухоносныхъ полостей имѣетъ почти такой же составъ, какъ и обыкновенный воздухъ.

§ 4. **Диффузія и осмосъ жидкостей**<sup>2)</sup>. Явленіе смѣшиванія жидкостей—болѣе сложное явленіе, чѣмъ смѣшиваніе газовъ. Не всѣ 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 клѣточные 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

<sup>1)</sup> *Devaux*, Du mécanisme des échanges gazeux chez les plantes aquatiques submergées (Annales des sciences naturelles. VII série, 9 tome. 1889, pag. 35).

<sup>2)</sup> *Dastre*, Osmose. (Traité de physique biologique. I. pag. 466, 1901).

усиленный притокъ воды внутрь пузыря, и дѣло можетъ кончиться разрывомъ пузыря. Та же причина производитъ и разрывъ зооспорангія. Поступленіе жидкости внутрь пузыря называется эндосмосомъ, выходеніе—экзосмосомъ, давленіе, развиваемое внутри пузыря,—осмотическимъ давленіемъ. Теорія осмоса дана Брюкке (1843 г.). Эта теорія состоитъ въ томъ, что при смѣшиваніи двухъ жидкостей черезъ перепонку проходитъ быстрѣе 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 быстрѣе, 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 быстрѣе, чѣмъ спиртъ. Каучуковая и коллодіальная перепонки смачиваются спиртомъ и разбухаютъ въ немъ лучше, чѣмъ въ водѣ, и спиртъ поэтому проходитъ черезъ нихъ быстрѣе. Напротивъ, перепонка изъ бычачьяго пузыря разбухаетъ въ водѣ, въ спиртѣ же сжимается; поэтому черезъ нее вода проходитъ быстрѣе, чѣмъ спиртъ. Въ чистой водѣ животный пузырь разбухаетъ лучше, чѣмъ въ соляныхъ растворахъ; поэтому вода проходитъ быстрѣе, чѣмъ соли. Далѣе, Людвигъ<sup>1)</sup> 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 притяженія, концентрація соляного раствора въ порахъ перепонки увеличивается съ удаленіемъ отъ стѣнокъ этихъ поръ.

Для изученія осмоса жидкостей употребляются различные приборы—осмометры. На рисункѣ 44-мъ изображенъ осмометръ Баранецкаго<sup>2)</sup>. Онъ состоитъ изъ двухъ сосудовъ *A* и *B*, между ко-

<sup>1)</sup> *Ludwig, Poggendorf's Annalen. Band 154.*

<sup>2)</sup> *Баранецкій, Исслѣдованія надъ діосмосомъ по отношенію его къ растеніямъ. С.-Петербургъ. 1870.*

торыми заката 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.

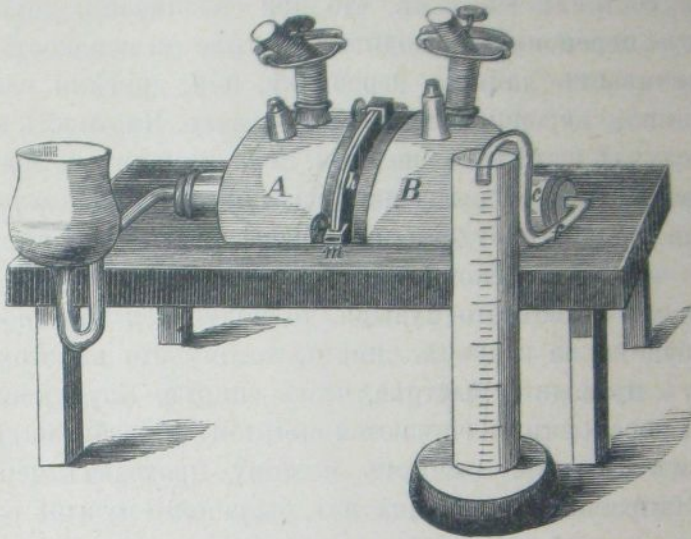


Рис. 44. Осмометръ Баранецкаго.

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, входящихъ въ составъ растительной клѣтки, — коллоиды, то, конечно, вымы-ваться изъ клѣтокъ они не могутъ.

Прохожденіе жидкостей черезъ перепонки продолжается до тѣхъ поръ, пока концентрація по обѣ стороны перепонки не будетъ одинаковою.

Для опытовъ надъ осмосомъ употребляются перепонки изъ животнаго пузыря, растительнаго пергаментна, коллодія и такъ называемыя осадочныя перепонки. Изъ коллодіальныхъ перепонокъ, обрабатывая ихъ растворомъ хлористаго желѣза, можно получать клѣтчатковыя перепонки, дающія реакцію съ хлорцинкіодомъ<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Баранецкій, Л. с.



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. Для опытовъ съ ними необходимо, въ виду ихъ малой прочности, поддерживать ихъ постороннимъ тѣломъ. Пфефферъ<sup>1)</sup> употребляетъ для этой цѣли пористыя глиняныя 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 кремнекислага желѣза. Для опытовъ надъ силой осмотическаго давленія сосудъ, замкнутый осадочною или иною перепонкой, наполняется изслѣдуемымъ растворомъ, соединяется съ ртутнымъ манометромъ и опускается въ воду (рис. 45). О силѣ осмотическаго давленія заключается по высотѣ ртутнаго столба въ манометрѣ.

Вальденъ<sup>2)</sup> prepares осадочныя (или полупроницаемыя, какъ ихъ иначе называютъ) перепонки слѣдующимъ образомъ. Онѣ опускаетъ стеклянную трубку, длиною въ 5 сантим. и шириною въ 1 сантим., закрывши пальцемъ верхнее отверстіе, въ растворъ хро-

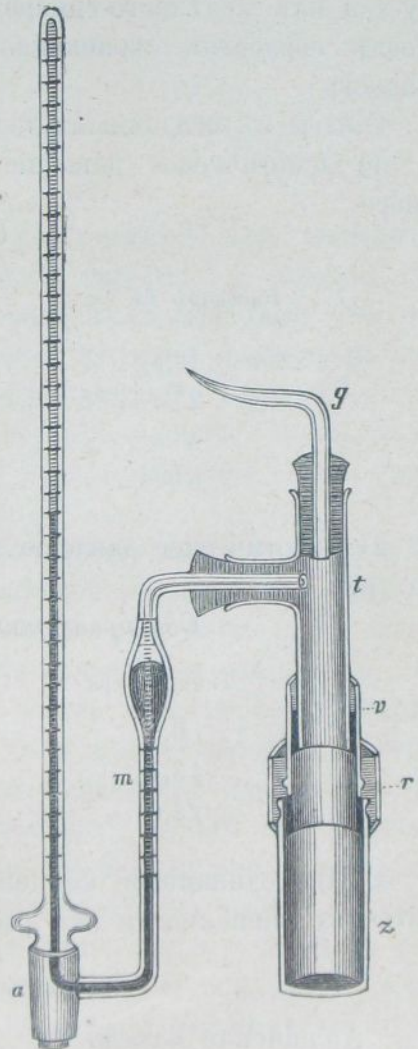


Рис. 45. Осмометръ Пфеффера.

<sup>1)</sup> *Pfeffer, Osmotische Untersuchungen. 1877.*

<sup>2)</sup> *Walden, Zeitschrift für physik. Chemie, X, 1892, pag. 699.*

мовой желатины слѣдующаго состава: воды 50 граммовъ, желатины 10 граммовъ, хромовокислаго амміака 1 граммъ. При этомъ нижнее отверстие вынутой трубки оказывается закрытымъ тонкой желатиновой пленкой, дѣлающей нерастворимой по выставленіи на свѣтъ. Затѣмъ, согласно указаніямъ Пфедфера, въ ней образуется изъ желѣзисто-синеродистой мѣди осадочная перегородка, послѣ обработки сѣрнокислой мѣдью и желѣзистосинеродистымъ калиемъ.

Опыты съ осадочными перепонками показали:

1) Осмотическое давленіе пропорціонально концентраціи раствора.

*Сахароза.*

Растворъ въ ‰.	Осмотическое давленіе въ сант. ртутн. столба.
1‰ . . . . .	53,2
2‰ . . . . .	101,6
4‰ . . . . .	208,2
6‰ . . . . .	307,5

2) Осмотическое давленіе повышается съ увеличеніемъ температуры.

*Однопроцентный растворъ сахарозы.*

Температура.	Осмотическое давленіе.
6,8 . . . . .	50,5 сантим.
13,7 . . . . .	52,5 »
22,0 . . . . .	56,7 »

3) При одинаковой концентраціи осмотическое давленіе находится въ зависимости отъ раствореннаго вещества.

6‰ растворы.	Осмотическое давленіе.
Аравійская камедь . . . . .	25,9 сантим.
Желатина . . . . .	23,8 »
Сахароза . . . . .	287,7 »
Селитра . . . . .	700,0 »

Слѣдовательно, при равныхъ концентраціяхъ коллоиды вызываютъ во много разъ меньшее осмотическое давленіе, чѣмъ кристаллоиды.

4) Осмотическое давленіе находится въ зависимости отъ перепонки.

6% растворы.	Осмотическое давленіе.		
	Осадочная перепонка изъ желѣзисто-синер. мѣди.	Растительный пергаментъ.	Животный пузырь.
Аравійская камедь . . . . .	25,9 сантим.	17,7	14,2
Желатина . . . . .	23,8 »	21,3	15,4
Сахароза . . . . .	287,7 »	29,0	14,5
Селитра . . . . .	700,0 »	20,4	8,9

Слѣдовательно, при употребленіи перегородокъ изъ растительнаго пергаментна или животнаго пузыря сахароза и селитра вызываютъ меньшее осмотическое давленіе, чѣмъ коллоиды. Это объясняется тѣмъ, что селитра и сахароза, почти не проходящія черезъ осадочныя перепонки, легко диффундируютъ черезъ оболочки изъ растительнаго пергаментна и животнаго пузыря. Чѣмъ легче диффундируетъ какое-либо вещество черезъ оболочку, тѣмъ меньшее давленіе въ состояніи оно вызвать.

Такъ какъ опыты Пфеффера показали, что различныя вещества вызываютъ различное осмотическое давленіе, то возникаетъ вопросъ, не подчиняется ли это явленіе какой-либо законности. Это выяснилъ де-Фризь<sup>1)</sup>. Въмѣсто чисто физическаго прибора, какъ, напримѣръ, работаль Пфефферъ, онъ взялъ живую растительную клѣтку и опредѣлилъ изотоническіе (или изосмотическіе) коэффициенты для различныхъ веществъ, изучая явленія плазмолиза. Известно, что живая, содержащая протоплазму клѣтка при помѣщеніи въ 10-процентный растворъ поваренной соли или сахара дѣлается меньшей величины. Затѣмъ наступаетъ отставаніе (рис. 46) кожистаго слоя отъ оболочки. При обратной замѣнѣ солянаго раствора водой, клѣтка постепенно принимаетъ прежній видъ. Особенно хорошо идетъ опытъ съ клѣтками, содержащими окрашенный сокъ. Несмотря на значительное уменьшеніе величины вакуоли, весь пигментъ продолжаетъ оставаться внутри нея, промежутокъ же между кожистымъ слоемъ и оболочкой заполняется безцвѣтнымъ солянымъ растворомъ, вслѣдствіе чего легко обнаружить даже начальныя явленія плазмолиза. Поэтому де-Фризь по-

<sup>1)</sup> De Vries, Pringsheim's Jahrbücher für wiss. Botanik. XIV. 1884. pag. 427.

стоянно бралъ вполнѣ выросшія клѣтки, содержащія окрашенный клѣточный сокъ, и опредѣлялъ для изслѣдуемаго вещества наименьшую концентрацію, какая необходима, чтобы вызвать только начальныя явленія плазмолиза, хотя бы только въ нѣкоторыхъ углахъ клѣтки (рис. 46, 3). Если дальнѣйшаго сокращенія протоплазмы происходитъ не будетъ, то отсюда слѣдуетъ, что осмотическое давленіе внутри клѣтки равно осмотическому давленію взятой концентраціи изслѣдуемаго вещества. Повторяя подобный же опытъ съ такой же клѣткой надъ другимъ веществомъ, находится для него концентрація, вызывающая осмотическое давленіе, равное осмотическому давленію взятой клѣтки. Такимъ образомъ, находятся для двухъ веществъ двѣ концентраціи, вызывающія одинаковое осмотическое давленіе, или; другими словами, изосмотическія.

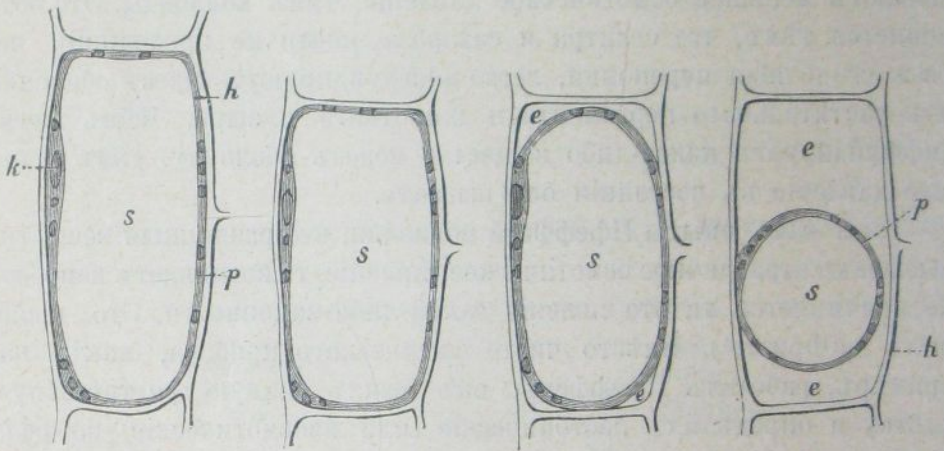


Рис. 16. Различныя стадіи плазмолиза; *k* — ядро, *h* — кожистый слой протоплазмы, *s* — вакуоли.

Наиболѣе пригодны для опытовъ окрашенныя клѣтки эпидермиса изъ листового влагалища *Curcuma rubricaulis*, изъ листьевъ *Tradescantia discolor* и изъ чешуй листового черешка *Begonia manicata*. Для каждаго опыта готовится двѣнадцать препаратовъ, изъ которыхъ шесть помѣщаются въ различные растворы вещества, осмотическое давленіе котораго принимается за единицу (селигра), и шесть остальныхъ въ растворы изслѣдуемаго вещества. Всѣ препараты должны быть взяты въ одномъ мѣстѣ одного и того же листа или другого органа. Для этой цѣли тонкимъ карандашомъ или ножомъ наносится на листъ продолговатый четырехугольникъ, который дѣлится по длинѣ пополамъ и въ поперечникѣ на шесть

частей. Поверхность каждаго участка около 1 кв. миллиметра. Каждый участокъ, снятый бритвой, даетъ препаратъ, помѣщаемый въ одинъ изъ растворовъ. Растворы находятся въ маленькихъ цилиндрахъ, высотой въ 10 сантиметровъ и 1,5—2 сантиметра въ діаметрѣ. Цилиндры закрываютъ неплотно пробками, чтобы не происходило испаренія. Препараты остаются въ растворахъ около двухъ часовъ.

Растворы употребляются нормальные, т. е. такіе, которые заключаютъ въ литрѣ число граммовъ вещества, выражаемое его частичнымъ вѣсомъ. Эта величина называется моллемъ<sup>1)</sup>, или граммо-молекулой. Для азотнокислаго калия, на примѣръ, нормальный растворъ будетъ заключать одинъ моль, или 101,1 гр. соли въ литрѣ раствора. Десятичный растворъ заключаетъ въ десять разъ меньше противъ нормальнаго. Для селитры, на примѣръ, 10,11 грамм. въ литрѣ раствора. Вообще, при физиологическихъ работахъ во многихъ случаяхъ полезнѣе пользоваться нормальными, или десятичными растворами, чѣмъ процентными растворами. За единицу де-Фризъ принялъ одну треть осмотического давленія, вызываемаго частицей селитры. Сдѣлано это было имъ на основаніи слѣдующихъ соображеній. Сравнивая осмотическое давленіе десятичныхъ растворовъ различныхъ веществъ съ осмотическимъ давленіемъ десятичнаго раствора селитры, которое онъ первоначально принялъ за единицу, де-Фризъ получилъ для различныхъ веществъ слѣдующія числа: 0.066, 0.10, 0.133, 0.166. Такъ какъ эти числа относятся другъ къ другу приблизительно, какъ 2 : 3 : 4 : 5, то де-Фризъ произвольно принялъ давленіе селитры равнымъ 3 и, перемноживши на это число вышеприведенныя дроби, получилъ слѣдующія числа: 0.198, 0.3, 0.399, 0.498, относящіяся другъ къ другу почти, какъ 2 : 3 : 4 : 5. Эти числа, выражающія отношеніе другъ къ другу изосмотическихъ концентрацій, называются изосмотическими коэффиціентами.

Слѣдующій опытъ показываетъ, какъ производится опредѣленіе изосмотическихъ коэффиціентовъ. Были взяты растворы сахарозы 0,20, 0,22, 0,24 нормальнаго раствора и растворы селитры 0,12, 0,13, 0,14 нормальнаго раствора. Объектомъ для плазмолиза служила *Cucurbita gibbericaulis*. Опытъ продолжался 7 часовъ. Результаты сведены въ слѣдующей таблицѣ (*n*—означаетъ, что не было плазмолиза, *m*—около половины клѣтокъ плазмолизировано, *n*—почти всѣ клѣтки плазмолизированы, *J. K.*—изосмотическія концентраціи).

<sup>1)</sup> Ostwald, Lehrbuch der allgem. Chemie. 2 Auflage. Band. II. 1897, pag. 212.  
ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНІЙ.

ОПЫТЫ.	САХАРОЗА.				СЕЛИТРА.				ОТНОШЕ- НІЯ.
	0,20	0,22	0,24	Ж. К.	0,12	0,13	0,14	Ж. К.	
1	и	ип	и	0,22	и	ип	и	0,13	0,591
2	и	и	и	0,21	и	и	и	0,125	0,595
3	и	и	и	0,21	и	ип	и	0,13	0,619

Слѣдовательно, въ среднемъ отношеніе изосмотическихъ концентрацій селитры къ изосмотическимъ концентраціямъ сахарозы равняется 0,602. Помножая на 3, получаемъ изотоническій коэффициентъ равнымъ 1,81.

Въ прилагаемой таблицѣ даны частичные вѣса различныхъ соединений (II), найденные и округленные изотоническіе коэффициенты (III), процентное содержаніе различныхъ веществъ въ растворѣ для полученія осмотического давленія, равнаго давленію, производимому десятичнымъ растворомъ селитры (10,1 грамма въ литрѣ раствора) (IV), и, наконецъ, осмотическое давленіе однопроцентныхъ растворовъ въ атмосферахъ (V).

В ЕЩ Е С Т В А.	ФОРМУЛЫ.	Частичные вѣса.	Изосмотические коэффициенты.		Процентное содержаніе растворовъ изосмотическихъ десятичному раствору селитры.	Осмотическое давленіе 1% раствора въ атмосферахъ.
			Найденные.	Округленные.		
Сахароза . . . . .	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342	1,88	2	5,13%	0,69
Глюкоза . . . . .	$C_6H_{12}O_6$	180	1,88	2	2,70 »	1,25
Глицеринъ . . . . .	$C_3H_8O_3$	92	1,78	2	1,39 »	2,54
Лимонная кислота . . . . .	$C_6H_8O_7$	192	2,02	2	2,88 »	1,23
Винная кислота . . . . .	$C_4H_6O_6$	150	2,02	2	2,25 »	1,57
Яблочная кислота . . . . .	$C_4H_6O_5$	134	1,98	2	2,01 »	1,76
Щавелевая кислота . . . . .	$C_2H_2O_4$	90	—	2	1,35 »	2,62
Азотнокислый калий . . . . .	$KNO_3$	101	3,0	3	1,01 »	3,50
Хлористый калий . . . . .	KCl	74,5	3,0	3	0,74 »	4,77
Хлористый натрій . . . . .	NaCl	58,5	3,0	3	0,58 »	6,09
Хлористый аммоній . . . . .	$NH_4 Cl$	53,5	3,0	3	0,53 »	6,67
Щавелевокислый калий . . . . .	$K_2 C_2 O_4$	166	3,94	4	1,24 »	2,85
Сѣрнокислый калий . . . . .	$K_2 SO_4$	174	3,90	4	1,30 »	2,72
Сѣрнокислый магній . . . . .	$MgSO_4$	120	1,96	2	1,80 »	1,93
Яблочнокислый магній . . . . .	$MgC_4H_4O_5$	156	1,88	2	2,34 »	1,51
Хлористый магній . . . . .	$MgCl_2$	95	4,33	4	0,71 »	4,98
Хлористый кальцій . . . . .	$CaCl_2$	111	4,33	4	0,83 »	4,26
Яблочнокислый калий . . . . .	$K_3C_6H_5O_7$	306	5,01	5	1,84 »	1,92

Итакъ, изосмотическіе коэффиціенты относятся другъ къ другу, какъ 2:3:4:5. Если же принять изосмотическіе коэффиціенты органическихъ соединеній за 1, то коэффиціенты примуть такой видъ:  $1: \frac{3}{2}: 2: \frac{5}{2}$ .

Сравнивая въ вышеуказанной таблицѣ осмотическія давленія неэлектролитическихъ органическихъ соединеній, мы видимъ, что они не зависятъ отъ количества вещества, а исключительно отъ количества находящихся въ растворѣ частицъ вещества. Литръ раствора, содержащаго 92 грамма глицерина, вызываетъ такое же осмотическое давленіе, какъ и литръ раствора, содержащаго 342 грамма сахарозы. Количество вещества въ обоихъ растворахъ очень различное, количество же молекулъ одинаковое. Эти растворы эквимолекулярны. Всякая частица вызываетъ одно и то же осмотическое давленіе. Осмотическое давленіе пропорціонально количеству частицъ въ растворѣ. Слѣдовательно, получается то же, что и для газовъ: давленіе газа пропорціонально количеству заключающихся въ данномъ объемѣ частицъ. Поэтому Вантъ Гоффъ приравниваетъ растворъ твердаго тѣла въ жидкости газообразному состоянию. По его теоріи, осмотическое давленіе жидкостей то же самое, что и давленіе газовъ. Напримѣръ, 1 молекула газа, выраженная въ граммахъ<sup>1)</sup>, при давленіи въ 760 миллиметровъ и 0° Ц. занимаетъ объемъ въ 22,4 литра. Если этотъ объемъ сжать до одного литра, то получится давленіе въ 22,4 атмосферы. Если теорія вѣрна, то такое же осмотическое давленіе долженъ вызвать литръ раствора, содержащій 342 грамма сахарозы, однопроцентный же растворъ сахарозы при 15° Ц. долженъ давать осмотическое давленіе, равное 0,69 атмосферы. По опредѣленіямъ же Пфедфера получались числа отъ 0,62 до 0,71 атмосферы, т. е. полное подтвержденіе теоріи. Слѣдующая таблица также даетъ очень близкія цифры для осмотическихъ давленій сахарозы, измѣренныхъ и вычисленныхъ на основаніи теоріи Вантъ Гоффа:

Концентрація.	Осмотическія давленія.	
	Измѣренныя.	Вычисленныя.
1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,664 атмосфер.	0,665
2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1,336 »	1,336
2,25 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1,997 »	1,639
4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	2,739 »	2,742
6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	4,046 »	4,050

<sup>1)</sup> Напримѣръ, 44 грамма углекислоты.

Если же перейдемъ къ электролитамъ, то получается нѣчто иное. Десятичнымъ растворамъ лишенныхъ металловъ органическихъ веществъ изосмотичны не десятичные растворы солей, а гораздо болѣе слабые и при томъ для различныхъ солей различны. Слѣдовательно, электролиты являются исключеніемъ изъ теоріи. Возьмемъ, на примѣръ, азотнокислый калий. Его десятичный растворъ долженъ былъ бы вызвать давленіе въ 0,235 атмосферы. Въ дѣйствительности же онъ даетъ давленіе въ 0,352 атмосферы. Если же число 0,235 помножить на изосмотическій коэффициентъ  $\frac{3}{2}$ , то получится число 0,352, найденное опытнымъ путемъ. Слѣдовательно, осмотическое давленіе десятичнаго раствора селитры выше давленія, вызываемаго десятичными растворами органическихъ веществъ. Равновѣсіе получается при болѣе слабыхъ концентраціяхъ. Нужно взять не десятичный растворъ селитры, а только  $\frac{2}{3}$  десятичнаго раствора. Соли съ изосмотическимъ коэффициентомъ 2 слѣдуетъ употреблять въ  $\frac{1}{20}$  нормальнаго раствора для полученія равновѣсія съ десятичными растворами органическихъ. На примѣръ, одна частица  $K_2SO_4$  вызываетъ давленіе, равное давленію двухъ частицъ сахарозы, и т. д. Слѣдовательно, осмотическое давленіе слабыхъ растворовъ электролитовъ равно теоретическому давленію, помноженному на изосмотическій коэффициентъ. Это уклоненіе объясняется гипотезой Аррениуса, по которой электролиты въ растворахъ подвергаются диссоціаціи на іоны. На примѣръ, въ растворѣ поваренной соли, кромѣ частицъ неіонизированныхъ, находятся также іоны натрія и хлора. Съ разбавленіемъ раствора количество диссоціированныхъ частицъ увеличивается. Возьмемъ коэффициентъ  $\frac{3}{2}$  для селитры. Что же онъ означаетъ на основаніи теоріи Аррениуса? Онъ означаетъ, что число частицъ въ растворѣ дѣйствительно больше въ отношеніи  $\frac{3}{2}$  вслѣдствіе диссоціаціи. Частица, распавшаяся на два іона ( $K + NO_3$ ), вызываетъ вдвое большее давленіе, чѣмъ частица нераспавшаяся. Въ данномъ случаѣ въ растворѣ половина частицъ не диссоціирована и половина диссоціирована. Слѣдовательно, вмѣсто каждой пары частицъ, при данной концентраціи, въ дѣйствительности вслѣдствіе диссоціаціи находится три частицы.

$K_2SO_4$  имѣетъ коэффициентъ 2. Частица этой соли диссоціируется на три іона ( $K + K + SO_4$ ). Поэтому коэффициентъ 2 и въ



данномъ случаѣ указываетъ, что половина частицъ диссоціирована вмѣсто каждой пары частицъ въ растворѣ четыре частицы.

Слѣдовательно, въ опытахъ де-Фриза, употреблявшаго растворы, немного уклонявшіеся отъ десятичныхъ, около половины частицъ были диссоціированы. При употребленіи болѣе крѣпкихъ или болѣе слабыхъ растворовъ электролитовъ, количество диссоціированныхъ частицъ будетъ уже иное, и для такихъ растворовъ установленные де-Фризомъ изотоническіе коэффиціенты уже не будутъ пригодны. Это всегда нужно имѣть въ виду при приготовленіи изотоническихъ растворовъ<sup>1)</sup>.

Растворы неэлектролитовъ вполне подчиняются уравненію для газовъ:<sup>2)</sup>

$$pv = RT.$$

Отсюда осмотическое давленіе  $p$  равняется:

$$p = \frac{RT}{v}.$$

Для растворовъ же электролитовъ въ общее уравненіе для газовъ нужно вставить еще изосмотическій коэффиціентъ  $i$ :

$$pv = iRT.$$

Отсюда осмотическое давленіе равняется:

$$p = \frac{RT}{v} \times i.$$

Какъ мы уже видѣли выше, изосмотическій коэффиціентъ  $i$  есть въ сущности не что иное, какъ коэффиціентъ электролитической диссоціаціи.

Эррера<sup>3)</sup> за единицу осмотическаго давленія предлагаетъ взять *miriamoniu*. Онъ полагаетъ, что опредѣленіе осмотическаго давленія въ атмосферахъ нѣсколько произвольно. За единицу силы, или

1) *Hamburger*, Osmotischer Druck und Ionenlehre in den medicinischen Wissenschaften. 1902.

*Guber*, Physikalische Chemie der Zelle und der Gemebe. 1901,

*Brasch*, Anwendung der physikalischer Chemie auf die Physiologie und Pathologie. 1901.

2) Сравни. страницу 101—10.

3) *Errera*, Recueil de l'Institut botanique de Bruxelles. V. 1902, pag. 193.

*дину* (dyne), онъ принимаетъ силу, дающую массѣ въ 1 граммъ скорость въ 1 сантиметръ въ секунду. За единицу давления, или *тонию* (tonie), онъ принимаетъ давленіе одной дины на одинъ квадратный сантиметръ. Давленія больше тоніи обозначаются: дека-тонія, гектотонія, килотонія, мириатонія (10.000 тоній). Мириатонія равняется приблизительно  $\frac{1}{100}$  атмосферы и обозначается  $\bar{M}$ .

На основаніи вычисленій Эррера, уравненіе  $pv = iRT$  принимаетъ такой видъ:

$$p \frac{\tau}{M} v_{\text{litr}} = 8,32 i T.$$

§ 5. **Поступленіе жидкостей въ растенія.** Прямыхъ опытовъ надъ поступленіемъ веществъ въ живыя клѣтки сдѣлано немного. Опыты надъ плазмолизомъ растительныхъ клѣтокъ въ соляныхъ растворахъ даютъ уже нѣкоторыя указанія на механизмъ поступленія веществъ внутрь клѣтокъ. Всѣ поступающія въ растенія вещества должны пройти черезъ двѣ перепонки: клѣточную оболочку и кожистый слой протоплазмы. Клѣточная оболочка легко пропускаетъ проходящія черезъ нее соединенія, кожистый же слой протоплазмы пропускаетъ ихъ обыкновенно очень мало.

По своимъ свойствамъ кожистый слой протоплазмы аналогиченъ осадочнымъ перепонкамъ Пфедфера. Поэтому, изучая свойства осадочныхъ перепонокъ, мы въ общихъ чертахъ изучаемъ свойства кожистаго слоя протоплазмы. Нужно имѣть въ виду, что все, что говорится о кожистомъ слоѣ протоплазмы, говорится о живомъ слоѣ. Мертвый кожистый слой обладаетъ совершенно иными свойствами. Напримѣръ, клѣтки съ окрашеннымъ сокомъ упорно его удерживаютъ, пока живы; изъ мертвыхъ же клѣтокъ не только пигментъ, но и остальные вещества клѣточного сока быстро диффундируютъ въ окружающую воду. Какъ не вполне непроницаемы осадочныя перепонки, точно также не вполне непроницаемъ кожистый слой протоплазмы. Такъ, Пфедферъ<sup>1)</sup> вводилъ въ живыя клѣтки вещества не только ненужныя для нихъ, но даже вредныя, какъ, напримѣръ, анилиновыя краски. Имъ констатировано поступленіе слѣдующихъ анилиновыхъ красокъ: Methylenblau, Methylviolett, Bismarckbraun, фуксина, ціанина, сафранина, Methylgrün, Methylorange, Tropäolin 000 и розолевоѣ кислоты. Рас-

<sup>1)</sup> Pfeffer, Untersuchungen aus dem botan. Institut zu Tübingen, 2 Band, 1886, pag. 179.

творы для этой цѣли употребляются очень слабыя, отъ 0,001<sup>0</sup>/<sub>0</sub> до 0,0001<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. При помѣщеніи въ такіе растворы живыхъ клѣтокъ, однѣ изъ названныхъ красокъ, какъ, на примѣръ, Methylenblau, сначала входятъ въ клѣточный сокъ, окрашиваютъ его и затѣмъ выкристаллизовываются. На 47-мъ рисункѣ изображена клѣтка водоросли *Zugnema* съ выкристаллизовавшейся искусственно введенной синей анилиновой краской. Другія же краски, какъ Methylviolett, окрашиваютъ самую протоплазму. Въ обоихъ случаяхъ клѣтки остаются живыми. Овертонъ <sup>1)</sup>, изслѣдовавши очень большое число красокъ, нашелъ, что различная легкость, съ какою проникаютъ краски внутрь клѣтокъ, находится въ зависимости отъ ихъ химическаго строенія. Такъ, основныя анилиновыя краски очень легко проникаютъ внутрь клѣтокъ. Напротивъ, большинство сульфокислотныхъ красокъ совершенно не проходятъ въ клѣтки. Нѣкоторыя же изъ нихъ проходятъ крайне медленно.

Накопленныя въ клѣткахъ краски черезъ нѣкоторое время при культурѣ въ водѣ выходятъ обратно. Это выходженіе можно ускорить <sup>2)</sup> прибавленіемъ 0,01<sup>0</sup>/<sub>0</sub> лимонной кислоты. Слѣдовательно, лимонная кислота измѣняетъ осмотическія свойства протоплазмы.

Если къ слабому раствору краски прибавить 0,01<sup>0</sup>/<sub>0</sub> лимонной кислоты, то краска внутри клѣтокъ накапливаться не будетъ. Безъ прибавленія же лимонной кислоты изъ подобнаго же раствора — краска накапливается въ клѣткахъ. Слѣдовательно, мы имѣемъ возможность искусственно измѣнять осмотическія свойства клѣтокъ.

Тотъ фактъ, что растенія могутъ изъ очень слабыхъ растворовъ выбирать нужные имъ элементы и накапливать ихъ въ себѣ, нисколько не противорѣчитъ 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 клѣтокъ, пока не наступитъ равновѣсіе въ концентраціяхъ этого вещества внутри и внѣ клѣтокъ.

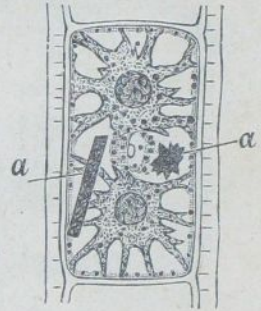


Рис. 47. Клѣтка *Zugnema* съ кристаллами (а) Methylenblau.

<sup>1)</sup> Overton, Jahrbücher für wiss. Botanik, XXXIV, 1900, pag. 668.

<sup>2)</sup> Pfeffer, l. c.

Напротивъ, вещества, необходимыя для растенія, хотя они и были бы въ окружающей растеніе средѣ въ ничтожномъ количествѣ, накапливаются въ немъ въ силу того, что эти вещества, входя въ клѣтку, 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 клѣтки. Если взять мѣшокъ изъ пузыря, или изъ коллодія, наполнить его растворомъ танина и опустить въ сосудъ съ растворомъ хлорнаго желѣза, то танинъ, какъ коллоидъ, выходитъ изъ искусственной клѣтки не будетъ, напротивъ, хлорное желѣзо будетъ входить внутрь мѣшка и давать

съ таниномъ чернила, которыя также коллоидальное вещество и наружу выходить не будутъ. Вслѣдствіе постояннаго потребленія входящаго хлорнаго желѣза на образованіе чернилъ, равновѣсіе въ концентраціи хлорнаго желѣза внутри и внѣ клѣтки наступить не можетъ. При достаточномъ количествѣ танина можно извлечь все хлорное желѣзо изъ сосуда. Такимъ же образомъ и растенія своими корнями могутъ начисто извлекать изъ растворовъ необходимыя для нихъ вещества. То же явленіе обнаруживается въ слѣдующемъ опытѣ (рис. 48). Въ

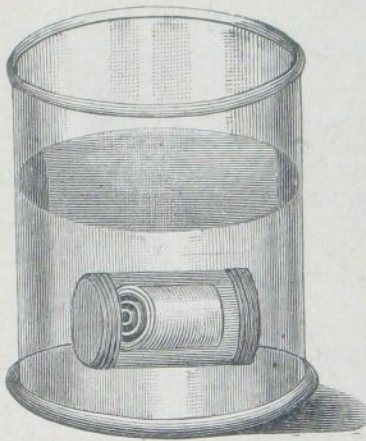


Рис. 48. Осмось сѣрноокислой мѣди въ трубку съ цинкомъ.

короткую стеклянную трубку, оба отверстія которой закрыты животнымъ пузыремъ или растительнымъ пергаментомъ, наливается вода и помѣщается свернутая цинковая пластинка. Эта трубка вѣшается въ сосудъ, наполненный слабымъ растворомъ сѣрноокислой мѣди. Послѣдній растворъ проникаетъ въ трубку, мѣдь осаждается на цинкѣ, и сѣрноокислый цинкъ диффундируетъ обратно въ наружный сосудъ, пока вся сѣрноокислая мѣдь не будетъ разложена. Подобное же явленіе наблюдается при кормленіи плѣсеньей или бактерій различными органическими соединеніями. Если дать два органическихъ вещества различнаго питательнаго достоинства, то грибокъ поглощаетъ только лучшее, часто оставляя совершенно нетронутымъ худшее питательное вещество, которымъ онъ сталъ бы

питаться, если бы не было лучшаго. Напротивъ, *Aspergillus niger* въ смѣси глицерина и глюкозы не трогаетъ глицерина, пока есть глюкоза<sup>1)</sup>.

Не только поступленіе веществъ внутрь клѣтки регулируется потребностью въ нихъ, но также и выходеніе ихъ наружу. Опыты Натансона<sup>2)</sup> обнаружили, что поваренная соль легко проходитъ черезъ протоплазму морской водоросли *Codium tomentosum*. Однако, извлечь всю поваренную соль изъ клѣтокъ не удается. При культурѣ въ изотоническомъ растворѣ чилийской селитры въ первое время быстро понижается количество соляной кислоты въ клѣточномъ сокѣ, но затѣмъ почти не измѣняется, какъ показываетъ слѣдующая таблица:

Первоначальное содержаніе . . . . .	2,24 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> HCl
Черезъ 24 часа въ 4 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> Na NO <sub>3</sub> . . . . .	0,92 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> »
» 3 дня » » . . . . .	0,93 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> »
» 8 » » » . . . . .	0,90 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> »
» 15 » » » . . . . .	0,84 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> »
» 25 » » » . . . . .	0,76 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> »

Выше были описаны явленія плазмолиза (рис. 46) растительныхъ клѣтокъ. Подобные же опыты де-Фризь<sup>3)</sup> произвелъ надъ цѣлыми растительными органами. Онъ показалъ, что, помѣщая растущія части стеблей, корней или цвѣтоножекъ въ растворъ солей, можно обнаружить значительное уменьшеніе длины взятыхъ для опыта отрѣзковъ. При помѣщеніи же снова въ чистую воду онѣ опять достигаютъ прежней величины и становятся упругими. Эта упругость, какъ результатъ осмотическаго давленія, называется *тургоромъ*.

Скорость прохожденія воды и растворенныхъ въ ней веществъ внутрь протоплазмы находится въ зависимости отъ внѣшнихъ условий. Ванъ Риссельбергъ<sup>4)</sup> изучилъ вліяніе температуры. Въ одной серіи опытовъ онъ вырѣзывалъ изъ молодыхъ вѣтокъ *Sambucus nigra* участки сердцевины, помѣщалъ ихъ сначала въ воду и затѣмъ клалъ въ растворы сахарозы 25<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, нагрѣтые до различныхъ температуръ. Длина участковъ 114 миллиметровъ. Черезъ равные

1) *Pfeffer*, Jahrbücher f. wiss. Botanik. XXVIII. 1895, pag. 206.

2) *Nathansohn*, Berichte d. deutsch. botan. Gesellschaft. 1901. pag. 509.

3) *De Vries*, Mechanische Ursachen der Zellstreckung. 1877.

4) *Van Rysselberghe*, Influence de la température sur la perméabilité du protoplasme (Recueil de l'Institut botanique de Bruxelles. V. 1902. pag. 208.

промежутки времени участки измѣрялись. Чѣмъ ниже была температура раствора, тѣмъ медленнѣе шелъ плазмолизъ. На прилагаемой таблицѣ даны въ миллиметрахъ сокращенія участковъ при различной температурѣ и въ различное время:

	0°	6°	12°	16°	20°	25°
2 часа . . .	— 4,5	— 8,5	—20,0	—33,0	—40,5	—41,5
4 часа . . .	— 7,5	—13,5	—25,0	—38,0	—42,0	тоже
6 часовъ . .	—10,0	—17,0	—28,0	—42,0	тоже	тоже
8 часовъ . .	—12,5	—20,0	—30,0	тоже	тоже	тоже
10 часовъ . .	—14,0	—21,5	—31,5	тоже	тоже	тоже
24 часа . . .	—21,0	—31,0	—40,0	тоже	тоже	тоже

Въ другой серіи опытовъ плазмолизованные участки помещались въ воду, нагрѣтую до различныхъ температуръ. Получились прежніе результаты: тургоръ наступалъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ теплѣе была вода.

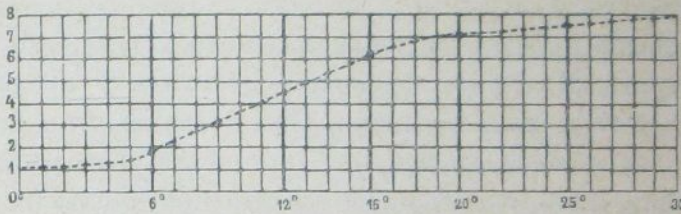


Рис. 49. Скорость прохождения воды через кожный слой протоплазмы при различныхъ температурахъ.

Если на оси абсциссъ отложить температуру, а на оси ординатъ скорости прохождения воды через кожный слой протоплазмы въ томъ или другомъ направленіи, то получится слѣдующая кривая, изображенная на 49-мъ рисункѣ.

Скорость прохождения растворенныхъ веществъ также находится въ зависимости отъ температуры. Если принять скорость прохождения при 0° за единицу, то получатся при болѣе высокихъ температурахъ слѣдующія скорости для селитры, глицерина и мочевины:

	0°	6°	12°	16°	20°	25°
Селитра . . . . .	1,0	1,8	4,4	6,0	7,3	7,3
Глицеринъ . . . . .	1,0	1,9	4,2	5,6	7,0	7,0
Мочевина . . . . .	1,0	2,1	4,5	5,3	7,0	7,6

Клѣточный сокъ, находящійся внутри кожистаго слоя протоплазмы, обладаетъ большимъ осмотическимъ давленіемъ. По опредѣленію де-Фриза, клѣточный сокъ, выжатый изъ молодыхъ органовъ различныхъ растеній, обладаетъ слѣдующимъ осмотическимъ давленіемъ въ атмосферахъ:

<i>Gunnera scabra</i> , листов. черешки . . . . .	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
<i>Rochea falcata</i> , листья . . . . .	4
<i>Rheum hybridum</i> , листов. черешки . . . . .	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
<i>Solanum tuberosum</i> , листья . . . . .	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
<i>Helianthus tuberosus</i> , листья . . . . .	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
<i>Dipsacus fullonum</i> , стебель . . . . .	6
<i>Helianthus tuberosus</i> , стебель . . . . .	7
<i>Rosa hybrida</i> , лепестки . . . . .	8
<i>Sorbus Aucuparia</i> , ягоды . . . . .	9
<i>Beta vulgaris</i> , корни . . . . .	21

Въ клѣткахъ *Aspergillus niger* и *Penicillium glaucum*, при культурѣ на крѣпкихъ растворахъ, осмотическое давленіе достигаетъ 157 атмосферъ.

Де-Фризь опредѣлилъ у различныхъ растеній участіе отдѣльныхъ составныхъ частей клѣточного сока въ производствѣ осмотическаго давленія. Прилагаемыя таблицы даютъ понятіе, какія вещества у различныхъ растеній вызываютъ осмотическое давленіе.

*Листовыя черешки Heracleum Sphondylium.*

Калій органическихъ солей . . . . .	5,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Яблочная кислота . . . . .	9,1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Глюкоза . . . . .	69,1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Хлористый натрій . . . . .	6,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	<hr/>
	90,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

*Листовыя черешки Gunnera scabra.*

Калій органическихъ солей . . . . .	3,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Яблочная кислота . . . . .	19,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Глюкоза . . . . .	21,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Хлористый калій . . . . .	51,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	<hr/>
	95,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Листья *Rochea falcata*.

Калій органическихъ солей . . . . .	3,1 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Яблочная кислота . . . . .	42,3 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Глюкоза . . . . .	23,1 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Хлористый натрій . . . . .	11,5 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
	82,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>

Осмось, имѣющій такое важное значеніе для поступленія веществъ внутрь растений, недостаточенъ для перемѣщенія веществъ по растенію, такъ какъ перемѣщеніе веществъ исключительно пу-

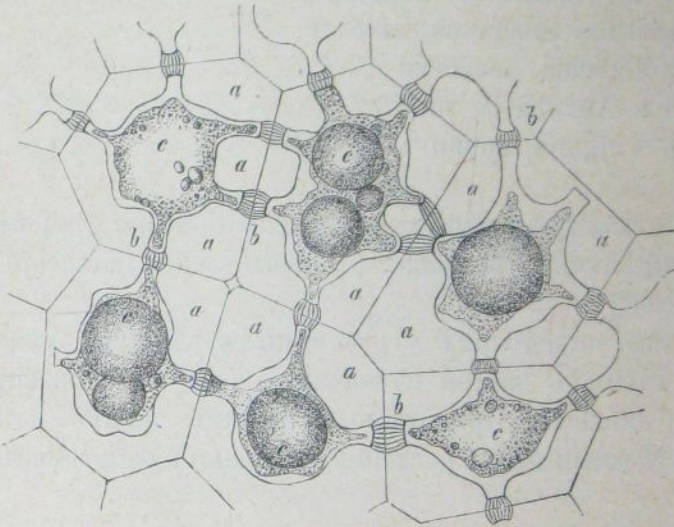


Рис. 50. Кѣтки изъ эндосперма *Agave oleagosa*; *a, a* — толстыя оболочки, *y b, b* — находятся поры, пронизанныя каналцами.

темъ осмоса происходитъ очень медленно<sup>1)</sup>). Напримѣръ, быстро диффундирующій хлористый натрій требуетъ 319 дней на прохожденіе 1 миллиграмма своего вещества изъ 10-процентнаго раствора на разстояніе 1 метра. Для бѣлка на это понадобилось бы около 14 лѣтъ. Такъ какъ диффузія въ желатинѣ или агарь-агарь идетъ съ такою же скоростью, какъ и въ водѣ, то для опыта надъ скоростью диффузіи наливаютъ нагрѣтый растворъ желатины въ сте-

<sup>1)</sup> *Stephan*, Sitzungsberichte Wien. Acad. 1879. Band. 79. Abth. II. pag. 214. *De Vries*, Botanische Zeitung. 1885, pag. 1. *Pringsheim*, Jahrbücher f. wissenschaft. Botanik, 28. 1895, pag. 1.



кляннй цилиндръ, на которую послѣ застыванія ея наливается растворъ какой-либо краски, напримѣръ, индиго.

Въ настоящее время констатировано много случаевъ прямого со-общенія протоплазмъ двухъ сосѣднихъ клѣтокъ при посредствѣ тонкихъ протоплазматическихъ нитей, пронизывающихъ клѣточные оболочки (рис. 50). Какъ вліяютъ подобныя поры на обмѣнъ веществъ—неизвѣстно.

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

Слѣдующій опытъ наглядно поясняетъ поступленіе твердыхъ частицъ почвы въ растенія. На одинъ конецъ широкой стеклянной трубки натягивается перепонка изъ животнаго пузыря (рисункъ 51). Получившійся сосудъ наполняется слабой соляной кислотой и опрокидывается въ другой сосудъ, также наполненный соляной кислотой. На гладкую поверхность перепонки кладется кусокъ мѣлу. Этотъ кусокъ постепенно уменьшается вслѣдствіе соприкосновенія съ пропитанной кислотой перепонкой. Образующійся же хлористый кальцій диффундируетъ въ сосудъ съ соляной кислотой, гдѣ его можно обнаружить соответственными реактивами. *м. а. в. с. в. о. х. М. Н. у.*

Для выясненія вопроса, какія кислоты выдѣляются корнями, Чапекомъ<sup>1)</sup> были произведены слѣдующіе опыты. Имъ были при-

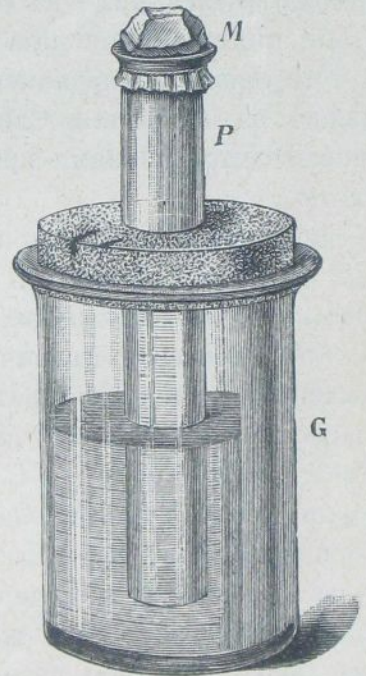


Рис. 51. Раствореніе мѣла проникающей черезъ перепонку М соляной кислотой.

<sup>1)</sup> Czâpek, Jahrbücher f. wissenschaft. Botanik. Band. 28. 1896, pag. 321.

готовлены пластинки изъ фосфорнокислаго алюминія съ примѣсью гипса. Эти пластинки растворяются въ кислотахъ: соляной, азотной, сѣрной, фосфорной, муравьиной, щавелевой, янтарной, молочной, яблочной, лимонной и винной, и не растворяются въ кислотахъ: угольной, уксусной, пропионовой и масляной. Такъ какъ корни различныхъ растений не оказывали никакого вліянія на эти пластинки, то отсюда слѣдуетъ, что кислоты первой группы не выдѣляются корнями. Для дальнѣйшихъ опытовъ Чапекъ воспользовался краской Congoroth, которая отъ углекислоты окрашивается въ коричневато-красный цвѣтъ, тремя же послѣдними кислотами второй группы, даже въ очень слабомъ растворѣ, — въ интенсивный синій цвѣтъ. Корни при различныхъ опытахъ окрашивали Congoroth только въ коричневато-красный цвѣтъ, и никогда не наблюдалось ея посинѣнія. Слѣдовательно, раствореніе частицъ почвы производится корнями при помощи выдѣляемой ими угольной кислоты.

Возникаетъ новый вопросъ, насколько существенно для питанія растений участіе ихъ самихъ въ раствореніи питательныхъ веществъ почвы, находящихся въ ней въ нерастворенномъ состояніи. Для рѣшенія его Коссовичъ<sup>1)</sup> въ одной серіи опытовъ выращивалъ растения въ песокъ съ примѣсью фосфоритной муки. Черезъ сосуды съ пескомъ пропускался питательный растворъ, содержавшій  $KNO_3$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgSO_4$  и  $Fe_2 Cl_6$ . Слѣдовательно, въ этой серіи опытовъ корни растений могли оказывать растворяющее дѣйствіе на фосфоритную муку. Во второй серіи опытовъ растения сѣялись въ сосуды съ пескомъ, не содержащимъ фосфоритной муки. Черезъ сосуды пропускался тотъ же питательный растворъ, только предварительно прошедшій черезъ сосуды съ пескомъ и фосфоритной мукой. Въ этомъ случаѣ растения получали только фосфоръ, извлеченный питательнымъ растворомъ изъ фосфоритной муки. Растворимость же фосфоритной муки въ питательномъ растворѣ ничтожная. Въ первой серіи опытовъ получился хорошій урожай, во второй — очень слабое развитіе растений. Получилась слѣдующая жатва въ граммахъ:

	Горчица.	Горохъ.	Лень.
1 серія . . . . .	120,6	74,4	15,8
2 серія . . . . .	2,8	7,4	0,4

<sup>1)</sup> Коссовичъ, Журналъ опытной агрономіи. 1902, стр. 145.

Слѣдовательно, растеніямъ можетъ принадлежать существенная роль въ переводѣ въ растворъ питательныхъ веществъ почвы, находящихся въ ней въ нерастворенномъ состояніи.

Насколько значительна можетъ быть у нѣкоторыхъ растеній способность растворять твердыя частицы почвы, показываютъ слѣдующіе примѣры. Линдъ<sup>1)</sup> на чистыхъ культурахъ нѣкоторыхъ грибовъ убѣдился въ ихъ способности пронизывать мраморныя пластинки и кости. Надсонъ<sup>2)</sup> описалъ значительное количество сверлящихъ водорослей. Эти водоросли, растворяя известь, проникаютъ на значительную глубину въ скалы и раковины. На поверхности субстрата имъ приходится выдерживать сильную конкуренцію съ различными другими водорослями. Приобрѣтенная же ими способность гнѣздиться въ твердомъ известковомъ субстратѣ, недоступномъ другимъ водорослямъ, даетъ имъ новое орудіе въ борьбѣ за существованіе. Надсонъ нашель, что эти водоросли выдѣляютъ щавелевую кислоту.

Извѣстно также, что паразитные грибы, поражая растенія, могутъ пронизывать растительныя оболочки. Мійоши<sup>3)</sup> нашель, что оболочки очень различнаго происхожденія пронизываются гифами грибовъ. Изслѣдуемая оболочка помѣщалась на питательный субстратъ, и сверху на нее сѣялись споры. При прорастаніи споръ гифы пронизывали оболочки и проходили въ питательный субстратъ.

## ГЛАВА ПЯТАЯ.

### Движеніе веществъ по растеніямъ.

§ 1. **Необходимость передвиженія веществъ.** Изъ вышеизложеннаго 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

<sup>1)</sup> *Lind*, Jahrbücher f. wissenschaft. Botanik. 32, 1898, pag. 603.

<sup>2)</sup> *Надсонъ*, Сверлящія водоросли и ихъ значеніе въ природѣ (Ботаническія записки, 1900).

<sup>3)</sup> *Miyoshi*, Jahrbücher f. wissenschaft. Botanik. 28, 1895, pag. 269.

изъ минеральныхъ. Между тѣмъ, листъ самъ непосредственно усваиваетъ только одну углекислоту. Остальныя нужныя для приготовления органическихъ соединеній вещества (вода и зольные элементы) поглощаются корнями и часто должны пройти очень длинный путь, чтобы дойти до листьевъ. Точно также многія части растеній, нуждающіяся въ большомъ количествѣ органическаго вещества, часто сами этого вещества готовить не могутъ<sup>1)</sup>. Таковы, напримѣръ, всѣ незеленыя растущія части. Необходимое для постройки новыхъ клѣтокъ органическое вещество доставляется имъ изъ листьевъ и также очень часто (напримѣръ, для образования 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 и въ жидкомъ и газообразномъ состояніи. Твердыя вещества, чтобы принять участіе въ общемъ движеніи, должны предварительно перейти въ растворъ, потому что иначе пройти черезъ клѣточные 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 паренхимной 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*<sup>2)</sup>. 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

<sup>1)</sup> Т. е. изъ минеральныхъ веществъ. Этимъ не исключается возможность приготовления изъ доставленныхъ органическихъ соединеній новыхъ разнообразныхъ органическихъ соединеній.

<sup>2)</sup> *Barthélémy*, *Annales d. sc. nat.* 5 série, 19 tome, pag. 152, 1874.

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 происходитъ 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 конецъ цилиндра, при посредствѣ пробки, плотно вставляется стеклянная трубка. Трубка соотвѣтствуетъ черешку, глиняный сосудъ—пластинкѣ *Nelumbium*. До начала опыта сосудъ погружается въ воду. Затѣмъ онъ вынимается изъ воды и укрѣпляется въ наклонномъ положеніи трубою внизъ. Глиняный сосудъ нагрѣвается лампой, 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 настоящія вентиляціонныя трубы, доставляющія остальнымъ корнямъ необходимый для нихъ воздухъ. Слѣдовательно, такъ или иначе, но всегда воздухоносныя полости коры находятся въ прямомъ сообщеніи съ атмосфернымъ воздухомъ<sup>1)</sup>.

Воздухъ находится также и въ центральномъ древесномъ цилиндрѣ. Опыты Гёнеля<sup>2)</sup> 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) *Höhnell*, Bot. Zeitung. 1879, pag. 541. Pringsheim's Jahrbücher. 12, p. 47.

листь (рис. 52) укрѣпляется въ сосудѣ (*g*) съ широкимъ горломъ посредствомъ каучуковой пробки. Посредствомъ бокового отверстія цилиндръ сообщается съ воронкой (*J*), черезъ которую вливается ртуть. Ртуть сдавливаетъ воздухъ въ цилиндрѣ 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 устьяца входилъ только въ кору и затѣмъ выдѣлялся 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.

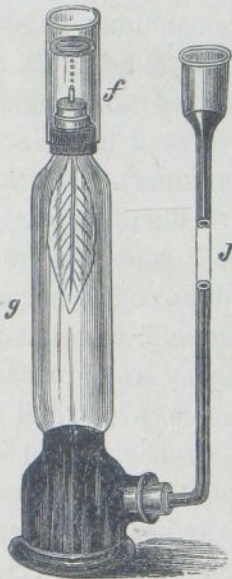


Рис. 52. Приборъ Гёнеля.

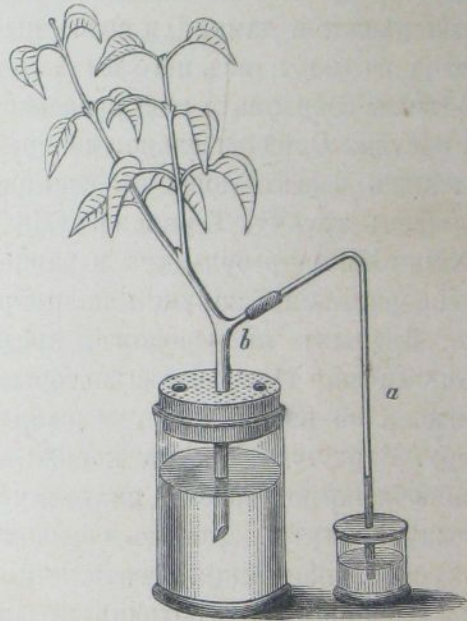


Рис. 53. Отрицательное давленіе воздуха въ древесинѣ.

Гёнелемъ доказано также *отрицательное давленіе воздуха* въ древесинѣ. Если перерѣзать стебли или листовые черешки подъ ртутью, то можно наблюдать (особенно, если опытъ произведенъ 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 санти-

метровъ, считая отъ поверхности разрѣза. Такіе опыты доказы-  
ваютъ, что разрѣженіе воздуха въ сосудахъ можетъ быть очень  
значительнымъ. Отрицательное давленіе воздуха въ древесинѣ можно  
доказать еще иначе (рис. 53). Покрытая листьями вѣтвь ставится  
въ воду. Къ верхней перерѣзанной части ея прикрѣпляется при  
помощи каучука стеклянная трубка, нижній конецъ которой опу-  
скается въ ртуть. Черезъ нѣкоторое  
время ртуть въ трубкѣ *a* повышается,  
что указываетъ на разрѣженіе воз-  
духа въ древесинѣ. Наибольшее раз-  
рѣженіе воздуха совпадаетъ съ періо-  
домъ наибольшей дѣятельности расте-  
ній. Какъ изъ нижесказаннаго будетъ  
видно, это одинъ изъ важныхъ факто-  
ровъ, отъ котораго зависитъ движеніе  
воды по стеблю.

§ 3. Движеніе жидкостей. Пер-  
вые опыты надъ движеніемъ жидко-  
стей по растенію принадлежатъ Маль-  
пиги (1671 г.). Сдѣлавши на стволѣ  
кольцевую вырѣзку коры, онъ на-  
шелъ, что части растеній, лежація  
выше вырѣзки, не только остаются  
живыми, но разрастаются въ толщи-  
ну сильнѣе обыкновеннаго. Особенно  
сильно разрастается стволъ у верхняго  
края вырѣзки съ образованіемъ кольце-  
образнаго наплыва ткани (рис. 54). Со-  
вершенно иное замѣчается въ части  
ствола, лежащей ниже вырѣзки: ростъ  
и развитіе всѣхъ частей нижней по-  
ловины дерева прекращались.

Слѣдовательно, на доставленіе воды изъ почвы верхнимъ ча-  
стямъ растенія кольцевая вырѣзка не оказывала никакого вліянія;  
прохожденіе же органическихъ веществъ въ нижнія части растенія  
прекращалось. Отсюда Мальпиги вывелъ заключеніе, что почвен-  
ный растворъ движется по древесинѣ, вырабатываемыя же листьями  
органическія вещества—по корѣ. Водяной токъ называется также  
восходящимъ, а токъ органическихъ (или пластическихъ) веществъ—

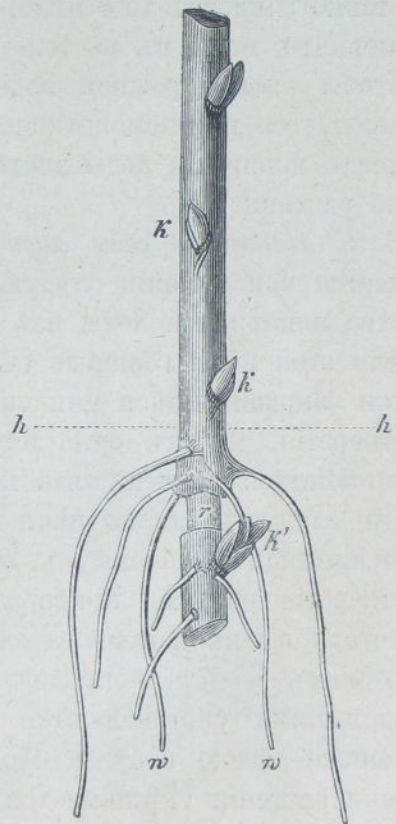


Рис. 54. Опытъ съ кольцевой вырѣзкой коры. Вѣтвь поставлена въ воду до высоты *hh*.

нисходящимъ. Не нужно, однако, принимать термины «восходящій» и «нисходящій» въ буквальномъ смыслѣ. Въ висячей вѣтви плакучей ивы восходящій токъ идетъ внизъ, а нисходящій—вверхъ. Если сдѣлать кольцевую вырѣзку на вѣтви плакучей ивы, 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. Слѣдовательно, 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 отверстие служитъ для поливки почвы. Въ третье отверстие вставляется стеклянная трубочка съ оттянутымъ концомъ. Черезъ волосное отверстие воздухъ прибора сообщается съ наружною атмосферой. Потеря въ вѣсѣ прибора зависитъ только отъ испаренія воды растеніемъ <sup>1)</sup>. 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 растеніями <sup>2)</sup>.

2) Измѣряя количество поглощенной растеніемъ воды. Для подобныхъ изслѣдованій удобенъ приборъ Коля <sup>3)</sup> (рис. 55). Въ на-

<sup>1)</sup> Hales, Statique d. végétaux, pag. 4. 1735.

<sup>2)</sup> Wiesner, Sitzungsberichte Wien. Akad. LXXIV Band. 1 Abth., pag. 479. 1877.

<sup>3)</sup> Kohl, Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe. 1886.



полненную водою трубку *r* вводятся корни испытываемого растенія и термометръ. Снизу трубка *r* сообщается съ 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 растеніе стекляннымъ

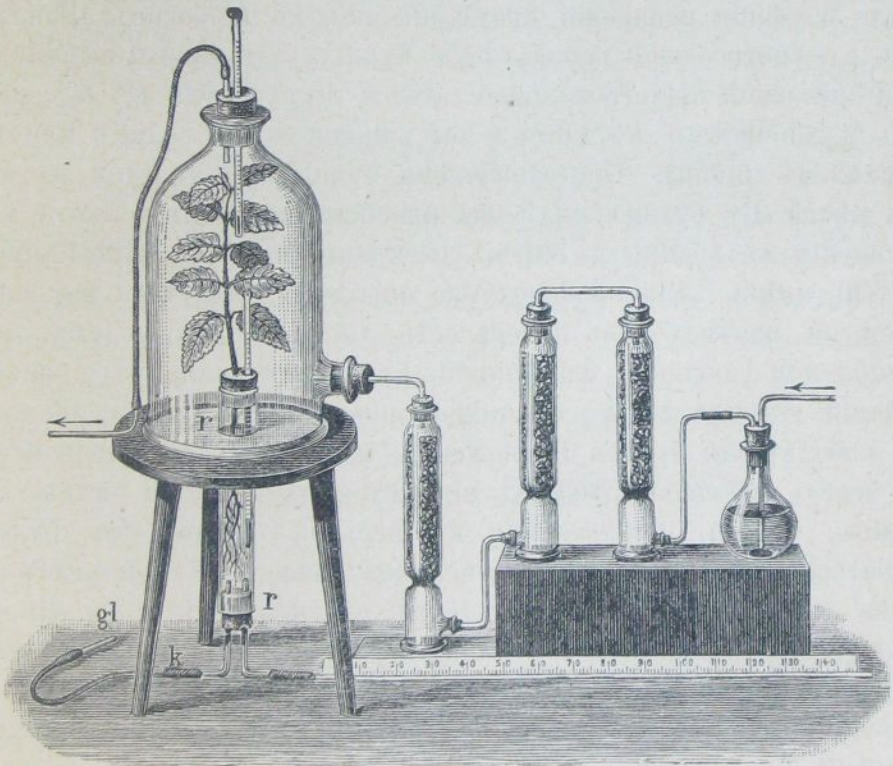


Рис. 55. Приборъ Коля для изученія испаренія воды растеніями.

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 сѣрною кислотой или съ кусками пемзы, смоченными тою же кислотой. 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 состояннн воды. Для этой цѣли можетъ служить приборъ Веска<sup>1)</sup>. Онъ состоитъ изъ U-образной трубки, одно колѣно которой широкое, другое—узкое. Трубка наполняется водой. Въ широкое колѣно, при помощи хорошо пригнанной пробки, вставляется растение. Взвѣсивая весь приборъ, опредѣляемъ количество испарившейся воды. Перемѣщеніе воды въ узкой трубкѣ указываетъ количество поглощенной воды.

Для изученія испареній, кромѣ описанныхъ приборовъ, Шталь<sup>2)</sup> ввелъ въ употребленіе кобальтовую бумагу. Для приготовления ея куски шведской фильтровальной бумаги погружаютъ въ 5% растворъ<sup>3)</sup> хлористаго кобальта и высушиваютъ на солнцѣ или въ сушильномъ шкапу. Приготовленная бумага сохраняется въ сухомъ мѣстѣ. Въ сухомъ видѣ она интенсивнаго синяго цвѣта, при поглощеннн же водяныхъ паровъ раскрашивается въ свѣтло-красноватый цвѣтъ. Для производства опыта сухая бумага накладывается на излѣдуюемую поверхность листа и прикрывается стеклянной или слюдяной пластинкой. Если взять, на примѣръ, листь, имѣющій устьица только на нижней поверхности, то въ солнечный день кобальтовая бумага, приложенная къ его нижней поверхности, уже черезъ нѣсколько секундъ окрасится въ красный цвѣтъ. Напротивъ, бумага, приложенная къ верхней поверхности, будетъ оставаться синей въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. Такой опытъ наглядно показываетъ значеніе устьицъ для испаренія воды. Наиболее пригодны для подобнаго опыта: *Tradescantia zebrina*, *Salix caprea*, *Populus nigra*, *P. tremula*, *Spiraea ulmaria*, *Liriodendron*, *Pirus communis*, *Begonia imperialis*, *Lamium rubrum*, *Ginkgò biloba*, *Adiantum Farleyense*.

Растенія испаряютъ очень значительныя количества воды; такъ, на примѣръ, въ опытахъ Визнера три молодыхъ растенъица *Zea Mays*, вѣсомъ 1,6 грамма, испарили въ 1 часъ, на солнечномъ свѣтѣ, 0,198 грамма воды. Вольни<sup>4)</sup> опредѣлилъ количество испарившейся воды для нѣсколькихъ воздѣлываемыхъ растеній въ про-

1) *Vesque*, *Annales d. sc. nat.* 6 série, 6 tome. 1887, pag. 201.

2) *E. Stahl*, *Botanische Zeitung.* 1 Abtheilung. 1894. 117.

3) Для чувствительныхъ опытовъ, гдѣ нужно уловить небольшую разницу въ испареннн, употребляются болѣе слабые растворы (1—2%).

4) *Wollny*, *Einfluss der Pflanzendecke etc.* Изъ *Sachsen*, *Lehrbuch der Agri-culturchemie.* 1888, pag. 423.

долженіе цѣлаго вегетаціоннаго періода. Прилагаемая таблица даетъ результаты его изслѣдованій.

М ѣ с я ц ы .	Количество испарившейся воды въ граммахъ.			
	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
	Кукуруза.	Овесъ.	Горохъ.	Горчица.
Испареніе почвой . . . . .	1063	178	234	166
Величина испареній . . . . .	11212	7140	4176	4974

Затѣмъ Вольни опредѣлилъ количество сухого вещества въ собранныхъ растеніяхъ и вычислилъ, сколько испарилось воды за все время вегетаціоннаго періода на одинъ граммъ образовавшагося сухого вещества. Оказались слѣдующія количества:

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

Хотя растенія, 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 растеній испаряетъ воды въ среднемъ въ три раза менѣе, чѣмъ свободная поверхность воды. По изслѣдованіямъ Гартига, эта разница еще болѣе значительна:

Поверхность воды въ 1 кв. метрѣ испарила въ 24 часа . . . . .	2000	куб. сант. воды
Поверхность листьевъ бука въ 1 кв. метрѣ испарила въ 24 часа . . . . .	210	» » »
Поверхность листьевъ дуба въ 1 кв. метрѣ испарила въ 24 часа . . . . .	280	» » »

Отрѣзанные листья испаряють воды гораздо болѣе, чѣмъ тѣ же листья на растеніяхъ. По изслѣдованіямъ Крутицкаго <sup>1)</sup> оказалось:

Одинъ листъ <i>Cyssus antharcticus</i> испарилъ			
въ сутки . . . . .	10,6	куб.	сант. воды
Вѣтвь <i>Cyssus antharcticus</i> съ 6-ю листьями			
испарила въ сутки . . . . .	10,8	»	»
Одинъ листъ <i>Quercus</i> sp. испарилъ въ сутки	3,2	»	»
Восьмилѣтняя вѣтвь <i>Quercus</i> sp. съ 180 ли-			
стями испарила въ сутки . . . . .	28,8	»	»

Отсюда слѣдуетъ, что данныя, полученныя для отрѣзанных листьевъ, нельзя перечислять на цѣлыя растенія.

Послѣ этихъ предварительныхъ свѣдѣній относительно испаренія воды растеніями перейдемъ къ изученію *вліянія вѣтшихъ дѣтелей на ходъ испаренія.*

*Свѣтъ* оказываетъ большое вліяніе на количество испаряемой растеніями воды <sup>2)</sup>. Напримѣръ:

Три молодыхъ растенія *Zea Maus*. Вѣсъ 1,6 грамма.

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

Слѣдовательно, на свѣтѣ растенія испаряють воды въ нѣсколько разъ болѣе, чѣмъ въ темнотѣ.

Если растенія перемищать изъ темноты на свѣтъ или обратно, то энергія 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.

<sup>1)</sup> *Фаминцынъ*, Обмѣнъ веществъ, стр. 667.

<sup>2)</sup> *Баранецкій*, Bot. Zeitung, 1872, pag. 65; *Wiesner*, Sitzungsberichte Wien. Akad. Math. Naturw. Cl. LXXIV Band. 1 Abth. 1877, p. 477; *Kohl*, Die Transpiration der Pflanzen, etc. 1886.

*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.

Этотъ опытъ показываетъ, что въ этомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ продолжающимся 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 результаты <sup>1)</sup>:

*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. утра . . .	2,00	1,80
7 ч. 20 м. утра—10 ч. 25 м. утра . . .	2,90	3,40
10 ч. 25 м. утра—1 ч. 30 м. пополуд. . .	3,80	4,30
1 ч. 30 м. попол.—4 ч. 35 м. попол. . .	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 на-

<sup>1)</sup> *Eberdt*, Die Transpiration der Pflanzen und ihre Abhängigkeit von äusseren Bedingungen. 1889.

сыщается водой, днем же терпится недостаток. Максимумы лежат между  $10^{1/2}$  ч. и  $1^{1/2}$  ч. дня.

Не все лучи спектра имеют одинаковое влияние на количество испаряемой зелеными растениями воды. Максимум лежит в лучах синих и фиолетовых. Из остальных лучей спектра наибольшим действием обладают красные лучи между *A* и *B*. Следовательно, для испарения главное значение имеют лучи, поглощаемые хлорофиллом. Из этих лучей — лучи синие и фиолетовые оказывают наибольшее действие. Прилагаемая табличка дает количество испарившейся воды в миллиграммах различными растениями под желтыми и синими колпаками.

	Zea Mays.		Taxus baccata.	
Желтый колпак . . .	386	95	172	508
Синий » . . .	438	119	244	525

Из всех внешних условий, влияющих на процесс испарения воды растениями, свет является, несомненно, самым важным. Возникает вопрос, какое количество света затрачивается на этот процесс. Опыты показали <sup>1)</sup>, что лист подсолнечника испарял в солнечный день 275 кв. сантиметров воды в час на 1 кв. метр. На испарение такого количества воды нужно 166800 калорий.

Так как указанная выше поверхность листа получала за время опыта 600000 калорий в час, то отсюда следует, что на процесс испарения воды лист затрачивает 27,5% всей получаемой им солнечной энергии, на усвоение же углерода расходовалось только 0,5%. Хотя отрезанные листья испаряют воды гораздо больше, чем листья, сидящие на растении, все-таки этот опыт показывает, что на испарение воды затрачивается гораздо больше солнечной энергии, чем на разложение углекислоты.

*Влажность* окружающего воздуха — второе условие, от которого находится в большой зависимости процесс испарения воды растениями. Чем меньше воздух содержит водяных паров, тем испарение идет энергичнее; с увеличением количества водяных паров в воздухе испарение слабеет. В атмосфере, насыщенной водяными парами, испарение может быть сведено к нулю.

<sup>1)</sup> Brown, Annales agronomiques 27, 1901, pag. 428.

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

Движенія воздуха, *ветеръ*, 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 различныхъ соединений. Такъ, кислоты усиливаютъ испареніе, щелочи задерживаютъ. Прибавленіе какой-либо соли въ маломъ количествѣ 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 внѣшнихъ условій, вліяющихъ на испареніе, на этотъ процессъ оказываютъ вліяніе также внутреннія причины, зависящія отъ организаціи растеній.

На испареніе вліяеть, 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 пластинки, въ граммахъ . . . . .	0,199	0,317	0,749	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 пластинки, въ квадратныхъ сантиметрахъ . . . . .	14,4	22,4	54	155	207	251	338	424	432	514
Поверхность черешка, въ квадратн. сантиметрахъ . . . . .	0	0	0	0	7	8,1	12,2	20	21	31
Испареніе въ 1 ч. въ миллиграмм. . . . .	17,8	17,3	40,4	60,7	170,6	237,8	260,2	265,6	277,7	329,3
Испареніе, перечисленное на 1 часть и 100 квадратн. сантиметровъ поверхности въ миллиграммахъ . . . . .	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 кожица молодыхъ листьевъ легко пропускаетъ водяные пары; затѣмъ испареніе падаетъ. Второй максимумъ совпадаетъ съ окончательнымъ развитіемъ устьицъ (94,7 mgr.). Съ дальнѣйшимъ уплотнѣніемъ кожицы, несмотря на дѣятельность устьицъ, испареніе снова постепенно падаетъ.

Количество испаряемой листьями воды зависитъ также отъ ихъ формы и особенностей анатомическаго строенія, — отъ величины пластинки, отъ количества устьицъ, отъ толщины и проводимости кожицы, и т. д. <sup>1)</sup>



Рис. 56. Выдѣленіе капель воды на краяхъ листа *Impatiens Sultani*.

У многихъ растений наблюдается, кромѣ выдѣленія воды въ парообразномъ состояніи, также выдѣленіе ея въ капельно-жидкомъ видѣ черезъ гидатоды. Послѣдній процессъ отчасти замѣняетъ испареніе и наблюдается по преимуществу тамъ, гдѣ испареніе почему-либо слабѣетъ, какъ, на примѣръ, у многихъ *Aroideae* и другихъ растений сырыхъ мѣстностей (рис. 56).

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

б) Второе условіе, отъ котораго зависитъ движеніе воды по стеблю, это такъ называемая *корневая сила*, которая вызываетъ плачь растений. *Плачь растений* былъ въ первый разъ изученъ Гельзомъ <sup>2)</sup>. Если весной до распусканія почекъ срѣзать у виноградной лозы вѣтвь, то изъ пораженнаго мѣста потечетъ водянистая прозрачная жидкость. Гельзь, желая задержать истеченіе этой жидкости, перевязалъ срѣзанный конецъ лозы животнымъ пузыремъ. Оказалось, что сокъ вытекаетъ съ значительной силой, потому что пузырь надулся и затѣмъ лопнулъ.

Для измѣренія силы, съ какою выгоняется сокъ, Гельзь при-

<sup>1)</sup> О томъ, какъ относятся растенія къ процессу испаренія, какъ приспособляются къ нему, будетъ изложено въ главѣ о ростѣ.

<sup>2)</sup> *Hales, Statique des végétaux. 1735.*



крѣпилъ къ срѣзанному концу манометръ со ртутью (рис. 57). Отъ давленія сока ртуть стала подниматься во ви́шнемъ колѣнѣ манометра, и разность высотъ достигла 103 сантиметровъ. Слѣдовательно, давленіе было около  $1\frac{1}{2}$  атмосферы. вмѣсто того, чтобы 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 весной 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 пня потечетъ жидкость. При такой постановкѣ опыта (т. е. удаляя весь стебель съ листьями) плачь можно констатировать въ продолженіе цѣлаго вегетаціоннаго періода не только у деревянистыхъ, но и у травянистыхъ растеній.

Для изученія силы, съ какою выталкивается сокъ, къ перерѣзанному растенію прикрѣпляется ртутный манометръ. Для опредѣленія количества истекающей жидкости вмѣсто манометра прикрѣпляютъ стеклянную трубку, по которой жидкость стекаетъ въ измѣрительный цилиндръ. Для той же цѣли служитъ самопишущій приборъ Баранецкаго. Въ его приборѣ жидкость стекаетъ въ U-образную трубку. Въ свободномъ концѣ этой трубки находится поплавокъ, который поднимается по мѣрѣ поднятія жидкости въ трубкѣ. Поплавокъ прикрѣпленъ къ шелковинкѣ, перекинутой черезъ блокъ. Стрѣлка, прикрѣпленная къ шелковинкѣ, чертитъ кривую на законченной бумагѣ, покрывающей вращающійся цилиндръ. Въ другомъ приборѣ Баранецкаго вытекающая жидкость распредѣляется въ отдѣльныя трубочки, подставляемые на одинъ часъ къ растенію. Трубочки размѣщены по окружности деревяннаго круга, который при помощи часового механизма перемѣщается одинъ разъ въ часъ такъ, чтобы на мѣсто прежней пробирочки подставлялась растенію новая (рис. 58).

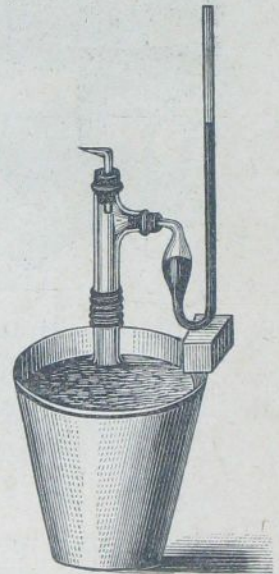


Рис. 57. Измѣреніе силы плача растеній.

Высота ртутного столба, уравнивающего давление вытекающего сока различных растений, различна. У травянистых меньше, чѣмъ у деревьевъ. Такъ, высота ртутного столба, по изслѣдованіямъ Гофмейстера <sup>1)</sup>, равна:

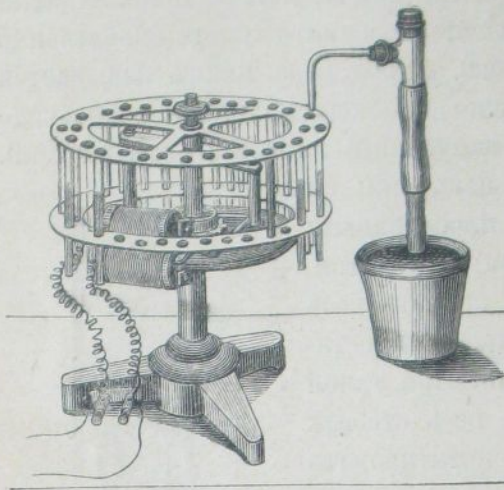


Рис. 58. Приборъ Баранецкаго для изученія плача растений.

	Милли- метр.
у <i>Atriplex hortensis</i>	66
» <i>Chrysanthemum coronarium</i> . . . . .	14
» <i>Digitalis media</i> . . . . .	461
» <i>Urtica urens</i> . . . . .	354

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

	Объемъ кор- ней въ куб. сантим.	Количество вы- дѣленной воды 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 растений наблюдается суточная періодичность <sup>2)</sup>. Эта періодичность нисколько не зависитъ отъ температуры. Часы максимума и минимума вытекания сока различны для различныхъ растений. Этиолированные растения не обнаруживаютъ періодичности плача.

Большой интересъ представляютъ анализы вытекающего сока. Посѣянные Ульбрихтомъ <sup>3)</sup> 11 апрѣля картофельные клубни дали

<sup>1)</sup> Hofmeister, Flora. 1858, pag. 1; 1862, pag. 97.

<sup>2)</sup> Баранецкій, О періодичности плача травянистыхъ растений и причинахъ этой періодичности. Спб. 1872.

<sup>3)</sup> Ulbricht, Land. Versuchs-Stationen. VI. 1864, pag. 469.

стебли, зацвѣтшіе 5 іюля. 9 іюля стебли были срѣзаны на разстояніи 4—6 сантиметровъ надъ поверхностью земли. Вытекшій сокъ былъ собранъ въ 5 порцій такимъ образомъ, что первая порція содержала сокъ, вытекшій въ первыя сутки, вторая—вытекшій во вторыя сутки, и т. д.

1 литръ сока содержалъ въ миллиграммахъ:

Порціи:	1.	2.	3.	4.	5.
Сгораемая 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.
$K_2O$ . . . . .	25,57	23,13
$N_2O$ . . . . .	4,99	6,44
$CaO$ . . . . .	15,16	17,64
$MgO$ . . . . .	6,94	6,49
$P_2O_5$ . . . . .	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 клѣтками коры корня, которыя затѣмъ уже

выталкиваютъ его въ древесные элементы. Трудно было бы ожидать, чтобы богатыя органическимъ веществомъ паренхимныя клѣтки выталкивали 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.	З о л а.	Все 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 клѣтокъ 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 отверстия, сдѣланнаго близъ поверхности земли, содержалъ, въ миллиграммахъ:

Мѣсяцъ и число.	Сахара.	Бѣлка.	Яблочной 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	—
24 »	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 Шредера<sup>1)</sup> показывают, что сок весеннего плача бѣденъ минеральными веществами, но зато богатъ органическими. Это объясняется тѣмъ, что раннею весною многолѣтнія растенія пользуются древесиной для скорѣйшаго проведенія въ нарастающіе побѣги органическихъ веществъ, накопленныхъ еще въ предыдущемъ году. Какъ увидимъ ниже, всѣ многолѣтнія растенія начинаютъ со второй половины лѣта накапливать въ себѣ такъ называемые зимніе запасы, которые отлагаются въ видѣ различныхъ органическихъ соединений въ коровыхъ клѣткахъ ствола и корней. На счетъ этихъ запасовъ растенія весной строятъ первые листья. Для скорѣйшей доставки зимнихъ запасовъ къ мѣстамъ потребления коровыя клѣтки выдѣляютъ ихъ въ древесину, по которой они и движутся вверхъ. Слѣдовательно, элементы древесины служатъ не только для проведенія почвеннаго раствора, т. е. минеральныхъ соединений, но иногда они также служатъ и для проведенія органическихъ веществъ. По мѣрѣ переведенія зимнихъ запасовъ въ нарастающіе побѣги количество органическихъ веществъ начинаетъ 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 плачь замѣняется лѣтнимъ плачемъ.

Слѣдовательно, плачемъ растеній называется истечение сока изъ древесныхъ элементовъ надрѣзанныхъ растеній, зависящее отъ того, что паренхимныя клѣтки корня поглощаютъ воду съ растворенными въ ней минеральными соединениями 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*<sup>2)</sup> зависитъ отъ цѣлаго ряда усло-

<sup>1)</sup> *Schröder*, Landw. Versuch.-Stationen, XIV. 1871, pag. 118.

<sup>2)</sup> *Вонниа*, О движеніи пасоки въ растеніи. Москва, 1897. *Böhm*, 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 Inhibitions-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); *Strasburger*, Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena. 1891. *Ashenasy*, Verhandlungen des Naturhis. Med. Vereins zu Heidelberg. N. F. V Band. 1895, 1896.

вій. Какъ показали кольцевыя вырѣзки, вода движется по древесинѣ. Ученіе Сакса, что вода движется въ толщѣ стѣнокъ древесныхъ элементовъ, оказалось несостоятельнымъ и въ настоящее время оставлено. Вода движется въ полости сосудовъ и трахеидъ. Если закупорить полости сосудовъ, то растеніе завянетъ. Это дѣлается слѣдующимъ образомъ. Берется смѣсь изъ 20 частей желатины и 100 частей воды. Эта смѣсь плавится при  $33^{\circ}$  и остается жидкою до  $28^{\circ}$ . 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 подъ подобною смѣсью, нагрѣвши ее до  $33^{\circ}$ , перерѣзать хорошо покрытую листьями вѣтвь какого-либо растенія, то жидкость войдетъ въ сосуды. Затѣмъ вѣтвь охлаждается, небольшою концъ ея отрѣзывается, чтобы получилась свѣжая поверхность, и ставится въ воду. Черезъ нѣсколько часовъ вѣтвь завядаетъ. Подобныя же вѣтви, только не инъецированныя желатиной, въ продолженіе нѣсколькихъ дней остаются свѣжими<sup>1)</sup>.

Въ элементахъ древесины, кромѣ воды, находится еще воздухъ. Этотъ воздухъ, какъ показали изслѣдованія Генеля (стр. 130), находится въ сильно разрѣженномъ состояніи. 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.

Находящаяся въ древесинѣ вода чередуется съ пузырьками воздуха. Если взять растеніе съ сочнымъ стеблемъ и слабо развитою древесиною (*Begonia*, *Dahlia*), то можно при помощи микроскопа наблюдать эти пузырьки, очистивши осторожно сосудистый пучокъ 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 солнечные же дни количество воды

<sup>1)</sup> *Errera*, Berichte bot. Gesellsch. 1886, pag. 16.

въ сосудахъ уменьшается, а пузырьковъ воздуха становится значительно больше <sup>1)</sup>).

Имѣющіяся изслѣдованія говорятъ за то, что пузырьки воздуха не разрываютъ вполнѣ столбовъ воды, находящихся въ элементахъ древесины. Это получается благодаря тому, что, во-первыхъ, поперечные разрѣзы этихъ элементовъ не представляютъ собой правильныхъ круговъ, а всегда болѣе или менѣе многогранны; затѣмъ эта неправильность еще увеличивается вторичными утолщеніями кольчатыми, спиральными и другими. Такъ какъ пузырьки воздуха стремятся принять округлую форму, то всѣ неровности остаются занятыми водой и получается сплошной столбъ воды, въ который только включены пузырьки воздуха.

Вотчаломъ произведены обширныя изслѣдованія относительно передачи давленія черезъ древесину, содержащую воду и воздухъ. Для опытовъ брались молодыя деревья или вѣтви. Изъ нихъ вырѣзывались куски стволовъ длиною до 2 метровъ. На оба конца горизонтально лежащаго куска, съ соблюденіемъ необходимыхъ предосторожностей, насаживались стеклянныя трубки. Если на одномъ концѣ давленіе повышалось при помощи водяного или ртутнаго столба, то оно быстро передавалось на другой конецъ столба. Скорости поступленія и отдачи воды у конечныхъ сѣченій куска ствола проходятъ рядъ стадій, смѣняющихъ одна другую. Схематически Вотчалъ выразилъ это явленіе слѣдующей діаграммой, изображенной на 59-мъ рисункѣ. Движеніе воды у поперечнаго сѣченія, подвергаемаго давленію, изображено кривою  $\alpha\beta\gamma$ . Скорость тока чрезвычайно быстро возрастаетъ отъ 0 до нѣкоторой весьма большой величины. Эта стадія очень непродолжительна и длится нѣсколько сотыхъ долей секунды. Затѣмъ скорость ( $\alpha\beta$ ) начинаетъ падать. Эта стадія продолжительнѣе и длится отъ  $\frac{1}{2}$  до 2-хъ минутъ. Въ третьей стадіи ( $\beta\gamma$ ) скорость тока падаетъ все медленнѣе и медленнѣе, достигая наконецъ постоянной величины. Въ короткихъ кускахъ ствола постоянная величина скорости наступала чрезъ 5 минутъ, но съ удлиненіемъ объекта она наступала значительно позднѣе. Движеніе воды на противоположномъ концѣ древеснаго ствола изображено кривою  $\alpha'\beta'\gamma'$ . Скорость тока увеличивается крайне медленно и постепенно достигаетъ скорости тока на концѣ ствола, подвергаемомъ давленію. Тогда обѣ кривыя сливаются. Подобныя

<sup>1)</sup> *Sapris*, Comptes rendus. XCVII. 1883, pag. 1088.

же опыты съ трубками, наполненными пескомъ, содержащимъ воздухъ и пропитаннымъ водой, показали, что въ обоихъ случаяхъ получаются сходные результаты. По мнѣнію Вотчала, находящіяся въ древесинѣ пузырьки воздуха являются только коллекторами двигательныхъ силъ. Они только распредѣляютъ сообщенную имъ энергію болѣе равномерно, на болѣе продолжительное время. Источниками же энергіи являются концевые двигатели: испареніе воды листьями и корневая сила (плачь растений). Корневая сила, основанная на осмосѣ клѣтокъ, давить на находящуюся въ древесинѣ воду съ одного конца. Процессъ испаренія воды листьями тянетъ ее съ другого конца.

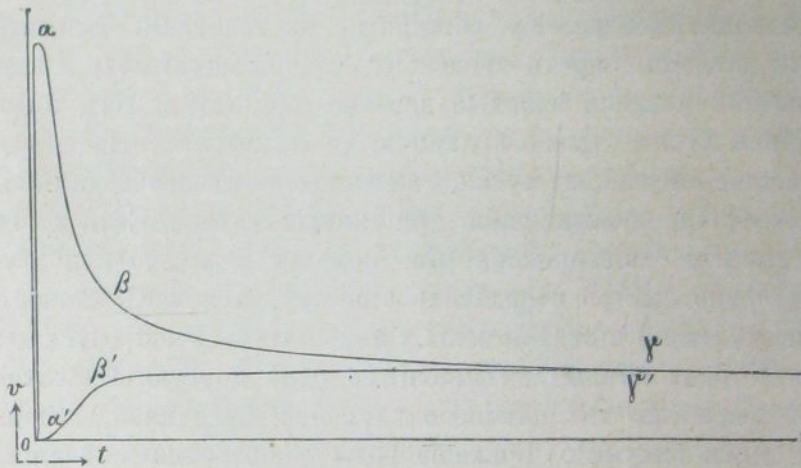


Рис. 59. Схема поступления и отдачи воды въ кускахъ ствола.

Съ какой силой на мѣсто испарившейся воды притягивается новая вода, показываетъ слѣдующій опытъ (рис. 60). Если вставить отрѣзанную древесную вѣтвь въ наполненную водой стеклянную трубку, нижній конецъ которой опустить въ ртуть, то, по мѣрѣ испаренія воды листьями, ртуть начинаетъ входить въ трубку. Высота ртутнаго столба въ опытахъ Бёма доходила до 86 и даже до 90 сантиметровъ, т. е. значительно превышала барометрическую высоту. Опыты Аскенази показываютъ, что такое значительное поднятіе ртути — чисто физическій процессъ. Онъ заливалъ толстымъ слоемъ гипса верхнюю, широкую часть стеклянной воронки, къ которой была припаяна очень длинная трубка. Послѣ застыванія гипса приборъ наполнялся водой и помещался въ ртуть открытымъ концомъ трубки. По мѣрѣ испаренія воды съ поверхно-



сти гипса ртуть въ трубкѣ поднималась и доходила до 82 сантиметровъ высоты, т. е. также значительно превышала барометрическую высоту.

Эти опыты показываютъ, какимъ большимъ сдѣвлениемъ обладаютъ частицы воды. Столбъ воды не можетъ быть разорванъ, даже когда онъ находится подъ отрицательнымъ давленіемъ около одного метра ртути. Они указываютъ также на значительную имбибиціонную силу растительныхъ оболочекъ и гипса. Имбибиціонная сила растительныхъ оболочекъ настолько велика, что, отдавши воду обружающему ихъ воздуху, онѣ сейчасъ же притягиваютъ ее изъ содержаемаго живыхъ клѣтокъ, несмотря на ихъ тургоръ. Итакъ, испареніе воды листьями, имбибиціонная сила клѣточныхъ оболочекъ и сдѣвление частицъ воды — главныя причины, обуславливающія движеніе воды по стеблю. Сюда присоединяется также такъ называемая корневая сила, вызывающая плачь растеній.

Количество проходящей черезъ растенія воды имѣетъ значеніе какъ для распредѣленія по различнымъ частямъ растеній зольныхъ элементовъ, такъ и для поступленія ихъ въ растенія. Доказательствомъ этого положенія служитъ произведенное Шлѣзингомъ изслѣдованіе надъ табакомъ<sup>1)</sup>. 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 зольными элементами.

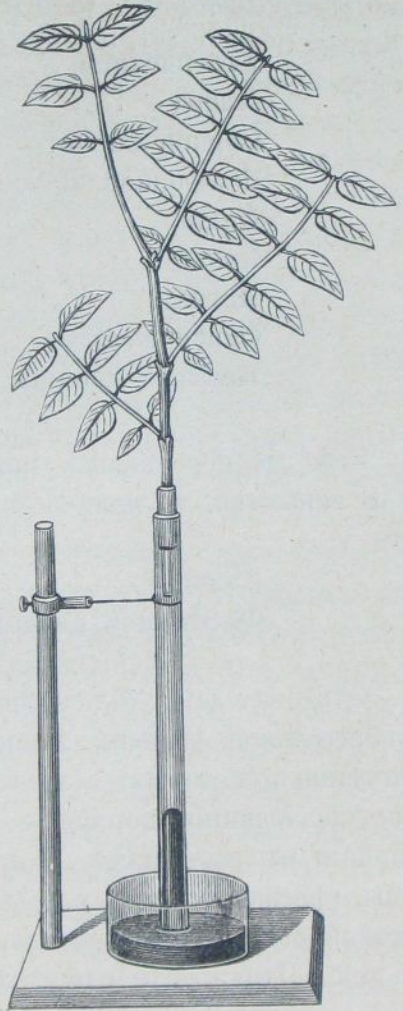


Рис. 60. Поднятіе ртутнаго столба вслѣдствіе испаренія воды листьями.

<sup>1)</sup> Schlösing, Comptes rendus. 69, 1869, pag. 353.

Всей золы было только 13<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. При нормальныхъ же условіяхъ въ сухомъ веществѣ золы было 21,8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Въ 100 частяхъ золы отдѣльныхъ элементовъ было:

	Влажн. атмосф.	Нормальн. условія.
Углекислоты . . . . .	23,00	19,25
Хлора . . . . .	6,51	10,21
Сѣрной 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
Окиси желѣза . . . . .	0,65	0,99
Песку и кремнія . . . . .	4,59	10,76

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

Кальція . . . . .	4,02 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	6,85 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Фосфорной кислоты . . . . .	0,47 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,41 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Слѣдовательно, отъ количества испаряемой растеніями воды въ значительной степени зависитъ поступленіе и распредѣленіе по растенію нѣкоторыхъ зольныхъ элементовъ, какъ, на примѣръ, 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 Ганштейнъ <sup>1)</sup> произвелъ рядъ опытовъ надъ различными растеніями. Онъ нашелъ,

<sup>1)</sup> *Hanstein*, Pringsheim's Jahrbücher. II, pag. 392.

что не у всѣхъ растеній кольцевая вырѣзка вызываетъ остановку въ развитіи частей растенія ниже вырѣзки. Анатомическое изслѣдованіе растеній, не страдающихъ отъ кольцевой вырѣзки, показало, что у однихъ изъ нихъ, кромѣ обычнаго для двусѣмядныхъ растеній кольца сосудистыхъ пучковъ, таковыя имѣются также и въ сердцевинѣ; у другихъ же растеній были не коллятеральные пучки, а биколлятеральные. Кольцевыя вырѣзки не оказываютъ также вліянія на развитіе однодольныхъ растеній.

На основаніи этихъ фактовъ Ганштейнъ пришелъ къ заключенію, что различныя послѣдствія отъ нанесенія кольцевой вырѣзки объясняются тѣмъ, что у большей части двудольныхъ растеній ею удаляются всѣ ситовидныя трубки, тогда какъ у растеній съ сосудистыми пучками въ сердцевинѣ или съ биколлятеральными 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 растеній 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. Внѣшнія условія на движеніе органическихъ веществъ вліяютъ постольку, поскольку они вліяютъ вообще на жизнь клѣтокъ. Совсѣмъ иное мы видѣли относительно движенія почвеннаго раствора, которое очень сильно зависитъ отъ внѣшнихъ 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 прорастаніемъ сѣмянъ. Главнѣйшія микроскопическія работы въ этомъ на-

правленіи принадлежатъ Саксу<sup>1)</sup>. При помощи микроскопическихъ реакцій онъ прослѣдилъ на разрѣзахъ изъ сѣмянъ и ростковъ распредѣленіе по тканямъ главныхъ органическихъ веществъ, какъ-то: бѣлковъ, крахмала, сахара, жировъ и дубильныхъ веществъ. Изъ сравненія распредѣленія названныхъ веществъ въ различныя стадіи прорастанія и въ различныхъ частяхъ растений онъ выводилъ заключенія о путяхъ ихъ передвиженія. Но въ сущности на основаніи подобныхъ изслѣдованій можно заключать только о распредѣленіи и накопленіи различныхъ органическихъ веществъ въ различныхъ органахъ. Изъ того только, что въ цѣломъ рядѣ клѣтокъ находится извѣстное вещество, нельзя заключать, что по этимъ клѣткамъ данное вещество движется, какъ сдѣлалъ, напримѣръ, Саксъ относительно перемѣщенія крахмала. Саксъ нашелъ, что во время прорастанія въ корѣ находится рядъ клѣтокъ, переполненныхъ крахмаломъ, и что этотъ рядъ идетъ отъ сѣмядолей, гдѣ отложены запасныя вещества, вдоль всего растенія. Саксъ назвалъ его крахмальнымъ влагалищемъ и считалъ, что крахмалъ по этому влагалищу перемѣщается изъ сѣмядолей во всѣ растущія части. Но позднѣйшія изслѣдованія Гейне<sup>2)</sup> показали, что здѣсь крахмалъ не движется, а отлагается для мѣстныхъ потребностей. На прорастающихъ растеніяхъ онъ дѣлалъ кольцевыя вырѣзки такъ, чтобы въ этихъ мѣстахъ были вполне удалены вмѣстѣ съ тѣмъ и крахмальныя влагалища. Несмотря на это, растенія продолжали развиваться, и количество крахмала въ крахмальномъ влагалищѣ частей стебля, разобщенныхъ отъ сѣмядолей кольцевою вырѣзкой, нисколько не уменьшалось. Слѣдовательно, движеніе органическаго вещества и въ этихъ случаяхъ происходило во флоэмахъ (*leptom*) сосудистыхъ пучковъ, остававшихся нетронутыми кольцевыми вырѣзками, при чемъ часть проходящаго вдоль стебля пластическаго матеріала отходила въ сторону и отлагалась въ видѣ крахмала для мѣстныхъ потребностей.

Имѣется также нѣсколько изслѣдованій (Сакса, Сапожникова<sup>3)</sup> и другихъ) надъ перемѣщеніемъ выработаннаго листьями органическаго вещества въ остальные части растеній. Образующіеся въ

<sup>1)</sup> *Sachs*, Pringsheim's Jahrbücher. III, pag. 183. 1863. Flora. 1862, pag. 139, 280. 1863, pag. 33, 193.

<sup>2)</sup> *Heine*, Landw. Versuchs-Stationen. XXXV. 1888, pag. 155.

<sup>3)</sup> *Сапожникова*, Образование углеводовъ въ листьяхъ и передвиженіе ихъ по растенію. Москва 1890.

листьяхъ углеводы постоянно перетекають 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 свидѣтельствуетъ 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 периодичность. По изслѣдованіямъ Сапожникова, максимумъ истеченія приходится на первые часы ночи (между  $7\frac{1}{2}$  —  $11\frac{1}{2}$  ч. вечера). Истеченіе углеводовъ происходитъ по элементамъ флоэмы<sup>1)</sup>.

Многолѣтнія растенія никогда не тратятъ всего накопленнаго въ данное лѣто органическаго вещества на свои текуція 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 клена, напримѣръ, въ маѣ; у другихъ же растеній это начинается позднѣе: у дуба въ іюлѣ, у сосны въ сентябрѣ. Отложеніе запаса ранѣе всего происходитъ въ молодыхъ вѣтвяхъ, затѣмъ идетъ постепенно 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. Состоятъ 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 обра-

<sup>1)</sup> *F. Czapek*, Sitzungsberichte Wien. Akad. Math. naturw. Classe, CVI. Abth I. 1897. pag. 117.

зомъ идетъ по ситовиднымъ трубкамъ. Второстепенные токи идутъ по всѣмъ живымъ клѣткамъ.

Нормальное передвиженіе органическихъ веществъ возможно только въ томъ случаѣ, если дана возможность для удаленія или потребления уже имѣющихся продуктовъ <sup>1)</sup>. Такъ, если удалить изъ сѣмени маиса или ячменя зародышъ и затѣмъ помѣстить эндоспермъ во влажную землю, то крахмалъ эндосперма не растворяется и не переходитъ въ сахаръ. Если же вмѣсто удаленнаго зародыша со щиткомъ къ эндосперму прикрѣпить небольшой гипсовый конусъ, который нижнимъ концомъ погрузить въ воду, то крахмалъ растворяется, и образующійся сахаръ уходитъ въ воду. Эндоспермы маиса опоражниваются вполнѣ въ 13—18 дней, въ водѣ же оказывается значительное количество углеводовъ, возстановляющихъ Фелингову жидкость. Такіе же опыты можно производить надъ луковницами, корнями, корневищами и вѣтвями.

Отсутствіе свободного кислорода въ атмосферѣ, окружающей опоражнивающіеся эндоспермы, а также присутствіе въ ней паровъ эфира или хлороформа останавливаетъ процессъ самостоятельнаго опоражниванія ихъ. Слѣдовательно, этотъ процессъ связанъ съ жизнедѣятельностью протоплазмы.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### Преображеніе веществъ въ растеніяхъ.

§ 1. **Клѣтка, какъ элементарный организмъ.** <sup>2)</sup> Всѣ растенія построены изъ клѣтокъ. Большія растенія состоятъ изъ огромнаго количества клѣтокъ, малыя — изъ небольшого, наконецъ, очень многія растенія состоятъ изъ одной только клѣтки. Въ большинствѣ случаевъ клѣтки покрыты оболочками. Все пространство внутри клѣтки наполнено мелкозернистой *протоплазмой*. Внутри протоплазмы находится *ядро* (рис. 61). Количество протоплазмы съ воз-

<sup>1)</sup> К. Пурievичъ, Физиологическія изслѣдованія надъ опоражниваніемъ вмѣстилищъ запасныхъ веществъ при прорастаніи. Киевъ. 1897. Jahrbücher für wissenschaft. Botanik. XXXI. 1897. pag. 1.

<sup>2)</sup> Verworn, Allgemeine Physiologie. 3 Auflage. 1901. Reinke, Einleitung in die theoretische Biologie. 1901. Hofmeister, Die chemische Organisation der Zelle. 1901.

растомъ клѣтки постепенно уменьшается: появляются вакуоли, наполненные клѣточнымъ сокомъ. Съ исчезновениемъ протоплазмы и ядра прекращается и жизнь клѣтки. Всѣ наблюдения и опыты показываютъ, что съ протоплазмой и ядромъ связана жизнь клѣтки. Всѣ остальные образования, находящіяся въ клѣткѣ, продуктъ жизнедѣятельности протоплазмы и ядра. Жизнь многоклеточнаго растенія только сумма жизней

отдѣльныхъ составляющихъ его клѣтокъ. Поэтому совершенно справедливо Брюкке <sup>1)</sup> назвалъ клѣтку элементарнымъ организмомъ. Мы не знаемъ живого организма, который былъ бы построенъ проще, чѣмъ клѣтка. Точно также отдѣленные искусственно части клѣтки къ сколько-нибудь продолжительной жизни не способны. Напримѣръ, при плазмолизѣ въ крѣпкихъ сахарныхъ растворахъ клѣтокъ водоросли *Zygnema* очень часто случается, что содержимое клѣтки распадается на двѣ половины (рис. 62, *A*). Въ одной половинѣ есть ядро, въ другой — нѣтъ. При дальнѣйшей культурѣ на

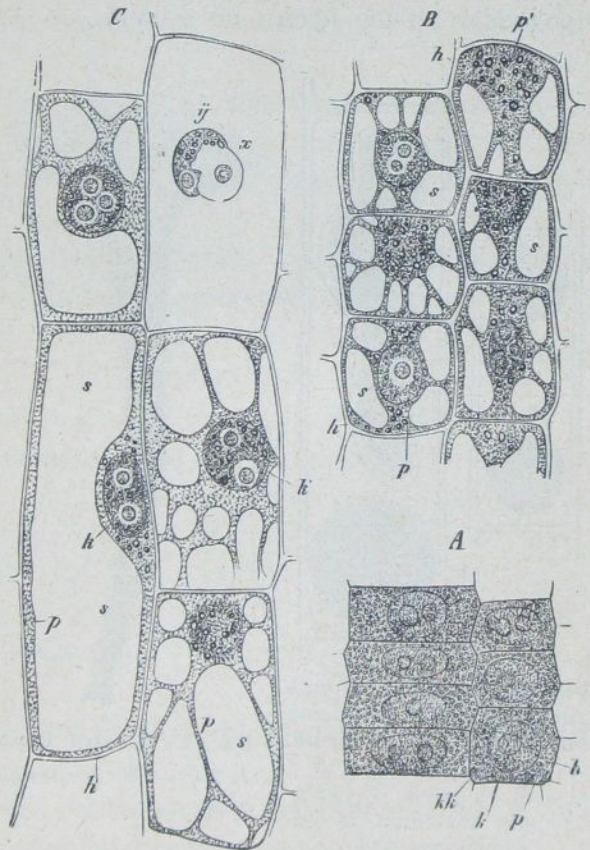


Рис. 61. Клѣтки изъ корня *Fritillaria imperialis*. *A* молодая, *B* и *C* болѣе старыя, *p*—протоплазма, *k*—ядра, *s*—вакуоли.

свѣтѣ, половина, содержащая ядро, покрывается оболочкой и начинаетъ расти въ длину (*B*, *n*). Безъядерная половина также остается довольно долго живой, но роста и отложенія клѣточной оболочки не наблюдается. Такіе опыты можно производить и надъ одноклеточными животными. Если перерѣзать инфузорию *Stentor*

<sup>1)</sup> *Brücke*, Sitzungsberichte Wiener Academie. 1861. XLIV. 2 Abth.

*Roeselii* такъ, чтобы обѣ половины содержали по участку ядра, то обѣ половины остаются живыми и вырастаютъ въ двѣ самостоятельныя особи (рис. 63). Отдѣльные же, не содержащія ядра участки протоплазмы, а также выдѣленные ядра, какъ показали опыты надъ другими инфузоріями, къ самостоятельному существованію не способны. Слѣдовательно, протоплазма и ядро представляютъ одно цѣлое и независимо другъ отъ друга существовать продолжительное время не могутъ.

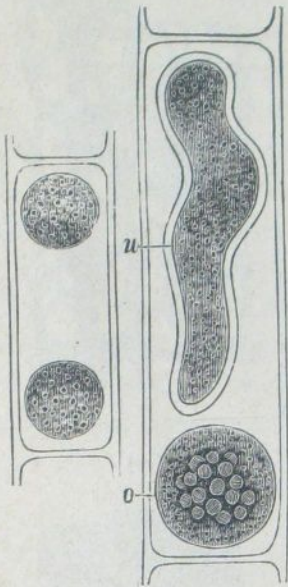


Рис. 62. Кѣтки двухъ различныхъ видовъ *Zignema* въ сахарномъ растврѣ. *A*—черезъ 20 часовъ. *B*—черезъ 19 дней; *o*—безъ-ядерная половина, *u*—содержащая ядро.

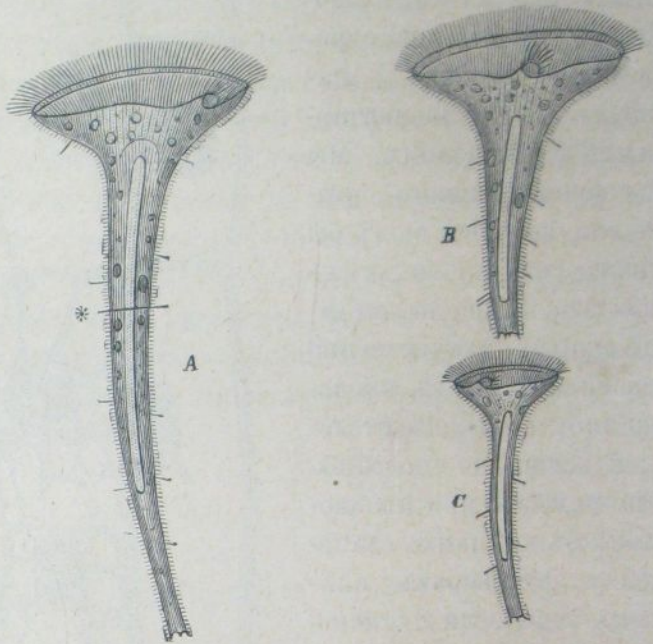


Рис. 63. *Stentor Roeselii*. *A*—перерѣзанная инфузорія, *B* и *C*—обѣ половины регенерировались въ самостоятельныя особи.

Термины «ядро», «протоплазма» — термины морфологическіе, а не химическіе. Ядро и протоплазма живы, пока сохраняютъ собственное имѣ строеніе. Химическій составъ ихъ очень сложенъ и еще крайне мало изслѣдованъ. Плазмодіи *Aethalium septicum*<sup>1)</sup> имѣютъ слѣдующій составъ:

Протеиды, содержащія фосфоръ (пластинъ и ну- клеинъ) . . . . .	40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Бѣлковыя вещества и ферменты . . . . .	15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

<sup>1)</sup> *Reinke*. L. L. стр. 232.



Азотистыя вещества небѣлковыя . . . . .	2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Углеводы . . . . .	12 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Жиры . . . . .	12 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Холестеринъ . . . . .	2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Смола . . . . .	1,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Соли кальція (за исключеніемъ углекислой) . . . . .	0,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Остальныя соли . . . . .	6,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Не опредѣленные вещества . . . . .	6,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Такъ какъ плазмодіи состоятъ изъ протоплазмы и ядеръ, то приведенный анализъ даетъ представленіе о химическомъ составѣ этихъ обоихъ образованій вмѣстѣ, а не о составѣ только одной протоплазмы.

Слѣдующій анализъ гнойныхъ клѣтокъ<sup>1)</sup> показываетъ, что и животныя клѣтки имѣютъ сходный химическій составъ.

Нуклеинъ . . . . .	34,257
Бѣлковыя вещества . . . . .	13,762
Нерастворимыя вещества . . . . .	20,566
Лецитинъ } . . . . .	14,383
Жиры }	
Холестеринъ . . . . .	7,400
Церебринъ . . . . .	5,199
Экстрактивныя вещества . . . . .	4,433

Кромѣ того, въ золѣ были найдены калий, натрій, желѣзо, магній, кальцій, фосфорная кислота и хлоръ.

Итакъ, протоплазма и ядро состоятъ изъ протеидовъ, т. е. очень сложныхъ бѣлковыхъ образованій, содержащихъ фосфоръ. Протеиды при обработкѣ желудочнымъ сокомъ, оставляютъ нерастворимый остатокъ, содержащій нуклеиновыя кислоты. Поэтому какъ ядро, такъ и протоплазма, а также хлорофилловыя зерна и лейкопласты, словомъ, всѣ живыя образованія клѣтки при обработкѣ желудочнымъ сокомъ<sup>2)</sup> растворяются только отчасти (за крайне рѣдкими исключеніями) и оставляютъ болѣе или менѣе значительный нерастворимый остатокъ. Простѣйшія же бѣлковыя вещества

<sup>1)</sup> *O. Hertwig. Die Zelle und die Gewebe. 1893. стр. 17.*

<sup>2)</sup> *Zacharias, Botanische Zeitung. 1881, 1883, 1885 и позднѣйшія работы.*

(алеироновыя зерна, кристаллоиды) вполне растворимы въ желудочномъ сокѣ. Протеиды протоплазмы часто называются пластиномъ, протеиды ядра — нуклеиномъ. Различіе это установлено только на основаніи микроскопическихъ наблюденій: пластинъ отличается отъ нуклеина нерастворимостью въ разведенныхъ щелочахъ.

Простѣйшихъ бѣлковыхъ веществъ въ протоплазмѣ и ядрѣ находится немного. Иногда ихъ не удается даже обнаружить микрoхимическими реакціями <sup>1)</sup>, или же только при соблюденіи извѣстныхъ предосторожностей. <sup>2)</sup>

§ 2. **Бѣлковыя вещества.** Бѣлковыя, или протеиновыя, вещества принадлежатъ къ самымъ сложнымъ веществамъ, находящимся въ растеніяхъ <sup>3)</sup>. Они входятъ въ составъ протоплазмы и накаплиются по преимуществу въ тѣхъ частяхъ растеній, гдѣ физиологическіе процессы идутъ наиболѣе энергично. На прилагаемомъ 64-мъ рисункѣ изображена схема двусѣмядольнаго растенія: I—молодой зародышъ, II—вполнѣ развитой зародышъ, III—проросшее растеніе. Въ черныхъ частяхъ бѣлковыя вещества находятся въ наибольшемъ количествѣ. Это самыя молодыя части растенія, находящіяся еще въ покоѣ, или же очень медленно растущія. Въ штрихованныхъ частяхъ бѣлковъ находится меньше. Это части растенія, находящіяся въ періодѣ болѣе или менѣе быстрого роста. Наконецъ, бѣлыя, уже закончившія свой ростъ части растенія содержатъ ничтожныя количества бѣлковъ: они почти всѣ были израсходованы во время роста. Исключеніе представляютъ выросшіе листья, содержащіе много бѣлковъ, благодаря хлорофилловымъ зернамъ. Слѣдовательно, прилагаемая схема можетъ служить одновременно какъ схемой распредѣленія бѣлковыхъ веществъ, такъ и схемой распредѣленія роста.

Реакціи на бѣлковыя вещества слѣдующія:

1) При нагреваніи съ азотною кислотою средней крѣпости по-

1) *Reinke und Krätzschar*, Untersuchungen aus dem bot. Institut d. Universität Göttingen. III. 1883. *Hammarsten*, Pflüger's Archiv, 36, 1885. *Lilienfeld*, Zeitschrift f. physiol. Chemie. 18, 1894. *Сосновскій*, Centralblatt f. Physiologie. 13, 1899.

2) *Loew*, Botanische Zeitung. 1889. pag. 273.

3) Литература по бѣлковымъ веществамъ: *Hammarsten*, Lehrbuch der physiologischen Chemie. 4 Auflage. 1899. *Halliburton*, Lehrbuch der chemischen Physiologie und Pathologie. 1893, pag. 117—158. *Мороховецъ*, Единство протеиновыхъ тѣлъ. 1. Зооглобинъ. Москва. 1892. *Griessmayer*, Die Proteide der Getreidearten etc. Heidelberg. 1897. *Cohnheim*, Chemie d. Eirveisskörper. 1900.

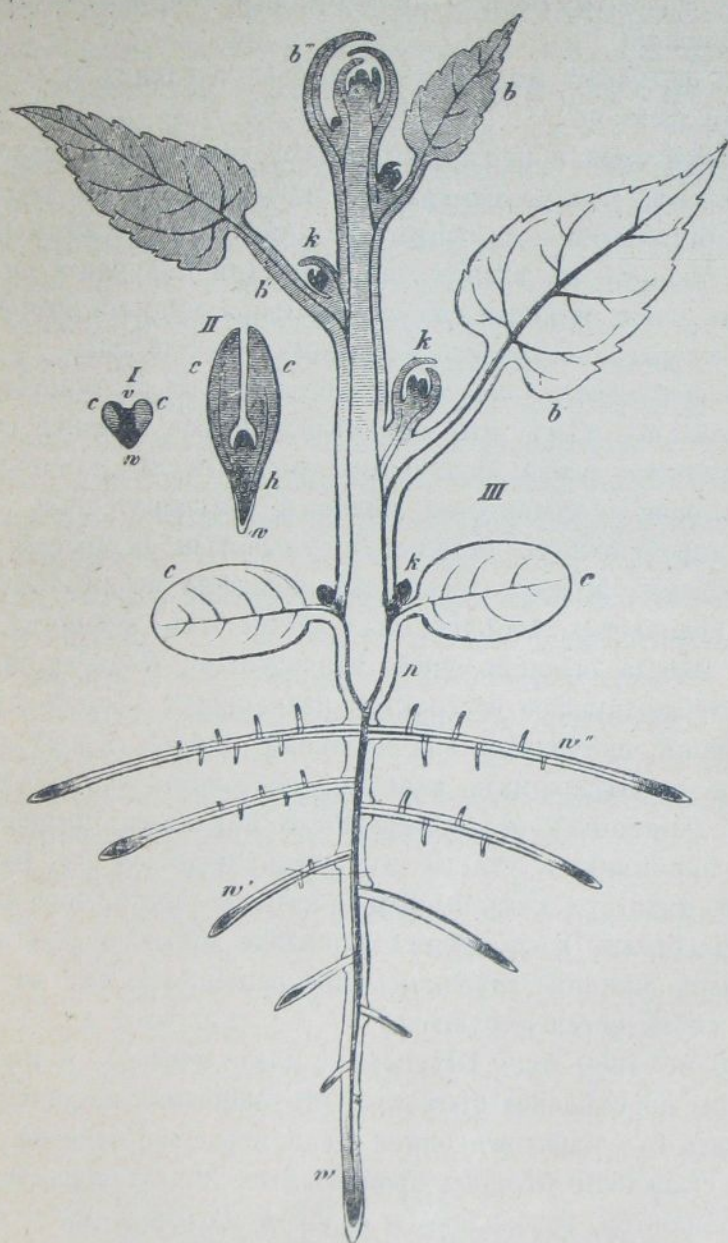


Рис. 64. Схема прорастающего двудольного растения.

лучается желтый осадокъ, растворяющійся въ щелочахъ съ оранжево-красною окраской.

2) Отъ Миллонова реактива при нагрѣваніи—красный осадокъ.

3) При нагрѣваніи съ крѣпкою соляною кислотою—фіолетовый растворъ.

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

5) При обработкѣ мѣднымъ купоросомъ и ѣдкимъ кали — темно-фіолетовый растворъ.

Съ альбумозами и пептонами получается не фіолетовое, а розово-фіолетовое, или розово-красное окрашиваніе. Эта реакція называется біуретовой и служитъ для отличія альбумозъ и пептоновъ отъ бѣлковъ въ тѣсномъ смыслѣ. Для полученія ея необходимо брать очень немного слабаго раствора мѣднаго купороса, при избыткѣ котораго получается фіолетовое окрашиваніе.

Для количественнаго опредѣленія бѣлковъ въ растеніяхъ прежде 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 остальные 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 превращеніемъ: они то распадаются, то снова регенерируются.

Только въ 1880 году Штуцеръ<sup>1)</sup> 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 нагрѣваются до кипѣнія. Затѣмъ прибавляется нѣсколько гидрата окиси мѣди. Осадокъ отфильтровывается, промывается горячею водой и затѣмъ спиртомъ и высушивается вмѣстѣ съ фильтромъ при 100°. Въ этомъ осадкѣ будутъ всѣ бѣлки<sup>2)</sup>. Всѣ остальные азотистыя соединенія, нахо-

<sup>1)</sup> A. Stutzer, Journal für Landwirtschaft. 1880, pag. 103. 1881, pag. 473.

<sup>2)</sup> Исключеніе представляютъ пептоны, дающіе съ окисью мѣди растворимыя въ водѣ соединенія (Szymanski, Land. Versuchs-Stationen. XXXIII. 1885, pag. 389).

дящіяся въ растеніяхъ, даютъ 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 Кельдаля<sup>1)</sup>.

Благодаря этому способу, теперь является возможность рѣшенія многихъ фізіологическихъ вопросовъ, о рѣшеніи которыхъ прежде нельзя было и думать, не имѣя специально приспособленной лабораторіи. Онъ основанъ на свойствѣ всѣхъ азотистыхъ органическихъ соединеній, подвергнутыхъ нагрѣванію съ концентрированной сѣрною кислотой, 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:

	Изъ 100 частей всего азота на долю:	
	бѣловыхъ веществъ.	небѣловыхъ веществъ.
Вика 1 періодъ . . . . .	67,2	32,8
» 2 » . . . . .	73,4	26,6
Красный клеверъ . . . . .	76,4	23,6

Но такъ какъ пептоны встрѣчаются въ растеніяхъ въ ничтожныхъ количествахъ, то при опредѣленіи общей суммы бѣлковъ этою ошибкою можно пренебречь. Въ тѣхъ же случаяхъ, гдѣ имѣлось бы основаніе предполагать большее количество пептоновъ, необходимо было бы отдѣльное опредѣленіе ихъ.

<sup>1)</sup> *Kjeldahl*, Zeitschrift für analyt. Chemie. 22, pag. 366. Также *Fresenius*, Anleitung zur quant. chem. Analyse. II Band. 6 Auflage. 1887, pag. 726. Описание методовъ анализа различныхъ соединеній, находящихся въ растеніяхъ: *Gustavson*, Двадцать лекцій агрономической химіи. 1889. Франкфуртъ, Методы химическаго изслѣдованія веществъ растительнаго происхожденія. Москва. 1896. *Vaubel*, Die physikalischen und chemischen Methoden d. quantitativen Bestimmung organ. Verbindungen. 1902.

Изъ 100 частей всего азота на долю:

	бѣлковыѣ вещества.	небѣлковыѣ вещества.
Люцерна молодая . . . . .	73,1	26,9
» въ цвѣту . . . . .	76,3	23,4
Овесъ . . . . .	85,2	14,8
Райграсъ . . . . .	77,0	23,0
Картофельные клубни (7 іюля)	58,7	41,3

Слѣдовательно, на долю небѣлковыѣ азотистыѣ вещества приходятся значительныя количества азота.

Бѣлковыя вещества животныхъ изучены гораздо лучше, чѣмъ бѣлковыя вещества растеній. Всѣ извѣстныя въ настоящее время бѣлковыя вещества животныхъ распредѣляются въ слѣдующія группы:

1) Альбумины,  $C_{72}H_{112}N_{18}O_{22}S$ . Растворимы въ водѣ, осаждаются при насыщеніи растворовъ сѣрноамміачной солью, свертываются при кипяченіи и дѣйствіи спирта.

2) Глобулины. Нерастворимы въ водѣ, растворимы въ нейтральныхъ соляхъ (хлористомъ натріи, хлористомъ аммоніи, сѣрнокисломъ магніи и др.), осаждаются при насыщеніи растворовъ сѣрноамміачною солью, свертываются при кипяченіи и дѣйствіи спирта.

3) Альбуминаты. Получаются при дѣйствіи слабыхъ щелочей (щелочныя альбуминаты) и слабыхъ кислотъ (синтонины) на альбумины и глобулины. Нерастворимы въ водѣ и нейтральныхъ соляхъ, растворимы въ слабыхъ щелочахъ и кислотахъ, осаждаются сѣрноамміачной солью, не осаждаются при кипяченіи, свертываются спиртомъ.

4) Альбумозы. Промежуточные продукты распадѣнія бѣлковъ подъ вліяніемъ желудочнаго сока. Однѣ растворимы въ водѣ, другія въ соляхъ, осаждаются сѣрноамміачною солью, не осаждаются при кипяченіи <sup>1)</sup>, осаждаются, но не свертываются спиртомъ. Осадокъ <sup>2)</sup> отъ азотной кислоты растворимъ при нагрѣваніи и снова появляется при охлажденіи. При кипяченіи осадка отъ азотной кислоты другихъ бѣлковъ также болѣе или менѣе значительная часть его переходитъ въ растворъ, но уже не осаждается снова при охлажденіи.

<sup>1)</sup> Гетероальбумоза даетъ частичное осажденіе.

<sup>2)</sup> Нѣкоторыя альбумозы не даютъ совсѣмъ осадка.

5) Пептоны. Конечные продукты дѣйствія желудочнаго сока на бѣлковыя вещества. Растворимы въ водѣ, не осаждаются сѣрно-амміачною солью, кипяченіемъ и азотной кислотой, осаждаются, но не свертываются спиртомъ.

6) Протеиды. Сюда относятся сложныя соединенія, дающія при расщепленіи бѣлокъ и еще другія вещества: сахаръ, пигменты, нуклеинъ и т. д. Таковы: муцинъ, производныя нуклеина, пластинъ и другія.

Протеиды при расщепленіи даютъ бѣлковыя вещества и нуклеины. Нуклеины нѣсколько растворимы въ водѣ. Многіе нуклеины ни съ миллиономъ реактивомъ, ни съ мѣднымъ купоросомъ и ѣдкимъ кали не даютъ реакціи. Обладаютъ кислой реакціей. Не разлагаются желудочнымъ сокомъ. При дѣйствіи щелочей нуклеины распадаются на бѣлковое вещество и очень богатую фосфоромъ нуклеиновую кислоту<sup>1)</sup>. Различныя нуклеиновыя кислоты имѣютъ различный химическій составъ. Нуклеиновая кислота изъ дрожжей имѣетъ формулу  $C_{40}H_{59}N_{14}O_{22} \cdot 2P_2O_5$ , нуклеиновая кислота лосося  $C_{40}H_{54}N_{14} \cdot 2P_2O_5$ .

Растительныя бѣлковыя вещества мало изучены. *Растительный альбуминъ* встрѣчается крайне рѣдко<sup>2)</sup>, и во многихъ случаяхъ существованіе его находится еще подъ сомнѣніемъ. Находящійся въ растительномъ сокѣ бѣлокъ по большей части принадлежитъ къ группѣ глобулиновъ, потому что поддерживается въ растворѣ только благодаря присутствію солей и при діализѣ осаждается.

Лучше изученъ *растительный вителлинъ*<sup>3)</sup>. Онъ составляетъ главное бѣлковое вещество сѣмянъ. Лучшимъ объектомъ для полученія его служатъ сѣмена желтаго лупина (*Lupinus luteus* L.). Мелко измельченныя сѣмена обливаются 10-типроцентнымъ растворомъ поваренной соли или хлористаго аммонія и черезъ сутки фильтруются. Густой фильтратъ подвергается діализу. Наболѣе пригоденъ для этой цѣли діализаторъ Кюне (рис. 65). Растворъ вливается въ трубку изъ растительнаго пергамента и помѣщается въ цилиндръ, черезъ который проходитъ постоянный токъ воды. Вода изъ водопровода течетъ въ воронку и выходитъ изъ отвод-

<sup>1)</sup> *Altmann*, Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abth. 1889, pag. 524

<sup>2)</sup> *Martin*, Journ. of Physiol. VI, pag. 326; *Green*, Proc. Roy. Soc. XL, pag. 28. *Vines and Green*, Proc. Roy. Soc. LI. 1893, pag. 130.

<sup>3)</sup> *Weyl*, Zeitschrift f. physiol. Chemie. I. 1877; *Палладинъ*, Zeitschrift f. Biologie. 1894, pag. 191.

ной трубки. Черезъ 2—3 дня вителлинъ осаждается на днѣ пергаментной трубки въ видѣ очень клейкой, тягучей массы, нерастворимой въ водѣ, но легко растворимой въ нейтральныхъ соляхъ. Температура свертыванія 70—75°Ц. Послѣ кипяченія всегда болѣе или менѣе значительная часть вителлина продолжаетъ оставаться въ растворѣ. Растворъ вителлина въ очень большомъ количествѣ 10-типроцентной поваренной соли можетъ даже совсѣмъ не дать

осадка при кипяченіи. Съ ѣдкимъ кали и мѣднымъ купоросомъ даетъ біуретовую реакцію. Отношеніе къ азотной кислотѣ въ общемъ то же, что у альбумозъ. Осаждается спиртомъ, но осадокъ сохраняетъ долгое время способность снова растворяться въ поваренной соли. Описанныя свойства растительнаго вителлина показываютъ, что это глобулинъ со многими свойствами альбумозъ.

Изъ пшеничной муки при обработкѣ ея 10-типроцентнымъ растворомъ поваренной соли получается растительный вителлинъ. При отмываніи же пшеничнаго тѣста подъ токомъ воды, для удаленія крахмала и клѣточныхъ оболочекъ, остается новое бѣлковое вещество — клейковина, уже нерастворимое въ поваренной соли. Въ какомъ отношеніи стоитъ вителлинъ къ клейковинѣ, еще неизвѣстно.

Достовѣрность существованія открытыхъ Вайнзомъ <sup>1)</sup> растворимыхъ въ водѣ растительныхъ альбумозъ еще сильно сомнительна.

Пептоны встрѣчаются въ растительномъ царствѣ въ очень незначительныхъ количествахъ. Для отдѣленія пептоновъ Неймейстеръ <sup>2)</sup> воспользовался ихъ свойствомъ оставаться въ растворѣ

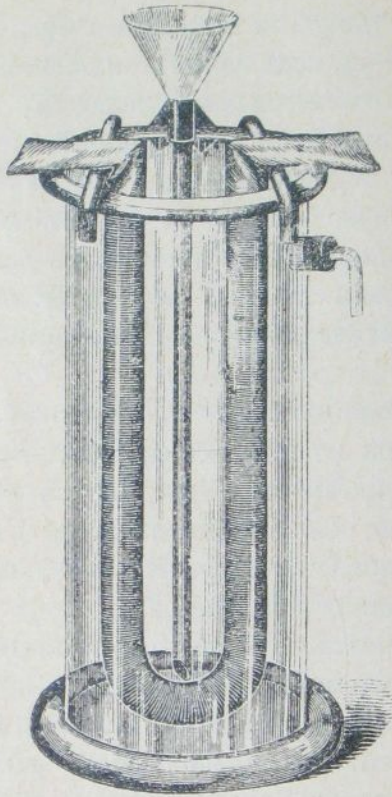


Рис. 65. Діализаторъ.

<sup>1)</sup> *Vines*, Proceedings of the Royal Society. XXVIII. 1879, pag. 218. XXX. 1880, pag. 387. XXXI. 1881, pag. 59.

<sup>2)</sup> *Neumeister*, Zeitschrift für Biologie. XXX. 1894, pag. 447.



при насыщени растительныхъ экстрактовъ сѣрноамміачною солью, тогда какъ всѣ остальные бѣлки осаждаются. Водные экстракты изъ сѣмянъ и ростковъ насыщаются мелко истолченной сѣрноамміачною солью и фильтруются. Въ фильтратѣ, послѣ очищенія его отъ примѣшанныхъ пигментовъ, присутствіе пептона констатируется біуретовой реакціей. Изслѣдованныя сѣмена по содержанию въ нихъ пептоновъ распадаются на двѣ группы. Въ сѣменахъ мака, свекловицы, ячменя, кукурузы и пшеницы нѣтъ ни слѣда пептона, который въ нихъ появляется только во время прорастанія. Напротивъ, въ сѣменахъ лупиновъ, вики и овса пептонъ находится въ большемъ количествѣ, чѣмъ въ росткахъ. Слѣдовательно, въ первой группѣ сѣмянъ пептонъ появляется только при прорастаніи, во второй же группѣ пептонъ входитъ въ число запасныхъ веществъ сѣмени и тратится постепенно во время роста.

Относительно распространенія *нуклеиновыхъ соединений* въ растеніяхъ наши свѣдѣнія очень недостаточны. О количествѣ ихъ можно заключить по количеству непереваримыхъ въ желудочномъ сокѣ бѣлковъ. Прилагаемые анализы Штуцера <sup>1)</sup> даютъ понятіе о количествѣ непереваримаго бѣлка въ растеніяхъ.

	Изъ 100 частей всего азота на долю:		
	небѣлковыхъ веществъ.	переваримыхъ бѣлковъ.	непереваримыхъ бѣлковъ.
Ростки ячменя . . . . .	33,9	55,4	10,7
Свекловица . . . . .	56,3	27,8	15,9
Свеклов. листья . . . . .	23,1	48,0	28,9
Бобовая солома . . . . .	—	66,0	34,0
Ржаная солома . . . . .	—	50,0	50,0

§ 3. **Ферменты, алкалоиды и токсины** <sup>2)</sup>. Самый распространенный изъ ферментовъ — это *амилаза* (діастазъ). Она переводитъ въ растеніяхъ крахмалъ въ мальтозу. Небольшого количества фермента достаточно для разложенія очень большихъ количествъ крахмала. Одна вѣсовая часть діастаза можетъ разложить 2000 частей крахмала.

<sup>1)</sup> *Stutzer*, Landw. Versuchs-Stationen. XXXVIII, 1891, pag. 469.

<sup>2)</sup> *Duclaux*, Traité de microbiologie, tome II, Diastases, toxines et venins. 1899. *Gautier*, Les toxines microbiennes et animales. 1896. *Green*, Die Enzyme. 1901. *Oppenheimer*, Die Fermente. 1900.

По изслѣдованіямъ Баранецкаго <sup>1)</sup>, діастазъ очень распростра-ненъ въ растительномъ царствѣ. Особенно много образуется его во время прорастанія крахмалистыхъ сѣмянъ. Для приготовления 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. Первое дѣйствіе діастаза сказывается въ томъ, что клейстеръ перестаетъ краситься отъ іода въ синій цвѣтъ. Сначала окраска замѣняется фіолетовою, затѣмъ коричнево-бурою. Въ концѣ реакціи окраски отъ іода совсѣмъ не получается. При повышенной температурѣ реакція идетъ быстрѣе. Чтобы вызвать разрушеніе діастазомъ цѣлыхъ крахмальныхъ зеренъ, необходимо прибавленіе какой-либо кислоты — соляной, муравьиной, уксусной или лимонной. По изслѣдованіямъ Баранецкаго, лучше всего дѣйствуетъ муравьиная кислота. При раствореніи крахмальныхъ зеренъ въ діастазѣ получаютъ тѣ же измѣненія, что и при раствореніи ихъ во время прорастанія сѣмянъ. Въ мѣстахъ дѣйствія діастаза зерна становятся прозрачными, стекловидными. Эти мѣста іодомъ уже не красятся. Затѣмъ все зерно дѣлается прозрачнымъ. Наконецъ и этотъ «скелетъ» зерна растворяется.

Въ настоящее время мы имѣемъ довольно подробныя свѣдѣнія относительно образованія и распредѣленія діастаза при прорастаніи ячменя. Прилагаемая таблица показываетъ распредѣленіе діастаза въ четырехдневныхъ росткахъ <sup>2)</sup>:

Въ 50 половинахъ эндосперма (близъ ростка) . . .	9,7970
» 50 » » (противоположный конецъ)	3,5310
» корняхъ 50 зеренъ . . . . .	0,0681
» листкахъ 50 » . . . . .	0,0456
» щиткахъ 50 » . . . . .	0,5469
Сумма . . .	13,9886

<sup>1)</sup> *Баранецкій*, Die stärkeumbildende Fermente, 1878.

<sup>2)</sup> *Moritz und Morris*, Handbuch der Brauwissenschaft ins deutsche übertragen von Windisch. Berlin. 1893, pag. 142.

Слѣдовательно, діастазъ находится главнымъ образомъ въ эндоспермѣ.

Въ листьяхъ присутствіе діастаза констатировать гораздо труднѣе, чѣмъ въ росткахъ. Въ экстрактахъ изъ свѣжихъ листьевъ обыкновенно не удается найти діастаза, потому что онъ диффундируетъ очень трудно. Браунъ и Моррисъ <sup>1)</sup> нашли, что для обнаруживанія діастаза листья необходимо высушить при 40—50°, измельчить и полученный порошокъ прибавлять прямо къ крахмальному раствору. Діастическое дѣйствіе различныхъ листьевъ различно, какъ видно изъ слѣдующей таблицы:

1. <i>Pisum sativum</i> . . . . .	240,30
2. <i>Lathyrus odoratus</i> . . . . .	100,37
3. <i>Helianthus annuus</i> . . . . .	3,97
4. <i>Syringa vulgaris</i> . . . . .	2,53
5. <i>Hydrocharis Morsus ranae</i> . . . . .	0,26

Чѣмъ больше содержатъ листья танина, тѣмъ слабѣе ихъ діастатическое дѣйствіе.

Особый ферментъ—*мальтаза* переводитъ мальтозу въ глюкозу.

Въ клубняхъ нѣкоторыхъ растений питательныя вещества отлагаются не въ видѣ крахмала, а въ видѣ инулина. Въ этомъ случаѣ во время прорастанія инулинъ расщепляется новымъ ферментомъ—*инулязой*. Для полученія инулязы проросшіе клубни высушиваются и извлекаются глицериномъ. Глицериновая вытяжка подвергается діализу. Полученный растворъ инулязы разлагаетъ инулинъ.

Въ дрожжахъ находится ферментъ—*сахараза (инвертинъ)*. Для полученія ея дрожжи высушиваются при 40°, затѣмъ 6 часовъ нагрѣваются при 100° и разбавляются водой. Послѣ стоянія въ продолженіе 12 часовъ при 40° жидкость отфильтровывается, и фильтратъ осаждается спиртомъ. Полученная сахараза очищается повторнымъ раствореніемъ въ водѣ, осажденіемъ и промываніемъ спиртомъ. Одна часть сахаразы можетъ инвертировать до 760 частей тростниковаго сахара.

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

<sup>1)</sup> *Brown and Morris, Journal of the Chemical Society. 1893, pag. 604.*

Въ сѣменахъ черной горчицы находится *мирозинъ*, разлагающій миреновокислый калий на горчичное масло, виноградный сахаръ и кислую сѣриокалиеву соль.

Въ животныхъ организмахъ имѣются особые ферменты для разложенія бѣлковыхъ тѣлъ—пепсинъ и трипсинъ. Подобные же ферменты найдены и въ растеніяхъ. Такъ, глицериновая вытяжка изъ сѣмянъ и сѣмядолей ростковъ растеній въ присутствіи соляной кислоты переводитъ бѣлки въ пептоны.

Въ виду того, что не всѣмъ изслѣдователямъ удавалось извлекать ферментъ при помощи глицерина, Неймейстеръ <sup>1)</sup> примѣнилъ совершенно иной пріемъ. Извѣстно, что свѣжій фибринъ въ высшей степени обладаетъ способностью извлекать изъ растворовъ ферментъ, переваривающій бѣлковыя вещества. Неймейстеръ помѣщалъ фибринъ на 2 часа въ водные экстракты изъ растеній, затѣмъ промывалъ водою, клалъ въ воду, подкисленную щавелевой кислотой, и ставилъ въ теплое помѣщеніе. При содержаніи фермента въ экстрактѣ фибринъ растворялся черезъ 5—6 часовъ. Въ контрольныхъ же опытахъ фибринъ, помѣщенный прямо въ воду, подкисленную щавелевой кислотой, черезъ 2 дня оставался почти не измѣненнымъ.

Такъ какъ соляная кислота, въ присутствіи которой разлагаетъ бѣлки животный пепсинъ, дѣйствуетъ неблагопріятно на растительный пепсинъ, то она и была замѣнена щавелевой. Въ покоящихся сѣменахъ фермента нѣтъ.

Буткевичъ <sup>2)</sup> доказалъ присутствіе протеолитическаго фермента въ прорастающихъ сѣменахъ слѣдующимъ образомъ. Проросшія сѣмена высушивались при 35—40°, измельчались, обрабатывались эфиромъ, затѣмъ смѣшивались съ водою и, послѣ прибавленія въ избыткѣ тимола для устраненія дѣйствія бактерій, помѣщались въ термостатъ на нѣсколько дней при температурѣ 35—40°. Въ результатѣ постоянно получалось самоперевариваніе, сопровождавшееся уменьшеніемъ количества бѣлковыхъ веществъ. Этотъ ферментъ извлекается глицериномъ. Глицериновая вытяжка разлагаетъ бѣлки съ образованіемъ тирозина и лейцина. Образованія аспарагина Буткевичу не удалось обнаружить. Это вполне понятно, такъ

<sup>1)</sup> *Neumeister*, Zeitschrift für Biologie. XXX. 1894, pag. 447.

<sup>2)</sup> *Буткевичъ*, Zeitschrift f. physiol. Chemie XXX. 1900. Журналъ опытной агрономіи, 1901.

какъ аспарагинъ не принадлежитъ къ числу первичныхъ продуктовъ распада бѣлковъ.

Для расщепленія маслъ растенія образуютъ также особый ферментъ—*липазу*.

Все описанные ферменты дѣйствуютъ главнымъ образомъ гидролитически. Существуютъ, кромѣ того, какъ въ растительномъ, такъ и въ животномъ царствѣ еще окислительные ферменты—*оксидазы* <sup>1)</sup>). Изъ нихъ первой была открыта *лакказа* <sup>2)</sup>), вызывающая образование лака изъ сока лакового дерева. Бѣлый первоначально сокъ на воздухѣ быстро мѣняетъ цвѣтъ и дѣлается наконецъ чернымъ. Лакказа растворима въ водѣ, осаждается спиртомъ, теряетъ свою окислительную способность при нагреваніи до 100 градусовъ. Дѣйствіе ея состоитъ въ присоединеніи кислорода къ различнымъ ароматическимъ соединеніямъ. Въ золѣ лакказы постоянно находится марганецъ. Можно усилить дѣйствіе лакказы прибавленіемъ марганцевой соли. Въ водныхъ культурахъ въ присутствіи марганцевой соли растенія растутъ быстрѣе и содержатъ болѣе лакказы <sup>3)</sup>). Для обнаруживанія лакказы въ растеніяхъ пользуются растворомъ гуаяковой смолы въ 60—80-процентномъ алкогольѣ. Достаточно прибавить нѣсколько капель этой жидкости къ водному экстракту изслѣдуемаго растенія, чтобы получить въ присутствіи лакказы синее окрашиваніе. Въ различныхъ грибахъ находится окислительный ферментъ—*тирозиназа*, окисляющій тирозинъ. Она найдена была также и въ другихъ растеніяхъ, содержащихъ тирозинъ.

Наконецъ Бухнеру <sup>4)</sup> удалось извлечь изъ дрожжей ферментъ, расщепляющій глюкозу на спиртъ и углекислоту, который онъ назвалъ *зимазой*. Для полученія зимазы дрожжи смѣшиваются съ пескомъ и тщательно растираются. Отжатая подъ большимъ давленіемъ изъ полученной массы жидкость содержитъ зимазу. Насколько сильно эта жидкость вызываетъ броженіе, показываетъ слѣдующій опытъ, въ которомъ изъ 26 граммовъ сахарозы получилось 12,4 грамма спирта и 12,2 грамма углекислоты. Слѣдовательно, получились почти одинаковыя количества спирта и угле-

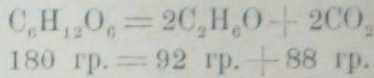
<sup>1)</sup> Schönbein, Journal f. pract. Chemie, 105, 1868, pag. 198.

<sup>2)</sup> Bertrand, Annales d. chimie et de physique, 7 serie, XII tome, 1897, pag. 115.

<sup>3)</sup> Loew, Aso und Sawa, Flora, 91, 1902, pag. 264.

<sup>4)</sup> Wróblewski, Journal für praktische Chemie, 64, 1901, pag. 1.

кислоты. Такъ и слѣдуетъ на основаніи схематическаго уравненія спиртового броженія:



Въ послѣднее время Бухнеръ <sup>1)</sup> для обнаруживанія зимазы предложили новый способъ обработки дрожжей ацетономъ. Для этой цѣли дрожжи обезвоживаются давленіемъ подъ прессомъ, помѣщаются на сито и опускаются въ плоскую чашку, наполненную ацетономъ. Черезъ 10 минутъ дрожжи отжимаются и затѣмъ снова погружаются въ ацетонъ. Затѣмъ дрожжи обрабатываются эфиромъ, растираются въ мелкій порошокъ и высушиваются сначала на воздухѣ, а затѣмъ при 45°. Полученный такимъ образомъ препаратъ извѣстенъ въ продажѣ <sup>2)</sup> подъ именемъ *зимаина* (Zymin). Въ сахарныхъ растворахъ онъ вызываетъ спиртовое броженіе.

Таковы главнѣйшіе изъ найденныхъ въ настоящее время ферментовъ. Мы имѣемъ полное право сказать, что для каждой почти химической реакціи протоплазма образуетъ особый ферментъ. Одинъ и тотъ же организмъ можетъ выдѣлять различные ферменты въ зависимости отъ качества питательнаго матеріала. Напримѣръ, *Penicillium glaucum*, культивируемый на молочнокисломъ кальціи съ примѣсью необходимыхъ солей, образуетъ сахаразу, на молокоѣ даетъ казеазу, на монобутиринѣ—липазу.

Ферменты могутъ вызывать не только аналитическія, но и синтетическія реакціи.

Кромѣ ферментовъ, въ растеніяхъ находятся еще различныя сильно дѣйствующія вещества, какъ, напримѣръ, алкалоиды и многіе глюкозиды <sup>3)</sup>. Ядовитыя свойства ихъ являются не только защитой растенія отъ враговъ, но служатъ также реактивами, усиливающими обмѣнъ веществъ внутри клѣтокъ. Такъ, по изслѣдованіямъ Вотчала <sup>4)</sup>, солянинъ, очень сильный ядъ, находится въ различныхъ органахъ картофеля по преимуществу въ періоды ихъ наиболѣе интенсивной жизнедѣятельности. Можно также иску-

<sup>1)</sup> *Albert, Buchner und Rapp*, Berichte chem. Gesellschaft, XXXV, 1902, pag. 2376.

<sup>2)</sup> Продается у Anton Schroder, München, Landwehrst. 45.

<sup>3)</sup> *Brühl*, Die Pflanzen—Alkaloide. 1900. *van Rijn*, Die Glykoside. 1900.

<sup>4)</sup> *Вотчалъ*, Труды Общества Естественныхъ Испытателей при Казанскомъ университетѣ. Томъ XIX, вып. 5, 1889. *Clautriau*, Recueil de l'institut botanique de Bruxelles. V. 1902. pag. 1.

ственно вызвать сильное образованіе солянина, если поранить картофельный клубень. Въ этомъ случаѣ солянинъ появляется въ значительномъ количествѣ около раны. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы увидимъ, что подѣ влияніемъ раны сильно увеличивается дыханіе и обмѣнъ веществъ. Слѣдовательно, солянинъ въ пораненныхъ мѣстахъ является реактивомъ, стимулирующимъ обмѣнъ веществъ.

Особенно сильные яды выдѣляются различными бактеріями. Таковы, на примѣръ, токсины дифтерита и столбняка (тетануса). Однѣ патогенныя бактеріи (какъ, на примѣръ, бактеріи сибирской язвы) сильно распространяются по тѣлу животныхъ или человѣка при развитіи болѣзни. Другія же бактеріи распространяются на очень ограниченномъ пространствѣ въ организмѣ. Во второмъ случаѣ наглядно видно, что бактеріи дѣйствуютъ не массой, а своими ядовитыми выдѣленіями. Сюда и относятся бактеріи дифтерита и столбняка. Дифтеритныя бактеріи размножаются въ зѣвѣ человѣка, выдѣляемый же ими токсинъ распространяется по всему тѣлу и отравляетъ его. Токсинъ можетъ быть полученъ изъ бульонной культуры бактерій, отфильтровавъ его черезъ свѣчу Шамберлана. Фильтратъ обладаетъ очень ядовитыми свойствами. Бактеріи столбняка попадаютъ изъ почвы при загрязненіи ею раны и размножаются только на небольшомъ пространствѣ около раны. Болѣзнь смертельна вслѣдствіе страшной ядовитости выдѣляемаго бактеріями токсина. Одинъ граммъ токсина столбняка можетъ отравить 75,000 человѣкъ!

Всѣ ферменты и яды по характеру своей работы въ растеніяхъ относятся къ группѣ катализаторовъ. Катализъ—это ускореніе медленно идущей реакціи вслѣдствіе присутствія посторонняго тѣла. Химія даетъ намъ много случаевъ каталитическаго дѣйствія посторонняго тѣла на различныя реакціи. На примѣръ, при дѣйствіи чистой сѣрной кислоты на чистый цинкъ получается крайне слабое выдѣленіе водорода. Послѣ же прибавленія одной капли раствора хлорной платины начинается бурное выдѣленіе водорода. Скорость разложенія перекиси водорода щелочью можетъ быть очень усилена прибавленіемъ ничтожнаго количества платины или другого металла. Въ обоихъ случаяхъ платина играетъ роль неорганическаго фермента <sup>1)</sup>). Скорость дѣйствія неорганическаго фермента

<sup>1)</sup> *Bredig*, Anorganische Fermente. Leipzig. 1901. *Asher und Spiro*, Ergebnisse der Physiologie. 1 Abth. 1902. pag. 134.

(катализатора) также, какъ и скорость дѣйствія органическаго фермента, находится въ зависимости отъ количества фермента, температуры и свойствъ среды. Напримѣръ, на 66-мъ (А) рисункѣ изображена кривая дѣйствія одинаковыхъ количествъ платины на скорость разложенія перекиси водорода въ присутствіи различныхъ количествъ щелочи. Съ повышеніемъ количества щелочи время, необходимое для окончанія реакціи, сначала уменьшается, но затѣмъ постепенно начинаетъ увеличиваться. Слѣдовательно, средняя концентрація оказываетъ наиболѣе благоприятное дѣйствіе. Повышеніе же или пониженіе концентраціи задерживаетъ реакцію. Совершенно сходная кривая получается также (рис. 66, В) для дѣйствія органическаго фермента — эмульсина на скорость разложенія перекиси водорода при различныхъ количествахъ щелочи.

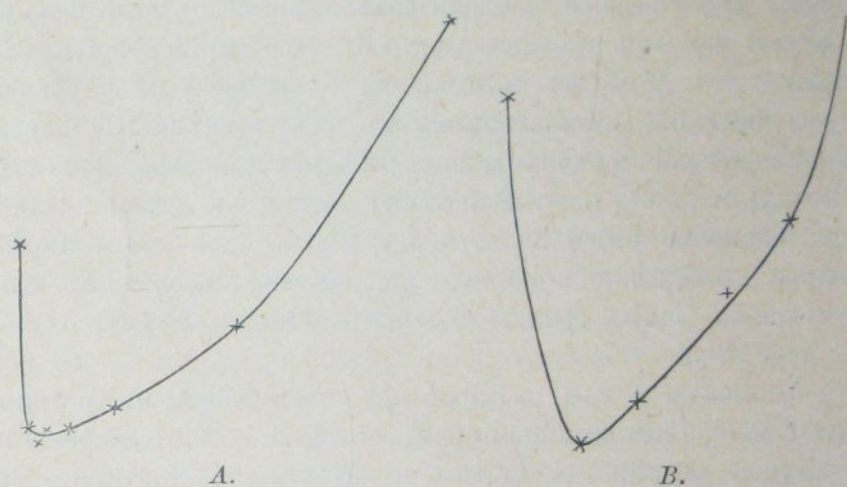


Рис. 66. Скорость дѣйствія платины А и эмульсина В на разложеніе перекиси водорода при различныхъ количествахъ щелочи.

Химическія реакціи могутъ не только стимулироваться посторонними тѣлами, но также и отравляться. Напримѣръ, ничтожныя количества синильной или мышьяковистой кислоты, сѣроводорода и другихъ ядовъ могутъ задержать дѣйствіе платины на разложеніе перекиси водорода щелочью.

§ 4. **Азотистые продукты распада бѣлковъ.** Изъ азотистыхъ продуктовъ распада бѣлковъ въ растеніяхъ самое распространенное тѣло — *аспаратинъ*,  $C_4H_8N_2O_3 + H_2O$ . Въ наибольшемъ количествѣ онъ находится въ проросшихъ въ темнотѣ бобовыхъ



растенияхъ, особенно въ *Lupinus luteus*; по изслѣдованіямъ Бородина<sup>1)</sup>, отсутствуетъ вполне у гвоздичныхъ растений.

*Глютаминъ*,  $C_5H_{10}N_2O_3$ . Тѣло — близкое къ аспарагину. Благодаря трудности его кристаллизаціи и отсутствію специальныхъ реакцій присутствіе его констатировано пока для очень небольшого числа растений. Въ большомъ количествѣ находится въ корняхъ свекловицы и росткахъ тыквы. Замѣняетъ собою аспарагинъ у гвоздичныхъ и папоротниковъ<sup>2)</sup>.

Кромѣ аспарагина и глютамина, бѣлковыя вещества въ числѣ продуктовъ распада даютъ также нѣсколько аминокислотъ и азотистыхъ органическихъ основаній. Къ числу аминокислотъ относятся: аминокaproновая кислота (*лейцинъ*)  $C_6H_{13}NO_2$ , оксифениламинопропіоновая кислота (*тирозинъ*)  $C_9H_{11}O_3N$ , аминвалеріановая кислота и другія.

Къ числу азотистыхъ веществъ съ основными свойствами относятся: лизинъ, аргининъ и гистидинъ<sup>3)</sup>. Аргининъ образуется въ большомъ количествѣ въ прорастающихъ сѣменахъ хвойныхъ<sup>4)</sup>.

При распаденіи сложныхъ бѣлковыхъ веществъ, содержащихъ нуклеиновую кислоту, появляются продукты ея распада: аденинъ  $C_5H_5N_5$ , гуанинъ  $C_5H_5N_5O$ , гипоксантинъ  $C_5H_4N_4O$  и ксантинъ  $C_5H_4N_4O_2$ .

Одни изъ указанныхъ продуктовъ распада относятся къ первичнымъ, другіе ко вторичнымъ, т. е. къ такимъ, появленіе которыхъ находится въ связи съ дальнѣйшими синтетическими процессами. Къ числу первичныхъ продуктовъ относятся тирозинъ и лейцинъ, появленіе которыхъ обусловливается дѣйствіемъ на бѣлки находящихся въ растенияхъ протеолитическихъ ферментовъ. Къ числу вторичныхъ относится аспарагинъ, образующійся изъ первичныхъ продуктовъ. Такъ, въ росткахъ *Lupinus luteus* удается обнаружить тирозинъ и лейцинъ только на первыхъ стадіяхъ развитія, на слѣдующихъ же появляется почти исключительно аспарагинъ. Анализы ростковъ лупиновъ дали слѣдующіе результаты<sup>5)</sup>:

1) *Бородинъ*, Труды С.-Петербур. общ. естествоиспыт. XVI, Вып. 2. 1885, стр. 72. Также *Палладинъ*, I. с. стр. 88.

2) *E. Schulze*, L. Versuchs-Stationen. XLVIII, 1897, pag. 33.

3) *Ergebnisse d. Physiologie*, I, 1902, pag. 35.

4) *E. Schulze*, Zeitschrift f. physiologische Chemie, XXII, 1896, pag. 435.

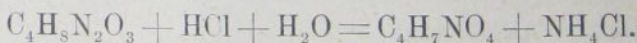
5) *Merlis*, L. Versuchs-Stationen, XLVIII, 1897, pag. 419.

	15-тидневные.	18-тидневные.
N въ бѣлкахъ . . . . .	1,49	1,51
N въ аспарагинѣ . . . . .	3,85	4,23
N въ остальныхъ соединеніяхъ . .	1,27	0,77

Слѣдовательно, количество бѣлковъ у 18-тидневныхъ ростковъ осталось то же, что было у 15-тидневныхъ. Количество же аспарагина значительно увеличилось. Это увеличеніе аспарагина произошло на счетъ другихъ азотистыхъ соединеній, количество которыхъ сильно уменьшилось.

При количественныхъ опредѣленіяхъ перечисленныхъ соединеній часто бываетъ достаточно знать, сколько ихъ всѣхъ находится въ растеніяхъ. Для этого въ одной порціи растеній опредѣляется количество всего азота, въ другой количество азота, приходящагося на долю остальныхъ азотистыхъ веществъ. Когда нужно знать, какія азотистыя вещества находятся въ растеніи при данныхъ условіяхъ,—осаждаютъ ихъ азотнокислою окисью ртути. Для этой цѣли водный экстрактъ изъ растеній осаждается уксуснокислымъ свинцомъ. Въ осадкѣ—бѣлки, пигменты и нѣкоторыя другія вещества, въ фильтратѣ—всѣ кристаллическія азотистыя вещества. Къ фильтрату затѣмъ прибавляется азотно-кислая окись ртути. Въ полученномъ осадкѣ могутъ быть аспарагинъ, глютаминъ, аллантоинъ, ксантинъ, гипоксантинъ, гуанинъ, аргининъ и тирозинъ. Осадокъ разлагается сѣроводородомъ, 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 сѣроводородомъ для удаленія свинца. Вновь полученный фильтратъ нейтрализуется амміакомъ и выпаривается до небольшого объема.

Спеціально для количественнаго опредѣленія аспарагина (а также для глютамина) 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 опредѣ-

ляютъ 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 Бородина <sup>1)</sup>. Разрѣзъ помѣщается въ каплѣ спирта, покрывается покровнымъ стекломъ и оставляется, пока спиртъ не высохнетъ. Дальнѣйшая обработка основана на неспособности кристалла даннаго вещества, напримѣръ, аспарагина, растворяться въ насыщенномъ растворѣ того же самаго вещества. Если въ ткани, 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.

**§ 5. Распаденіе бѣлковъ въ растеніяхъ.** Бѣлковыя вещества въ растеніяхъ не остаются неизмѣнными. Они постоянно распадаются и снова регенерируются изъ продуктовъ распада. При однихъ процессахъ преобладаетъ распаденіе бѣлковыхъ веществъ, при другихъ—ихъ образованіе. Для изученія процесса распаденія бѣлковыхъ веществъ очень хорошими объектами служатъ прорастающія въ темнотѣ сѣмена, а также вообще всѣголодающіе органы въ періодѣ роста. Первые указанія относительно распаденія бѣлковъ въ растеніяхъ принадлежатъ Теодору Гартигу <sup>2)</sup>. Онъ нашелъ, что въ прорастающихъ сѣменахъ образуется особое азотистое вещество—глейсъ. Этотъ глейсъ оказался не чѣмъ инымъ, какъ аспарагиномъ. Бусенго <sup>3)</sup> считалъ аспарагинъ присущимъ всѣмъ растеніямъ и ставилъ образованіе его въ зависимость отъ свѣта. Въ темнотѣ бѣлки распадаются во время дыханія растеній, и азотистымъ продуктомъ распаденія является аспарагинъ, подобно тому, какъ животныя образуютъ мочевины, съ тою разницею, что мочевина животными выдѣляется, аспарагинъ же подъ вліяніемъ свѣта снова перерабатывается растеніями. Пфефферъ <sup>4)</sup> микроскопическимъ путемъ показалъ, что на свѣтѣ потому не накапливается аспарагинъ, что онъ вступаетъ въ соединеніе съ образующимися во время ассимиляціи

<sup>1)</sup> *Бородинъ*, Bot. Zeitung. 1878, pag. 805.

<sup>2)</sup> *Th. Hartig*, Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims. 1858.

<sup>3)</sup> *Boussingault*, Agronomie. IV. 1868, pag. 265.

<sup>4)</sup> *Pfeffer*, Pringsheim's Jahrbücher. VIII. 1872, pag. 533.

углерода углеводами и даетъ бѣлокъ. При прорастаніи сѣмянъ въ темнотѣ идетъ преимущественно распаденіе бѣлка и накапливается аспарагинъ, при нормальныхъ же условіяхъ идутъ параллельно два процесса: распаденіе и регенерація бѣлковъ. Впрочемъ, вліяніе свѣта сказывается только въ болѣе позднихъ стадіяхъ прорастанія. Въ первое время прорастанія, 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 Бусенго и затѣмъ подтвердилъ Менье<sup>1)</sup>.

*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 Пфефферъ ограничилъ свои изслѣдованія надъ аспарагиномъ исключительно бобовыми растеніями, наиболѣе богатыми аспарагиномъ, Бородинъ<sup>2)</sup> 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 испытываемую часть растенія помѣстить въ воду и культивировать въ продолженіе нѣсколькихъ дней въ темнотѣ, то, вслѣдствіе недостатка нужныхъ для регенераціи бѣлка углеводовъ, аспарагинъ накапливается въ растеніяхъ въ значительномъ количествѣ. Бородинъ обнаружилъ аспарагинъ микроскопическимъ путемъ. Кромѣ аспарагина, Бородинъ находилъ и другія азотистыя вещества: тирозинъ и лейцинъ.

<sup>1)</sup> Meunier, Annales agronomiques. 1880. VI, pag. 275.

<sup>2)</sup> Бородинъ, Bot. Zeitung. 1878, pag. 801.

Работа Бородина затѣмъ была подтверждена Эрнестомъ Шульце<sup>1)</sup> путемъ количественныхъ опредѣленій. Для примѣра — одинъ его опытъ надъ молодымъ овсомъ.

	а) Непосредственно по снятіи съ почвы.	б) 6—7 дней въ водѣ въ темномъ помѣщеніи.
Всего азота . . . . .	4,12 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	4,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Азотъ въ бѣлкахъ . . . . .	3,51 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1,46 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Азотъ въ небѣлк. вещ. . . . .	0,61 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	3,04 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

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.

Качество получаемыхъ при распаденіи бѣлковыхъ веществъ азотистыхъ продуктовъ распада зависитъ отъ цѣлаго ряда условій. Измѣняя условія жизни растенія, можно измѣнить также и качество продуктовъ распада бѣлковыхъ веществъ.

Однимъ изъ важныхъ факторовъ является кислородъ. Палладинъ<sup>2)</sup> доказалъ, что распаденіе бѣлка въ растеніяхъ совершается и въ отсутствіи свободнаго кислорода. Для опытовъ употреблялась молодая пшеница.

Продолжительность опыта	% потраченнаго бѣлка
22 часа . . . . .	1,1
24 » . . . . .	3,9
2 сутокъ . . . . .	5,7
2 » . . . . .	15,4
3 » . . . . .	26,1

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

24 часа . . . . .	7,9
2 сутокъ . . . . .	17,2
7 » . . . . .	54,3

<sup>1)</sup> *E. Schulze*, Landw. Versuchs-Stationen, 1886, XXXIII, p. 118.

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

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, несмотря на лишеніе ихъ кислорода, происходитъ распаденіе бѣлковъ.

Что же касается продуктовъ распаденія бѣлковъ въ средѣ, лишенной кислорода, то они оказались въ иномъ количественномъ отношеніи, чѣмъ во время распаденія бѣлковъ при доступѣ воздуха. На воздухѣ главнымъ продуктомъ распаденія является 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. Безъ кислорода возможно распаденіе бѣлковъ только до первичныхъ продуктовъ распада. Дальнѣйшіе же синтетическіе процессы, результатомъ которыхъ является аспарагинъ, возможны только въ присутствіи кислорода. Къ тѣмъ же результатамъ пришелъ Буткевичъ <sup>1)</sup>. На воздухѣ *Aspergillus niger* расщеплялъ пептонъ до амміака, при затрудненномъ же притока кислорода главнымъ образомъ только до тирозина и лейцина.

Появленіе тѣхъ или иныхъ азотистыхъ продуктовъ распада бѣлковыхъ веществъ находится также въ зависимости отъ условій питанія. По изслѣдованіямъ Буткевича <sup>2)</sup>, различные плѣсневые грибы при культурѣ на пептонѣ даютъ различные продукты распада. *Aspergillus niger* даетъ главнымъ образомъ амміакъ, *Penicillium glaucum* — главнымъ образомъ тирозинъ и лейцинъ. Причина такой разницы лежитъ въ реакціи среды. *Aspergillus* образуетъ много щавелевой кислоты и сохраняетъ кислую реакцію питательной жидкости. *Penicillium* щавелевой кислоты не образуетъ, и питательная среда скоро дѣлается щелочной вслѣдствіе образованія амміака. Если же *Aspergillus* культивировать въ присутствіи углекислаго кальція,

<sup>1)</sup> Буткевичъ, Pringsheim's Jahrbücher f. wiss. Botanik. XXXVIII, 1902. pag. 194.

<sup>2)</sup> Буткевичъ, 1. с.

слѣдовательно въ щелочной средѣ, то онъ начинаетъ образовывать въ значительномъ количествѣ тирозинъ и лейцинъ. Точно также *Penicillium* начинаетъ накапливать главнымъ образомъ амміакъ, если питательную среду поддерживать кислой прибавленіемъ фосфорной кислоты.

Распаду подвергаются не только запасныя бѣлковыя вещества, но также бѣлковыя вещества, входящія въ составъ протоплазмы и ядра. Во время прорастанія сѣмянъ въ темнотѣ появляются въ числѣ азотистыхъ продуктовъ распада аденинъ, гуанинъ, ксантинъ и гипоксантинъ, которые получаютъ при расщепленіи нуклеиновой кислоты. Опредѣленія Каранетовой и Собашниковой<sup>1)</sup> показали, что во время голоданія ростковъ ржи и ячменя бѣлковыя вещества, не перевариваемыя въ желудочномъ сокѣ, распадаются труднѣе, чѣмъ запасныя бѣлковыя вещества. Въ первое время голоданія, несмотря на общій распадъ бѣлковъ, количество ихъ увеличивается даже, но затѣмъ и они начинаютъ распадаться. Наконецъ, распаденіе бѣлковъ протоплазмы можно констатировать по уменьшенію бѣлковъ, содержащихъ фосфоръ. Ивановъ<sup>2)</sup> опредѣлилъ количество фосфора въ различныхъ веществахъ сѣмянъ и выросшихъ въ темнотѣ ростковъ *Vicia sativa* и получилъ слѣдующіе результаты:

	Сѣмена.	5-дневные ростки.	20-дневные ростки.
Въ процентахъ.			
Неорганическіе фосфаты . . . . .	11,4	48,1	80,2
Лецитинъ . . . . .	11,6	—	6,6
Бѣлки . . . . .	52,5	37,4	13,7
Органическіе фосфаты . . . . .	25,7	9,8	5,1

Слѣдовательно, прорастаніе въ темнотѣ сопрягается сильнымъ распаденіемъ бѣловыхъ веществъ, содержащихъ фосфоръ. Въ сѣменахъ 52,5% всего фосфора приходилось на долю бѣлковъ, въ 20-дневныхъ росткахъ его осталось только 13,7%, главная же масса фосфора (80,2%) оказалась уже въ видѣ неорганическихъ фосфатовъ. Къ тѣмъ же результатамъ пришелъ Залѣсскій<sup>3)</sup>. Кромѣ того, онъ

<sup>1)</sup> Каранетова и Собашникова, *Revue générale de botanique*. 1902, pag. 483.

<sup>2)</sup> Л. Ивановъ, *Berichte der deutsch. bot. Gesellschaft*. 1902.

<sup>3)</sup> Залѣсскій, *Berichte botan. Gesellsch.* 1902, pag. 426.

нашелъ, что распадъ идетъ главнымъ образомъ въ сѣмядоляхъ. Количество содержащихъ фосфоръ бѣлковъ въ осевыхъ органахъ уменьшается крайне медленно, такъ какъ въ нихъ идутъ связан- ные съ ростомъ синтетическіе процессы:

Ф о с ф о р ъ:	О с е в ы е о р г а н ы Л и р і и я.		
	10-дневные.	15-дневные.	25-дневные.
Общій . . . . .	0,3023	0,4656	0,5137
Лецитиновый . . . . .	0,0144	0,0159	0,0200
Бѣлковый . . . . .	0,0174	0,0160	0,0158
Фосфатовъ . . . . .	0,2018	0,2634	0,4014

### § 6. Образованіе бѣлковыхъ веществъ въ растеніяхъ.

Первичное образованіе бѣлковыхъ веществъ, какъ видѣли уже выше (стр. 37), происходитъ въ листьяхъ. Для образованія ихъ необходи- мъ азотъ. Азотъ поступаетъ въ растенія въ видѣ селитры. Из- слѣдованія надъ распредѣленіемъ селитры въ растеніяхъ <sup>1)</sup> пока- зали, что она идетъ по всему растенію до листьевъ, гдѣ находится или въ ничтожномъ количествѣ, или констатировать ее тамъ со- всѣмъ не удастся. Уже этотъ фактъ говоритъ за то, что селитра въ листьяхъ перерабатывается. Изслѣдованія Шимпера <sup>2)</sup>, кромѣ того, доказали, что исчезновеніе селитры въ листьяхъ находится въ связи съ усвоеніемъ углерода. Въ растеніяхъ, оставленныхъ въ тем- нотѣ, селитра въ листьяхъ постепенно накапливается, послѣ же пе- ренесенія на свѣтъ — исчезаетъ. Если же для опытовъ брались листья, неспособные къ усвоенію углерода, напримѣръ, хлоротиче- скіе, то въ нихъ селитра на свѣтѣ не исчезала. Особенно наглядны опыты съ пестролистными растеніями (*foliis variegatis*). Въ темнотѣ какъ зеленныя части этихъ растеній, такъ и части, лишеныя хло- рофилла, наполнялись селитрой. Послѣ же выставленія на свѣтъ въ зеленыхъ частяхъ листьевъ селитра исчезала, въ безцвѣтныхъ же количество ея оставалось прежнее.

На основаніи этихъ опытовъ выводилось заключеніе, что для образованія бѣлковыхъ веществъ въ листьяхъ необходимъ свѣтъ. Но въ опытахъ Шимпера съ устраненіемъ свѣта устранялось и дру- гое необходимое условіе — присутствіе углеводовъ. Если же, уstra-

<sup>1)</sup> *Wulfert*, Landw. Versuchs-Stationen, 12, p. 164. 1864; *Monteserpe*, Труды Петерб. общ. естествоиспыт. 1882; *Berthelot et André*, Annales de chimie et de physi- que. 6 série. VIII tome. 1886. X tome. 1887.

<sup>2)</sup> *Schimper*, Bot. Zeitung. 1888, pag. 65.



нивши свѣтъ, дать листьямъ углеводовъ, какъ это сдѣлала Залѣсская<sup>1)</sup>, то листья и въ темнотѣ изъ углеводовъ и селитры могутъ готовить бѣлковыя вещества. Слѣдовательно, при естественныхъ условіяхъ свѣтъ необходимъ для образованія бѣлковыхъ веществъ въ листьяхъ главнымъ образомъ тѣмъ, что на свѣтъ происходитъ образованіе углеводовъ, которые затѣмъ уже служатъ матеріаломъ для образованія бѣлковъ. Возможно, впрочемъ, что въ присутствіи свѣта и углеводовъ образуется изъ селитры болѣе бѣлковъ, чѣмъ въ присутствіи только однихъ углеводовъ.

Во время прорастанія сѣмянъ въ темнотѣ происходитъ распаденіе бѣлковыхъ веществъ. Прорастаніе же на свѣтѣ, за исключеніемъ начальной стадіи, сопровождается увеличеніемъ количества бѣлковъ. Въ данномъ случаѣ свѣтъ также нуженъ для образованія углеводовъ. Регенерація же бѣлковъ изъ углеводовъ и азотистыхъ органическихъ веществъ возможна безъ участія свѣта. Въ луковицахъ обыкновеннаго лука находится мало бѣлковъ, но онѣ богаты углеводами и азотистыми веществами. Поэтому прорастаніе луковицъ въ темнотѣ, какъ показала Залѣсская<sup>1)</sup>, сопровождается не распадомъ, а, напротивъ, сильнымъ образованіемъ бѣлковъ. Для примѣра—слѣдующія данныя:

Л у к о в и ц ы.		
	Не проросшія.	Черезъ мѣсяцъ прорастанія въ темнотѣ.
Сухое вещество . . . . .	5,82460	4,77161
N общій . . . . .	0,16136	0,15950
N бѣлковый . . . . .	0,05166	0,08377
N въ осадкѣ съ фосфорно-воль- фрам. кислотою . . . . .	0,02525	0,02442
N аспарагина . . . . .	0,01206	0,01628
N остальныхъ соединеній . . .	0,07439	0,03503
Въ ‰ общаго азота:		
N бѣлковыхъ веществъ . . . .	32,0	52,5

Образованіе бѣлковъ въ луковицахъ можно вызвать также пораненіемъ ихъ, какъ показали Геттлингеръ<sup>2)</sup> и Залѣсская<sup>1)</sup>. На-

<sup>1)</sup> Залѣсская, Условія образованія бѣлковыхъ веществъ въ растеніяхъ. Харьковъ 1900. стр. 53. Berichte botan. Gesellschaft. 1897.

<sup>2)</sup> Залѣсская, Berichte botan. Gesellschaft. 1898.

<sup>3)</sup> Геттлингеръ, Revue générale de botanique, 1901, pag. 248.

<sup>4)</sup> Залѣсская, Berichte botan. Gesellsch. 1901. pag. 331.

копленіе бѣлковъ подѣ вліяніемъ раны идетъ очень быстро. То количество бѣлковъ, которое образуется во время прорастанія въ темнотѣ черезъ мѣсяць, послѣ пораненія получается черезъ 4 дня. Напримѣръ, луковица была разрѣзана на 4 части. Одна часть высушена, остальные порціи разрѣзаны на куски и оставлены въ темнотѣ на четыре дня. Анализъ далъ слѣдующія количества бѣлковаго азота въ процентахъ общаго азота:

Контрольныя	Раненыя.	Раненыя.
32,0	49,4	51,8

Ганстеенъ <sup>1)</sup> показалъ, что очень разнообразныя азотистыя вещества могутъ служить источникомъ для образованія бѣлковъ.

Образованіе бѣлковъ находится въ зависимости отъ внѣшнихъ условій. Зальсскій и Ковшовъ <sup>2)</sup> нашли, что въ пораненныхъ луковицахъ въ атмосферѣ, лишенной кислорода, бѣлки не образуются. Присутствіе въ атмосферѣ паровъ ээира, по изслѣдованіямъ Зальсскаго <sup>3)</sup>, измѣняетъ характеръ превращенія бѣлковъ. Лишенные сѣмядолей ростки *Lupinus angustifolius* въ темнотѣ на растворѣ глюкозы въ присутствіи азота образовали болѣе бѣлковъ чѣмъ безъ ээира.

Наши свѣдѣнія относительно образованія нуклеиновыхъ соединений въ растеніяхъ очень недостаточны. Въ общихъ чертахъ можно сказать, что они образуются, гдѣ происходятъ явленія роста. Прорастаніе сѣмянъ въ темнотѣ сопровождается уменьшеніемъ количества бѣлковыхъ веществъ. Напротивъ, количество нуклеиновыхъ соединений въ первыя стадіи прорастанія продолжаетъ увеличиваться, какъ показалъ Палладинъ <sup>4)</sup>. На 67-омъ рисункѣ видно, какъ сильно увеличилось количество непереваримыхъ бѣлковъ на 14-й день прорастанія пшеницы въ темнотѣ.

Результатомъ пораненій является усиленная жизнѣдѣятельность. Изслѣдованія Ковшова <sup>5)</sup> показали, что въ пораненныхъ луковицахъ параллельно съ увеличеніемъ общаго количества бѣлковыхъ веществъ особенно сильно идетъ увеличеніе непереваримыхъ бѣл-

<sup>1)</sup> *Hansteen*, Pringsheim's Jahrbücher, XXXIII, 1899, pag. 417.

<sup>2)</sup> *Ковшовъ*, Revue générale de botanique, 1902, pag. 449.

<sup>3)</sup> *Зальсскій*, Berichte botan. Gesellschaft., 1900. pag. 292.

<sup>4)</sup> *Палладинъ*, Revue générale de botanique, 1896.

<sup>5)</sup> *Ковшовъ*, Revue générale de botanique, 1902, pag. 449.

ковъ. Луковицы были разрѣзаны на 6 частей каждая. Въ одной порціи было опредѣлено количество бѣлковъ, другія 5 порціи были изрѣзаны и помѣщены въ темноту. Каждый день бралась одна порція для анализа.

Получились слѣдующіе результаты:

Н въ % общаго азота.	Кон-трольная.	2-й день.	3-й день.	4-й ден.	5-й день.	6-й день.
Всѣхъ бѣлковъ	33,6	37,5	38,4	48,9	53,1	57,5
Непереваримыхъ бѣлковъ	2,98	3,32	3,49	9,53	13,25	16,36

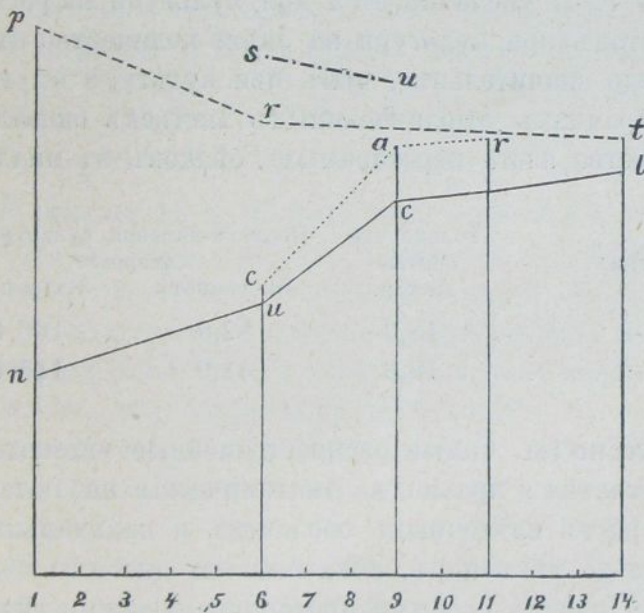


Рис. 67. Прорастаніе пшеницы въ темнотѣ: *ncl*—количество непереваримыхъ бѣлковъ, *pri*—общее количество всѣхъ бѣлковъ, *car*—количество выделяемой углекислоты, *su*—количество сахара.

Въ слѣдующей работѣ Ковшовъ <sup>1)</sup> показали, что пропорціонально увеличенію количества азота непереваримыхъ бѣлковъ идетъ также увеличеніе количества находящагося въ нихъ фосфора.

<sup>1)</sup> Работа еще не напечатана.

Опыты.	Фосфоръ непереваримыхъ бѣлковъ въ ‰ общего фосфора.	
	Контрольныя луковицы.	Раненыя луковицы.
1-й . . . . .	7,79	15,94
2-й . . . . .	6,17	12,81
3-й . . . . .	6,25	10,50
4-й . . . . .	3,57	4,61

Образованіе нуклеиновыхъ соединеній въ листьяхъ находится въ зависимости отъ углеводовъ и свѣта. Палладинъ<sup>1)</sup> нашелъ, что количество непереваримыхъ бѣлковъ въ этиолированныхъ листьяхъ *Vicia Faba* увеличивается при культурѣ на растворѣ сахарозы. При этомъ при культурѣ на свѣтѣ количество ихъ увеличивается гораздо значительнѣе, чѣмъ при культурѣ въ темнотѣ.

Въ 100 граммахъ этиолированныхъ листьевъ оказались слѣдующія количества азота непереваримыхъ бѣлковъ въ миллиграммахъ:

Опыты:	Только что снятыя листья.	Послѣ 6-дневной культуры на сахарозѣ.	
		Въ темнотѣ.	На свѣтѣ.
1-й . . . . .	18,6	82,6	166,4
2-й . . . . .	18,6	51,9	115,4

§ 7. **Углеводы.** Самые распространенные углеводы въ растеніяхъ — клѣтчатка и крахмалъ. Анатомическія наблюденія показываютъ, что ростъ клѣточныхъ оболочекъ и крахмальныхъ зеренъ идетъ только до тѣхъ поръ, пока онѣ находятся въ соединеніи съ протоплазмой или съ особыми протоплазмическими тѣлами — крахмалообразователями. Слѣдовательно, крахмалъ и клѣтчатка — продукты распадѣнія бѣлковыхъ веществъ. За то же говорятъ и физиологическія данныя. Образованіе крахмала и клѣтчатки идетъ параллельно съ уменьшеніемъ количества бѣлковъ и съ образованіемъ ихъ азотистыхъ продуктовъ распадѣнія, главнымъ образомъ — аспарагина.

Такъ, напримѣръ, изслѣдованія Гунгербюлера<sup>2)</sup> надъ созрѣвающими картофельными клубнями дали слѣдующія цифры:

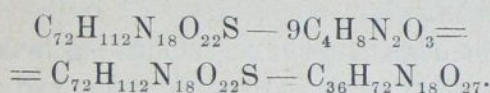
<sup>1)</sup> *Палладинъ*, *Revue générale de botanique*, 1899, pag. 81.

<sup>2)</sup> *Hungerbühler*, *Land. Versuchs-Stationen*. 1886. XXXII, pag. 381.

Время взятія пробы.	% крахмала въ сухомъ веществѣ.	Изъ всего N находилось въ %	
		какъ бѣл- ковый N.	какъ небѣл- ковый 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 небѣлковыхъ азотистыхъ веществъ.

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



Если не считать сѣры, то получится остатокъ  $C_{36}H_{40}$  и недостатокъ  $O_5$ . Остатокъ  $C_{36}H_{40}$  можетъ пойти на образованіе крахмала или клѣтчатки только подѣ условіемъ усвоенія кислорода воздуха. Кромѣ того, аспарагинъ образуется въ растеніяхъ только при доступѣ кислорода воздуха. На основаніи всего сказаннаго Палладинъ<sup>1)</sup> считаетъ, что образованіе клѣточныхъ оболочекъ и крахмальныхъ зеренъ сопровождается усвоеніемъ кислорода. Или, другими словами, названные углеводы не что иное, какъ продукты окисленія бѣлковъ.

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

*Клѣточная оболочка*, долго считавшаяся простымъ тѣломъ, въ дѣйствительности имѣетъ очень сложный составъ. Э. Шульце<sup>2)</sup> раз-

<sup>1)</sup> Палладинъ, 1. с., стр. 79. Berichte d. deutschen botan. Gesellschaft. 1889, pag. 126.

<sup>2)</sup> E. Schulze, Steiger und Maxwell, Zeitschrift für physiologische Chemie XIV. 1890, pag. 227. Schulze, 1. с. XVI. 1892, pag. 387. XIX. 1894, pag. 38.

дѣляетъ углеводы, входящіе въ составъ клѣточной оболочки, на двѣ группы. Къ первой группѣ относятся гемицеллюлёзы, извлекаемыя изъ клѣточныхъ оболочекъ 1% растворомъ соляной или сѣрной кислоты при нагрѣваніи. Одинъ изъ относящихся сюда углеводовъ — парагалактанъ. Онъ нерастворимъ въ водѣ, при окисленіи даетъ слизевую кислоту и превращается въ галактозу. Но въ клѣточной оболочкѣ есть еще и другія гемицеллюлёзы, дающія маннозу, арабинозу и ксилозу. Ко второй группѣ относится собственно клѣтчатка, не переходящая въ растворъ при нагрѣваніи въ 1% растворѣ кислотъ. Клѣтчатка превращается въ глюкозу и даетъ при окисленіи сахарную кислоту.

Значеніе клѣчатки не ограничивается ролью скелета: во многихъ сѣменахъ утолщенія клѣточной оболочки служатъ запаснымъ веществомъ. Эти утолщенія растворяются при прорастаніи и замѣняютъ собой крахмалъ<sup>1)</sup>.

Клѣточные оболочки многихъ грибовъ отличаются отъ оболочекъ прочихъ растений тѣмъ, что содержатъ азотъ. Таковы грибы *Boletus edulis*, *Agaricus campestris*, *Morchella esculenta*, *Botrytis cinerea*, *Polyporus officinalis*. Количество азота доходитъ до 5<sup>1/2</sup> процентовъ<sup>2)</sup>. Эти оболочки при нагрѣваніи съ соляной кислотой въ числѣ продуктовъ распада даятъ соляно-кислый глюкозаминъ ( $C_6H_{13}NO_5HCl$ ). То же самое вещество получается при подобной же обработкѣ хитина насѣкомыхъ. Слѣдовательно, въ составъ клѣточныхъ оболочекъ многихъ грибовъ входитъ тѣло, тождественное, или же очень близкое хитину насѣкомыхъ.

Кромѣ крахмала и клѣчатки, въ растеніяхъ находится еще *глюкоза*. Она встрѣчается во всѣхъ клѣткахъ, живущихъ дѣятельною жизнью.

*Сахароза* долго считалась запаснымъ углеводомъ, имѣющимъ ограниченное распространеніе. Но теперь, благодаря усовершенствованнымъ методамъ изслѣдованія<sup>3)</sup>, ее стали находить въ значительныхъ количествахъ и въ растущихъ органахъ<sup>4)</sup>. Браунъ и Мор-

<sup>1)</sup> *Elfert*, Bibliotheca botanica. Heft 30. 1894.

<sup>2)</sup> *Winterstein*, Berichte chem. Gesellschaft. XXVII. 1894. pag. 3113. XXVIII. 1895. pag. 167.

<sup>3)</sup> *E. Schulze*, Land. Versuchs-Stationen. XXXIV. 1887, pag. 408. Zeitschrift f. physiol. Chemie. XX. 1895. pag. 511.

<sup>4)</sup> *Селувановъ*, Landw. Versuchs-Stationen. XXXIV. 1887, pag. 414; *Франкфуртъ*, l. c. XLIII. 1893, pag. 143.

рисъ<sup>1)</sup> нашли сахарозу также и въ листьяхъ и считаютъ ее первымъ продуктомъ усвоенія углерода. Только когда сахароза накопится въ значительномъ количествѣ, начинается переработка ея въ крахмалъ, все равно какъ въ опытахъ Бёма при искусственномъ кормленіи сахаромъ.

§ 8. **Органическія кислоты.** Всѣ клѣтки, живущія дѣятельною жизнью, постоянно содержатъ въ себѣ нѣкоторое количество органическихъ кислотъ. Клѣточный сокъ имѣетъ кислую реакцію. Органическія кислоты считаются продуктами неполнаго окисленія углеводовъ.

Особенно много изслѣдованій посвящено щавелевой кислотѣ въ видѣ ея кальціевой соли<sup>2)</sup>. Изъ многихъ извѣстныхъ въ настоящее время фактовъ относительно распространенія и образованія щавелево-кислаго кальція самые крупныя — это зависимость образованія названной соли отъ свѣта и испаренія. Только на солнечномъ свѣтѣ и при нормальномъ испареніи идетъ правильное отложеніе щавелево-кислаго кальція. Въ темнотѣ же и при слабомъ испареніи количество его незначительно.

Внѣшнія и внутреннія условія оказываютъ большое вліяніе на количество кислотъ въ растеніяхъ<sup>3)</sup>. Подъ вліяніемъ свѣта количество кислотъ нѣсколько уменьшается.

	Кислотность	
	въ темнотѣ.	на свѣтѣ.
<i>Камелия</i> <i>Convallaria majalis</i> (корневище) . . . . .	72	68
<i>Phaseolus multiflorus</i> (корни) . . . . .	69	64
Этіолиров. ростки пшеницы . . . . .	238	230

Съ повышеніемъ температуры окружающей среды кислотность растеній также уменьшается. Такъ, *Sempervivum tectorum* были выставлены на разсѣянный свѣтъ въ теченіе трехъ сутокъ. Кислотность въ началѣ опыта 358. Черезъ три же часа при 4—6° уменьшилась до 336, при 22—25° до 327 и при 35—38° до 301.

Искусственное введеніе углеводовъ повышаетъ кислотность. Срѣ-

<sup>1)</sup> *Brown and Morris*, Journal of the Chemical Society. May. 1893.

<sup>2)</sup> *Kohl*, Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. 1889; *Monteverde*, Объ отложеніи щавелевокислыхъ солей кальція и магнія въ растеніи. Спб. 1889; *Wehmer*, Botanische Zeitung. 1891, pag. 233.

<sup>3)</sup> *Пуріевичъ*, Образованіе и распаденіе органическихъ кислотъ у высшихъ растеній. Кіевъ. 1893. (Записки Кіевского Общества естествоиспыт.).

заниные этиолированные ростки фасоли были помещены частью въ дистиллированную воду, частью въ растворъ глюкозы и оставлены въ темнотѣ. Черезъ три дня кислотность растений, бывшихъ въ водѣ, была найдена равной 185, кислотность же растений, получающихъ сахаръ,—равной 257. Слѣдовательно, введеніе глюкозы увеличило количество кислотъ въ росткахъ.

### Прорастаніе сѣмянъ.

Въ предшествовавшемъ изложеніи приходилось обращаться очень часто къ процессу прорастанія сѣмянъ для рѣшенія различныхъ вопросовъ, какъ относительно превращенія веществъ въ растеніяхъ, такъ и относительно другихъ физиологическихъ процессовъ. Теперь ознакомимся ближе съ главными особенностями прорастанія 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. Прорастающее сѣмя въ первое время можетъ обойтись безъ свѣта и минеральныхъ веществъ. Слѣдовательно, при прорастаніи въ темнотѣ будутъ подвергаться измѣненіямъ только тѣ вещества, которыя были въ сѣмени и качество и количество которыхъ могутъ быть опредѣлены предварительнымъ анализомъ. Во взросломъ растеніи на свѣтѣ параллельно съ подобными же процессами идетъ усвоеніе углерода и минеральныхъ веществъ, образованіе изъ усвоенныхъ элементовъ новыхъ соединений. Всѣ эти процессы новообразованія веществъ маскируютъ процессы превращенія веществъ. При прорастаніи 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 прорастаніи 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



Остальные явления во время прорастания идутъ въ различныхъ сѣменахъ нѣсколько различно, въ зависимости отъ того, какія запасныя вещества въ данномъ сѣмени отложены. На основаніи преобладанія тѣхъ или другихъ веществъ въ сѣменахъ, они дѣлятся на три группы: на крахмалистыя, бѣлковыя и маслянистыя сѣмена.

При прорастаніи *крахмалистыхъ сѣмянъ* (злаки) <sup>1)</sup> трата вещества, какъ видно изъ предыдущей таблицы, относится на долю углерода, водорода и кислорода. Количество азота и золы остается неизмѣннымъ. Другія главнѣйшія измѣненія при прорастаніи видны изъ прилагаемой таблицы:

	Сухое вещество.	Крахмалъ и декс- тринъ.	Глюкоза и сахаръ.	Масло.	Клѣт- чатка.
22 зерна маиса . . . . .	8,636	6,386	—	0,463	0,516
22 растенія . . . . .	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 прорастаніи сѣмянъ діастазъ разрушаетъ почти весь крахмалъ; появляется глюкоза. Количество клѣтчатки значительно увеличивается.

При прорастаніи *бѣлковыхъ сѣмянъ* (бобовыя) <sup>2)</sup> трата вещества также относится на долю углерода, водорода и кислорода. Количество бѣлковыхъ веществъ сильно уменьшается. Появляются въ большомъ количествѣ аспарагинъ и другіе амиды. Изъ безазотистыхъ веществъ появляется глюкоза, и значительно увеличивается количество клѣтчатки.

*Lupinus luteus.*

	Сухое вещество.	Бѣлко- вые ве- щества.	Аспара- гинъ.	Остальные азотистыя вещества.	Глюкоза.	Клѣт- чатка.
Сѣмена . . . . .	100	45,07	—	11,66	—	3,24
Выросш. 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

При прорастаніи бѣлковыхъ сѣмянъ, какъ побочный продуктъ при распаденіи бѣлковыхъ веществъ, появляется также сѣрная кислота. Количество ея по мѣрѣ прорастанія увеличивается:

<sup>1)</sup> *Boussingault, Agronomie, chimie agricole, etc. 4 tome. 1868.*

<sup>2)</sup> *E. Schulze, Landw. Jahrbücher. V. 1876, pag. 821.*

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

При прорастаніи *маслянистыхъ сѣмянъ* (подсолнечникъ, тыква, клещевина и т. д.) <sup>1)</sup> трата вещества относится только на долю углерода и водорода. Количество же кислорода по мѣрѣ прорастанія не только не уменьшается, но, напротивъ, значительно увеличивается. Слѣдовательно, прорастаніе маслянистыхъ сѣмянъ сопровождается усвоеніемъ кислорода. Находящіеся въ сѣменахъ жиры по мѣрѣ прорастанія убываютъ; вмѣсто нихъ появляется крахмалъ. Этотъ фактъ объясняетъ, почему прорастаніе маслянистыхъ сѣмянъ сопровождается усвоеніемъ кислорода. Жиры значительно бѣднѣе кислородомъ, чѣмъ крахмалъ. Поэтому образованіе крахмала изъ жировъ возможно только подъ условіемъ поглощенія кислорода извнѣ. Уменьшеніе жировъ сопровождается также увеличеніемъ количества жирныхъ кислотъ. Такъ, 20 граммовъ сѣмянъ мака содержали 8,915 грамма жировъ и 0,975 гр. свободныхъ жирныхъ кислотъ. Послѣ же 4-дневнаго прорастанія свободныхъ жирныхъ кислотъ было найдено 3,770 грамма, жировъ же только 3,900 гр. Глицерина въ росткахъ не найдено.

Прилагаемая таблица даетъ понятіе о превращеніи веществъ при прорастаніи сѣмянъ подсолнечника. 100 вѣсовыхъ частей сѣмянъ послѣ прорастанія дали 88,98 частей ростковъ <sup>2)</sup>.

	Въ 100 частяхъ сѣмянъ.	Въ 88,98 частяхъ ростковъ.
Бѣлковыя вещества . . . . .	24,06	13,34
Нуклеинъ и пластинъ . . . . .	0,96	4,05
Аспарагинъ и глютаминъ . . . . .	—	3,60
Лецитинъ . . . . .	0,44	0,71
Жиры . . . . .	55,32	21,82
Тростниковый сахаръ и др. . . . .	3,78	13,12
Раств. органическія кислоты . . . . .	0,56	2,16
Клѣтчатка . . . . .	2,24	10,25
Зола . . . . .	3,66	3,66
Гемиллюлюза . . . . .	—	3,41

<sup>1)</sup> *Ляковскій*, Прорастаніе тыквенныхъ сѣмянъ въ химическомъ отношеніи. Москва. 1874.

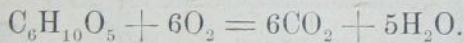
<sup>2)</sup> *Франкфуртъ*, Land. Versuchs-Stationen. XLIII. 1893, pag. 143.

Таковы главныя особенности прорастанія въ темнотѣ сѣмянъ различныхъ растеній. Прорастаніе на свѣтѣ сопровождается тѣми же явленіями съ тою только разницею, что, кромѣ того, идетъ усвое-ніе углерода и минеральныхъ веществъ <sup>1)</sup>).

## ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

### Дыханіе растеній.

§ 1. **Общее понятіе о дыханіи растеній.** Дыханіе растеній состоитъ въ поглощеніи атмосфернаго кислорода, въ выдѣленіи углекислоты и образованіи воды, остающейся внутри растенія. Схема 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 прорастаніи сѣмянъ въ темнотѣ, есть результатъ дыханія. Во время прорастанія 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 Пристлея надъ исправленіемъ воздуха растеніями, онъ нашелъ, какъ извѣстно, что только на солнечномъ свѣтѣ и только зеленыя части растеній исправляютъ воздухъ, незеленыя же части растеній, какъ на свѣтѣ, такъ и въ темнотѣ, а зеленыя только въ темнотѣ, портятъ воздухъ, подобно животнымъ. Эта порча воздуха, состоящая въ выдѣленіи углекислоты, есть дыханіе. Затѣмъ Сосюру (1804) принадлежатъ первыя точныя изслѣдованія надъ дыханіемъ растеній.

<sup>1)</sup> Руководство по прорастанію сѣмянъ.—*Detmer, Vergleichende Physiologie des Keimungsprocesses der Samen. Jena. 1880.*

§ 2. Приборы, употребляемые при изучении дыхания растений. При изучении дыхания определяют или оба обмениваемые газы, или же только один из них. Когда можно довольствоваться определением только одной выделяемой растениями углекислоты, то количество ее лучше всего определять при помощи петтенкоферовских трубок (рис. 68). Это — довольно широкие стеклянные трубки, длиною в один метр, поставленные несколько наклонно. Они наполняются баритовой водой. Воздух, высасываемый аспиратором, проходит через U-образную трубку (*d*), на-

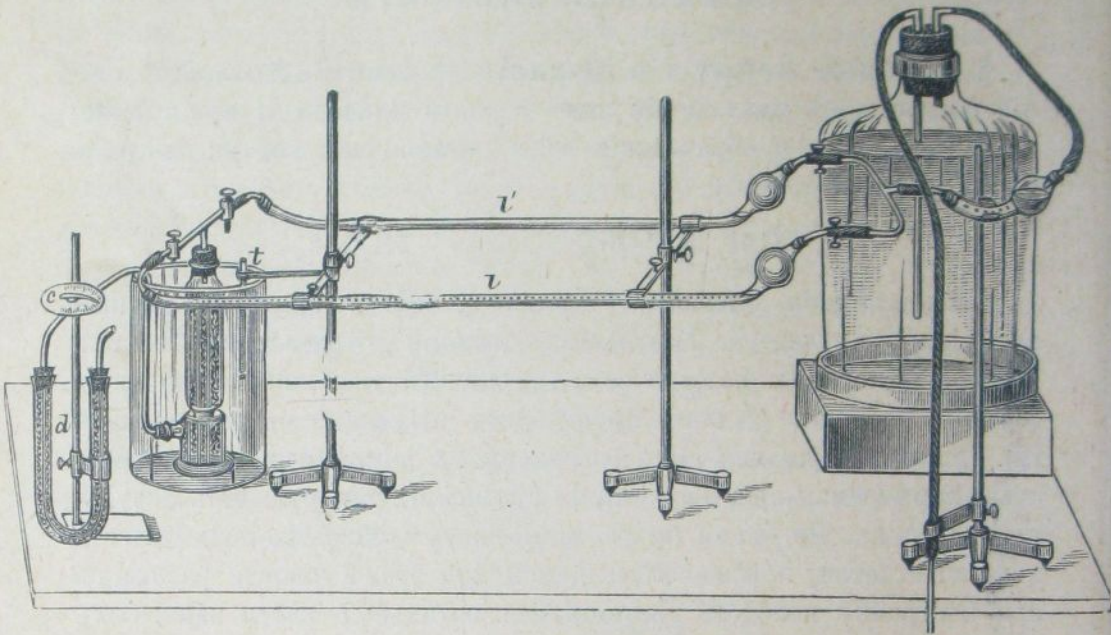


Рис. 68. Трубки Петтенкофера для определения количества выделяемой растениями углекислоты.

полненную натристой известью для очищения его от углекислоты, затѣмъ входитъ въ сосудъ съ растениями и наконецъ въ трубку *l*, гдѣ разбивается на отдѣльные пузырьки. Вся выдѣленная растениями углекислота остается въ видѣ углебаритовой соли на днѣ трубки. Послѣ того, какъ пропускание газа продолжалось достаточное время, закрывается кранъ, сообщающій сосудъ съ растениями съ трубкой *l*, и открывается другой кранъ, и газъ начинаетъ идти черезъ вторую трубку *l'*. Первая же трубка вынимается, и въ содержимомъ определяется титрованиемъ количество оставшагося свободного гидрата барита и отсюда заключаются о количествѣ образовавшейся

углебаріевої соли и, слѣдовательно, о количествѣ выдѣленной растеніями углекислоты. Для регулированія температуры, при кото-

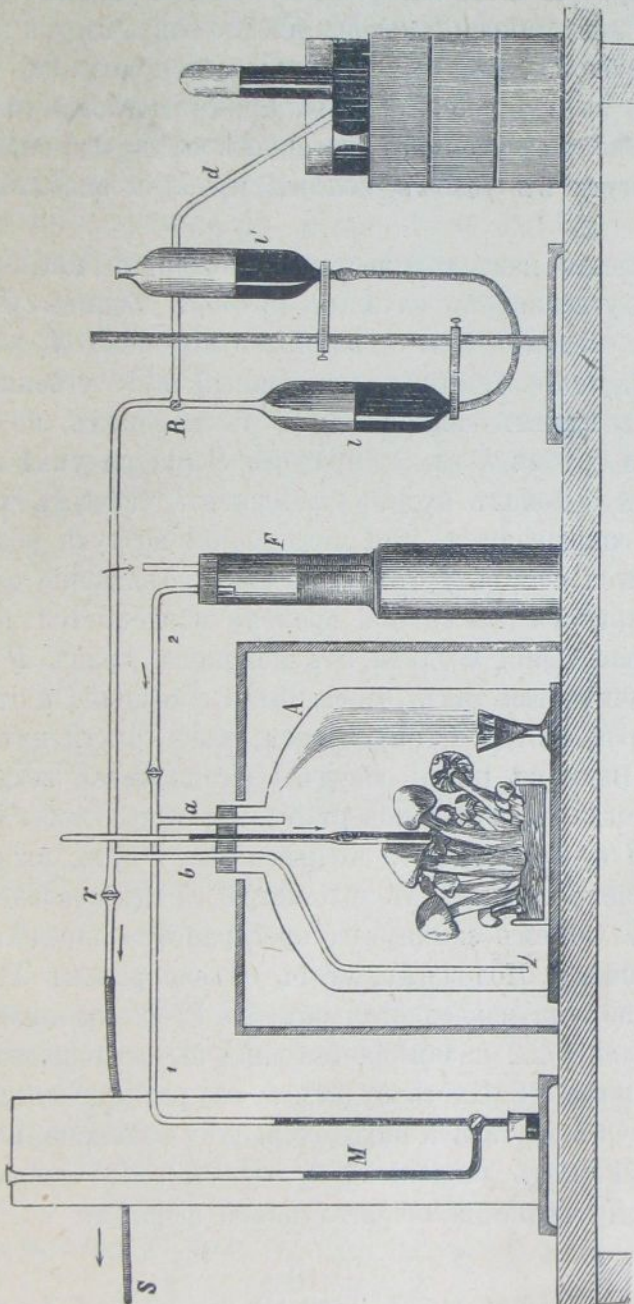


Рис. 69. Приборъ Бонье и Манжена для изученія дыханія растеній.

рой производится опытъ, сосудъ съ растеніями помѣщается въ другой большой сосудъ съ водой, температура котораго измѣряется термометромъ *t*. Кранъ *c* служитъ для регулированія притока воздуха.

Для опредѣленія количества поглощеннаго кислорода служитъ приборъ Волкова и Мейера, состоящій изъ колѣнчато-изогнутой трубки, въ широкую часть которой вставляется растеніе и растворъ ѣдкаго кали. Снизу широкой 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 колѣнѣ прибора, снабженномъ дѣленіями.

Для опредѣленія какъ количества поглощеннаго кислорода, такъ и выдѣленной углекислоты служитъ приборъ Боннье и Манжена (рис. 69). Онъ состоитъ изъ стекляннаго колокола *A*, въ который помѣщаются растенія. Воздухъ, очищенный отъ углекислоты въ стеклянкѣ *F* съ ѣдкимъ кали, входитъ въ колоколь по трубкѣ *a* и выходитъ по трубкѣ *b* въ аспираторъ *S* (на рисункѣ не изображенный). Когда колоколь будетъ наполненъ чистымъ воздухомъ, краны *r* и *r*<sub>1</sub> закрываются. Для увлаженія воздуха подъ колоколомъ помѣщается сосудъ *f* съ водой. Въ продолженіе опыта часть воздуха изъ прибора время отъ времени извлекается и анализируется. Для извлечения воздуха изъ колокола, кранъ *R* съ тремя ходами поворачивается такъ, чтобы было сообщеніе *b* съ сосудомъ *l*. Затѣмъ второй сосудъ *l*<sub>1</sub> опускается, часть ртути изъ *l* переливается въ *l*<sub>1</sub>. Взамѣнъ ртути сосудъ *l* наполняется воздухомъ изъ колокола *A*; тогда кранъ *R* поворачивается такъ, чтобы было сообщеніе между *l* и *d*, сосудъ *l*<sub>1</sub> поднимается. Ртуть, входя въ сосудъ *l*, выгоняетъ воздухъ въ эвдиометръ *C*, гдѣ извлеченный газъ анализируется. Объемъ замкнутаго 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 манометрѣ. Объемъ газа *X* находится, слѣдовательно, послѣ извлечения 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  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ , т. е. будетъ ли это отношеніе равно единицѣ, больше или меньше ея ( $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = 1, < 1 > 1$ ); то тогда дѣло значительно упрощается. Въ этомъ случаѣ не нужно опредѣлять количества газовъ въ началѣ опыта, а только процентный составъ смѣси по окончаніи опыта <sup>1)</sup>.

§ 3. **Вліяніе внѣшнихъ условій на дыханіе.** Наибольшее число изслѣдованій посвящено вліянію *температуры* на дыханіе <sup>2)</sup>. Для полученія постоянной температуры пользуются различнаго рода термостатами, напримѣръ, термостатомъ Дарсонваля.

Энергія дыханія увеличивается почти прямо пропорціонально повышенію температуры, но только до извѣстныхъ предѣловъ (около 40°Ц.). При дальнѣйшемъ повышеніи температуры количество обмѣниваемыхъ газовъ не увеличивается, а остается прежнимъ до смерти растений. Отношеніе  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  при температурахъ между 10° и 15° достигаетъ минимума, между тѣмъ какъ при температурахъ высшихъ и низшихъ оно увеличивается и при томъ значительнѣе при повышеніи температуры, чѣмъ при пониженіи ея <sup>3)</sup>.

	Т е м п е р а т у р а .	CO <sub>2</sub> : O <sub>2</sub>
Sedum hybridum .	{ 2—4°	0,45
	{ 10—12°	0,37
	{ 25—26°	0,48
Pelargonium zonale	{ 4—5°	0,75
	{ 12—14°	0,54
	{ 34—35°	0,95

На дыханіе растений оказываютъ также большое вліяніе колебанія температуры. Палладинъ <sup>4)</sup> помѣщалъ верхушки этиолированныхъ стеблей *Vicia Faba* при трехъ различныхъ температурахъ. Однѣ при средней температурѣ (17—20°), другія при низкой (7—12°) и третьи при высокой (36—37°). Черезъ нѣкоторое время всѣ три порціи

<sup>1)</sup> Палладинъ, Bulletin de la Soc. Imp. des naturalistes de Moscou. LXII. 1886. № 3, стр. 44.

<sup>2)</sup> Wolkoff und Meyer, Landw. Jahrbücher. III, 1874, pag. 481; Bonnier et Mangin, Annales des sc. naturelles. VI série. XVII tome. 1884, pag. 266.

<sup>3)</sup> Пуриевичъ, 1 с., стр. 65.

<sup>4)</sup> Палладинъ, Revue générale de botanique. 1899. pag. 241.

дышали одновременно при средней температурѣ. Оказалось, что стебли, не подвергавшіеся колебаніямъ температуры, выдѣляли наименьшее количество углекислоты, стебли же, перенесенные изъ высокой или низкой температуры въ среднюю, дышали гораздо энергичнѣе.

Предварительная температура.	Количество выдѣляемой углекислоты при 18—22°.								Среднее колич.	Избѣтокъ.
Средняя (17—20°) . . .	54,5	53,5	55,0	44,9	58,1	65,3	59,8	55,8		
Низкая (7—12°) . . . .	89,8	73,6	80,2	53,9	78,9	87,4	82,9	78,1	40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
Высокая (36—37°) . . .	81,4	—	—	89,4	—	—	—	85,4	53 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	

Дыханіе находится также въ зависимости отъ *свѣта*. Косвенная зависимость была обнаружена Бородинымъ <sup>1)</sup>. 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 матеріаль 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 растеніе достаточнымъ количествомъ углекислоты.

Свѣтъ, по изслѣдованіямъ Боннье и Манжена <sup>2)</sup>, оказываетъ также еще иное вліяніе, хотя и очень незначительное, на дыханіе растеній. При послѣдовательномъ помѣщеніи растеній на свѣтъ и въ темноту оказывается, что свѣтъ нѣсколько задерживаетъ дыханіе. Такого рода вліяніе свѣта на дыханіе нисколько не зависитъ отъ ассимиляціи углерода, потому что наблюдается также и у незеленыхъ растеній. Отношеніе же  $\frac{CO_2}{O_2}$  не измѣняется въ зависимости отъ освѣщенія.

Максимовъ <sup>3)</sup> нашелъ, что вліяніе свѣта на дыханіе *Aspergillus niger* находится въ зависимости отъ возраста гриба и условій питанія. На дыханіе молодыхъ культуръ, находящихся въ хорошихъ условіяхъ питанія, свѣтъ не оказываетъ никакого вліянія. Напротивъ, свѣтъ усиливаетъ дыханіе старыхъ культуръ. Усиливающее

<sup>1)</sup> Бородинъ, Физиологическія изслѣдованія надъ дыханіемъ листоносныхъ побѣговъ. Спб. 1876.

<sup>2)</sup> Bonnier et Mangin, Annales des sciences naturelles. VI série. XVIII tome. 1884, pag. 314.

<sup>3)</sup> Максимовъ, Centralblatt f. Bacteriologie, 2 Abth. IX. 1902. pag. 193.



дѣйствіе свѣта выступаетъ еще яснѣе, когда культуры лишаются питательнаго матеріала.

Наконецъ, *парціальное давленіе кислорода* въ окружающей растенія атмосферѣ также вліяетъ на дыханіе. Отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  и въ этомъ случаѣ не мѣняется.

На энергію дыханія, какъ показали Косинскій<sup>1)</sup> и Палладинъ<sup>2)</sup>, оказываетъ очень сильное вліяніе концентрація раствора, въ которомъ культивируется изслѣдуемое растеніе. При перенесеніи на болѣе *слабую* концентрацію энергія дыханія *быстро* повышается. При перенесеніи же на болѣе сильную концентрацію энергія дыханія падаетъ. Напримѣръ, 100 граммовъ этиолированныхъ листьевъ бобовъ выдѣлили въ 1 часъ слѣдующія количества углекислоты:

Концентрація сахарозы.	Продолжительность пребыванія на данной концентраціи.	Выдѣленіе углекислоты.	Разница въ ‰
15‰	3 дня	122,7	
25‰	3 »	79,4	— 32,5‰
50‰	1 день	69,7	— 12,2‰
вода	1 »	154,0	+120,9‰

Залѣсскій нашель<sup>3)</sup>, что достаточно непродолжительнаго погруженія луковицъ *Gladiolus* въ воду, чтобы энергія дыханія ихъ сильно повысилась.

Измѣненіе концентраціи раствора отражается также на *дыхательномъ коэффициентѣ*  $\frac{CO_2}{O_2}$ . Пуріевичъ<sup>4)</sup> даетъ слѣдующіе коэффициенты для *Aspergillus niger* на различныхъ растворахъ сахарозы.

Концентрація сахарозы въ ‰	Дыхательный коэффициентъ.
1	0,85
5	0,96
10	1,04
20	0,93
25	0,73

1) *Kosinski*, Pringsheim's Jahrbücher. XXXIV. 1902. pag. 137.

2) *Палладинъ и Комлева*, Revue générale de botanique. 1902.

3) *Залѣсскій*, Къ вопросу о вліяніи раздраженій на дыханіе растеній. 1902.

4) *Пуріевичъ*, Pringsheim's Jahrbücher. XXXV, 1900, pag. 573.

На дыханіе вліяють различныя ядовитыя вещества. Морковинъ <sup>1)</sup> изслѣдовалъ цѣлый рядъ алкалоидовъ, глюкозидовъ, спиртовъ, а также этиловый эфиръ, формальдегидъ и паральдегидъ и нашель, что всѣ они въ слабыхъ концентраціяхъ дѣйствуютъ стимулирующимъ образомъ на дыханіе, Напримѣръ, этиолированныя верхушки стеблей бобовъ были раздѣлены на двѣ порціи, изъ которыхъ одна культивировалась на сахарозѣ, другая же на сахарозѣ съ 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> изобутилового спирта. 100 граммовъ верхушекъ выдѣляли въ 1 часъ слѣдующія количества углекислоты:

Сахароза.	Сахароза со спиртомъ.	Время дѣйствія спирта въ часахъ.
65,9	191,7	24
72,4	124,5	37

Залѣсскій <sup>2)</sup> показалъ, что эфиръ дѣйствуетъ сильно стимулирующимъ образомъ даже на дыханіе органовъ, находящихся въ періодѣ покоя. Количество углекислоты, выдѣляемой луковичами *Gladiolus*, сильно повышалось въ атмосферѣ, содержащей эфиръ, но затѣмъ сильно падало.

Механическія поврежденія (пораненія) также оказываютъ большое вліяніе на энергію дыханія <sup>3)</sup>. Напримѣръ, 300 граммовъ картофельныхъ клубней выдѣляли въ часъ отъ 1, 2 до 2 миллиграммовъ углекислоты. Послѣ же перерѣзыванія каждаго клубня на четыре части при той же температурѣ они выдѣлили во второй часъ уже 9 мгр., въ пятый часъ 14,4, въ девятый часъ 16,8 и въ двадцать восьмой часъ 18,6 мгр. углекислоты. Черезъ 51 часъ выдѣлилось 13,6, черезъ четыре дня уже только 3,2 мгр. въ часъ и наконецъ черезъ шесть дней 1,6 мгр., т. е. первоначальная величина.

§ 4. Вліяніе внутреннихъ условій на дыханіе. Энергія дыханія находится въ тѣсной связи съ *ростомъ*. Чѣмъ быстрее растеніе начинаетъ 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

<sup>1)</sup> *Морковинъ*, Вліяніе анестезирующихъ и ядовитыхъ веществъ на дыханіе высшихъ растеній. Варшава. 1901.

<sup>2)</sup> *Залѣсскій*, l. c.

<sup>3)</sup> *Stich*, Flora. 1891. pag. 15. *Pfeffer*, Berichte mathem., physischen Klasse Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. 1896. *Смирновъ*, Revue générale de botanique, 1903.

*большой периодъ роста*, выражаемый большою кривою роста. Это значитъ, что прорастающее растеніе сначала растетъ медленно, затѣмъ постепенно скорость роста увеличивается, доходить до максимума, и наконецъ ростъ постепенно замедляется. Если во время прорастанія опредѣлять газы дыханія, то оказывается, что въ началѣ прорастанія 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 прорастанія сѣмянъ было доказано Ад. Майеромъ путемъ опредѣленія количества поглощаемого растеніями кислорода, а также Бородинымъ и Ришави <sup>1)</sup>—опредѣленіемъ количества выдѣляемой растеніями углекислоты.

Отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  во время прорастанія не остается одинаковымъ. Въ началѣ прорастанія, какъ показали Боннье и Манженъ <sup>2)</sup>, оно близко къ единицѣ. Затѣмъ, съ увеличеніемъ скорости роста, отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  дѣлается постепенно значительно менѣе единицы. Къ тѣмъ же результатамъ пришелъ Палладинъ <sup>3)</sup>, опредѣляя отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  на вырѣзанныхъ растущихъ междуузліяхъ различныхъ растеній. Во всѣхъ опытахъ онъ постоянно находилъ, что отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  менѣе единицы. Это значитъ, что растущіе органы поглощаютъ большій объемъ кислорода, чѣмъ выдѣляютъ углекислоты. Слѣдовательно, ростъ сопровождается усвоеніемъ кислорода: часть поглощеннаго кислорода остается въ растеніи. Въ растущихъ органахъ происходитъ отложеніе клѣтчатки и образованіе аспарагина. Оба эти явленія, какъ было уже указано ранѣе, сопровождаются усвоеніемъ кислорода.

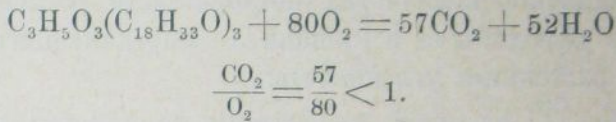
Дыханіе находится въ тѣснѣйшей связи со всѣми процессами, совершающимися въ клѣткахъ. Для примѣра остановимся на двухъ явленіяхъ. Всѣ изслѣдованія надъ дыханіемъ прорастающихъ малянистыхъ сѣмянъ показываютъ, что отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  въ этомъ

<sup>1)</sup> *Ad. Meyer*, Landw. Versuchs-Stationen. XVIII. 1875, pag. 245; *Бородинъ*, Sur la respiration des plantes. 1875; *Ришави*, Landw. Versuchs-Stationen. XIX, pag. 321. 1877.

<sup>2)</sup> *Bonnier et Mangin*, Annales des sc. nat. VI série. XVIII tome. 1884, pag. 364.

<sup>3)</sup> *Палладинъ*, Berichte d. deutsch. botan. Gesellschaft. 1886, pag. 322.

случаѣ значительно меньше, чѣмъ во время прорастанія всѣхъ прочихъ сѣмянъ. Слѣдовательно, прорастаніе маслянистыхъ сѣмянъ сопровождается сильнымъ усвоеніемъ кислорода. Дѣйствительно, какъ мы уже видѣли (стр. 190), трата вещества въ прорастающихъ 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. Поэтому отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  во время горѣнія жировъ значительно менѣе единицы. Возьмемъ, на примѣръ, тріолеинъ:



Если же маслянистая сѣмена культивировать на растворѣ сахарозы, то, какъ показалъ Половцовъ<sup>1)</sup>, они начинаютъ питаться сахаромъ, и дыхательный коэффициентъ становится равнымъ единицѣ.

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

Образованіе масла изъ продуктовъ усвоенія 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, отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2}$  дѣлается болѣе единицы. Для примѣра—опытъ съ созрѣвающими плодами мака<sup>2)</sup>:

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

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

§ 5. **Образованіе воды во время дыханія растеній.** Во время прорастанія въ темнотѣ всѣ сѣмена теряютъ значительное

<sup>1)</sup> Половцовъ, Записки Академіи Наукъ, VIII серія, XII томъ, № 7. 1901.

<sup>2)</sup> Godlewski, Pringsheim's Jahrbücher. XIII. 1882, pag. 537.

количество заключавшагося 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, Лясковскій<sup>1)</sup> сдѣлалъ нѣсколько опредѣленій выдѣляемой воды во время дыханія прорастающихъ 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 (А) и послѣ прорастанія (В), вѣсъ сухого вещества до (m) и послѣ прорастанія (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 заключавшагося, 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 найдется весь тотъ излишекъ воды, который образовался при прорастаніи, (Z), т. е.

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

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

Результаты, полученные Лясковскимъ, таковы:

1) Въ первое время прорастанія образуется мало воды. Можетъ быть, въ началѣ прорастанія вода совсѣмъ не образуется.

2) Количество воды, образующейся при низшихъ температурахъ, относительно больше, чѣмъ при высшихъ.

3) Между выступающимъ углеродомъ и водородомъ постоянного отношенія нѣтъ.

§ 6. **Вещества, сжигаемыя во время дыханія.** Результатомъ дыханія растеній является уменьшеніе въ нихъ количества

<sup>1)</sup> Лясковскій, Прорастаніе тыквенныхъ сѣмянъ въ химическомъ отношеніи. Москва. 1874, стр. 31.

безазотистыхъ тройныхъ соединеній, какъ-то углеводовъ 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, служитъ фактъ, что процессъ дыханія идетъ наиболѣе энергично въ молодыхъ, растущихъ частяхъ растеній, частяхъ — богатыхъ бѣлками и очень бѣдныхъ остальными органическими веществами.

Изложенная схема дыханія нуждается въ нѣсколькихъ поправкахъ. Во-первыхъ, положеніе, что кислородъ дѣйствуетъ прямо на бѣлковыя вещества, еще не доказано.

Во-вторыхъ, не всегда въ присутствіи углеводовъ количество бѣлковъ остается неизмѣннымъ. Во время прорастанія всѣхъ сѣмянъ количество бѣлковъ особенно быстро уменьшается въ началѣ прорастанія, когда сѣмена еще богаты углеводами. Съ уменьшеніемъ количества углеводовъ процессъ распада бѣлковъ идетъ медленнѣе и совсѣмъ даже прекращается. Такъ, въ 100 зернахъ пшеницы на долю всѣхъ бѣлковъ приходилось 0,0668 гр. азота. Въ 6-тидневныхъ этиолированныхъ росткахъ на долю бѣлковъ приходилось уже только 0,0554 гр. азота, т. е. уменьшилось на 0,0114 гр. Въ 14-тидневныхъ осталось почти то же количество, 0,0549 гр., т. е. уменьшилось всего на 0,0005 гр. Слѣдовательно, за послѣдніе восемь дней бѣлки почти не распадались. Графически количество бѣлковъ во время прорастанія изображено на 67-мъ рисункѣ (prt).

Наконецъ, въ-третьихъ, даже при большомъ количествѣ бѣлковъ присутствіе тройныхъ соединеній (углеводовъ) необходимо для нормальнаго дыханія. Если въ клѣткѣ наступаетъ недостатокъ въ нихъ, то, несмотря на значительное количество бѣлковыхъ веществъ, энергія дыханія сильно понижается. Напримѣръ, этиолированные листья бобовъ очень богаты бѣлковыми веществами, но, благодаря

отсутствію углеводовъ, выдѣляютъ очень небольшія количества углекислоты.

Палладинъ опредѣлилъ, что 100 граммовъ этиолированныхъ листьевъ выдѣляютъ при средней температурѣ слѣдующія количества углекислоты въ 1 часъ<sup>1)</sup>:

102,8	миллигр.
95,9	»
70,2	»

---

Среднее 89,6 миллигр.

Если же тѣ же листья положить въ темнотѣ дня на два на растворъ сахарозы и затѣмъ опредѣлить количество выдѣляемой углекислоты, то получается:

152,6	миллигр.
147,5	»
146,8	»
144,5	»

---

Среднее 147,8 миллигр.

Слѣдовательно, для развитія наибольшей энергіи дыханія растенія, кромѣ бѣлковъ, должны содержать еще углеводы. Если мы будемъ культивировать не два только дня этиолированные листья на сахарномъ растворѣ, а дольше, т. е. дадимъ имъ возможность накопить больше углеводовъ, то этотъ избытокъ углеводовъ не оказываетъ никакого вліянія на энергію дыханія. 100 граммовъ этиолированныхъ листьевъ, послѣ пребыванія на сахарномъ растворѣ въ теченіе 40 часовъ, выдѣлили въ 1 часъ 144,5 миллиграмма углекислоты. Затѣмъ они снова были помѣщены на растворъ сахара на 42 часа. Тогда было опредѣлено вновь количество выдѣляемой ими углекислоты, оказавшееся равнымъ 144,1, т. е. получилось прежнее число, потому что количество бывшихъ въ листьяхъ бѣлковъ осталось прежнимъ. Этотъ опытъ даетъ наглядное доказательство, что не отъ количества углеводовъ зависитъ энергія дыханія. Достаточно непродолжительнаго пребыванія на сахарномъ растворѣ, чтобы листья поглотили его столько, чтобы имѣющіеся

<sup>1)</sup> Палладинъ, Записки Харьковскаго университета. 3. 1893, стр. 225. Revue générale de botanique. V. 1893, pag. 449.

въ нихъ бѣлки могли развить наибольшую энергію дыханія. Весь остальной сахаръ, продолжающій поступать въ листья, а также образующійся изъ него крахмалъ, не оказываютъ уже никакого вліянія на энергію дыханія. Этотъ избытокъ углеводовъ имѣеть для клѣтки то же значеніе, какое для фабрики лежащей въ ея складахъ каменный уголь. Какъ отъ имѣющихся запасовъ угля зависитъ только продолжительность работы фабрики, а не количество производимой ею въ сутки работы, что зависитъ отъ силы ея машинъ, такъ и отъ количества углеводовъ въ клѣткѣ зависитъ только продолжительность дыханія, а не энергія, зависящая отъ количества протоплазмы. Если клѣтка—фабрика, углеводы—ея уголь, то ея машины—протоплазма. Отъ количества протоплазмы зависитъ количество работы, которое можетъ произвести клѣтка при благоприятныхъ условіяхъ, т. е. при достаточномъ количествѣ углеводовъ, воды, при благоприятной температурѣ, и т. д.

Въ клѣткѣ, кромѣ бѣлковъ, входящихъ въ составъ протоплазмы, находятся еще мертвыя запасныя бѣлковыя вещества. Является вопросъ, отъ общаго ли количества всѣхъ бѣлковыхъ веществъ зависитъ энергія дыханія, или же только отъ бѣлковъ протоплазмы. При прорастаніи въ темнотѣ общее количество бѣлковъ уменьшается, количество же выдѣляемой углекислоты постепенно увеличивается (стр. 183). Слѣдовательно, ростки болѣе позднихъ стадій, бѣдные бѣлками, дышатъ энергичнѣе, чѣмъ ростки раннихъ стадій, богатые бѣлками. Несмотря на уменьшеніе, во время прорастанія въ темнотѣ, количества запасныхъ бѣлковыхъ веществъ, количество бѣлковыхъ веществъ, непереваримыхъ въ желудочномъ сокѣ, т. е. входящихъ въ составъ протоплазмы, увеличивается (рис. 67, *n i c l*). Произведя, во время прорастанія пшеницы въ темнотѣ, параллельныя опредѣленія количества выдѣляемой углекислоты (*c a r*) и количества непереваримыхъ бѣлковъ (*n i c l*), Палладинъ<sup>1)</sup> нашелъ, что на средней стадіи прорастанія, когда еще имѣется достаточное количество углеводовъ, количество выдѣляемой углекислоты увеличивается пропорціонально количеству находящихся въ росткахъ непереваримыхъ бѣлковъ. Затѣмъ на позднихъ стадіяхъ, несмотря на увеличеніе количества непереваримыхъ бѣлковъ, энергія дыханія падаетъ вслѣдствіе недостатка углеводовъ.

<sup>1)</sup> Палладинъ, Труды Харьк. Общ. Исп. Природы. XXIX. Revue générale de botanique. 1896.



При одинаковой температурѣ и достаточномъ количествѣ углеводовъ растенія на одинаковыя количества непереваримыхъ бѣлковыхъ веществъ выдѣляютъ приблизительно одни и тѣ же количества углекислоты. Такъ, отношеніе количества выдѣляемой въ 1 часъ углекислоты къ количеству азота непереваримыхъ бѣлковъ ( $\frac{CO_2}{N}$ ) при температурѣ 20°—21° Ц. таково:

4-дневные ростки пшеницы . . . .	1,06
6-дневные » » . . . .	1,05
7-дневные » » . . . .	1,18
9-дневные » » . . . .	1,15
Среднее . . . .	1,11

При достаточномъ количествѣ углеводовъ растенія дышатъ тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ болѣе въ нихъ нуклеиновыхъ соединений. Напримѣръ, Бурлаковъ <sup>1)</sup> нашель, что 100 граммовъ пшеничныхъ зеренъ послѣ намачиванія въ теченіе 48 часовъ, выдѣляютъ при температурѣ 20 — 22° Ц. въ 1 часъ 15,25 миллиграмма углекислоты. То же количество вычлененныхъ зародышей, при тѣхъ же условіяхъ, послѣ намачиванія въ теченіе 24 часовъ, выдѣляетъ 241,8 mgr. углекислоты, т. е. въ семнадцать разъ болѣе.

§ 7. **Выдѣленіе теплоты во время дыханія.** Температура тѣла растеній обыкновенно равна температурѣ окружающаго воздуха. Только посредствомъ очень тщательныхъ изслѣдованій удается обнаружить незначительную разницу. Температура растущихъ побѣговъ выше температуры окружающаго воздуха обыкновенно не болѣе какъ на 0,3° Ц. Только два момента въ жизни растеній сопровождаются часто значительнымъ выдѣленіемъ теплоты — это проростаніе сѣмянъ и цвѣтеніе. Во время проростанія температура проросшихъ сѣмянъ бываетъ на 7—20° Ц. выше температуры воздуха. Во время цвѣтенія разница бываетъ еще болѣе значительной <sup>2)</sup>. Въ початкахъ нѣкоторыхъ ароидныхъ иногда наблюдается температура въ 49° Ц. при температурѣ въ 19° Ц. окружающей атмосферы. Повышеніе температуры сопровождается усиленнымъ поглощеніемъ кислорода.

<sup>1)</sup> Бурлаковъ, Труды Харьк. Общ. Исп. Природы. XXXI. 1897.

<sup>2)</sup> G. Kraus, Annales du jardin de Buitenzorg. XIII. 1896. pag. 217.

Боннье <sup>1)</sup> произвелъ рядъ изслѣдованій надъ выдѣленіемъ теплоты во время прорастанія. Изслѣдованія производились при помощи калориметра Бертло или нѣсколько измѣненнаго термокалориметра Реньо. Послѣдній въ общемъ представляетъ изъ себя термометръ, шарикъ котораго вогнутъ такъ, чтобы въ полученное вмѣстилище (А) можно помѣстить изслѣдуемыя растенія и закрыть пробкой В (рис. 70). Повышеніе температуры тѣла растеній передается ртуту. Въ нѣкоторыхъ опытахъ параллельно производился также анализъ газовъ, окружавшихъ растенія.

1 килограммъ гороха во время прорастанія выдѣляетъ въ 1 минуту слѣдующія количества теплоты въ калоріяхъ. (Калоріей называется количество теплоты, нужное для нагрѣванія 1 грамма воды на 1 градусъ).

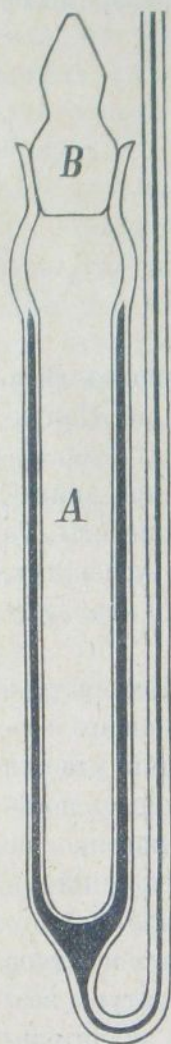


Рис. 70. Термокалориметръ.

1. Сѣмена, разбухшія въ водѣ . . . . .	9
2. Молодая растеньица съ корешками въ 5 миллим . . . . .	125
3. Молодая растеньица съ корешками въ 50—60 миллим. . . . .	75
4. Дальнѣйшая стадія, зеленый стебель около 20 миллим. . . . .	60
5. Дальнѣйшая стадія, сѣмядоли начинаютъ отмирать . . . . .	22
6. Растеніе не получаетъ уже ничего отъ сѣмядолей . . . . .	6

Этотъ опытъ показываетъ, что количество выдѣляемой во время прорастанія теплоты измѣняется по мѣрѣ развитія растенія. Максимумъ теплоты выдѣляется въ началѣ прорастанія.

Теплоты, вычисленныя на основаніи количества выдѣляемой углекислоты или поглощеннаго кислорода, не совпадаютъ съ теплотами, полученными изъ непосредственныхъ наблюденій, какъ видно изъ слѣдующаго опыта.

<sup>1)</sup> *Bonnier*, Annales des sciences naturelles. VII série, XVIII tome, 1893, pag. 1.

Количество теплоты, выдѣленной 1 килогр. ячменя въ 1 мин.:

	Наблюдае- мая теплота.	Вычисленная по ко- личеству поглощен- наго кислорода.	$\frac{CO_2}{O_2}$
1. Сѣмена, разбухшія въ водѣ . . .	5 калор.	3 калор.	1,00
2. Появленіе корешковъ . . .	62 »	45 »	0,65
3. Главный корень въ 3 миллим. . .	40 »	31 »	0,80
4. Въ концѣ прорастанія . . .	15 »	12 »	0,95
5. Части взрослыхъ листонос- ныхъ стеблей . . . . .	0 »	3 »	1,00

Слѣдовательно, во время прорастанія количество выдѣляемой теплоты значительно больше теплоты, вычисляемой на основаніи поглощеннаго за время опыта кислорода. Это значитъ, что во время прорастанія, особенно же въ первыя стадіи, кромѣ реакцій окисленія, происходятъ еще въ значительныхъ размѣрахъ и другія реакціи, сопровождающіяся выдѣленіемъ свободной теплоты. Такова реакція превращенія крахмала въ глюкозу, а также и другіе процессы гидратации и расщепленія. Иначе дѣло идетъ со взрослыми стеблями. Несмотря на то, что вычисленіе заставляетъ ожидать выдѣленія 3 калорій, при непосредственномъ измѣреніи въ калориметрѣ теплоты совсѣмъ не замѣчается. Въ этомъ случаѣ освободившаяся во время дыханія энергія выдѣлилась не въ видѣ теплоты, а только въ видѣ работы: всякая живая клѣтка для поддержанія жизни должна постоянно производить извѣстную работу. «Работа и теплота только два различныя видоизмѣненія одной и той же энергіи, какъ, напр., желтый и красный фосфоръ, какъ алмазь и аморфный уголь <sup>1)</sup>».

При сравненіи вычисленныхъ данныхъ съ данными, полученными при помощи калориметра, необходимо имѣть въ виду еще слѣдующее обстоятельство. Такъ какъ теплота образованія углекислоты 97600 калорій, то вычисленіе даетъ для теплоты образованія частицы крахмала ( $C_6H_{10}O_5$ ), выраженной въ граммахъ, слѣдующую цифру:  $97600 \times 6 = 585600$ . Непосредственное же измѣреніе даетъ 667000. Разница 82300 (такъ называемый тепловой эффектъ) есть то количество теплоты, которое было поглощено при образованіи крахмала изъ угля и воды. Поэтому теплота горѣнія крахмала составляется не изъ одной теплоты образованія 6 ча-

<sup>1)</sup> *Оствальдъ*, Основныя начала теоретической химіи. Москва. 1891, стр. 73.

стиць углекислоты, но еще изъ теплоты, затраченной на присоединеніе къ углю воды. «При сгораніи углеводовъ въ организмѣ животныхъ выдѣляется теплоты на такое же количество болѣе (въ данномъ случаѣ на 82300) сравнительно съ тѣмъ, какая получается при горѣніи только одного углерода, заключающагося въ углеводахъ. Этимъ обстоятельствомъ объясняется непонятный для прежнихъ физиологовъ фактъ, что тѣло животныхъ производитъ кажущійся избытокъ теплоты сравнительно съ той, которую можно вычислить по количеству выдѣлившейся углекислоты»<sup>1)</sup>, или же по количеству поглощенного кислорода. Въ данномъ частномъ случаѣ вычисленная теплота горѣнія крахмала составляетъ приблизительно  $\frac{6}{7}$  наблюдаемой. Если бы настолько же отличались и данныя Боннье, то ихъ слѣдовало бы также отнести на долю тепловыхъ эффектовъ. Но такъ какъ у него получилась болѣе значительная разница, то ее и можно объяснить только вышесказанными замѣчаніями о существованіи во время прорастанія реакцій, сопровождающихся выдѣленіемъ свободной теплоты безъ участія кислорода воздуха.

Наконецъ приведенный опытъ Боннье показываетъ, что выдѣленіе во время прорастанія наибольшаго количества теплоты совпадаетъ съ тѣмъ періодомъ, когда отношеніе выдѣляемой углекислоты къ поглощаемому кислороду достигаетъ своего минимума (0,65), т. е. съ періодомъ наиболѣе сильнаго усвоенія 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. Виноградскій<sup>2)</sup> показалъ, что бактеріи, живущія въ сѣрныхъ источникахъ, каковы *Beggiatoa* и нѣкоторыя другія, пользуются сѣрководородомъ, какъ матеріаломъ для дыханія.

Освобождающаяся свободная энергія служитъ источникомъ, поддерживающимъ ихъ жизненные процессы. Первоначально сѣрководородъ окисляется только до сѣры и воды.



Полученная сѣра накапливается внутри бактерій. Эта сѣра въ

<sup>1)</sup> *Оствальдъ*, 1 с. стр. 255.

<sup>2)</sup> *Виноградскій*, *Bot. Zeitung*. 1887, pag. 439.

присутствіи углекислыхъ солей, напримѣръ кальція, окисляется далѣе до сѣрной кислоты, которая съ углекислымъ кальціемъ даетъ гипсъ и углекислоту.

Сѣрныя бактеріи имѣютъ очень важное значеніе въ общей экономіи природы<sup>1)</sup>. Безъ нихъ былъ бы невозможенъ круговоротъ сѣры въ природѣ.

Для полученія сѣрныхъ бактерій кладутъ свѣжіе изрѣзанные корни *Vitomis umbellatus* вмѣстѣ съ приставшимъ къ нимъ иломъ въ глубокой сосудъ съ 3—5 литрами воды, прибавляютъ нѣсколько гипса и оставляютъ сосудъ стоять непокрытымъ при комнатной температурѣ. Черезъ нѣсколько дней можно замѣтить образованіе сѣроводорода, вслѣдствіе разложенія гипса различными бактеріями, бывшими въ илѣ. Черезъ нѣсколько времени послѣ появленія сѣроводорода начинается развитіе питающихся имъ сѣрныхъ бактерій.

Сѣрныя бактеріи располагаются обыкновенно въ нѣкоторомъ разстояніи отъ свободной поверхности жидкости и, двигаясь внизъ и вверхъ, поглощаютъ то сѣроводородъ, то кислородъ. При культурѣ на предметномъ стеклѣ въ жидкости, содержащей сѣроводородъ, сѣрныя бактеріи располагаются кольцомъ на разстояніи около одного миллиметра отъ края покровнаго стекла, въ открытыхъ же капляхъ онѣ вовсе не развиваются. Такимъ образомъ, для этихъ бактерій существуетъ опредѣленный оптимумъ доступа кислорода. По изслѣдованіямъ Егунова<sup>2)</sup>, это явленіе обнаруживается въ рѣзкой формѣ при культурѣ сѣрныхъ бактерій въ высокихъ сосудахъ. На нѣкоторомъ разстояніи отъ поверхности образуется бактеріальная пластинка. Отъ этой пластинки отходятъ внизъ кисточковидныя продолженія (рис. 71). Часть бактеріальной пластинки съ придатками изображена въ болѣе увеличенномъ видѣ на 72-омъ рисункѣ. При наблюденіи придатковъ при помощи горизонтально поста-

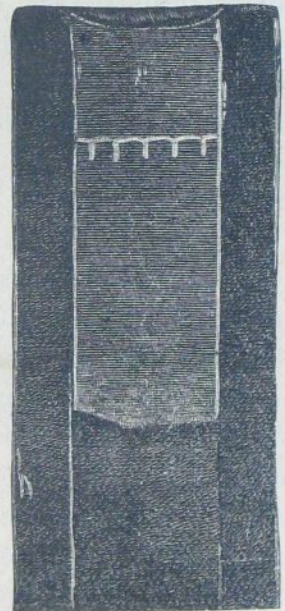


Рис. 71. Пластинка сѣрныхъ бактерій.

<sup>1)</sup> *Надсонъ*, Микроорганизмы какъ геологическіе дѣятели. С.-Петербургъ. 1903.

<sup>2)</sup> *Егуновъ*, Архивъ біолог. наукъ. С.-Петербургъ. III. Вып. 4, 1895.

вленного микроскопа видно, что они состоятъ изъ бактерій, движущихся на подобіе воды въ фонтанѣ. Для изученія дѣятельности бактерій берется нить, обработанная сначала хлорнымъ желѣзомъ, затѣмъ амміакомъ, и, при помощи находящагося на концѣ ея груза, опускается въ сосудъ. Нить, первоначально окрашенная въ слабо желтый цвѣтъ, черезъ нѣсколько минутъ мѣняется свою окраску. Ниже бактеріальной пластинки она дѣлается черной отъ образованія сѣрнистаго желѣза. Выше же бактеріальной пластинки нить совершенно раскрашивается въ бѣлый цвѣтъ образующейся сѣрной кислотой, растворяющей окись желѣза.

Сѣроводородъ находится не только въ болотахъ и сѣрныхъ ключахъ, но также и въ моряхъ. Такъ, воды Чернаго моря, начиная съ глубины 100 сажень, становятся все болѣе и болѣе богатыми сѣроводородомъ. Въ 100 литрахъ воды находятся слѣдующія количества сѣроводорода:

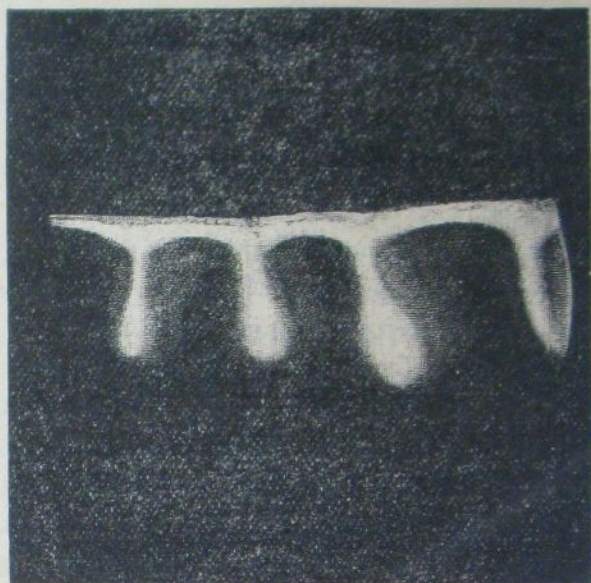


Рис. 72. Часть пластинки сѣрныхъ бактерій.  
Увелич. 11.

На глубинѣ	100 саж.	33 к. с.
»	»	200 » »
»	»	950 » »
»	»	1185 » »

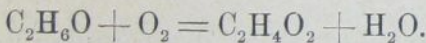
Слѣдовательно, въ илѣ, покрывающемъ морское дно, идутъ разнообразныя броженія, сопровождающіяся выдѣленіемъ сѣроводорода. Только благодаря сѣрнымъ бактеріямъ этотъ сѣроводородъ не доходитъ въ верхніе слои воды.

Открытые Виноградскимъ (описанные выше въ главѣ объ усвоеніи азота) нитрифицирующіе организмы принадлежатъ къ той же

категоріи. Матеріаломъ для ихъ дыханія служить амміакъ, который они окисляютъ въ азотную кислоту.

Результатомъ дыханія далеко не всегда являются вполне окисленные продукты, какъ углекислота и вода. Дыханіе тѣсно связано со всѣми процессами, совершающимися внутри организма. Образование у высшихъ растений органическихъ кислотъ, а также маслъ тѣсно связано съ процессомъ дыханія. При образовании кислотъ коэффициентъ  $\frac{CO_2}{O_2}$  менѣе единицы, при образовании маслъ коэффициентъ  $\frac{CO_2}{O_2}$  болѣе единицы. Такіе процессы образования новыхъ органическихъ веществъ, какъ результатъ дыханія, особенно рельефно наблюдаются у нѣкоторыхъ бактерій, какъ, на примѣръ, у уксусныхъ, вызывающихъ уксусное броженіе.

Уксусное броженіе представляетъ собой примѣръ окислительнаго броженія. Оно состоитъ въ томъ, что въ жидкостяхъ, содержащихъ спиртъ, послѣдній при помощи особыхъ бактерій окисляется въ уксусную кислоту.



Въ сущности это явленіе дыханія и съ броженіемъ не имѣетъ ничего общаго. При броженіяхъ новыя органическія вещества образуются изъ болѣе сложныхъ, какъ результатъ распада, а не какъ результатъ окисленія. Пока въ жидкости есть спиртъ, уксусныя бактеріи окисляютъ только его. Когда же весь спиртъ исчезнетъ, тогда онѣ начинаютъ окислять уксусную кислоту до углекислоты и воды.

На бактеріи, вызывающія уксусное броженіе, обратилъ вниманіе Пастеръ. Онъ думалъ, что онѣ принадлежатъ къ одному виду и назвалъ его *Mycoderma aceti*. Но точныя изслѣдованія Гансена<sup>1)</sup> показали, что образующаяся при уксусномъ броженіи пленка состоитъ не изъ одного, а изъ трехъ видовъ бактерій: *Bacterium aceti*, *Bacterium Pasteurianum* и *Bacterium Kützingianum*.

*Bacterium aceti* образуетъ на пивѣ черезъ 24 часа слизистую, гладкую пленку. Эта пленка состоитъ изъ палочкообразныхъ мел-

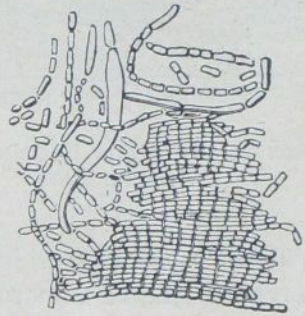


Рис. 73. *Bacterium aceti*.  
Увелич. 1000.

<sup>1)</sup> Hansen, Botan. Zeitung. 1894, pag. 337.

кихъ бактерій, соединенныхъ въ цѣпочки (рис. 73). Иодомъ бактеріи окрашиваются въ желтый цвѣтъ.

*Bacterium Pasteurianum* даетъ на пивѣ сухую пленку, которая легко дѣлается складчатой. Пленка состоитъ изъ бактерій, соединенныхъ въ цѣпочки. Клѣтки больше и толще, чѣмъ у предыдущаго вида (рис. 74). Въ молодыхъ пленкахъ слизь, покрывающая клѣтки, окрашивается иодомъ въ синій цвѣтъ.

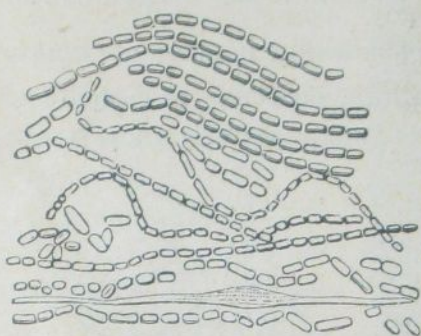


Рис. 74. *Bacterium Pasteurianum*.  
Увелич. 1000.

*Bacterium Kützingianum* даетъ на пивѣ при 34° сухую пленку, высоко поднимающуюся по стѣнкамъ сосуда. Пленка состоитъ изъ

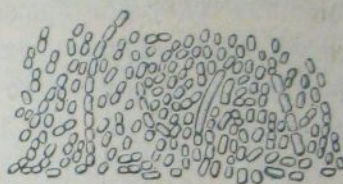


Рис. 75. *Bacterium Kützingianum*.  
Увелич. 1000.

маленькихъ палочкообразныхъ бактерій (рис. 75). Эти бактеріи рѣдко образуютъ цѣпочки, чаще же встрѣчаются одиночныя формы, или же соединенныя попарно. Покрывающая клѣтки слизь красится иодомъ въ синій цвѣтъ.

Кромѣ указанныхъ бактерій, для приготовления уксуса употребляются также и нѣкоторыя другія бактеріи. Такъ, въ Англии для этой цѣли пользуются *Bacterium xylinum*.

## ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

### Броженія.

§ 1. **Общее понятіе о броженіяхъ.** На земной поверхности встрѣчаются мѣста, гдѣ нѣтъ совсѣмъ кислорода. Таковы многія стоячія воды и особенно покрытыя ими почвы. Относительно почвъ всегда легко рѣшить, какъ говоритъ Гоппе-Зейлеръ<sup>1)</sup>, получаютъ

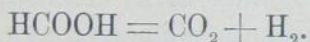
<sup>1)</sup> *Hoppe Seyler*, Ueber die Einwirkung des Sauerstoffs auf Gährungen Festschrift. Strasburg. 1881, pag. 26.



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. Образование болотнаго газа, сѣрководорода, углекислаго и сѣрнистаго желѣза характеризуетъ почвы, не получающія кислорода. Присутствіе же въ почвѣ гидрата окиси желѣза указываетъ на доступъ въ нее кислорода.

Мѣста, не содержащія 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 отправленияхъ, помимо всякихъ реакцій окисленія.

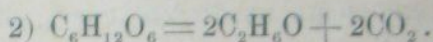
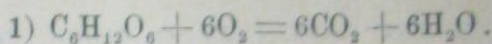
Свободная теплота можетъ получаться и помимо окисленія, — путемъ распадѣнія сложныхъ органическихъ тѣлъ на болѣе простыя. Такъ, Бертло <sup>1)</sup> показалъ, что муравьиная кислота подѣ влияніемъ губчатой платины распадается на углекислоту и водородъ съ выдѣленіемъ свободной теплоты.



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

Реакціи броженій — именно такія реакціи распадѣнія сложныхъ соединеній на простыя съ выдѣленіемъ свободной теплоты. Эти реакціи наступаютъ въ организмахъ, когда нѣтъ свободнаго кислорода. Слѣдовательно, броженіе есть процессъ, замѣняющій собою дыханіе. Броженіе есть жизнь безъ кислорода, говоритъ Пастеръ. Впрочемъ, ниже мы увидимъ, что дрожжи въ теченіе ряда вѣковъ такъ привыкли къ броженію, что продолжаютъ образовывать спиртъ даже въ томъ случаѣ, если имъ искусственно доставляютъ кислородъ. Реакціи распадѣнія менѣе выгодны для организмовъ, потому что онѣ даютъ менѣе свободной силы. При окисленіи муравьиной кислоты выдѣлилось бы, конечно, болѣе теплоты, чѣмъ при распадѣніи ея, потому что въ первомъ случаѣ былъ бы сожженъ такж: и водородъ. Сравнимъ еще схематическое уравненіе дыханія съ уравненіемъ спиртового броженія на основаніи данныхъ термохиміи

<sup>1)</sup> Berthelot, Comptes rendus. 59, 1864.



Въ первомъ случаѣ при полномъ горѣніи глюкозы вся теплота горѣнія ея выдѣлится. Теплота горѣнія одной частицы глюкозы, выраженной въ граммахъ, равна 709 К<sup>1)</sup>.

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

$$709 \text{ К} - 2 \cdot 326 \text{ К} = 57 \text{ К}.$$

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 вслѣдствіе побочныхъ обстоятельствъ и еще гораздо болѣе) въ 13 разъ болѣе того количества, которое они сожгли бы за то же время на воздухѣ, для полученія одинаковаго количества теплоты. Дѣйствительно, всѣ явленія броженія сопровождаются огромною тратой вещества.

§ 2. **Спиртовое броженіе**<sup>2)</sup>. Спиртовое броженіе состоитъ въ томъ, что глюкоза 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 показалъ Пастеръ, броженіе вызывается также дрожжами. Микроскопическое изслѣдованіе виноградныхъ ягодъ показало, что на нихъ въ числѣ многихъ микроорганизмовъ постоянно находятся различные виды *Saccharomycetes*, которые, при раздавливаніи ягодъ, попадаютъ въ сокъ и вызываютъ броженіе. Число дрожжевыхъ клѣтокъ на неповрежден-

<sup>1)</sup> Большая калорія.

<sup>2)</sup> *Pasteur*, Études sur la bière. 1876; *Moritz und Morris*, Handbuch der Brauwissenschaft. Berlin. 1893. *Duclaux*, Microbiologie, III. 1901. *Lafar*, Technische Mykologie. 1897; *E. Buchner*, *H. Buchner und M. Hahn*, Zymasegärung, 1903.

ныхъ ягодахъ не велико. «На ягодахъ же, пораженныхъ осами, въ обнаженномъ мясѣ встрѣчаются часто цѣлыя громадныя колоніи упитанныхъ и почкующихся дрожжей. Что дрожжевыя клѣтки находятъ въ пораженныхъ ягодахъ благоприятную почву для развитія и размноженія — это понятно; попадаютъ же онѣ туда благодаря осамъ, которыя ихъ переносятъ съ одной зрѣлой кисти на другую. Въ періодѣ зрѣлости винограда осы всѣ безъ исключенія являются подобными переносителями дрожжевыхъ клѣтокъ. Въ этомъ можно убѣдиться не только непосредственнымъ изслѣдованіемъ осъ подъ микроскопомъ, но также косвенно, улавливая ихъ въ сусло, предварительно лишенное дрожжей стерилизаціей. Подобные опыты, выполненные Вортманомъ во множествѣ, удавались всѣ безъ исключенія: сусло регулярно и въ самое короткое время забраживало, разъ въ него попадала оса»<sup>1)</sup>. Зимуютъ дрожжи въ почвѣ, а весною переносятся на плоды и ягоды.

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 физиологическій, сопровождающій размноженіе дрожжей.

Матеріаломъ для броженія можетъ служить не только глюкоза, но и другіе углеводы. Такъ, *Saccharomyces cerevisiae* I, *S. Pastorianus* I, II и III, *S. ellipsoideus* I и II содержатъ въ себѣ особый ферментъ инвертинъ, при помощи котораго они разлагаютъ сахарозу на двѣ глюкозы и затѣмъ уже обычнымъ путемъ идетъ броженіе. Они перебраживаютъ также мальтозу, но не въ состояніи разложить лактозу. *S. Marxianus*, *S. Ludwигii* и *S. exiguus* вызываютъ броженіе только въ глюкозѣ и въ сахарозѣ, но не въ состояніи разложить ни мальтозы, ни лактозы. *S. apiculatus* въ состояніи перебраживать только глюкозу. *S. kephyr* и *S. lactis* вызываютъ броженіе въ лактозѣ.

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

<sup>1)</sup> *Вортманъ*, Примѣненіе и дѣйствіе чистыхъ дрожжей въ винодѣліи. С.-Петербургъ. 1896.

эти элементы находятся въ достаточномъ количествѣ. При развитіи же дрожжей въ искусственныхъ смѣсяхъ названные элементы должны прибавляться. Пастеръ употреблялъ описанную выше (стр. 44) искусственную смѣсь для культуры дрожжей.

Въ жидкостяхъ, не содержащихъ 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 прорастаніе сѣмянъ въ темнотѣ, гдѣ результатомъ дыханія безъ возможности усвоенія углерода также получается уменьшеніе сухого вещества.

Изъ всѣхъ внѣшнихъ условій, влияющихъ на броженіе, особенный интересъ представляетъ вопросъ о *вліяніи кислорода на спиртовое броженіе*.

Для рѣшенія вопроса — можетъ ли происходить развитіе дрожжевыхъ грибковъ при полномъ отсутствіи кислорода, Пастеръ употребилъ слѣдующій приборъ (рис. 76). Пригодная для броженія жидкость наливалась въ стеклянный шаръ съ двумя трубками: одною снабженной краномъ и воронкой и другою изогнутою внизъ. Открытый конецъ изогнутой трубки погружался въ чашку, наполненную тою же жидкостью. Затѣмъ жидкость въ шарѣ и чашкѣ подвергалась одновременно сильному кипяченію. Благодаря этой операци, весь воздухъ изъ прибора выгонялся наружу. Послѣ охлажденія его, при чемъ изъ чашки часть жидкости, также не содержащей кислорода, входила въ стеклянный шаръ, чашка замѣня-

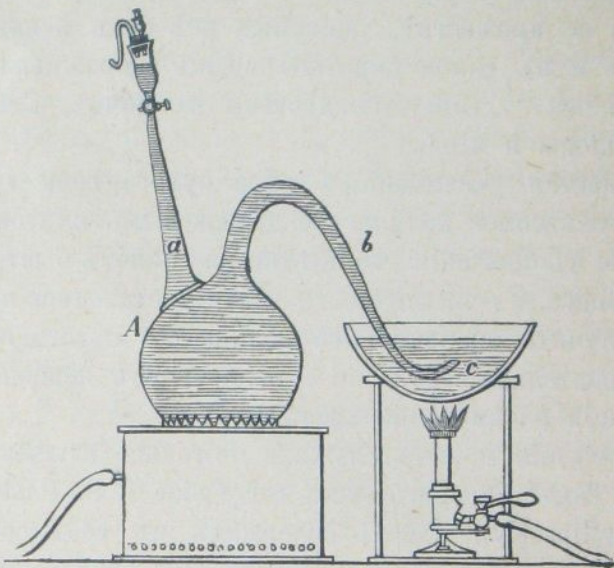


Рис. 76. Броженіе безъ кислорода.

лась сосудомъ съ ртутью. Затѣмъ въ воронку, которою оканчивалась первая трубка, помѣщались покоящіяся дрожжевыя клѣтки, и часть ихъ при помощи крана вводилась внутрь прибора. Оказывалось, что покоящіяся клѣтки, или старыя дрожжи, по выраженію Пастера, неспособны вызвать спиртового броженія при полномъ отсутствіи кислорода. Въ другой серіи опытовъ въ воронки наливалась жидкость, способная къ броженію, которая заражалась небольшимъ количествомъ дрожжей. Когда въ воронкахъ начиналось броженіе, то Пастеръ вводилъ незначительную часть этой жидкости съ невѣсомымъ количествомъ молодыхъ почкующихся дрожжевыхъ клѣтокъ внутрь прибора. Въ этомъ случаѣ въ приборѣ постоянно начиналось броженіе и шло очень энергично. Изъ невѣсомаго 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.

Въ вопросѣ о вліяніи кислорода на спиртовое броженіе прежде всего важно выяснитъ вопросъ, будутъ ли дрожжи дышать, какъ обыкновенныя растенія, если имъ доставить въ достаточномъ количествѣ кислородъ. Для рѣшенія этого вопроса Ивановскій <sup>1)</sup> посѣялъ чистую культуру дрожжей на пластинку изъ пористой глины, до половины погруженную въ питательный растворъ. Культура была помѣщена подъ колоколь, наполненный воздухомъ. Дрожжи находились, слѣдовательно, въ воздухѣ и питались только путемъ всасыванія жидкости, поднимавшейся по капиллярнымъ ходамъ пористой глины. Растворъ и пластинка были стерилизованы. Черезъ три дня анализъ газовъ показалъ, что отношеніе  $\frac{CO_2}{O_2} = \frac{2,0}{0,2} = 10$ .

Слѣдовательно, несмотря на благопріятныя условія для дыханія, дрожжи, поглощая въ незначительномъ количествѣ кислородъ, продолжали въ избыткѣ выдѣлять углекислоту, т. е. параллельно съ незначительнымъ дыханіемъ происходило сильное разложеніе сахара на спиртъ и углекислоту. Въ процессѣ броженія дрожжи имѣютъ источникъ жизненной энергіи, настолько приспособленный, что мы не можемъ уже заставить ихъ развиваться подобно орга-

<sup>1)</sup> *Ивановскій*, Записки Академіи Наукъ. LXXIII. Книжка 2. 1894.

низмають, неспособнымъ производить броженія и черпающимъ жизненную энергію исключительно въ процессѣ дыханія. Несмотря на избытокъ кислорода, они продолжаютъ образовывать зимазу.

Вторая серія опытовъ Ивановскаго привела къ тѣмъ же результатамъ. Одинаковыя количества питательной жидкости наливались въ два сосуда, изъ которыхъ одинъ помѣщался на воздухѣ, другой же—въ атмосферѣ азота. Въ оба сосуда сѣялись одинаковыя количества дрожжей. По окончанія опыта опредѣлялась энергія броженія, выражавшаяся въ граммахъ сахара, разложеннаго однимъ граммомъ сухихъ дрожжей въ теченіе 24 часовъ.

Для примѣра—одинъ опытъ. Посѣвъ въ оба сосуда по 0,160 гр. дрожжей. Продолжительность опыта 45 часовъ.

#### *Результаты анализа.*

	Въ воздухѣ.	Въ азотѣ.
Дрожжей . . . . .	0,516 гр.	0,497 гр.
Сахару разложено . . .	6,009 »	5,804 »
Энергія броженія . . .	8,9 »	8,9 »

Слѣдовательно, одинаковыя количества дрожжей разлагають и одинаковыя количества сахара, получаютъ ли онѣ кислородъ, или нѣтъ. Но замѣчается также и значительная разница при культурахъ въ воздухѣ и въ азотѣ: въ первомъ случаѣ размноженіе идетъ значительно быстрѣе, чѣмъ во второмъ. При болѣе продолжительныхъ опытахъ въ атмосферѣ, лишенной кислорода, размноженіе совсѣмъ прекращается, хотя клѣтки остаются живыми и разлагають сахаръ; на воздухѣ же размноженіе продолжается. Въ этомъ лежитъ причина, что на основаніи опытовъ Пастера надъ вліяніемъ кислорода на спиртовое броженіе можно было предполагать, что при доступѣ кислорода дрожжи перестаютъ бродить и начинаютъ почти исключительно дышать. Пастерь помѣщалъ одно и то же количество жидкости, способной къ броженію, въ сосуды различной емкости. Всѣ эти сосуды заражались невѣсомымъ количествомъ дрожжей. Чѣмъ больше былъ сосудъ, тѣмъ болѣе тонкимъ слоемъ помѣщалась 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  $\frac{1}{89}$ , т. е. для разрушенія всего сахара, вслѣдствіе быстро прекратившагося размноженія, небольшое количество дрожжей должно было затратить много времени (болѣе 19 дней). Клѣтка, прожившая въ сахарѣ 19 дней, конечно, должна для поддержанія своей жизни разложить въ 19 разъ болѣе сахара, чѣмъ клѣтка, прожившая 1 день. Поэтому безъ кислорода 1 часть дрожжей разрушила 89 частей сахара. Въ остальныхъ сосудахъ по мѣрѣ увеличенія доступа кислорода это отношеніе постепенно увеличивалось. Наконецъ, въ очень большой плоской чашкѣ, гдѣ жидкость была налита очень тонкимъ слоемъ, отношеніе было равно  $\frac{1}{4}$ . Здѣсь вслѣдствіе быстрого размноженія клѣтокъ образовалось много дрожжей, и поэтому на 1 часть дрожжей пришлось только 4 части сахара и броженіе скоро заканчивалось (2 дня). Такъ какъ продолжительность броженій въ различныхъ сосудахъ была различна, то на основаніи полученныхъ чиселъ нельзя заключать, какъ это сдѣлалъ Пастеръ, что безъ кислорода энергія броженія больше, чѣмъ на воздухѣ. Для отвѣта на этотъ вопросъ нужна одинаковая продолжительность опытовъ.

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

На ходъ броженія оказываетъ вліяніе также *количество спирта*. По мѣрѣ увеличенія количества спирта въ бродящей жидкости, дрожжи анестезируются имъ, и броженіе постепенно слабѣетъ. Когда содержаніе спирта достигнетъ градусовъ 16-ти, броженіе совсѣмъ останавливается.

Въ практикѣ различаютъ верхнее броженіе, идущее при высокой температурѣ, и нижнее броженіе — при низкой температурѣ. Различаютъ поэтому дрожжи верхняго броженія отъ дрожжей ниж-

няго броженія. Изслѣдованія надъ различными дрожжами показали, что мы здѣсь имѣемъ дѣло съ двумя группами дрожжей, сохраняющими наслѣдственно свои отличительныя особенности: попытки превратить верхнія дрожжи въ нижнія, или нижнія въ верхнія были неудачны.

Еще Пастеръ обратилъ вниманіе на тотъ фактъ, что качество пива зависитъ также отъ качества дрожжей. Наблюдая, что присутствіе бактерій въ дрожжахъ отражается неблагоприятно на достоинствахъ продукта, онъ предложилъ способъ очищенія дрожжей отъ бактерій при помощи культуры ихъ въ присутствіи винной или карболовой кислоты. Но въ 1883 году Гансенъ показалъ, что самыя распространенныя и наиболѣе опасныя болѣзни пива вызываются не бактеріями, а различными представителями рода *Saccharomycetes*, именно дикими дрожжами. Кромѣ того, онъ доказалъ, что обработка дрожжей винной кислотой по способу Пастера, въ случаѣ присутствія дикихъ дрожжей, можетъ только ухудшить дѣло, потому что при такой обработкѣ сильно страдаютъ культурныя дрожжи, и дикія дрожжи берутъ верхъ. Слѣдовательно, для полученія хорошаго продукта необходимо для броженія пользоваться чистыми культурами дрожжей. Сравнительныя изслѣдованія показали, что изъ одного и того же пивного сусла при всѣхъ прочихъ равныхъ условіяхъ получается различное пиво съ различнымъ вкусомъ и запахомъ. Такъ, *S. Pastorianus I* даетъ пиву горькій вкусъ и непріятный запахъ. *S. Pastorianus III* и *S. ellipsoideus II* дѣлаютъ пиво мутнымъ.

Для рѣшенія вопроса, есть ли въ дрожжахъ примѣсъ дикихъ дрожжей, изслѣдуютъ скорость образованія аскоспоръ. Найдено, что аскопоры образуются у дикихъ и культурныхъ дрожжей съ различною скоростью.

#### *Дикія дрожжи.*

При 25° черезъ 40 часовъ аскоспоры.

При 15° черезъ 72 часа аскоспоры.

#### *Культурныя дрожжи.*

Скоро бродящія . .	{	При 25° черезъ 40 часовъ аскоспоры.
		При 15° черезъ 72 часа нѣтъ аскоспоръ.
Медленно бродящія	{	При 25° черезъ 40 часовъ аскоспоры.
		При 15° черезъ 72 часа нѣтъ аскоспоръ.



Слѣдовательно, если помѣстить молодую однодневную культуру дрожжей на гипсовый кружокъ и оставить при температурѣ 15°, то въ культурныхъ дрожжахъ черезъ 72 часа не образуется ни одной споры. Спорообразование наступитъ позднѣе. Если же была примѣсь дикихъ дрожжей, то между клѣтками безъ аскоспоръ будутъ находиться клѣтки съ аскоспорами. Количество аскоспоръ будетъ указывать на количество примѣси дикихъ дрожжей. Такимъ способомъ удастся обнаружить ничтожную примѣсь дикихъ дрожжей, приблизительно  $\frac{1}{200}$  всего количества дрожжей.

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.

Діаконовъ <sup>1)</sup> показалъ, что плѣсневые грибы, также 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 Пфѣфферомъ и Воргманомъ <sup>2)</sup> 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.

<sup>1)</sup> *Діаконовъ*, Berichte d. deutschen Botan. Gesell. 1886; Archives slaves de biologie. I. 1886, pag. 531. IV. 1887, pag. 31; Труды С.-Петербургскаго Общества Естественныхъ Испытателей. XXIII.

<sup>2)</sup> *Wortmann*, Arbeiten Botan. Instituts. Würzburg. 2. Band. 1882.

§ 3. Дрожжи <sup>1)</sup>. Мѣсто дрожжей между другими грибами еще не вполне установлено. Обыкновенно ихъ относятъ въ группѣ сумчатыхъ грибовъ (Ascomycetes), характернымъ признакомъ которыхъ являются споровыя сумки (asci). Въ этихъ сумкахъ образуются споры, называемыя аскоспорами. Дрожжи вызываютъ спиртовое броженіе и составляютъ собой особый родъ *Saccharomyces*. Въ настоящее время извѣстно много видовъ и разновидностей дрожжей. Установка видовъ и разновидностей сопряжена съ большими затрудненіями, такъ какъ, въ виду крайней измѣчивости формы одного и того же вида въ зависимости отъ внѣшнихъ условій и стадіи развитія, необходимо принимать во вниманіе не только весь циклъ развитія, но и фізіологическія особенности. Очень обстоятельныя изслѣдованія надъ дрожжами произведены Гансеномъ. Имъ установлены слѣдующіе главные виды.

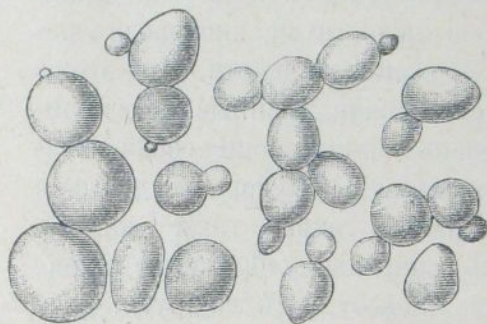


Рис. 77. *Saccharomyces cerevisiae* I.  
Молодыя клѣтки изъ осадка на днѣ.

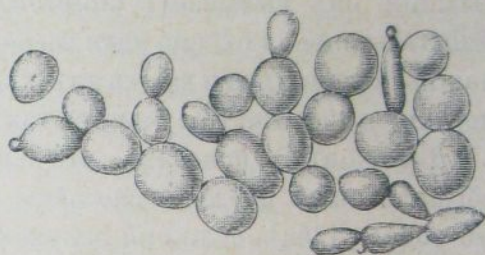


Рис. 78. *Saccharomyces cerevisiae* I.  
Пленка при 15—6° Ц.

*Saccharomyces cerevisiae* I. Hansen. Англійскія дрожжи верхняго броженія, дающія въ пивномъ суслѣ при комнатной температурѣ отъ 4 до 6 процентовъ алкоголя. Въ покоящемся состояніи — это одиночныя клѣтки. Въ пивномъ суслѣ онѣ начинаютъ почковаться. Молодое поколѣніе (рис. 77) состоитъ изъ большихъ, круглыхъ или овальныхъ клѣтокъ. По окончаніи главнаго броженія на поверхности бродящей жидкости появляется налетъ и затѣмъ образуется сплошная пленка, состоящая изъ дрожжевыхъ клѣтокъ. Общій видъ этихъ клѣтокъ отличается отъ клѣтокъ, взятыхъ со дна: появляются сильно вытянутыя клѣтки (рис. 78). Въ старыхъ культурахъ въ пленкахъ

<sup>1)</sup> *Jørgensen*, Microorganismen d. Gärungsindustrie, 4 Auflage. 1898. *Lindner*, Mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben, 2 Auflage. 1898.

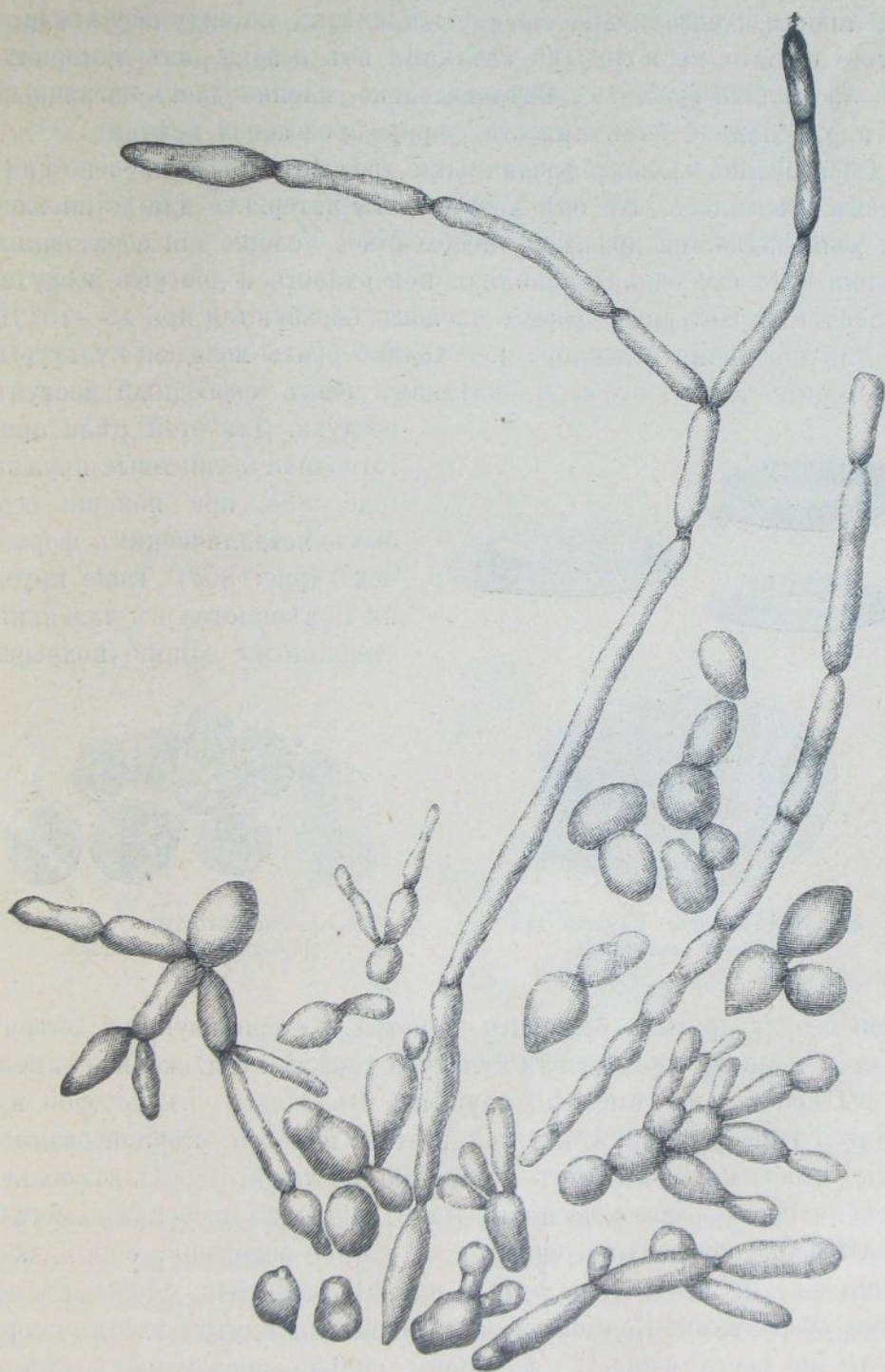


Рис. 79. *Saccharomyces cerevisiae* I. Пленка из старой культуры.

появляются очень сильно вытянутыя клѣтки, по виду не имѣющія ничего общаго съ молодыми клѣтками изъ осадка, изъ которыхъ онѣ произошли (рис. 79). Слѣдовательно, пленка даетъ наглядный примѣръ сильной измѣнчивости формы дрожжевой клѣтки.

Образованіе пленокъ различными дрожжами было изучено Гансеномъ. Оказалось, что онѣ могутъ дать матеріаль для установленія разновидностей дрожжей. Необходимое условіе для образованія пленки—это свободная спокойная поверхность и доступъ воздуха. Наибольше характерныя формы пленокъ образуются при 13—15° Ц.

Для полученія аскоспоръ необходимо брать молодыя культуры. Необходимо также, чтобы къ клѣткамъ былъ свободный доступъ

воздуха. Для этой цѣли приготавливаютъ гипсовые кружки (рис. 80e) при помощи особыхъ металлическихъ формочекъ (рис. 80a). Такіе кружки помѣщаются въ маленькія стеклянныя чашки, покрыва-

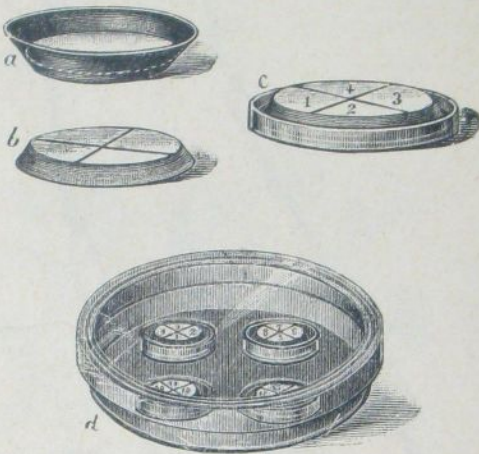


Рис. 80. Гипсовые кружки для полученія аскоспоръ.



Рис. 81. *Saccharomyces cerevisiae* I. Образованіе аскоспоръ.

ются сверху другими большаго діаметра и стерилизуются. Затѣмъ берется молодая однодневная культура дрожжей и нѣсколько капель ея выливается на гипсовый кружокъ. Въ чашку, въ которой находится гипсовый кружокъ, наливается немного стерилизованной воды, чтобы кружокъ былъ постоянно влажный. Черезъ нѣсколько времени образуются аскоспоры. На 81 рисункѣ изображено послѣдовательное образованіе споръ; *a, b, c, d, e*—заложеніе споръ, оболочки еще не ясны; *f, g, h, i, j*—вполнѣ развитыя споры съ ясными оболочками. Количество залагающихся внутри клѣтки споръ 1—10, но всего чаще 1—4. Споры сильно преломляютъ свѣтъ. Оболочка очень ясна. Величина споръ 2,5—6 $\mu$ . Передъ началомъ прорастанія споры сильно разбухаютъ, давятъ другъ на друга. По-

этому клетка съ разбухшими спорами производитъ впечатлѣніе многоклеточнаго тѣла.

На образование аскоспоръ оказываетъ большое вліяніе температура, какъ видно изъ прилагаемой таблицы.

При 37,5° Ц. аскоспоры не образуются.				
»	36—37° Ц.	первое	появление	черезъ 29 часовъ.
»	35° Ц.	»	»	» 25 »
»	33,5° Ц.	»	»	» 23 »
»	30° Ц.	»	»	» 20 »
»	25° Ц.	»	»	» 23 »
»	23° Ц.	»	»	» 27 »
»	17,5° Ц.	»	»	» 50 »
»	16,5° Ц.	»	»	» 65 »
»	11—12° Ц.	»	»	» 10 дней.
»	9° Ц.	аскоспоры	не	образуются.

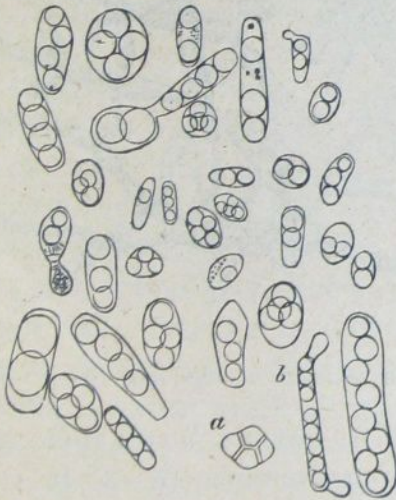


Рис. 82. *Saccharomyces Pastorianus* I.  
Аскоспоры.

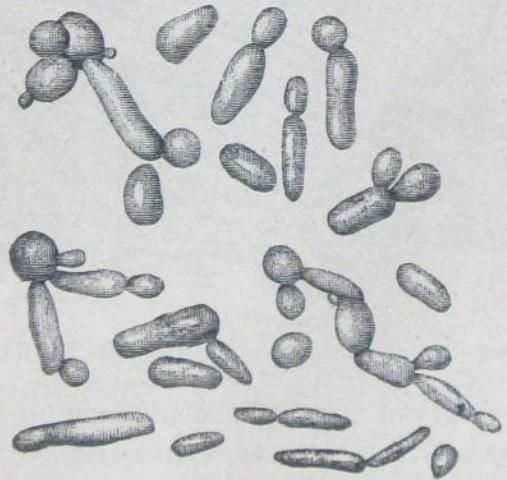


Рис. 83. *Saccharomyces Pastorianus* III.  
Молодые клетки изъ осадка на днѣ.

Такъ какъ аскоспоры различныхъ дрожжей образуются при одной и той же температурѣ съ различной скоростью, то этимъ фактомъ пользуются для распознаванія различныхъ дрожжей, особенно при техническомъ анализѣ для отличія дикихъ дрожжей отъ культурныхъ (стр. 220).

*Saccharomyces Pastorianus* I Hansen. Дрожжи нижняго броженія состоятъ по преимуществу изъ вытянутыхъ клетокъ, но встрѣ-

чаются также овальные и круглыя клітки. Часто встрѣчаются въ воздухѣ на пивоваренныхъ заводахъ. Даютъ пиву неприятный горькій вкусъ и плохой запахъ. Величина аскоспоръ 1,5—5  $\mu$ . (рис. 82).

*Saccharomyces Pastorianus II Hansen.* Клітки по формѣ сходны съ предыдущимъ видомъ. Встрѣчаются часто въ воздухѣ на пивоваренныхъ заводахъ, и кажется, что не оказываютъ на пиво никакого вреднаго вліянія. Слабое верхнее броженіе.

*Saccharomyces Pastorianus III. Hansen.* Дрожжи верхняго броженія, вызываютъ помутнѣніе въ пивѣ. Молодыя клітки изъ осадка на днѣ по большей части сильно вытянутыя, но встрѣчаются также большія и маленькія, овальныя и круглыя клітки (рис. 83).

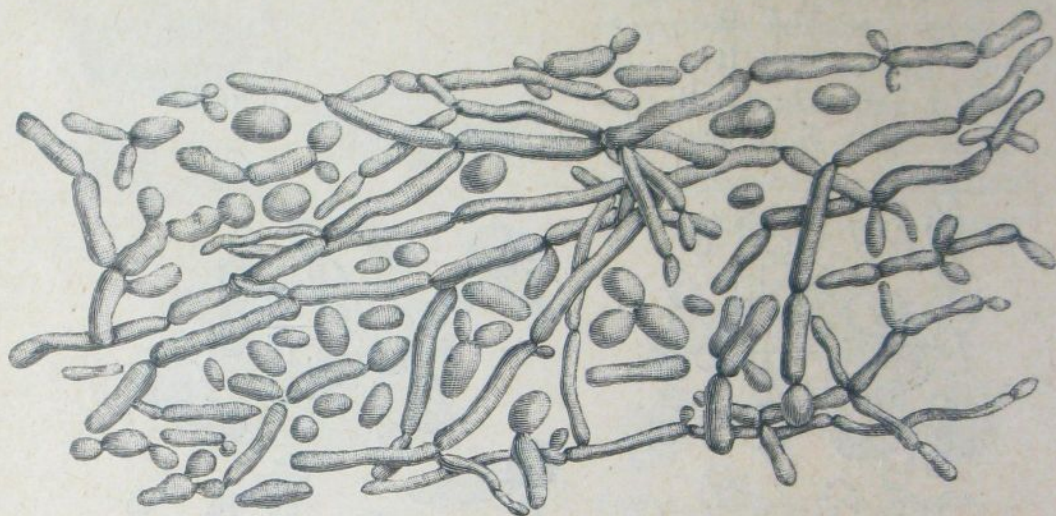


Рис. 84. *Saccharomyces Pastorianus III.* Клітки молодой пленки при 15—3° Ц.

Клітки молодой пленки при 20—28° Ц. имѣютъ почти тотъ же видъ, что и клітки осадка. Напротивъ, пленки при 15—3° Ц. состоятъ изъ клітокъ сильно вытянутыхъ (рис. 84). Въ старыхъ культурахъ клітки пленокъ всегда очень сильно вытянуты, независимо отъ температуры.

*Saccharomyces ellipsoideus I. Hansen.* Дрожжи нижняго броженія, встрѣчаются на поверхности зрѣлыхъ ягодъ винограда. Молодыя клітки, главнымъ образомъ, круглыя или овальныя.

*Saccharomyces ellipsoideus II. Hansen.* Дрожжи нижняго броженія, вызываютъ помутнѣніе пива. На 85-мъ рисункѣ слѣва, изображены молодыя клітки осадка, справа—болѣе мелкія клітки изъ пленки при 28—3° Ц.

*Saccharomyces anomalus*. Hansen. Этотъ видъ дрожжей замѣчательнѣе своими оригинальными аскоспорами. Онѣ образуются не только на твердыхъ, но и въ жидкихъ субстратахъ. Споры имѣютъ видъ полушара съ выдающимся ободкомъ при основаніи его (рис. 86).

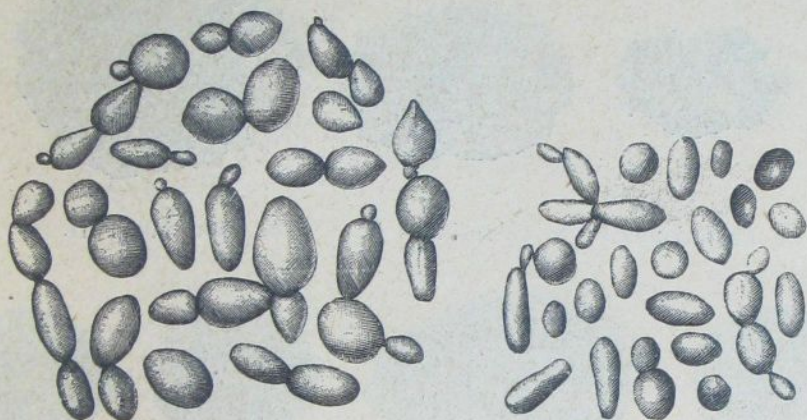


Рис. 85. *Saccharomyces ellipsoideus* H. Слева клѣтки осадка, справа клѣтки-пленки.

Приведенные виды дрожжей принадлежатъ къ числу дрожжей, подробно изслѣдованныхъ Гансеномъ. Кромѣ здѣсь описанныхъ видовъ, извѣстно большое количество разнообразныхъ дрожжей, какъ дикихъ, такъ и культурныхъ. Однѣ разновидности культурныхъ дрожжей употребляются въ пивоваренномъ производствѣ, другія — въ винокуренномъ, третьи — употребляются при ягодномъ и плодовомъ винодѣліи, четвертыя служатъ для приготовления прессованныхъ дрожжей. Для распознаванія столь большого числа разновидностей, приходится прибѣгать къ самымъ разнообразнымъ признакамъ. Кромѣ



Рис. 86. *Saccharomyces anomalus*. Аскоспоры.

указанныхъ выше признаковъ (аскоспоры, пленки, физиологическія особенности), пользуются также такъ называемыми гигантскими колоніями (Riesenkolonien). Такія колоніи получаютъ не изъ одной клѣтки, а изъ очень большого числа клѣтокъ. Для этой цѣли на поверхность желатины кладется капля изъ молодой культуры дрожжей въ пивномъ суслѣ. Размножающіяся на поверхности питательной желатины клѣтки даютъ очень большую колонію. Общій видъ колоній однѣхъ и тѣхъ же дрожжей всегда одинаковъ и отличается болѣе или менѣе отъ формы ко-

лоній дрожжей другихъ видовъ. Какъ велико бываетъ различіе между гигантскими колоніями различныхъ видовъ дрожжей, видно на 87-мъ рисункѣ.



S. Pastorianus I. S. Pastorianus II. S. Pastorianus III.



S. ellipsoideus I. S. ellipsoideus II. Пивныя дрожжи нижняго броженія.

Рис. 87. Гигантскія колоніи различныхъ дрожжей.

Кромѣ дрожжей, относящихся къ роду *Saccharomyces*, извѣстно еще большое количество разнообразныхъ дрожжей. Главное отличие ихъ отъ дрожжей изъ рода *Saccharomyces* состоитъ въ томъ, что онѣ не образуютъ аскоспоръ, а размножаются исключительно

почкованіемъ. Главнѣйшіе изъ относящихся сюда организмовъ слѣдующіе:

*Torula*. Въ настоящее время извѣстно нѣсколько видовъ, относящихся къ этому роду. Эти дрожжи очень распространены въ природѣ и вызываютъ спиртовое броженіе, хотя по боль-

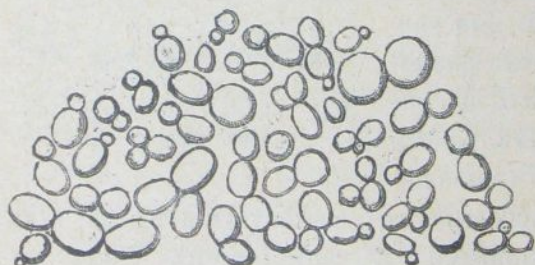


Рис. 88. *Torula*. Молодыя клѣтки.

шей части слабое. При культурѣ въ пивномъ суслѣ имѣютъ видъ, свойственный дрожжамъ. Клѣтки, взятые изъ осадка со дна, по большей части круглыя, или овальныя (рис. 88). Клѣтки же, образующія пленку, болѣе или менѣе сильно вытянуты (рис. 89). Къ



роду *Torula* относятся также такъ называемыя розовыя дрожжи. Сюда же относится *Saccharomyces kephyr*, найденный въ зернахъ кефира. Точно также къ роду *Torula* относится *Saccharomyces*

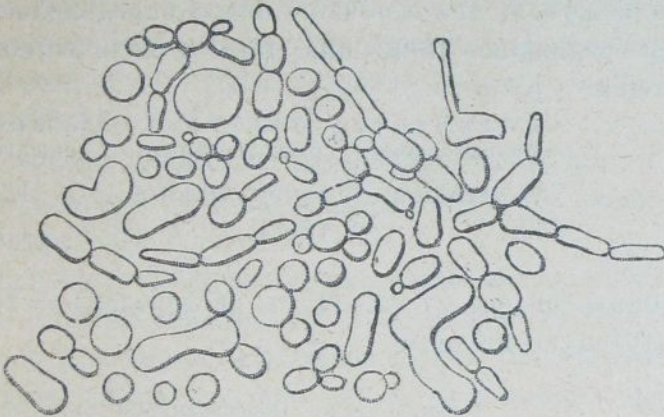


Рис. 89. *Torula*. Кѣтки пленки.

*apiculatus*, такъ какъ ни тотъ, ни другой видъ не даютъ аско-споръ. *Saccharomyces apiculatus* встрѣчается въ большомъ количествѣ въ винныхъ дрожжахъ (рис. 90).



Рис. 90. *Saccharomyces apiculatus*.

§ 4. Броженіе глицерина. *Bacillus butylicus* Fitz вызываетъ броженіе глицерина. Въ числѣ продуктовъ броженія получается этильный алкоголь, летучія и нелетучія кислоты жирнаго ряда,

углекислота и водородъ. Эдуардомъ Бухнеромъ<sup>1)</sup> были произведены изслѣдованія надъ вліяніемъ кислорода на этотъ видъ броженія.

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 милліон.	145000 милліон.	1,902 гр.
Водородъ . . .	877 »	19000 »	1,232 »

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

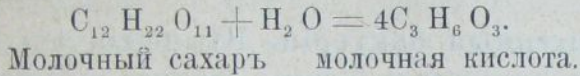
	Среднее число бактерій (a).	Перебродившій глицеринъ (b).	Отношеніе $\frac{a}{b}$ .
Кислородъ . . . .	100	100	1 : 1
Водородъ . . . .	13,05	64,8	1 : 4,8

Слѣдовательно, введеніе кислорода въ бродящую жидкость дѣйствуетъ благоприятно на размноженіе бактерій; наоборотъ, энергія 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. Такимъ образомъ, *Bacillus butylicus* оказывается болѣе воспріимчивымъ къ кислороду, чѣмъ дрожжи. При доступѣ кислорода броженіе въ значительной степени замѣнилось дыханіемъ, тогда какъ дрожжи при тѣхъ же условіяхъ продолжаютъ бродить.

§ 5. **Молочнокислое броженіе.** Это броженіе вызывается бактеріей *Bacillus acidi lactici*. Она имѣетъ видъ палочекъ, соединенныхъ большею частью попарно, рѣдко по четыре, длиною 1,0—1,7  $\mu$  и шириною 0,3—0,4  $\mu$ . Кромѣ этой бактеріи, существуетъ еще цѣлый рядъ бактерій, вызывающихъ молочнокислое броженіе: напримѣръ, *Bacterium lactis acidi*, *Bacillus lactis acidi*, *Bacterium limbatum lactis acidi*, *Micrococcus lactis acidi*, *Sphaerococcus lactis acidi*, *Streptococcus acidi lactici*, *Bacillus acidificans longissimus*.

<sup>1)</sup> E. Buchner, Zeitschrift für physiologische Chemie. IX. 1885, pag. 380.

Схема молочнокислаго броженія такова:



Въ дѣйствительности же, кромѣ молочной кислоты, образуется также уксусная и другія летучія кислоты. Количество летучихъ кислотъ зависитъ не только отъ вида бактерій, но также и отъ состава питательнаго субстрата.

Кромѣ молочнаго сахара, матеріаломъ для броженія можетъ служить также, смотря по виду бактерій, сахароза, глюкоза, мальтоза и другія вещества.

Для получения молочнокислаго броженія достаточно оставить молоко при температурѣ 35—42°. Молоко скоро становится кислымъ. Когда уже образовалось извѣстное количество молочной кислоты, броженіе останавливается. Оно снова начинается, если жидкость нейтрализовать углекислымъ кальціемъ.

Для получения молочной кислоты употребляется еще слѣдующій приемъ: на литръ воды берется 100 граммовъ сахара, 10 граммовъ казеина или стараго сыра и достаточное количество углекислаго кальція въ порошокѣ. Смѣсь оставляютъ при 35—40° въ открытомъ сосудѣ. Жидкость время отъ времени перемѣшивается. По окончаніи броженія жидкость выпаривается, и молочнокислый кальцій выкристаллизовывается. Разлагая послѣдній сѣрной кислотой, получаемъ свободную молочную кислоту. При этомъ процессѣ, какъ и вообще въ большинствѣ случаевъ, получается обыкновенная молочная кислота, не вращающая плоскости поляризаціи. Однако, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, получаютъ также ея изомеры. Такъ, *Micrococcus acidi paralactici* образуетъ въ жидкостяхъ, содержащихъ сахаръ, большія количества парамолочной кислоты, вращающей плоскость поляризаціи вправо.

*Bacillus acidi laevolactici* даетъ третій изомеръ молочной кислоты, вращающей плоскость поляризаціи влѣво.

Способностью различныхъ бактерій давать различные изомеры молочной кислоты можно пользоваться для распознаванія родственныхъ видовъ. Такъ, *Bacterium coli commune* образуетъ изъ глюкозы право-молочную кислоту, при тѣхъ же условіяхъ *Bacillus typhi abdominalis* даетъ—лѣво-молочную кислоту.

Бактеріи молочнокислаго броженія имѣютъ разнообразное примѣненіе въ технологіи. Нѣкоторые сорта пива (напримѣръ, Berliner

Weissbier) приготавливаются при содѣйствіи молочнокислыхъ бактерій.

§ 6. **Патогенныя бактеріи.** Нѣкоторыя изъ бактерій, способныхъ жить въ бескислородныхъ средахъ, вызываютъ заразные болѣзни у человѣка и животныхъ. *Bacillus tetani*, вызывающій смертельную болѣзнь столбнякъ, можетъ служить типичнымъ примѣромъ анаэробной патогенной бактеріи, т. е. развивающейся въ атмосферѣ, лишенной кислорода. Но многія патогенныя бактеріи аэробы, т. е. нуждаются въ кислородѣ, какъ, напримѣръ, *Bacillus anthracis* — бактерія сибирской язвы. Продукты обмѣна веществъ патогенныхъ бактерій еще очень мало изслѣдованы. Положеніе, что заразные болѣзни вызываются и передаются бактеріями, было доказано Пастеромъ на сибирской язвѣ. Въ крови животныхъ, больныхъ сибирскою язвою, еще ранѣе Пастера было доказано постоянное присутствіе бактерій. Пастеръ привилъ каплю такой крови въ мясной бульонъ, въ которомъ бактеріи стали очень хорошо развиваться. Изъ первой колбы была сдѣлана прививка во вторую, изъ второй въ третью и т. д. до двадцатой. Культура изъ послѣдней колбы, введенная въ кровь животныхъ, вызвала у нихъ заболѣваніе сибирской язвой. Пастеру же принадлежитъ заслуга разработки способа предохраненія отъ заразныхъ болѣзней путемъ предохранительныхъ прививокъ. Въ 1879 году Пастеръ работалъ надъ куриной холерой. Чистыя культуры бактерій куриной холеры, оставленныя на лѣто въ термостатѣ, утратили способность убивать куръ. Тогда Пастеръ приготовилъ свѣжія культуры, убивавшія куръ — за исключеніемъ тѣхъ, которымъ была предварительно сдѣлана прививка культурами, долго стоявшими въ термостатѣ. Слѣдовательно, куры, пережившія зараженіе ослабленными бактеріями, оказались уже способными противостоятъ сильнымъ культурамъ. Пастеръ сейчасъ же этотъ фактъ обобщилъ и приготовилъ предохранительныя прививки противъ сибирской язвы. Оказалось, что и въ данномъ случаѣ повышенная температура уменьшаетъ ядовитыя свойства. Культура *Bacillus anthracis* при 42—43° Ц. постепенно теряетъ свои ядовитыя свойства.

Если такую культуру, выделяющую ослабленный токсинъ, привить животнымъ, то они не только не погибаютъ, но, поборовши ослабленную культуру, вырабатываютъ въ себѣ способность бороться съ успѣхомъ противъ сильныхъ культуръ: такія животныя гарантированы отъ заболѣванія сибирской язвой. Это заставляеть

предполагать, что въ данномъ случаѣ противъ токсина бактерій животныя вырабатываютъ въ себѣ антитоксинъ. Такіе антитоксины дѣйствительно существуютъ и въ нѣкоторыхъ случаяхъ выдѣлены. Если предохранительными прививками ослабленныхъ бактерій сибирской язвы можно предохранить отъ заболѣванія этой болѣзью, то введеніемъ въ организмъ антитоксина можно излечить уже начавшуюся болѣзнь. Какъ извѣстно, можно вылечить дифтеритъ введеніемъ въ тѣло больного антидифтеритной сыворотки. Дифтеритный антитоксинъ получается изъ кровяной сыворотки лошади, сдѣланной невоспріимчивой къ дифтериту путемъ предохранительныхъ прививокъ. Такая сыворотка и называется антидифтеритной сывороткой. Самый методъ леченія называется серотерапией.

**§ 7. Распространеніе микроорганизмовъ въ природѣ.**  
Изученіе простѣйшихъ организмовъ безъ помощи микроскопа невозможно. Поэтому и самый фактъ существованія очень маленькихъ живыхъ существъ могъ быть открытъ только при помощи увеличительныхъ стеколъ. Колумбомъ, открывшимъ невидимый для насъ міръ простѣйшихъ живыхъ существъ, былъ Лёвенгукъ (Anton van Leeuwenhoek). Онъ научился готовить увеличительныя стекла, увеличивающія до 100 и даже до 150 разъ. Въ 1675 году, рассматривая въ увеличительное стекло капли дождевой воды, стоявшей нѣсколько дней въ бочкѣ, онъ замѣтилъ, что въ нихъ движутся въ огромномъ количествѣ очень маленькіе организмы. Количество ихъ достигало до 10000 въ одной каплѣ. Въ свѣжей дождевой водѣ никакихъ живыхъ существъ не оказалось. Отсюда онъ вывелъ заключеніе, что зародыши этихъ организмовъ попали въ воду изъ воздуха. Подобные же организмы Лёвенгукъ находилъ и въ различныхъ растительныхъ настоянкахъ (infusio) и назвалъ поэтому эти существа инфузоріями. Позднѣйшими изслѣдователями было доказано повсемѣстное распространеніе въ природѣ разнообразныхъ микроскопически малыхъ организмовъ животного и растительнаго происхожденія.

Является вопросъ, откуда происходятъ эти безконечно малыя живыя существа. Этотъ вопросъ былъ предметомъ очень оживленной полемики. Извѣстно, что растворы большинства органическихъ соединений, мясо, части растеній очень легко подвергаются разложенію. Микроскопическое изслѣдованіе разлагающихся веществъ постоянно обнаруживаетъ въ нихъ присутствіе микроорганизмовъ. Легкость появленія микроорганизмовъ привела къ предположенію,

что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ произвольнымъ зарожденіемъ простѣйшихъ живыхъ существъ изъ различныхъ органическихъ веществъ.

Ученіе о произвольномъ зарожденіи имѣло многочисленныхъ сторонниковъ до послѣдняго времени. Напримѣръ, Ванъ Гельмонтъ (1577—1644) предложилъ рецептъ для полученія мышей изъ муки. Утверждалось, что черви (личинки мухъ) заводятся въ мясѣ путемъ произвольнаго зарожденія. Когда же точные опыты доказали, что мы не въ состояніи сдѣлать ни мышей, ни червей, что какъ тѣ, такъ и другіе получаютъ путемъ размноженія, долго держалось еще убѣжденіе, что простѣйшіе микроскопически малые организмы могутъ образоваться путемъ произвольнаго зарожденія. Еще Спалланцани (1776) доказывалъ экспериментальнымъ путемъ несостоятельность этого ученія. Онъ показалъ, что въ герметически закупоренныхъ сосудахъ съ органическими настойками послѣ кипяченія ихъ въ теченіе трехъ четвертей часа никакихъ живыхъ существъ не появляется, какъ бы долго сосуды ни хранились. Послѣ же ихъ вскрытія содержимое скоро загнивало, потому что туда попадали, какъ утверждалъ Спалланцани, зародыши изъ воздуха. Хотя опыты Спалланцани не убѣдили сторонниковъ произвольнаго зарожденія, одинъ французскій поваръ Апперъ (Appert) далъ имъ практическое примѣненіе: устроилъ фабрику консервовъ. Онъ напелъ возможнымъ сохранять неопредѣленно долгое время въ свѣжемъ видѣ мясо, овощи, напитки и т. п., если ихъ помѣстить въ герметически закрытые сосуды, которые затѣмъ подвергнуть нѣкоторое время нагрѣванію въ кипящей водѣ. Свои опыты онъ издалъ особой книгой (1831), выдержавшей нѣсколько изданій. Книга дала ему извѣстность, консервы—состояніе. Наглядный примѣръ зависимости техники отъ теоретическаго знанія: Спалланцани, рѣшавшій чисто философскій вопросъ о происхожденіи жизни на землѣ, далъ Апперу возможность основать новую отрасль промышленности.

Такъ какъ противъ опытовъ Спалланцани дѣлалось возраженіе, что въ закупоренныхъ сосудахъ было недостаточное количество воздуха и при томъ воздуха будто бы сильно измѣненнаго дѣйствіемъ высокой температуры, то Францъ Шульце произвелъ въ 1836 году слѣдующій опытъ: онъ взялъ стеклянную колбу (рис. 91), наполненную до половины настоемъ органическихъ веществъ, плотно закупорилъ ее пробкой съ двумя изогнутыми стеклянными трубками и подвергнулъ въ теченіе нѣкотораго времени сильному кипяченію. Въ то время еще, когда черезъ оба конца трубокъ выходили горя-

чіе пары, онъ прикрѣпилъ къ каждому изъ нихъ по одному калиаппарату, изъ которыхъ одинъ былъ наполненъ сѣрной кислотой, а другой ѣдкимъ кали. Послѣ охлажденія прибора черезъ него въ теченіе двухъ мѣсяцевъ по два раза въ сутки просасывался воздухъ, входившій черезъ сѣрную кислоту и выходившій черезъ ѣдкое кали. Никакихъ организмовъ въ жидкости обнаружено не было. Слѣдовательно, всѣ бывшіе въ воздухѣ зародыши остались въ сѣрной кислотѣ. Въ этомъ опытѣ воздухъ сохранялъ свой нормальный составъ, не подвергался нагреванію.

Но и эти опыты не казались убѣдительными. Только благодаря замѣчательнымъ изслѣдованіямъ Пастера вопросъ о существованіи произвольнаго зарожденія былъ безповоротно рѣшенъ въ отрицательномъ смыслѣ. Пастеръ (1857) бралъ колбы, наполненныя различными растворами и заткнутыя пробками изъ ваты, и подвергалъ ихъ продолжительному кипяченію. Если кипяченіе было достаточно продолжительно, то находившіеся въ колбахъ растворы оставались неопредѣленно долгое время безъ измѣненія

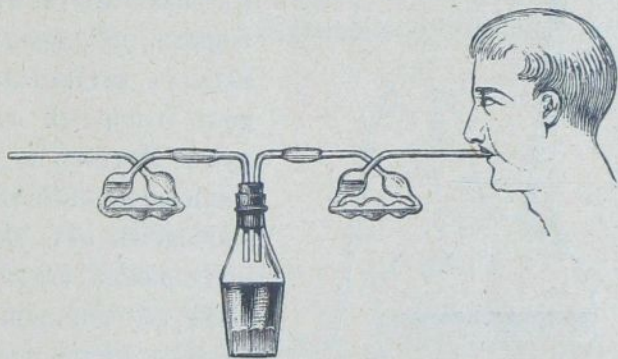


Рис. 91.

и безъ микроорганизмовъ. Во всѣхъ этихъ опытахъ воздухъ, входившій въ колбы послѣ ихъ охлажденія, фильтровался черезъ пробки изъ ваты и оставлялъ на нихъ всѣ бывшіе въ немъ зародыши. Такъ какъ споры нѣкоторыхъ бактерій выдерживаютъ продолжительное кипяченіе, то кипяченіе слѣдуетъ повторять нѣсколько разъ и даже кипятить подъ давленіемъ. Часть своихъ опытовъ Пастеръ производилъ въ особо устроенныхъ колбахъ съ двумя шейками (рис. 92). Одна шейка закрывается стеклянной палочкой, втыкаемой въ каучуковую трубку, надѣтую на конецъ шейки. Другая шейка вытянута въ узкую трубку и два раза изогнута. Во время кипяченія жидкости обѣ шейки открыты. Передъ концомъ кипяченія широкая шейка закрывается прокаленной стеклянной палочкой и затѣмъ приборъ охлаждается. Воздухъ входитъ въ колбу по узкой открытой трубкѣ. Жидкость остается безъ измѣненія неопредѣленно дол-

гое время, потому что всѣ споры, бывшія въ воздухѣ, остаются въ узкомъ колѣнѣ трубки. Стоитъ только открыть на очень короткое время стеклянную пробку и ввести въ колбу ничтожное количество какихъ-либо микроорганизмовъ, какъ жидкость начинаетъ разлагаться при сильномъ размноженіи введенныхъ микроорганизмовъ.

Чтобы доказать вполнѣ отсутствіе произвольнаго зарожденія, слѣдовало еще доказать, что въ воздухѣ дѣйствительно находятся въ большомъ количествѣ микроорганизмы и ихъ споры. Этотъ вопросъ также былъ подвергнутъ Пастеромъ тщательной разработкѣ. Напримѣръ, Пастеръ бралъ цѣлый рядъ колбъ, наполненныхъ до одной трети ихъ вмѣстимости питательной жидкостью, подвергалъ

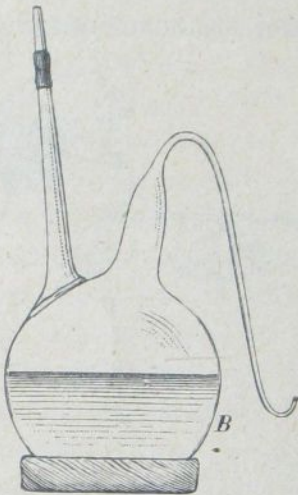


Рис. 92. Колба Пастера.

ихъ кипяченію и во время кипяченія запаивалъ. Такія колбы онъ помѣщалъ въ различныхъ мѣстностяхъ, воздухъ которыхъ онъ желалъ изслѣдовать, и отламывалъ запайные кончики шеекъ. Черезъ отверстія въ колбы врывался воздухъ. Затѣмъ колбы снова запаивались. Если вошедшій въ колбу воздухъ былъ свободенъ отъ зародышей, то жидкость продолжала оставаться безъ измѣненія. Если же вошедшій воздухъ содержалъ ихъ, то жидкость начинала разлагаться. Оказалось, что воздухъ наиболѣе чистъ въ глубокихъ подвалахъ и на высокихъ горахъ. Не нужно, впрочемъ, полагать,

что если послѣ отламыванія запайнаго кончика шейки жидкость осталась безъ измѣненія, то воздухъ абсолютно чистъ. Возможно, что въ воздухѣ были споры, которыя во взятой нами питательной средѣ не могутъ развиваться.

Въ настоящее время мы имѣемъ цѣлый рядъ точныхъ изслѣдованій относительно распространенія микроорганизмовъ въ воздухѣ. Прилагаемая таблица даетъ средній выводъ изъ десятилѣтнихъ наблюденій (1885—1894) надъ количествомъ микроорганизмовъ въ кубическомъ метрѣ воздуха въ паркѣ Монсури:

	Бактеріи.	Плѣсени.		Бактеріи.	Плѣсени.
Зимой . . . .	170	145	Лѣтомъ . . . .	345	245
Весной . . . .	295	195	Осенью . . . .	195	230



Въ городахъ количество микроорганизмовъ сильно увеличивается. Такъ, на одной изъ площадей Парижа (place Saint-Gervais) въ кубическомъ метрѣ воздуха (среднее изъ десятилѣтнихъ наблюдений) находится микроорганизмовъ:

	Бактеріи.	Плѣсени.
Зимой . . . . .	4305	1345
Весной . . . . .	8080	2275
Лѣтомъ . . . . .	9345	2500
Осенью . . . . .	5665	2185

Микроорганизмы находятся не только въ воздухѣ, они находятся также въ водѣ и въ почвѣ. Воды рѣкъ всегда содержатъ бактерій. Особенно богаты ими рѣки въ чертѣ городовъ. Такъ, въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ воды находится слѣдующее количество бактерій:

Рона выше Ліона . . . . .	75
Рона ниже Ліона . . . . .	800
Шпре при входѣ въ Берлинъ . . . . .	4300
Шпре при выходѣ изъ Берлина . . . . .	97400
Майнъ передъ Вюрцбургомъ . . . . .	520
Майнъ послѣ выхода изъ Вюрцбурга . . . . .	15500

Микроорганизмы находятся даже въ дождевой водѣ, снѣгѣ и градѣ.

Почва всегда содержитъ микроорганизмы; количество ихъ, конечно, зависитъ отъ количества находящихся въ почвѣ органическихъ веществъ. Въ поверхностныхъ слояхъ почвы микроорганизмовъ гораздо болѣе, чѣмъ въ болѣе глубокихъ слояхъ. Слѣдующая таблица даетъ понятіе о распредѣленіи микроорганизмовъ на различной глубинѣ въ почвѣ, покрытой лѣсомъ (Pfungstberg въ окрестностяхъ Потсдама). Въ одномъ куб. сантиметрѣ найдены слѣдующія количества:

Глубина въ метрахъ.	27 мая.	15 іюня.	3 ноября.
0	150000	140000	55000
0,5	200000	145000	75000
1	2000	1000	7000

Глубина въ метрахъ.	27 мая.	15 іюня.	3 ноября.
1,5	15000	500	200
2	2000	0	100
2,5	500	0	0
3	3000	700	1500
3,5	0	700	50
4	0	150	0
4,5	100	100	0

Бактеріи находятся во всѣхъ пищевыхъ продуктахъ. Особенно благоприятныя условія для развитія бактерій даетъ молоко. Въ моментъ выдѣленія это жидкость, не содержащая обыкновенно микроорганизмовъ. Но они быстро въ немъ размножаются, попадая изъ воздуха. Такъ, въ кубическомъ сантиметрѣ только что надоеннаго молока и оставленнаго при температурѣ 15,5° Ц. оказывается бактерій:

Чрезъ 4 часа . . . . .	34000
» 9 часовъ . . . . .	100000
» 24 часа . . . . .	4000000

Кишечный каналъ человѣка густо населенъ бактеріями. Онѣ тамъ необходимы. Онѣ вызываютъ разложеніе находящагося въ кишечникѣ питательнаго матеріала, безъ чего невозможно нормальное питаніе человѣка.

Итакъ, мы не только окружены со всѣхъ сторонъ микроорганизмами,—они находятся внутри насъ. Поэтому понятна та быстрота, съ которою они попадаютъ во всевозможныя органическія вещества и вызываютъ ихъ разложеніе.

§ 8. Стерилизація и дезинфекція<sup>1)</sup>. Ввиду повсемѣстнаго распространенія микроорганизмовъ всѣ предметы, употребляемые при работахъ съ ними, особенно для полученія чистой культуры одного опредѣленнаго вида, необходимо должны быть совершенно чисты и не содержать никакихъ споръ или зародышей. Это достигается путемъ обезпложиванія (стерилизаціи).

Мелкіе предметы, какъ ножи, ножницы, стеклянныя палочки, пинцеты, предметныя и покровныя стекла, платиновыя иглы и т. п., стерилизуются нагрѣваніемъ въ пламени газовой или спиртовой

<sup>1)</sup> *Abel*, Taschenbuch für den bacteriologischen Practicanten, 5 Auflage, 1900.

горѣлки. Платиновые предметы можно нагрѣвать до краснаго каленія. Для остальныхъ предметовъ достаточно непродолжительнаго пребыванія въ пламени, чтобы находящіеся на ихъ поверхности зародыши были убиты. Для стерилизаціи большихъ предметовъ употребляются сушильные шкапы (рис. 93). Они съ двойными стѣнками; продукты горѣнія проходятъ между стѣнками, чѣмъ достигается болѣе равномерное нагрѣваніе. Стеклянные и металлическія вещи стерилизуются въ теченіе полчаса при  $150^{\circ}$  и выше до  $200^{\circ}$ . Вату

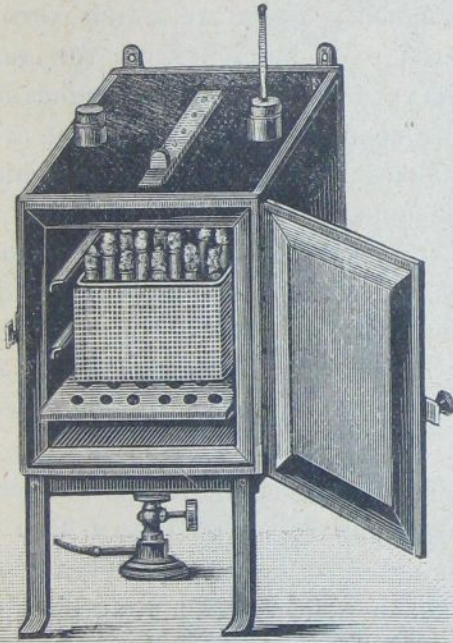


Рис. 93. Сушильный шкапъ.

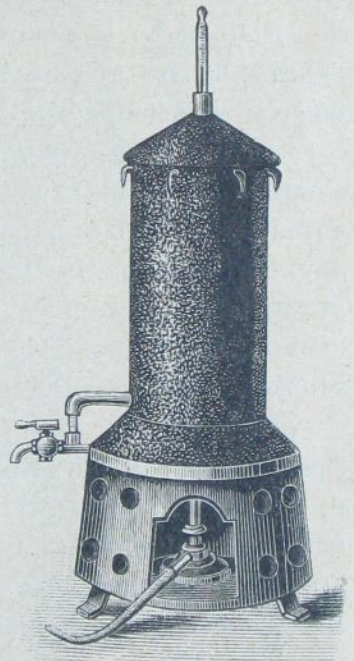


Рис. 94. Аппаратъ Коха.

и бумагу нельзя нагрѣвать выше  $180^{\circ}$ , потому что при высокой температурѣ онѣ бурѣютъ и дѣлаются негодны къ употребленію. Пробирки, заткнутыя ватными пробками, стерилизуютъ, поставивши ихъ отверстиями кверху въ корзину изъ проволочной сѣтки, какъ видно на рисункѣ.

Предметы, не выдерживающіе *сухого жара*, стерилизуютъ нагрѣваніемъ въ текучемъ пару. Для этой цѣли употребляется аппаратъ Коха (рис. 94). Это жестяной или мѣдный цилиндръ, закрываемый сверху крышкой. Нижняя часть цилиндра наполняется во-

дой. Въ верхней части цилиндра на продыравленныхъ подставкахъ помѣщаются стерилизуемые предметы. Находящаяся снизу горѣлка нагреваетъ воду до кипѣнія, и стерилизація помѣщенныхъ предметовъ производится при  $100^{\circ}$  паромъ. Приборъ сверху покрывается войлокомъ или азбестомъ. Въ аппаратѣ Коха стерилизуются почти всѣ питательныя вещества, жидкости, резиновые предметы. Въ большинствѣ случаевъ достаточно пребыванія въ текучемъ пару при  $100^{\circ}$  въ теченіе получаса. Большія количества жидкостей оставляютъ на большій промежутокъ времени.

Если въ стерилизуемой жидкости предполагаются устойчивыя споры, то жидкость нагревается въ аппаратѣ Коха три дня сряду по  $\frac{1}{2}$ —1 часу. Въ промежуткахъ оставляется при комнатной температурѣ. Это дѣлается, чтобы споры успѣли прорасти, и появившееся молодое поколѣніе убивается повторными кипяченіями.

Для болѣе быстрой стерилизаціи вмѣсто аппарата Коха употребляются автоклавы (рис. 95). Автоклавъ не что иное, какъ Папиновъ котелъ. Онъ дѣйствуетъ перегрѣтымъ паромъ подъ давленіемъ до двухъ атмосферъ и при температурѣ до  $134^{\circ}$  Ц. При  $120^{\circ}$  Ц. стерилизація продолжается только 15 минутъ. Температура въ  $130^{\circ}$  убиваетъ тотчасъ всѣ зародыши, и поэтому нѣтъ надобности въ повторной стерилизаціи.

Жидкости, не выдерживающія нагреванія до  $100^{\circ}$ , подвергаются фракціонированной стерилизаціи при  $56$ — $60^{\circ}$  Ц. по 4 часа въ день въ теченіе нѣсколькихъ дней (до 8) и въ промежуткахъ оставляютъ при комнатной или нѣсколько повышенной температурѣ. При этихъ условіяхъ проросшія споры убиваются нагреваніемъ до  $60^{\circ}$  Ц. Методъ не даетъ, впрочемъ, вполне точныхъ результатовъ, такъ какъ нѣкоторые микроорганизмы могутъ расти при  $60^{\circ}$ .

Жидкости можно стерилизовать также путемъ фильтрованія. Самый удобный изъ предложенныхъ приборовъ — это свѣча Шамберлана (Camberland), фарфоровый цилиндръ съ узкою внутреннею полостью. Черезъ стерилизованную свѣчу жидкости фильтруются подъ сильнымъ давленіемъ. Микроорганизмы задерживаются вполне, но удерживаются также въ порахъ свѣчи и нѣкоторыя химическія соединенія. Особенно удобно примѣненіе свѣчи Шамберлана для отдѣленія бактерій отъ жидкости, въ которой они жили, для изученія ея химическаго состава.

Для уничтоженія микроорганизмовъ употребляются также различныя дезинфицирующія вещества. Самое сильное изъ нихъ су-

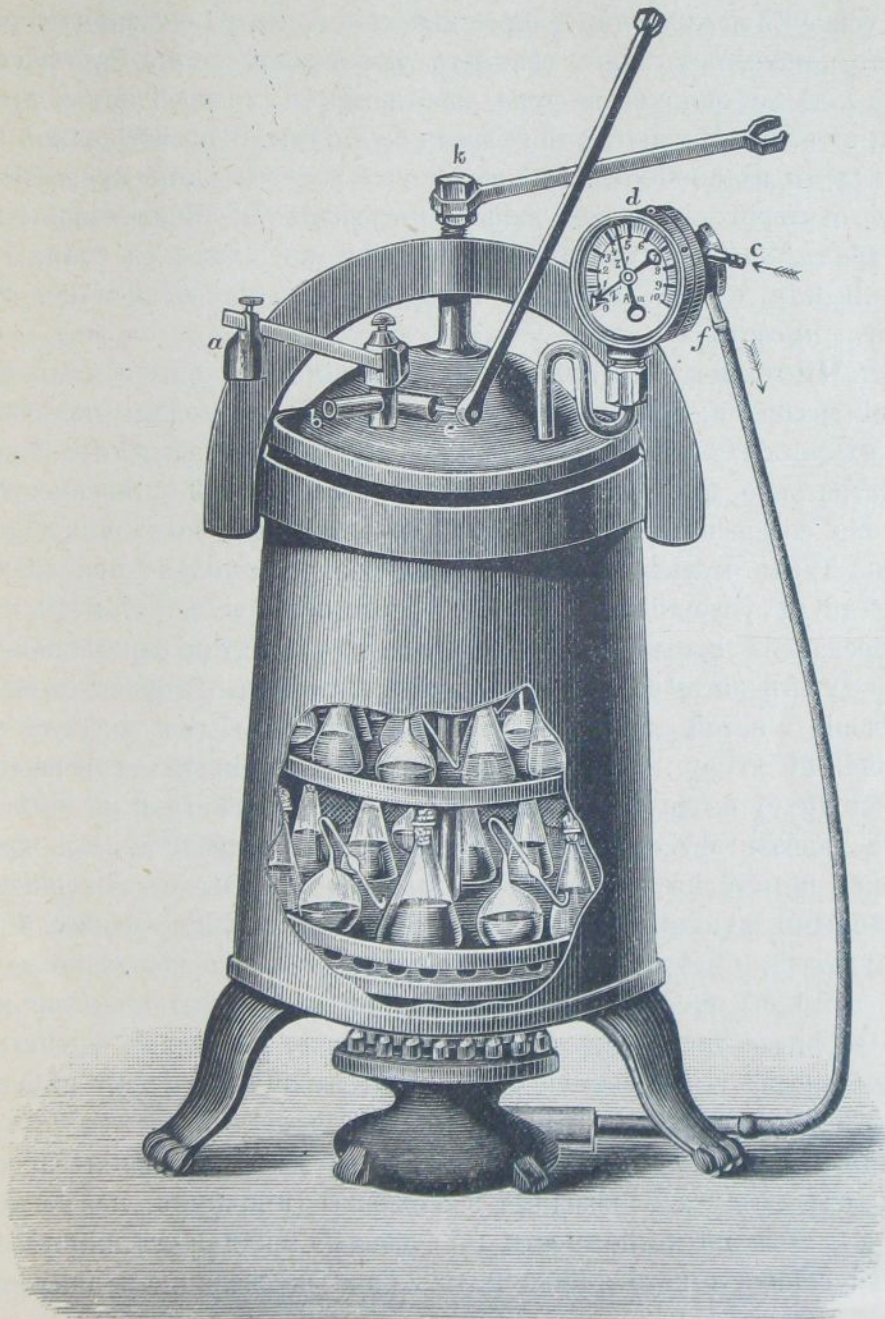


Рис. 95. Автоклавъ.

лема,  $HgCl_2$ . Въ бактериологическихъ лабораторіяхъ употребляется растворъ одного грамма сулемы въ литръ дистиллированной воды. Для усиленія дезинфецирующаго дѣйствія на литръ указаннаго раствора прибавляютъ пять граммовъ поваренной соли. Растворомъ сулемы дезинфецируются руки работающихъ, употребляемые предметы, а также убиваются ненужныя культуры. Растворъ одной части сулемы въ 300000 частей воды уже задерживаетъ прорастаніе споръ бактерій сибирской язвы. Употребляются также сѣрнистый ангидридъ, хлорная известь, плавиковая кислота и ея соли, борная кислота, озонъ, перекись водорода, известковое молоко, карболовая кислота.

§ 9. **Чистыя культуры** <sup>1)</sup>. Для изученія микроорганизмовъ, ихъ исторіи развитія, фізіологическихъ функцій, необходимо полученіе ихъ въ чистыхъ культурахъ. Чистой культурой называется такая культура, про которую можно сказать съ полной увѣренностью, что она содержитъ только одинъ опредѣленный видъ микроорганизма. Такая культура можетъ быть получена только при соблюденіи двухъ условій. Первое условіе—это принятіе всѣхъ мѣръ предосторожности противъ проникновенія изъ воздуха зародышей въ ту среду, въ которой ведется чистая культура. Второе условіе—полученіе чистой культуры отъ *одной только клѣтки*. Если мы имѣемъ культуру, въ которой всѣ микроорганизмы совершенно похожи другъ на друга, то, несмотря на это, мы все-таки не имѣемъ права назвать эту культуру чистой, если не развели ее изъ одной клѣтки, потому что очень многіе микроорганизмы съ совершенно различными функціями имѣютъ совершенно сходную форму. Если же культура получена изъ одной клѣтки, то она называется чистой, хотя бы находящіеся въ ней микроорганизмы и имѣли различный видъ, такъ какъ мы знаемъ теперь, что одинъ и тотъ же видъ бактерій или дрожжей принимаетъ различную форму въ зависимости отъ стадіи развитія и отъ вліянія среды.

Для предохраненія чистыхъ культуръ отъ зараженія зародышами изъ воздуха необходимо всѣ работы (прививки, переливаніе и т. д.) вести по возможности въ особомъ стеклянномъ ящикѣ. Передняя стѣнка такого ящика подвижна и по желанію поднимается

<sup>1)</sup> Продажа чистыхъ культуръ: *Král's Bacteriologisches Laboratorium, Prag. I, Kleiner Ring, 11. Institut für Gärungsgewerbe, Berlin, N, Seestrassé, 65. Jørgensen's Laboratorium, Kopenhagen, Frydendalsvej, 30.*

для введенія рукъ работающаго. Передъ работой всё внутреннія стѣнки ящика вытираются растворомъ сулемы. Всѣ необходимые мелкіе предметы (предметныя и покровныя стекла, стеклянныя палочки, проволока, иглы, пинцеты и т. д.) предварительно стерилизуются въ пламени, помѣщаются въ стерилизованные же закрытые сосуды и быстро вносятся въ ящикъ.

Для полученія чистыхъ культуръ отъ одной клѣтки наиболѣе употребителенъ способъ разбавленія (*Verdünnungsmethode*). Этотъ способъ въ первоначальномъ его видѣ былъ употребленъ въ первый разъ въ 1878 году Листеромъ <sup>1)</sup> для полученія чистой культуры молочнокислой бактеріи. Этотъ способъ тщательно разработанъ для дрожжей Гансеномъ (1881).

Положимъ, что мы имѣемъ въ бродящемъ пивномъ суслѣ нѣсколько различныхъ видовъ дрожжей. Нужно ихъ выдѣлить и получить каждый видъ въ чистой культурѣ. Для этой цѣли часть жидкости съ дрожжами вносится въ упомянутый стеклянный ящикъ, изъ нея берется послѣ взбалтыванія нѣсколько капель жидкости при помощи стерилизованной пипетки и вносится въ стерилизованную воду, находящуюся въ колбѣ Фрейденрейха (рис. 96). Это небольшія колбы, вмѣстимостью въ 25 — 50 куб. сантиметровъ, закрываемыя стеклянными колпачками. Узкое отверстіе колпачка затыкается ватой. Такія колбы очень удобны для работъ надъ микроорганизмами, когда нѣтъ настоящей надобности употреблять большія количества питательныхъ веществъ. Вода для равномернаго распредѣленія въ ней дрожжей снова взбалтывается. Затѣмъ изъ нея берется согнутымъ концомъ платиновой проволоки одна капля и помѣщается тонкимъ слоемъ на покровномъ стеклѣ съ нанесенными на немъ маленькими квадратами. Количество находящихся въ каплѣ дрожжевыхъ клѣтокъ сосчитывается. Для этой цѣли пользуются влажной камерой (рис. 97). Влажная камера состоитъ изъ предметнаго стекла, на которое при помощи вазелина наклеивается стеклянное кольцо (*e*). Въ камеру наливается небольшое количество воды (*d*), чтобы находящіеся на нижней сторонѣ



Рис. 96. Колба Фрейденрейха.

<sup>1)</sup> *Lister*, On the lactic fermentation and its bearing on pathology. *Transact. of the Patholog. Society of London*. Vol. 29. 1878.

покровнаго стекла (*a*) микроорганизмы не засохли. Для сосчитыванія дрожжей вмѣсто обыкновеннаго покровнаго стекла берется, какъ было сказано, стекло съ квадратами и приклеивается вазелиномъ къ стеклянному кольцу такъ, чтобы капля была внизу. Квадратики на стеклѣ облегчаютъ сосчитываніе клѣтокъ подь микроскопомъ. Положимъ, что оказалось двадцать клѣтокъ. Тогда снова берется платиновымъ ушкомъ капля воды съ дрожжами и вводится въ новую фрейденрейховскую колбу, содержащую сорокъ кубич. сантиметровъ воды. Послѣ сильнаго взбалтыванія вводится при помощи пипетки по одному куб. сантиметру этой жидкости въ сорокъ фрейденрейховскихъ колбочекъ, наполненныхъ стерилизованнымъ пивнымъ сусломъ. Такъ какъ въ каплѣ, взятой при помощи платинового ушка, по всѣмъ вѣроятіямъ, было также около двадцати клѣтокъ, то нужно ожидать размноженія дрожжей только въ двадцати колбочкахъ, остальные же двадцать должны остаться стерилизованными.

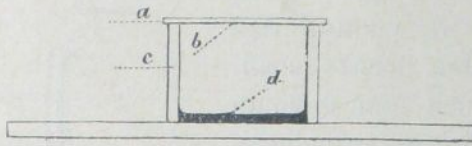


Рис. 97. Влажная камера.

Весьма вѣроятно также, что въ тѣхъ колбочкахъ, гдѣ обнаружилось развитіе дрожжей, новое поколѣніе образовалось изъ одной клѣтки. Но все это только весьма вѣроятно, но не строго доказано.

Относительно дрожжей Гансенъ нашелъ возможнымъ сдѣлать это строго доказаннымъ. Для этой цѣли только что привитыя колбочки съ пивнымъ сусломъ сильно взбалтываются и затѣмъ оставляются стоять неподвижно. Тогда клѣтки падаютъ на дно и начинаютъ размножаться. Черезъ нѣкоторое время на мѣстѣ клѣтки будетъ замѣтно простымъ глазомъ бѣловатое пятно (колонія), состоящее изъ дрожжевыхъ клѣтокъ. Если въ колбѣ была обнаружена только одна колонія, то, слѣдовательно, въ нее попала только одна клѣтка, такъ какъ невозможно допустить, чтобы послѣ взбалтыванія двѣ клѣтки легли одна на другую. Если же въ колбу попали двѣ или три клѣтки, то появятся на днѣ двѣ или три колоніи.

Для полученія чистыхъ культуръ дрожжей пользуются также твердымъ субстратомъ, дающимъ возможность слѣдить подь микроскопомъ за образованіемъ колоніи изъ одной клѣтки. Для этой цѣли берется молодая культура дрожжей, изъ нея послѣ взбалтыванія одна капля переводится въ колбочку со стерилизованной водой, изъ которой на кончикъ проволоки берется прививка и перево-



дится въ колбочку съ нагрѣтымъ до  $45^{\circ}$  Ц. пивнымъ сусломъ съ желатиной. Послѣ взбалтыванія капля сусла переносится на круглое покровное стекло около 30 миллиметровъ въ діаметрѣ. На стеклѣ 16 квадратовъ съ цыфрами. Устраивается влажная камера (рис. 98), въ которой клѣтки лежатъ неподвижно въ застывшей желатинѣ.

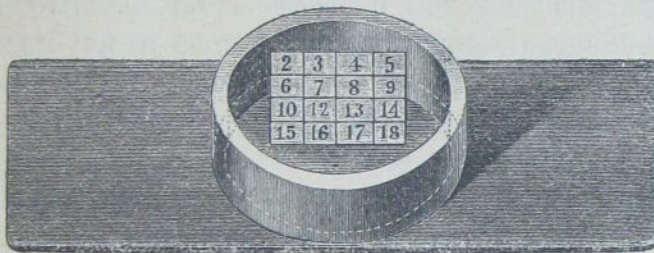


Рис. 98. Влажная камера съ выравненными квадратами и цыфрами.

Записавши или зарисовавши, въ какихъ квадратахъ лежатъ отдѣльныя клѣтки, слѣдятъ за образованіемъ колоніи. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ колонія образуется изъ одной клѣтки на глазахъ наблюдателя. Когда колонія стала ясно замѣтна простымъ глазомъ, ее снимаютъ со стекла и бросаютъ въ колбу съ питательной жидкостью. Это дѣлается такъ, что берется стерилизованнымъ пинцетомъ небольшой кусокъ стерилизованной же на огнѣ платиновой проволоки, которымъ и вынимается нужная колонія и вмѣстѣ съ кускомъ проволоки бросается въ колбу съ пивнымъ сусломъ. Во время снятия колоніи стекло должно быть обращено колоніями внизъ во избѣжаніе зараженія. Операция эта должна производиться въ стеклянномъ ящикѣ. Если желательно получить чистую культуру дрожжей въ большомъ количествѣ, то на другой день послѣ прививки часть молодой культуры пипеткой переливается въ колбу Пастера (рис. 99), вмѣстимостью около 200 куб. сантиметровъ, наполненную стерилизованнымъ пивнымъ сусломъ. Черезъ сутки изъ этой колбы содержимое переливается въ другую большую колбу Пастера, вмѣстимостью въ 500 куб. сантиметровъ, также наполненную стерилизованнымъ сусломъ. Переливаніе производится слѣду-

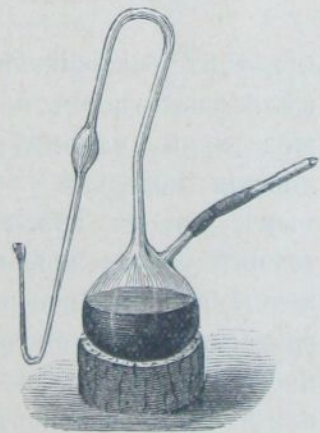


Рис. 99. Колба Пастера.

тощимъ образомъ. Узкія шейки колбъ накаливаются въ пламени. Открываніе и соединеніе колбъ производится въ пламени Бунзен-новской горѣлки. Для этой цѣли опоразниваемую колбу ставятъ слѣва, наполняемую справа отъ горѣлки. Лѣвую колбу открываютъ въ пламени, снимая каучуковую трубку съ сидящей въ ней стеклянной палочкой. Вынимаютъ стеклянную палочку изъ каучуковой трубки правой колбы и быстро вставляютъ въ нее горячую трубку лѣвой колбы. Накаливаютъ узкую шейку лѣвой колбы и ея содержимое переливаютъ въ правую колбу. Наконецъ колбы разнимаютъ и въ каучуковую трубку правой колбы вставляется горячая стеклянная палочка.

Для выдѣленія чистыхъ культуръ бактерій употребляются также какъ жидкія, такъ и твердыя питательныя среды. Для жидкихъ средъ употребляется описанный уже способъ разбавленія. Но такъ какъ у бактерій нельзя наблюдать, какъ у дрожжей, образованія

колоніи изъ упавшей на дно клѣтки, то и нельзя съ увѣренностью сказать, что полученная культура произошла отъ одной клѣтки. Поэтому изъ полученной культуры опять заражаютъ новыя колбочки и такъ повторяютъ нѣсколько разъ.

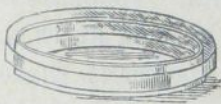


Рис. 100. Двойныя чашки Петри.

Болѣе пригодны для выдѣленія чистыхъ культуръ бактерій, изъ смѣси ихъ, твердые субстраты. Для этой цѣли разжижаютъ на водяной банѣ три пробирки съ питательной желатиной (напримѣръ, бульонъ-желатина) или три фрейденрейховскія колбочки<sup>1)</sup>. Затѣмъ берутъ стерилизованнымъ платиновымъ ушкомъ культуру бактерій и растираютъ ее на стеклянной стѣнкѣ въ верхней части желатины. Далѣе слѣдуетъ закрываніе колбы, равномерное распредѣленіе посѣва въ желатинѣ при помощи разнообразныхъ повертываній сосуда. Изъ первой колбочки (или пробирки) посѣвъ дѣлается во вторую, изъ второй въ третью. Изъ всѣхъ трехъ сосудовъ желатину выливаютъ въ три чашки Петри (рис. 100). Это двойныя плоскія чашки 9—10 сантиметровъ въ діаметрѣ. Черезъ нѣсколько времени каждая бактерія дастъ вокругъ себя колонію, видимую простымъ глазомъ или въ увеличительное стекло. Если были взяты три колбочки и приготовлены три куль-

<sup>1)</sup> Вместо желатины, смотря по виду бактерій, берется также агарь-агарь, кремнекислота и т. д.

туры въ чашкахъ, то наибольшее число колоній дастъ первая чашка, наименьшее же число колоній — третья чашка. Наиболѣе удачныя, совершенно изолированныя колоніи вынимаютъ при помощи согнутой на концѣ платиновой иглы и помѣщаютъ въ стерилизованныя питательныя среды для полученія чистыхъ культуръ. Такъ какъ при культурахъ въ чашкахъ Петри далеко не всегда колонія образуется только изъ одной клѣтки, то поэтому для полученія вполне точныхъ результатовъ всю операцію слѣдуетъ повторить надъ полученной чистой культурой. Точно такимъ же способомъ можно получать чистыя культуры дрожжей и другихъ микроорганизмовъ.

Когда наконецъ нами получена чистая культура извѣстнаго микроорганизма, мы можемъ получить отъ нея желаемое число разводовъ. Прививки въ жидкія питательныя среды производятся съ соблюденіемъ всѣхъ предосторожностей при помощи стеклянной палочки, платиновой проволоки, пипетки. Прививки въ твердый питательный субстратъ производятся уколомъ или штрихомъ. Прививка уколомъ дѣлается такъ, что берется платиновой иглой капля чистой культуры и производится уколъ въ питательную желатину. Во время укола пробирка должна быть обращена отверстиемъ внизъ (рис. 101). Для прививки штрихомъ нужно брать пробирки съ застывшимъ косымъ слоемъ желатины. Вмѣсто пробирокъ можно пользоваться также четырехугольными склянками съ горизонтальнымъ или косымъ слоемъ желатины. Платиновой проволокой, смоченной чистой культурой, дѣлается штрихъ на косомъ слое желатины. Черезъ нѣсколько времени на мѣстѣ укола или штриха появляются культуры микроорганизмовъ, такъ называемыя *Stichkulturen* и *Strichkulturen*.

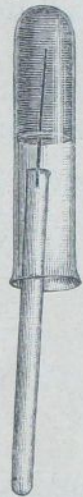


Рис. 101. Прививка уколомъ.

§ 10. Броженіе высшихъ растений (интрамолекулярное дыханіе). Высшія растения также могутъ нѣкоторое время оставаться живыми въ атмосферѣ, лишенной кислорода<sup>1)</sup>. За все время пребыванія ихъ въ подобныхъ условіяхъ, несмотря на пре-

<sup>1)</sup> *Lechartier et Bellamy, Comptes rendus. 69. 1869. 1872; Pasteur, Comptes rendus. 75. 1872.*

кратившееся поглощение кислорода, они продолжают выделять углекислоту. Кроме того, в тканях их образуется спирт. Следовательно, этот процесс есть также брожение и служит для поддержания жизни высших растений в средах, лишенных кислорода. Он называется еще интрамолекулярным дыханием.

Растения, содержащая в себя маннитъ, в безкислородной среде выделяют, кроме углекислоты, еще и водородъ; таковы: *Olea europaea*, *Ligustrum*, *Eugenia*, *Tilia* и нѣкоторыя другія <sup>1)</sup>.

Количество углекислоты, выделяемой высшими растениями в отсутствіи кислорода, рѣдко бываетъ равно количеству ея при нормальныхъ условіяхъ, обыкновенно же значительно меньше <sup>2)</sup>. Если *I* обозначаетъ количество углекислоты, выдѣленной извѣстнымъ растеніемъ за извѣстное время в отсутствіи кислорода, а *N* обозначаетъ количество углекислоты, выдѣленной тѣмъ же растеніемъ за такое же время при нормальныхъ условіяхъ на воздухѣ, то отношеніе  $\frac{I}{N}$  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
Молодыя 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 вещества <sup>3)</sup>. 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

1) *Müntz*, Ann. de chim. et de physique. 5. VIII. 1876; *De Luca*, Annales des sciences nat. 6. VI. 1879.

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

3) *Палладинъ*, Значеніе кислорода для растеній (Bulletin de la Soc. Imp. des naturalistes de Moscou. LXII. 1886, стр. 44).

подобные же корешки потратили только 4,6% сухого вещества. Следовательно, для высших растений реакции окисления (дыхание) оказываются значительно больше выгодными, чем реакции распада (брожение).

Количество выделяемой растениями углекислоты зависит в значительной степени от содержания в них углеводов<sup>1)</sup>. Не содержащие углеводов этиолированные листья бобов в атмосфере, лишенной кислорода, выделяют незначительные количества углекислоты и скоро умирают. Такие же листья, после культуры их на сахарном растворе, при тех же прочих условиях выделяют много углекислоты и значительно дольше остаются живыми. После двух дней пребывания в бескислородной среде все листья, не содержавшие углеводов, были найдены мертвыми, листья же, получившие сахар, все остались живы и затем позеленели на свет.

Новейшие исследования Стокласы и Черни<sup>2)</sup> дали новое доказательство, что интрамолекулярное дыхание не что иное, как спиртовое брожение. Из различных растений, после предварительного пребывания их в среде, лишенной кислорода, они извлекли фермент, тождественный по своему действию с зимазой дрожжей. Этот фермент, при условии полной асептики, вызывает бурное брожение в растворах глюкозы с выделением углекислоты и образованием спирта. Подобный же фермент им удалось получить также из различных органов растений, даже листьев, живших при нормальных условиях на воздухе, а также из различных животных тканей.

На интрамолекулярное дыхание также, как и на нормальное, влияют различные внешние факторы, то усиливающие, то задерживающие его энергию<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Палладинъ, *Revue générale de botanique*. VI. 1894, pag. 201.

<sup>2)</sup> *Stoklasa und Czerny*, *Berichte chemischer Gesellschaft*, 36, 1903, pag. 622.

<sup>3)</sup> *Смирновъ*, *Revue générale de botanique*, 1903, pag. 26, *Костычевъ*, *Berichte bot. Gesellschaft*. 1902, pag. 327. *Морковинъ*, *Berichte botan. Gesellschaft*, 1903, pag. 72.

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

# Физиологія роста и формы растений.

## ГЛАВА ПЕРВАЯ.

### Общія понятія о ростѣ.

§ 1. **Анатомическія данныя относительно роста клѣтокъ.** На основаніи наблюденій подъ микроскопомъ за развитіемъ растительныхъ клѣтокъ, въ явленіяхъ роста можно различать три стадіи. Ростъ клѣтокъ начинается дѣленіемъ ихъ, — это будетъ первая стадія роста. Затѣмъ вновь образовавшіяся молодыя клѣтки начинаютъ растягиваться, увеличиваться въ объемѣ, — 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 незамѣтно 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 трахеиды, проходятъ всѣ три стадіи роста (рис. 102). Когда всѣ клѣтки какого-либо клѣточного комплекса или органа находятся въ періодѣ дѣленія, или на третьей стадіи роста, то всѣ подобныя измѣненія нисколько не отражаются на его величинѣ: она остается прежнею. Поэтому эти двѣ стадіи нужно отличать, подъ именемъ *внутренняго роста*, отъ второй стадіи — стадіи *внѣшняго*

или *наружнаго роста*, результатомъ котораго является увеличеніе размѣровъ растенія.

Физиологическія изслѣдованія надъ ростомъ растеній производятся, 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 клѣтки есть результатъ дѣятельности протоплазмы. Для того, чтобы ростъ, какъ результатъ неизвѣстныхъ измѣненій въ протоплазмѣ, могъ осуществиться, необходимъ цѣлый рядъ условій. При отсутствіи хотя бы одного изъ нихъ, ростъ прекращается. Наоборотъ, если въ клѣткѣ, въ данный моментъ, нѣтъ потребности въ ростѣ, то она и не будетъ расти, несмотря на помѣщеніе ея при всѣхъ благопріятныхъ для роста условіяхъ.

Одно изъ необходимыхъ условій для роста—это *тургоръ*. Всякая растущая клѣтка, помѣщенная въ 10% растворъ поваренной соли, селитры или сахара, начинаетъ уменьшаться въ объемѣ (рис. 103). Ея клѣточная

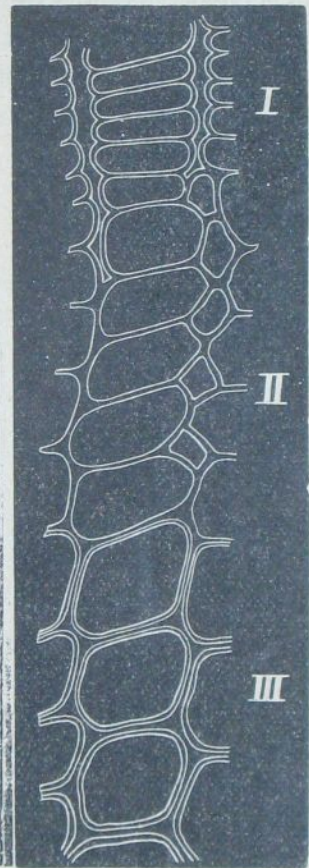


Рис. 102. Камбиальная область сосны.

оболочка и кожистый слой протоплазмы сокращаются сначала равномерно, затѣмъ оболочка, достигнувъ извѣстной величины, перестаетъ сокращаться, а кожистый слой протоплазмы еще продолжаетъ сокращаться, и вслѣдствіе этого начинается отдѣленіе его отъ оболочки. Наконецъ, онъ вмѣстѣ со всѣмъ содержимымъ клѣтки образуетъ шарообразное тѣло, лежащее внутри клѣтки. Подобное явленіе называется плазмолизомъ. При помѣщеніи плазмолизованной клѣтки обратно въ чистую воду, она начинаетъ вновь увеличи-

ваться и принимает прежний вид. Подобныя измѣненія въ клѣткѣ происходятъ по той же причинѣ, по какой сокращается въ крѣпкихъ соляныхъ растворахъ животный пузырь, наполненный болѣе слабымъ солянымъ растворомъ. Клѣточный сокъ всякой растительной клѣтки также представляетъ собою растворъ различныхъ веществъ, притягивающихъ къ себѣ воду. Вызываемое этимъ процессомъ гидростатическое давленіе называется тургоромъ.

Ростъ всякой клѣтки начинается растяженіемъ оболочки, вызываемымъ тургоромъ. Это растяженіе затѣмъ закрѣпляется отложеніемъ новыхъ слоевъ клѣтчатки. Искусственная клѣтка Траубе

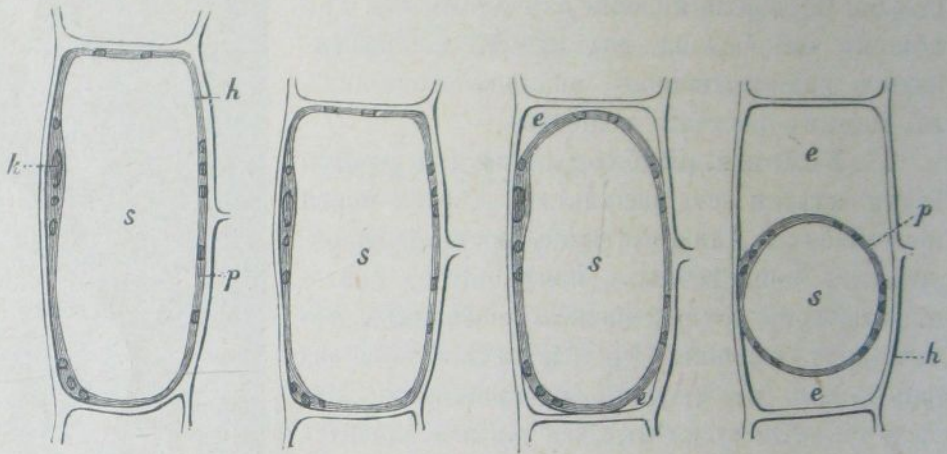


Рис. 103. Различныя стадіи плазмолиза.

представляетъ близкую аналогію роста живой клѣтки. Если помѣстить каплю желатины въ растворъ таннина, то на ея поверхности образуется осадочная дубильная пленка. Получившаяся искусственная клѣтка начинаетъ расти. Этотъ ростъ можетъ быть объясненъ только такимъ образомъ, что желатина притягиваетъ къ себѣ воду изъ раствора таннина; вызываемое этимъ гидростатическое давленіе растягиваетъ оболочку, въ которой наконецъ появляется множество мельчайшихъ трещинъ. Черезъ эти трещины таннинъ 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 отдѣль-



ными клетками, де-Фризъ <sup>1)</sup> 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 клетчатки.

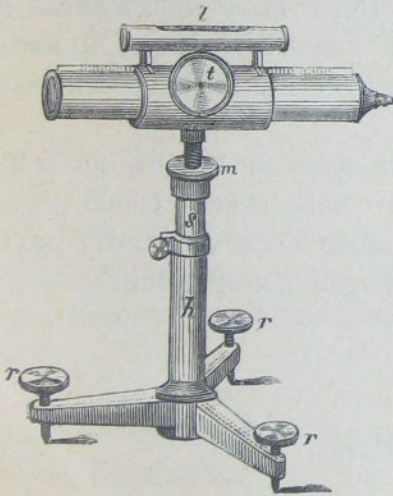


Рис. 104. Горизонтальный микроскопъ.

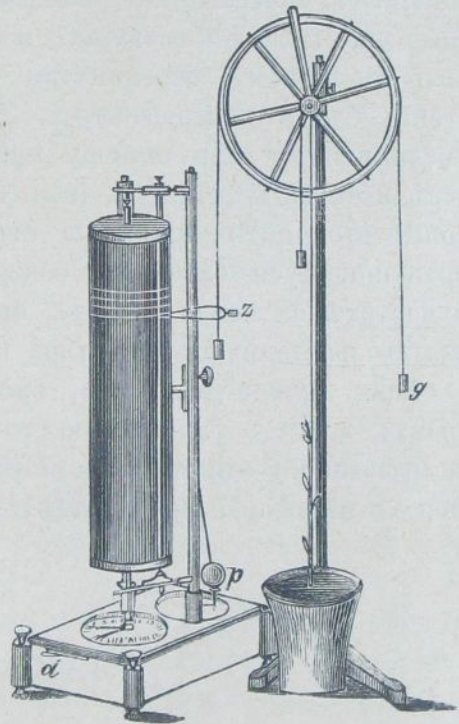


Рис. 105. Ауксанометръ.

Тургоръ можетъ вызвать увеличеніе объема клетокъ только подъ условіемъ растяжимости клеточныхъ оболочекъ. Опыты Вортмана <sup>2)</sup> показали, что наиболѣе растяжимы оболочки очень молодыхъ клетокъ; съ возрастомъ растяжимость постепенно слабѣетъ, результатомъ чего, въ концѣ-концовъ, будетъ прекращеніе роста клетокъ, несмотря на то, что тургоръ не уменьшается. Слѣдовательно, растяжимость клеточныхъ оболочекъ второе необходимое условіе для роста.

<sup>1)</sup> *De-Vries*, *Mechanische Ursachen der Zellstreckung*. 1877.

<sup>2)</sup> *Wortmann*, *Bot. Zeitung*. 1889, pag. 229; *Schwendener und Krabbe*, *Pringsheim's Jahrbücher*. XXV. 1893.

Для того, чтобы ростъ могъ осуществиться, необходимы еще благоприятныя 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 катетометръ (рис. 104). Наконецъ, употребляются самозаписывающіе приборы — ауксанометры (рис. 105). Къ верхушкѣ изслѣдуемаго 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. Послѣдняя прикасается къ вращающемуся барабану, обвернутому покрытою сажею бумагой, и чертитъ на немъ кривую, выражающую собою скорость роста взятаго растенія за извѣстное время.

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

## ГЛАВА ВТОРАЯ.

### Явленія роста, зависящія отъ внутренней организаціи 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 назвалъ большимъ періодомъ роста <sup>1)</sup>. Кривую, выражающую этотъ періодъ,

<sup>1)</sup> *Sachs, Arbeit. d. Würzburg. Instituts. 1872, p. 102.*

онъ назвалъ большою кривою роста. Эта особенность развитія зависитъ отъ того, что отдѣльныя клѣтки, входящія въ составъ каждаго растенія, также проходятъ большой періодъ роста. Внѣшнія условія могутъ удлинитъ или укоротитъ періодъ, но общій видъ кривой останется прежній.

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

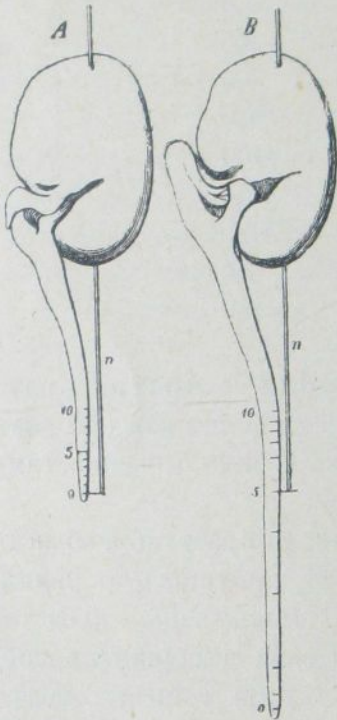
въ 1-й день . . . . .	1,2 мм.
» 2-й » . . . . .	1,5 »
» 3-й » . . . . .	2,5 »
» 4-й » . . . . .	5,5 »
» 5-й » . . . . .	7,0 »
» 6-й » . . . . .	9,0 »
» 7-й » . . . . .	14,0 »
» 8-й » . . . . .	10,0 »
» 9-й » . . . . .	7,0 »
» 10-й » . . . . .	2,0 »

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

*Корень* <sup>1)</sup> 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 мм., у *Vitis velutina*—болѣе 100 мм. 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 сѣмянъ *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 (температура 20,5° Ц.):

<sup>1)</sup> *Sachs, Arbeit. Würzb. Instituts. 1873—1874. Band. I. p. 385, 584.*

Участки.		Прирость.
Верхний	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 »



На 106-мъ рисунокѣ изображенъ ростокъ боба (А) съ только что нанесенными мѣтками и затѣмъ тотъ же ростокъ (В) черезъ сутки.

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

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 »

Рис. 106. Ростъ корня.

*Стебель* <sup>1)</sup> также растетъ не по всей своей длинѣ. Только растущая зона у него значительно длиннѣе, чѣмъ у корня. Такъ, у

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

<sup>1)</sup> *Askenasy*, Verhandl. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. Band 2. 1878.

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

Ростъ *листьяго*<sup>1)</sup> въ большинствѣ случаевъ базипетальный. Растущая область находится въ нижней части листа. Слѣдующая таблица показываетъ приростъ листа *Allium Cera* отъ 8-го по 23-е марта. Мѣтки тушью въ началѣ опыта были нанесены на разстояніи 2,5 миллиметра. Температура 19—21° Ц.

Нумера участковъ.	Приростъ въ 24 часа.			Сумма при- ростковъ отъ 8—23-го марта мм.	
	8—9-го марта мм.	17—18-го марта мм.	22—23-го марта мм.		
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
Пластинка .	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.

Результатомъ роста органовъ бываетъ иногда не удлиненіе, а *укорачиваніе*<sup>2)</sup>; это зависитъ отъ сильнаго разрастанія въ радіальномъ направленіи паренхимныхъ клѣтокъ коры; сосудистые пучки вслѣдствіе этого дѣлаются волнистыми. Укорачиваніе иногда бываетъ довольно значительно и имѣетъ важное біологическое значеніе. Сокращающійся корень уноситъ вглубь находящіяся 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

<sup>1)</sup> *Stebler*, Jahrb. f. wiss. Botan. Band 11. 1878, p. 47.

<sup>2)</sup> *De-Vries*, Landwirthschaftl. Jahrbücher. 1880, p. 37.

составъ различныхъ тканей, размножаются и растутъ не съ одинаковою скоростью; вслѣдствіе этого между тканями появляется антагонизмъ: однѣ ткани оказываются сдавленными другими и, въ свою очередь, растягиваютъ ихъ. Это явленіе называется *напряженіемъ* тканей. Напряжение тканей увеличиваетъ упругость органовъ. Во всякомъ растеніи однѣ ткани напряжены *тягой*, т. е. растянуты, другія—напряжены *давленіемъ*, т. е. сдавлены; первое напряжение называется также *отрицательнымъ*, второе — *положительнымъ*. Напряжение бываетъ продольное и поперечное. Существованіе продольнаго напряженія можно легко обнаружить, расколотивши 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 междуузлія напряженъ тягой относительно тканей, лежащихъ болѣе къ центру, и давленіемъ — относительно болѣе наружныхъ тканей.

Поперечное напряжение всего лучше наблюдать въ болѣе старыхъ стволахъ двусѣмядольныхъ растеній. Оно вызывается тѣмъ, что древесина растетъ быстрѣе, чѣмъ кора. Если на стволѣ дерева вырѣзать кольцо коры и затѣмъ снова надѣтъ его на прежнее мѣсто, то концы не сойдутся.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### Явленія роста и измѣненія формы растеній, зависящія отъ внѣшнихъ условій.

§ 1. Зависимость роста и формы растеній отъ температуры. Для роста наиболѣе благоприятна извѣстная средняя температура <sup>1)</sup>. При очень низкихъ и высокихъ температурахъ ростъ прекращается. Слѣдующая таблица показываетъ приростъ трехъ растеній за 48 часовъ при различныхъ температурахъ:

<sup>1)</sup> *Körpen*, Wärme und Pflanzenwachsthum. 1870; *Sachs*, Jahrb. f. wiss. Botanik. 1860; II, p. 338.

Температура ° Ц.	Lupinus albus mm.	Pisum sativum mm.	Triticum vulgare 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

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

	Minimum ° Ц.	Optimum ° Ц.	Maximum ° Ц.
<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° Ц., другія могутъ развиваться при 0°; такъ, альпійскій колокольчикъ (*Soldanella*) начинаетъ свое развитіе весною, еще подъ снѣжнымъ покровомъ и, пробивая его, выходитъ наружу.

Еще болѣе рѣзкія колебанія minimum'овъ и maximum'овъ наблюдаются у различныхъ микроорганизмовъ. Такъ, существуютъ бактеріи, которыя при 0° могутъ не только жить, но и сильно размножаться. Въ морской водѣ при 0° найдено 150 бактерій въ куб. сантиметрѣ. При стояннн при той же температурѣ количество ихъ увеличилось черезъ 4 дня до 1750. Слѣдовательно, при 0° бактеріи продолжали размножаться.

Крайнюю противоположность описаннымъ бактеріямъ представляетъ *Bacillus termophilus*, который сильно размножается еще при 70° Ц. Тогда какъ для первыхъ бактерій optimum температуры лежитъ при 10 — 15°, *Bacillus termophilus* перестаетъ размножаться уже при температурѣ ниже 42° Ц.

Очень крайнія температуры могутъ выдерживать споры. Нѣкоторые виды выдерживаютъ кратковременное пребываніе въ замороженномъ кислородѣ при —213° Ц. Очень высокую температуру выдерживаютъ споры нѣкоторыхъ почвенныхъ бактерій. Такъ, отмираніе ихъ споръ наступаетъ въ парахъ воды:

При 100° . . . . .	черезъ 16 часовъ
» 105—110° . . . . .	» 2—4 часа.
» 115° . . . . .	» 30—60 минутъ.
» 125—130° . . . . .	» 5 минутъ.
» 135° . . . . .	» 1—5 минутъ.
» 140° . . . . .	» 1 минуту.

Температура вліяетъ не только на ростъ, но также и на форму растеній. Низкая температура неблагоприятна для роста растеній. На высокихъ горахъ, въ полярныхъ странахъ, гдѣ на долю растеній приходится мало тепла, растенія бываютъ очень низки, стелются по землѣ, какъ бы прижимаются къ ней. Наблюденія показываютъ, что на высокихъ горахъ почва, сравнительно, гораздо теплѣе воздуха, и растенія, прижимаясь къ землѣ, какъ бы ищутъ болѣе теплыхъ мѣстъ. Кромѣ того, стелющіяся по землѣ растенія на зиму покрываются толстымъ слоемъ снѣга, предохраняющимъ ихъ отъ вымерзанія. Такъ, на 107 рисункѣ изображенъ видъ стелющейся сосны (*Pinus humilis*). Вѣтви этой сосны не поднимаются вертикально, а принимаютъ горизонтальное положеніе. Даже стволы въ 20 сантиметровъ въ діаметрѣ, которые отлично могли бы поддерживать раскидистую крону въ вертикальномъ положеніи, и тѣ растутъ почти параллельно къ землѣ. Таковы наблюдаемые факты. Но для точнаго доказательства необходимы опыты. Въ послѣднее время удалось доказать, что достаточно однихъ только измѣненій температуры, при прочихъ равныхъ условіяхъ, чтобы получить растенія различнаго внѣшняго вида. Напримѣръ, при средней температурѣ побѣги *Mimulus Tilingii* поднимаются вертикально вверхъ, при низкой же сгибаются и даже принимаютъ горизонтальное положеніе.



Извѣстно, что на высокихъ горахъ климатъ отличается рѣзкими колебаніями температуры. Возникаетъ вопросъ, не является ли это обстоятельство однимъ изъ факторовъ обуславливающихъ оригинальныя особенности альпійской флоры. Для рѣшенія этого во-



Рис. 107. Стелющіяся сосны на Тирольскихъ горахъ.

проса посѣвы различныхъ растений равнинъ помѣщались на ночь въ ящики, обложенные льдомъ, днемъ же оставались расти при нормальныхъ условіяхъ на открытомъ воздухѣ, слѣдовательно, подвергались рѣзкимъ перемѣнамъ суточной температуры. Въ резуль-

татѣ получились растенія съ особенностями, свойственными альпійской флорѣ (задержанный ростъ, короткія междоузлія, малые, но твердые листья и болѣе раннее цвѣтеніе).

Рѣзкимъ примѣромъ вліянія температуры на форму растеній могутъ служить опыты надъ однимъ изъ видовъ уксусныхъ бактерій (*Bacterium Pasteurianum*). При культурѣ при средней температурѣ эти бактеріи имѣютъ видъ короткихъ палочекъ, обыкновенно соединенныхъ въ цѣпочки (рис. 108). Если же часть этихъ бактерій перенести на новую питательную жидкость и оставить при  $40^{\circ}$ , то уже черезъ нѣсколько часовъ клѣтки вырастаютъ въ очень длинныя нити (рис. 109). Эти нити въ нѣкоторыхъ случаяхъ пре-

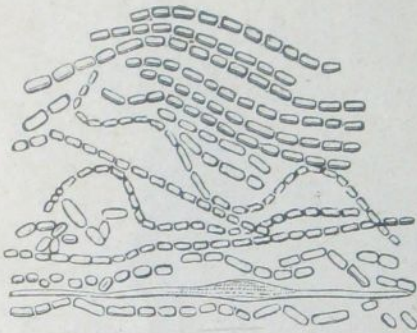


Рис. 108. *Bacterium Pasteurianum*. Культура при  $34^{\circ}$ .

восходятъ длиною первоначальныя короткія палочки въ 150 и болѣе разъ. Если же затѣмъ культуру, состоящую изъ длинныхъ нитей, снова помѣстить при температурѣ въ  $34^{\circ}$ , то снова начинается превращеніе длинныхъ нитей въ короткія палочки (рис. 110). При переходѣ къ низкой температурѣ на нитяхъ сначала появляются сильныя утолщенія и только затѣмъ онѣ начинаютъ дѣлиться на короткія палочки, соединенныя въ цѣпочки. Только утолщенія остаются нераздѣленными и наконецъ растворяются.

Наконецъ, зависимость развитія растеній отъ температуры изучается при помощи *фенологическихъ* наблюдений. Чтобы установить потребность въ теплѣ какого-либо однолѣтняго растенія, опредѣляются ежедневно, начиная со дня посѣва до дня полного созрѣванія плодовъ, среднія или высшія температуры всѣхъ дней, когда температура стоитъ выше нуля. Складывая полученныя температуры, получаютъ количества теплоты, потребной для полного развитія данного растенія.

Несомнѣнно, что такой способъ наблюдений можетъ дать только очень неточные и приблизительные результаты. Всякое растеніе относится далеко не безразлично къ той или иной температурѣ. Напримѣръ, въ извѣстный день наблюдается температура въ  $35^{\circ}$ , а для изслѣдуемаго растенія наиболѣе благоприятна температура

25°. Слѣдовательно, лишніе 10 градусовъ не только не принесутъ пользы, но, можетъ быть, окажутся даже вредными. Если растение выросло при извѣстной суммѣ температуръ, то отсюда еще не слѣдуетъ, что оно не можетъ вырасти при меньшей суммѣ темпера-

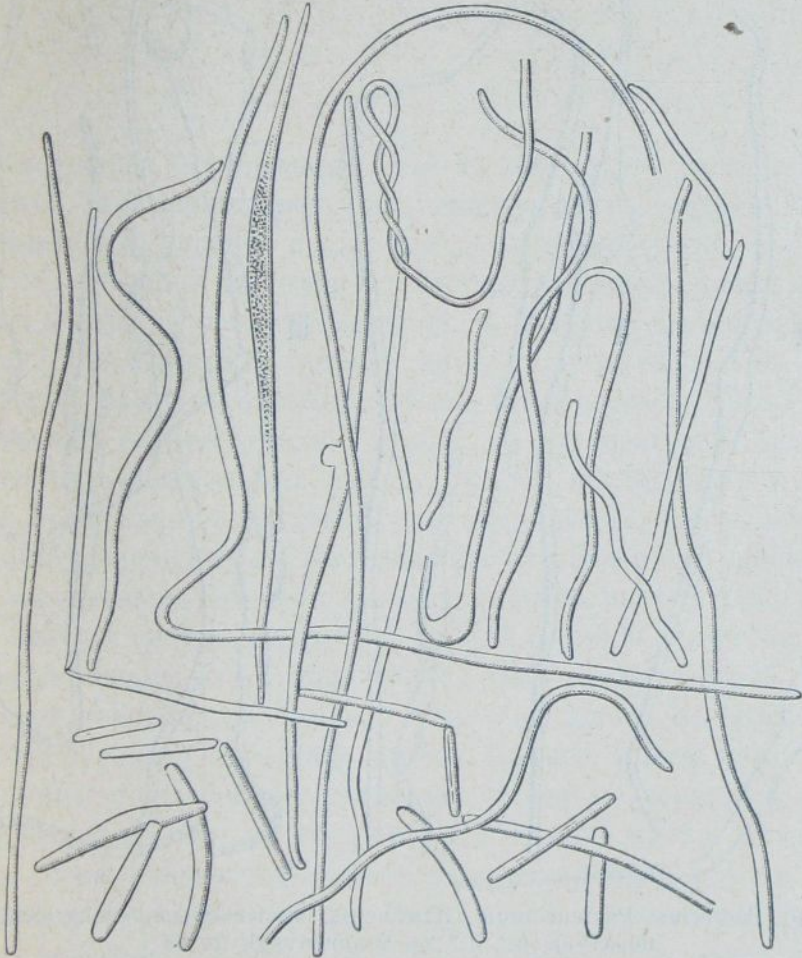


Рис. 109. *Bacterium Pasteurianum*. Культура при 40°.

туръ: береза около Кіева растетъ при болѣе высокой температурѣ, чѣмъ около Петербурга. Слѣдующій примѣръ, сравнивающій ходъ развитія растительности въ Брюсселѣ и Петербургѣ, подтверждаетъ высказанное мнѣніе. Были взяты 6 группъ растений, изъ которыхъ первая группа состояла изъ наиболѣе раннихъ растений (*Anemone*, *Coryllus*), слѣдующія группы состояли изъ растений все болѣе и

болѣе поздно цвѣтущихъ. Измѣренія температуры начаты были въ Брюсселѣ съ 16 января, а въ Петербургѣ съ 8 апрѣля. Время цвѣтенія растеній каждой группы приведено въ слѣдующей таблицѣ:

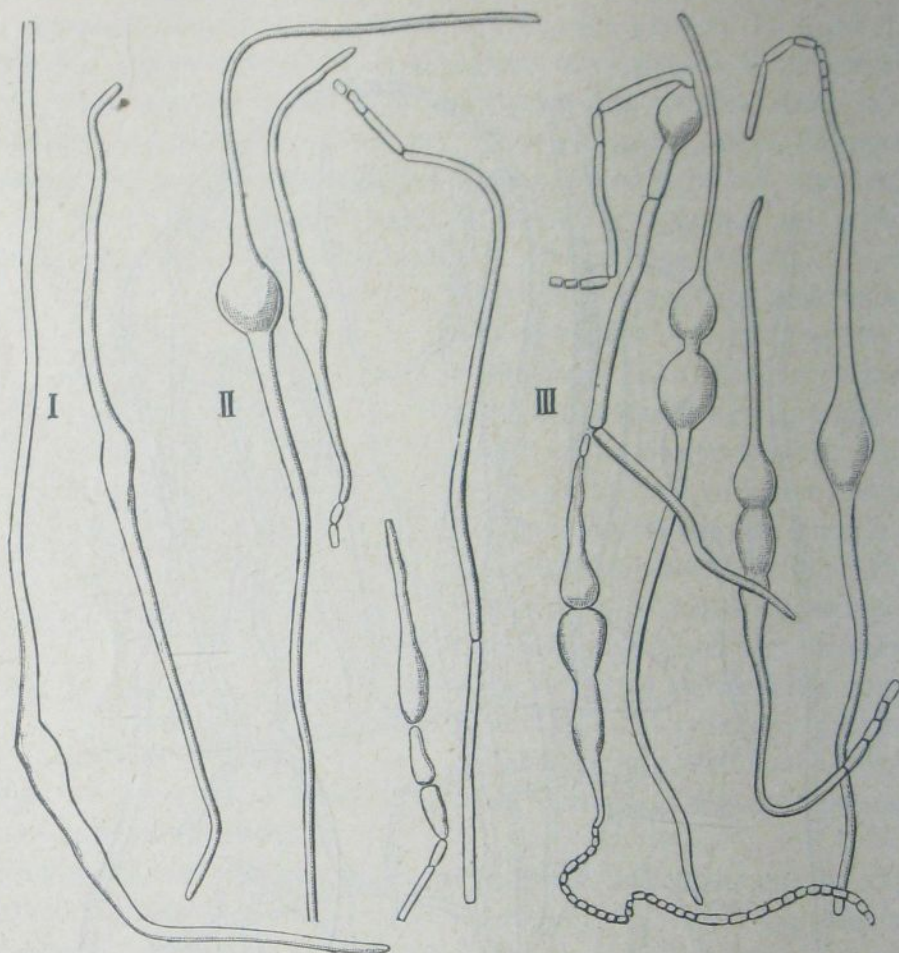


Рис. 110. *Bacterium Pasteurianum*. Измѣненія, вызываемыя переходомъ отъ температуры въ  $40^{\circ}$  къ температурѣ въ  $34^{\circ}$ .

Группы.	Въ Брюсселѣ.	Въ Петербургѣ позднѣе.
1	16 марта	на 51 день.
2	7 апрѣля	» 44 дня.
3	29 »	» 39 дней.
4	19 мая	» 33 дня.
5	4 юня	» 22 »
6	30 »	» 11 дней.

Суммы температуры для растений каждой группы слѣдующія:

Группы.	Въ Брюсселѣ.	Въ Петербургѣ.
1	184 °	93 °
2	334 °	216 °
3	583 °	421 °
4	791 °	617 °
5	1017 °	698 °
6	1466 °	937 °

Эти данныя показываютъ, что въ Петербургѣ растения довольствуются значительно меньшимъ количествомъ теплоты, чѣмъ въ Брюсселѣ. Мы видимъ, кромѣ того, что по сравненію съ Брюсселемъ запаздываніе цвѣтенія въ Петербургѣ наблюдается особенно сильно только у раннихъ растений и разница постепенно уменьшается. Для позднихъ растений (липа) разница только въ 11 дней. Послѣдній фактъ объясняется тѣмъ, что для многолѣтнихъ растений имѣютъ значеніе также и дни съ температурой ниже нуля. Это періодъ покоя, но не періодъ полной недѣятельности. За это время совершаются разнообразныя химическія превращенія, подготавливающія растение къ дѣятельной жизни. Эти превращенія только въ незначительной степени ускоряются повышенной температурой, какъ это мы видимъ на шестой группѣ растений: липа зацвѣла въ Брюсселѣ только на 11 дней ранѣе, чѣмъ въ Петербургѣ, хотя въ Брюсселѣ температура выше 0° стала съ половины января, а въ Петербургѣ только съ начала апрѣля. Прямые опыты показываютъ, что однимъ повышеніемъ температуры нельзя перевести растение изъ состоянія покоя въ состояніе дѣятельной жизни. Такъ, начиная съ осени, срѣзывались вѣтви вишни и помѣщались въ теплицу при температурѣ 15 — 20° Ц. Получились слѣдующіе результаты. Вѣтви, срѣзанныя осенью, не распускались и въ концѣ концовъ погибали. Вѣтви срѣзанныя:

14 декабря	зацвѣли	черезъ	27	дней.
10 января	»	»	18	»
2 февраля	»	»	17	»
2 марта	»	»	12	»
23 марта	»	»	8	»
3 апрѣля	»	»	5	»

Слѣдовательно, несмотря на благоприятную температуру теплицы, чѣмъ ранѣе срѣзаны были вѣтви, тѣмъ болѣе продолжительное время проходило до наступленія цвѣтенія. Этотъ опытъ показываетъ, что при опредѣленіяхъ количества теплоты, необходимаго для полнаго развитія растенія, необходимо считаться съ періодомъ покоя, который можетъ продолжаться или наступить, несмотря на благоприятную температуру. Нѣкоторые деревья или кустарники, перенесенные изъ умѣренныхъ странъ въ теплыя и потому избавленные отъ зимняго холода, сохраняютъ иногда на долгое время привычку сбрасывать листья и переходить въ состояніе покоя, несмотря на то, что тепла и влаги совершенно достаточно, чтобы дѣятельность не прекращалась. Слѣдовательно, не отъ одного количества теплоты зависитъ жизнь растенія. Необходимо считаться съ внутренними особенностями организаціи.

§ 2. **Зависимость роста и формы растеній отъ кислорода воздуха.** Всѣ высшія растенія растутъ только подъ условіемъ поглощенія кислорода,— съ прекращеніемъ доступа кислорода, ростъ сейчасъ же останавливается<sup>1)</sup>. Выше было уже указано<sup>2)</sup>, что по мѣрѣ увеличенія скорости роста во время прорастанія сѣмянъ, увеличивается также и количество поглощаемого растеніями кислорода. Дыханіе прорастающихъ 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, также какъ и очень малое его содержаніе въ атмосферѣ, замедляетъ ростъ и можетъ совсѣмъ прекратить его.

Если же разрѣженіе, или сдавливаніе, воздуха не очень сильно уклоняется отъ нормальнаго давленія, то тогда, напротивъ, наступаетъ ускореніе роста. Получается очень интересный фактъ, что ростъ при нормальномъ давленіи воздуха лежитъ между двумя тахіа: растеніе растетъ медленнѣе, чѣмъ при извѣстной степени увеличенія или уменьшенія давленія<sup>3)</sup>.

Въ жизни микроорганизмовъ кислородъ является также однимъ изъ важныхъ факторовъ. Для однихъ микроорганизмовъ онъ необхо-

<sup>1)</sup> Набокихъ утверждаетъ, что у высшихъ растеній возможенъ незначительный ростъ въ атмосферѣ, лишенной углекислоты (Beihefte z. Botanischen Centralblatt. XIII. 1902 г. pag. 272).

<sup>2)</sup> См. стр. 198.

<sup>3)</sup> Jaccard, Revue générale de botanique. 1893, pag. 289.

димъ, другіе могутъ очень долго обходиться безъ него, наконецъ, третьи могутъ размножаться только подъ условіемъ полного отсутствія кислорода. Поэтому по отношеніи къ кислороду всѣ микроорганизмы распадаются на двѣ группы: на аэробы, нуждающіеся для своего развитія въ кислородѣ, и на анаэробы, способные развиваться при полномъ отсутствіи кислорода. Анаэробы, въ свою очередь, распадаются на двѣ группы: на облигатные анаэробы, размножающіеся только при полномъ отсутствіи кислорода, который на нихъ дѣйствуетъ, какъ ядъ, и на факультативные анаэробы, для которыхъ кислородъ не вреденъ, но и не нуженъ, такъ какъ они могутъ размножаться какъ въ присутствіи, такъ и въ отсутствіи кислорода. Укусныя бактеріи могутъ служить примѣромъ аэробовъ, дрожжи — факультативные анаэробы и, наконецъ, бактеріи маслянокислаго броженія — облигатные анаэробы.

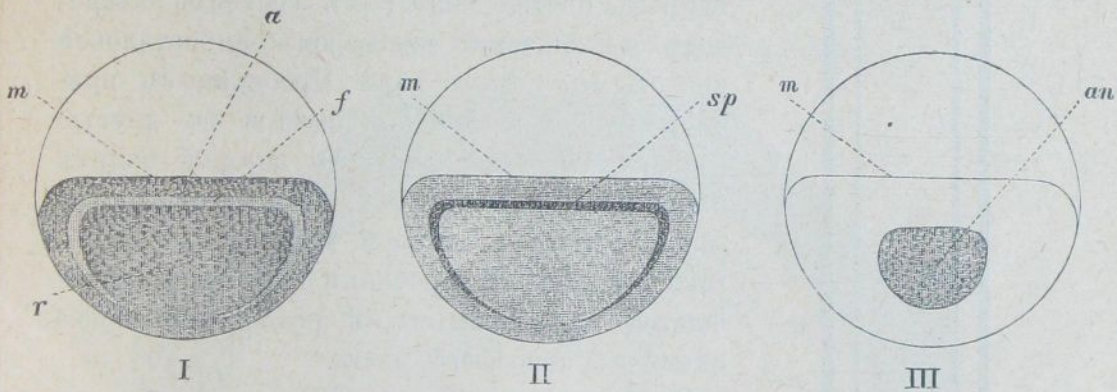


Рис. 111. Дыхательныя фигуры подвижныхъ бактерій.

Подвижными бактеріями можно пользоваться какъ чувствительнымъ реактивомъ на кислородъ. На 111-омъ рисункѣ изображены дыхательныя фигуры различныхъ подвижныхъ бактерій. Взяты три капли изъ трехъ культуръ бактерій, различно относящихся къ кислороду. Каждая капля покрыта круглымъ покровнымъ стекломъ, при чемъ подъ каждое стекло съ края (на рисункѣ сверху) положено по одному куску платиновой проволоки. Поэтому капли помѣстились подъ половинами покровныхъ стеколъ, прикасающимся къ предметнымъ. I — дыхательная фигура аэробнаго типа. Подвижныя бактеріи собрались въ зонѣ *a*, содержащей кислородъ. Бактеріи, находящіяся въ области *r*, прекратили движеніе вслѣдствіе недостатка кислорода. Пространство *f* лишено бактерій. II — дыха-



Рис. 112. Культура анаэробовъ.

тельная фигура бактерій, нуждающихся въ незначительномъ количествѣ кислорода (*Spirillen-Typus*). Бактеріи собрались на нѣкоторомъ разстояніи отъ свободной поверхности въ зонѣ *sp. III* — дыхательная фигура анаэробовъ. Всѣ бактеріи ушли въ центральную часть (*an*) капли, наименѣе доступную дѣйствию кислорода.

При культурѣ анаэробовъ необходимо принимать мѣры, чтобы кислородъ воздуха не попадалъ въ питательныя среды. Для этой цѣли Пастеръ наливаль на поверхность питательной жидкости слой масла. Можно также выкачивать воздухъ изъ сосудовъ. При культурѣ въ плотно закрытыхъ сосудахъ кислородъ поглощается растворомъ пирогалловой кислоты съ ѣдкимъ кали. Пробирка съ привитымъ анаэробомъ помѣщается въ другую большую пробирку, на днѣ которой налить пирогаллатъ *p*. Большая трубка затѣмъ плотно закрывается каучуковой пробкой (рис. 112). Находящійся въ пробиркѣ кислородъ поглощается пирогаллатомъ, и развитіе анаэроба идетъ въ атмосферѣ азота.

Присутствіе или отсутствіе кислорода въ окружающей растенія атмосферѣ вліяетъ также на ихъ форму. Такъ, *Mucor Mucedo*, одинъ изъ самыхъ распространенныхъ плѣсневыхъ грибовъ, въ присутствіи кислорода представляетъ собой сильно вѣтвящійся въ субстратѣ мицелій. На мицелии образуются вертикально стоящіе спороносцы, достигающіе 10 сантиметровъ длины (рис. 113).

Если же его мицелій опустить на дно въ сосудъ, наполненный пивнымъ сусломъ, то, попавши въ среду съ недостаточнымъ количествомъ кислорода, *Mucor* вызываетъ спиртовое броженіе сусла. При этомъ его мицелій начинаетъ дѣлиться перегородками и затѣмъ



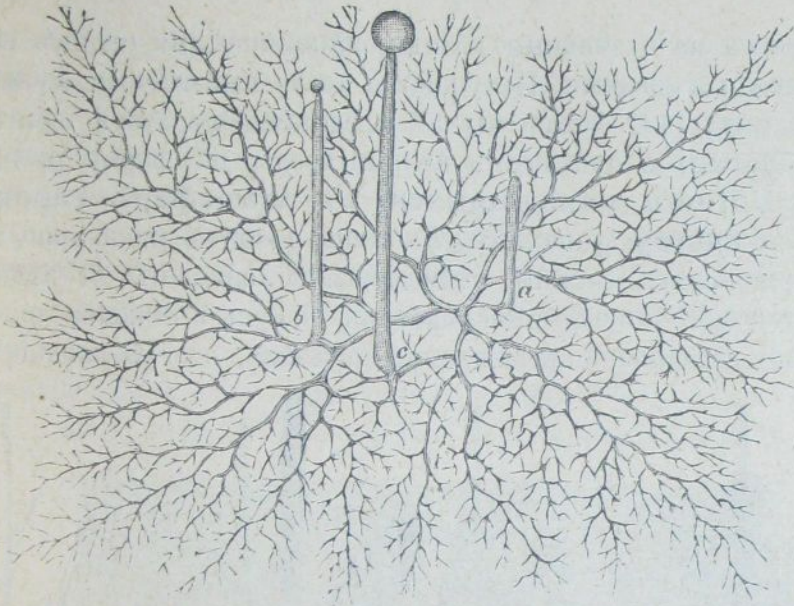


Рис. 113. Мусор Муседо въ присутствіи кислорода.

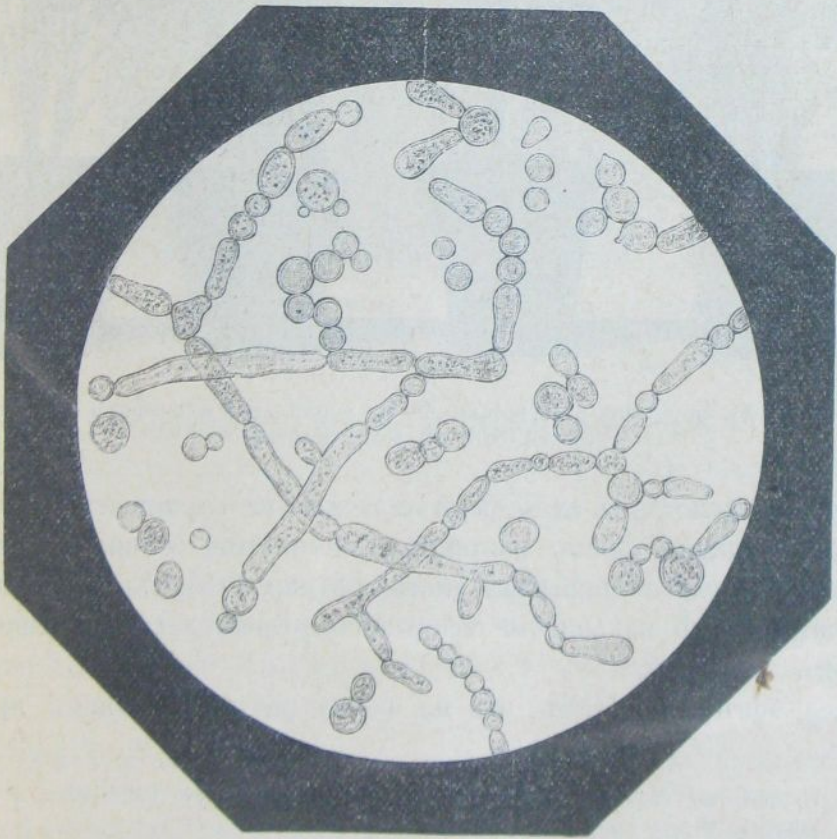


Рис. 114. Образованіе муковыхъ дрожжей въ безкислородной средѣ.

распадаться на отдѣльныя клѣтки, напоминающія своимъ видомъ обыкновенныя дрожжи. Получаются такъ называемыя мукоровыя дрожжи (рис. 114). Этотъ случай представляетъ собой одинъ изъ очень типичныхъ примѣровъ вліянія среды на форму организма.

§ 3. Вліяніе находящихся въ атмосферѣ газовъ на ростъ и форму растений. Растенія растутъ правильно только при нормальномъ составѣ атмосферы. Углекислоты въ атмосферѣ находится 0,03 — 0,04<sup>0</sup>/о. Изслѣдованія Брауна и Эскомба <sup>1)</sup>, а также Хапина <sup>2)</sup> совершенно неожиданно показали, что увеличеніе содер-

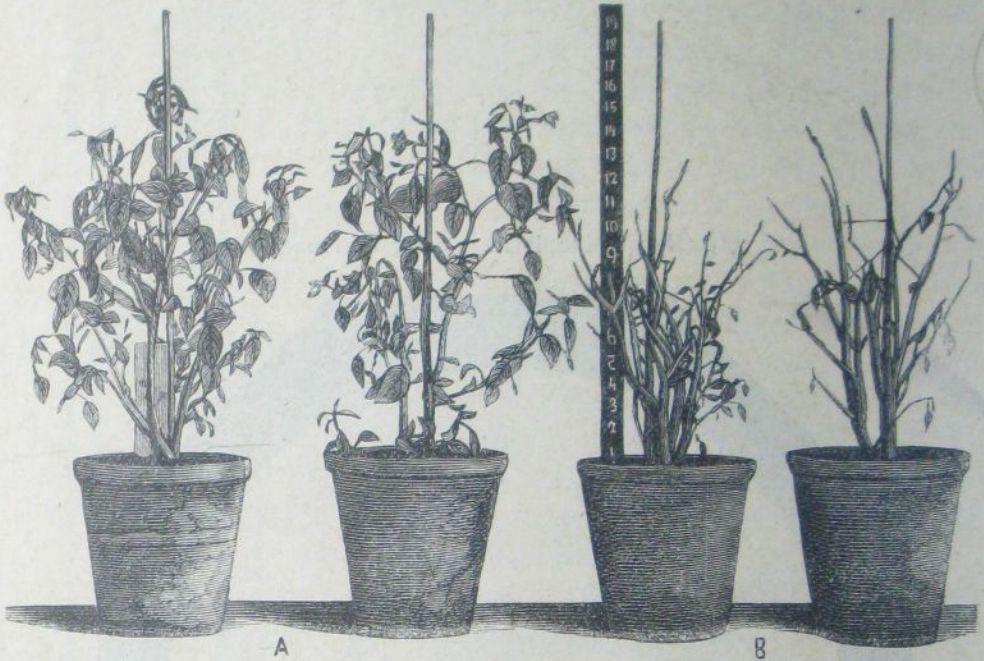


Рис. 115. *Impatiens platypetala*. А—въ нормальной атмосферѣ, В—въ атмосферѣ, богатой углекислотой.

жанія углекислоты въ атмосферѣ не только не улучшаетъ, а, напротивъ, ухудшаетъ ростъ растений. Получаются больныя растенія, часто очень слабо покрытыя листьями (рис. 115). Такіе результаты получаются при повышеніи содержанія углекислоты въ атмосферѣ до 2-хъ процентовъ.

Нелюбовъ <sup>3)</sup> показалъ, что на форму растений вліяетъ присут-

<sup>1)</sup> *Brown and Escomb*, Proceedings of the royal Society. 1902.

<sup>2)</sup> *Chapin*, Flora, 1902.

<sup>3)</sup> *Нелюбовъ*, Beihefte z. Bot. Centralblatt. X. 1901, pag. 128.

ствіе въ атмосферѣ ничтожныхъ количествъ свѣтильнаго газа и, главнымъ образомъ, его составныхъ частей: этилена и ацетилена. Въ атмосферѣ, лишенной свѣтильнаго газа, вырастаютъ прямые ростки, въ присутствіи же незначительныхъ количествъ этого газа стебли изгибаются и принимаютъ горизонтальное положеніе (рис. 116). Вообще присутствіе самыхъ разнообразныхъ веществъ въ атмосферѣ вредно дѣйствуетъ на ростъ растений <sup>1)</sup>. Нѣкоторыя же вещества дѣйствуютъ на ростъ стимулирующимъ образомъ. Такъ, по изслѣдованіямъ Югансена <sup>2)</sup>, прорастаніе луковицъ въ атмосферѣ, содержащей этильный эфиръ, идетъ гораздо скорѣе, чѣмъ безъ эфиря. Онъ предлагаетъ этотъ способъ садовникамъ для быстрой выгонки растений.

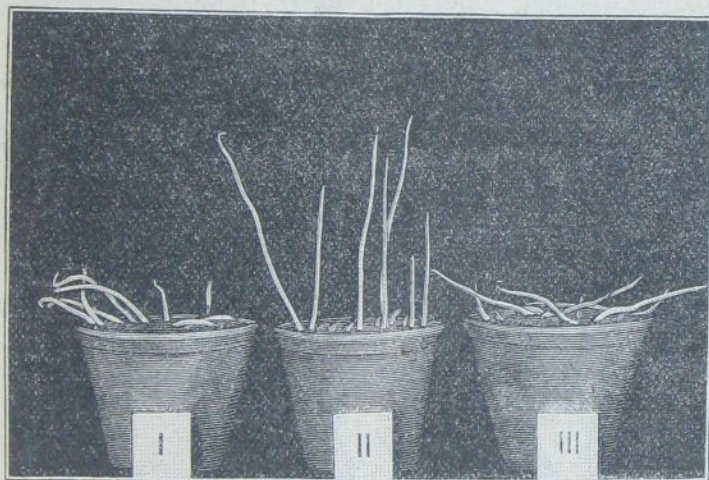


Рис. 116. Прорастаніе гороха. I и III—въ лабораторномъ воздухѣ, содержащемъ свѣтильный газъ. II—Свѣтильный газъ удаленъ пропусканіемъ воздуха черезъ накаленные трубки съ окисью мѣди.

§ 4. Зависимость роста и формы растений отъ влажности среды <sup>3)</sup>. 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 извѣстной степени поступленіе въ растеніе новыхъ количествъ воды; напротивъ, бѣдная водяными парами атмосфера

<sup>1)</sup> *Haselhoff und Lindau*, Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Leipzig. 1903.

<sup>2)</sup> *Johansen*, Das Aether-Verfahren beim Frühstreiben, Jena. 1900.

<sup>3)</sup> *Тимирязевъ*, Земледѣліе и физиологія растений. I. Борьба растенія съ засухой. Москва. 1893.



Рис. 117. Кора тропическихъ деревьевъ, заселенная орхидными растеніями.

способствуетъ какъ испаренію воды, такъ и поступленію ея въ растенія.

Если въ данной мѣстности находится достаточное количество воды, то растенія хорошо развиваются. Особенно роскошнаго развитія достигаютъ растенія въ тропическихъ странахъ, гдѣ при достаточномъ количествѣ воды имѣется еще благопріятная температура

воздуха. Тропическіе лѣса представляютъ часто непроходимыя заросли: растенія растутъ не только на поверхности почвы, но даже поселяются на другихъ растеніяхъ (рис. 117). Но исчезаетъ вода, начинаютъ пропадать и растенія. Въ пустынныхъ, сухихъ мѣстностяхъ мы видимъ жалкую растительность. Одновременно съ уменьшеніемъ растительности въ сухихъ мѣстностяхъ, измѣняется также



Рис. 118. Побѣгъ *Rubus squarrosus* въ естественную величину.

и внѣшній видъ самыхъ растеній. Растенія влажныхъ мѣстностей имѣютъ хорошо развитые, часто очень крупныя, сочныя листья. Напротивъ, растенія сухихъ мѣстностей, чтобы избѣжать гибели отъ засухи, уменьшаютъ поверхность своихъ листьевъ. Напримѣръ, у *Rubus squarrosus* (рис. 118), близкаго родственника нашей малины (*Rubus idaeus*), тройчатые колючіе листья *B* почти утратили свои листовыя пластинки, отъ которыхъ сохранились только незна-

чительные остатки *bb*. Часто у растений сухих мѣстностей листья совсѣмъ не развиваются, какъ, напр., у кактусовъ. Въ этомъ случаѣ функціи листа принимаетъ на себя стебель. Растенія при-

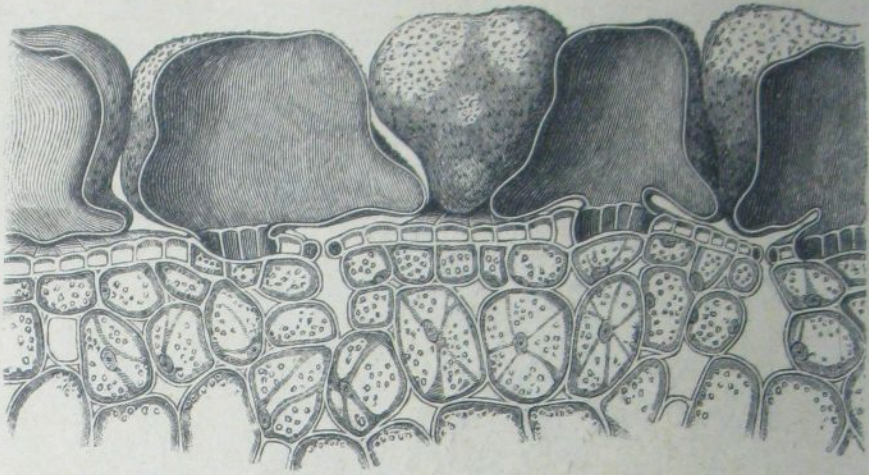


Рис. 119. Поперечный разръзъ поверхности листа *Rochea falcata*.

маютъ всѣ мѣры, чтобы сохранить имѣющуюся въ ихъ распоряженіи воду. Наружные покровы становятся очень плотными, часто

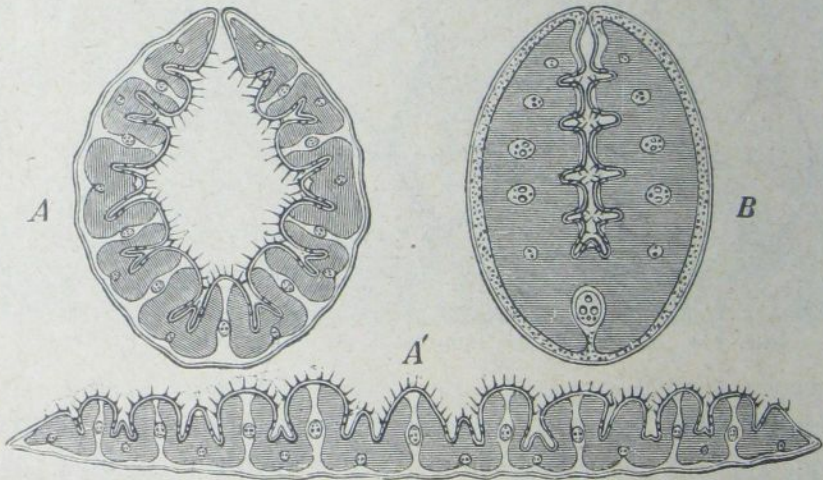


Рис. 120. Поперечные разръзы листьевъ *Stipa capillata* (A, A') и *Festuca* (B).

покрываются разнообразными волосками, воскомъ и т. д. Напримѣръ, встрѣчающаяся въ Калской области *Rochea falcata* для защиты отъ испаренія покрыта кремнистымъ панциремъ. На попе-

речномъ разрѣзѣ черезъ листь видно, что мелкія клѣтки кожицы покрыты плотнымъ слоемъ большихъ пузырчатыхъ клѣтокъ (рис. 119). Оболочки ихъ очень плотны и пропитаны большимъ количествомъ



Рис. 121. *Dischidia Rafflesiana*.

кремнезема. Внутри находится вода. Только въ пузыряхъ старыхъ листьевъ вмѣсто воды находится воздухъ. Пока въ пузыряхъ находится вода, они служатъ какъ бы водоемами, изъ которыхъ нижележащія клѣтки получаютъ воду во время засухи.

Примеромъ оригинальныхъ приспособленій для защиты отъ сильнаго испаренія могутъ служить особенности листьевъ *Stipa capillata* (рис. 120). *A'* представляетъ поперечный разрѣзъ листа при нормальныхъ условіяхъ. При наступленіи засухи листъ не довольствуется тѣмъ, что закрываетъ свои устья, но еще свертывается въ трубку (*A*), предоставляя внѣшнему воздуху только половину своей поверхности и при томъ покрытую наиболѣе толстой кутику-

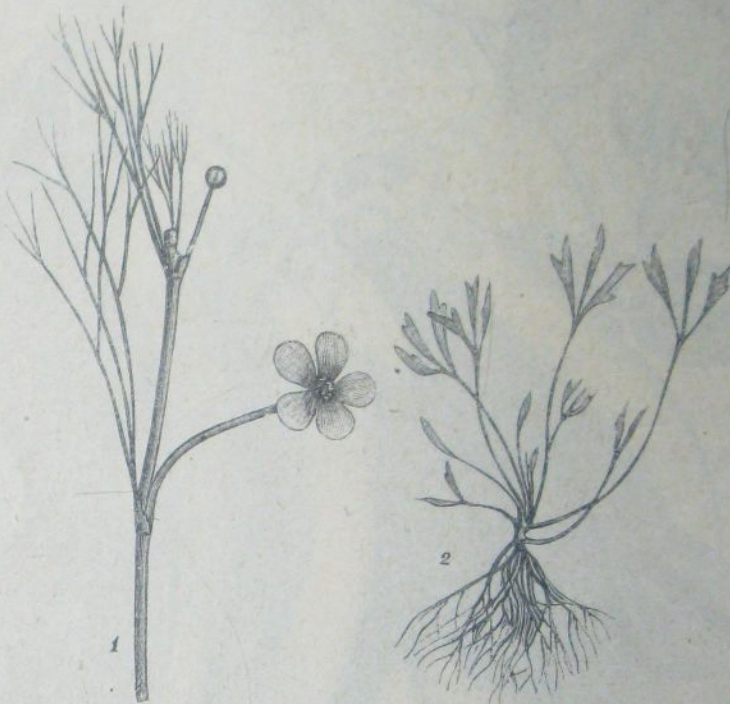


Рис. 122. *Ranunculus fluitans*. 1—подводная форма, 2—наземная форма.

лой безъ устьицъ. Всѣ устья помѣщены на внутренней поверхности. *B*—представляетъ поперечный разрѣзъ свернутого въ трубку листа *Festuca alpestris*.

Изъ большого числа разнообразныхъ приспособленій, имѣющихся въ распоряженіи растений для получения воды, достаточно указать на *Dischidia Rafflesiana*, съ двоякаго рода листьями, сидящими на тонкомъ лазящемъ стеблѣ. Одни похожи на обыкновенные листья, другіе имѣютъ видъ мѣшковъ съ отверстіями наверху. Отъ мѣста прикрѣпленія мѣшка къ стеблю отходитъ сильный воздушный корень, отправляющійся во внутреннюю полость мѣшка.



Въ мѣшкахъ собирается дождевая вода, которую корни переправляютъ въ растеніе (рис. 121).

Растенія, живущія въ водѣ, также имѣютъ своя отличительныя особенности. Стебли ихъ мягки, содержатъ большое количество воздухоносныхъ полостей. Подводные листья имѣютъ по большей части сильно изрѣзанныя нитевидныя пластинки. Но если подводное растеніе выходитъ на землю, то и форма листьевъ его мѣняется. Напримѣръ, *Ranunculus fluitans* живетъ въ водѣ и имѣетъ нитевидныя листья (рис. 122, 1). При переходѣ на сушу онъ образуетъ широкія листовыя пластинки, свойственныя воздушнымъ листьямъ (рис. 122, 2). Иногда на одномъ стеблѣ встрѣчаются листья различнаго вида. Изображенный на 123-мъ рисункѣ цвѣтущій видъ *Bidens Beckii* представляетъ интересный случай, что на одномъ и томъ же растеніи имѣются листья троякаго рода. Нижняя подводная часть стебля несетъ сильно изрѣзанные листья, свойственныя подводнымъ растеніямъ. Верхняя же часть, выдающаяся надъ поверхностью воды, имѣетъ цѣльные листья. На границѣ между водными и воздушными листьями находится еще пара переходныхъ листьевъ.

Обыкновенный стрѣлолистъ (*Sagittaria sagittaeifolia*), растущій по берегамъ стоячихъ и медленно текущихъ водъ, имѣетъ стрѣловидныя листья съ длинными черешками. Если выращивать его подъ водой, то получаютъ длинныя тесьмовидныя листья. Когда же покрывающій растеніе слой воды не очень великъ (рис. 124), то листья, вполне погруженные въ воду, сохраняютъ тесьмовидную форму (*e*). Листья же, вышедшіе надъ поверхностью воды, принимаютъ обычную стрѣловидную форму (*f*). Между двумя этими крайними формами замѣчается цѣлый рядъ послѣдовательныхъ переходовъ.

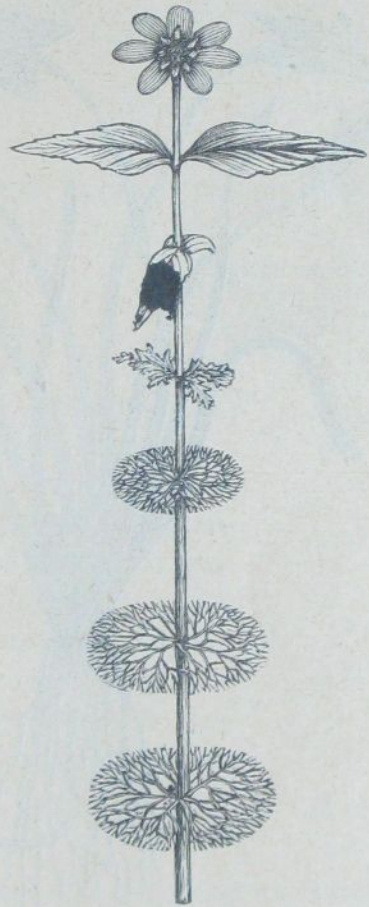


Рис. 123. *Bidens Beckii*.

Такия наблюдєнія заставляють предполагать, что форма растєнія въ значительной степени обусловливается количествомъ получаемой имъ воды. Прямые опыты дѣйствительно подтверждаютъ это. Если взять сѣмена какого-либо однолѣтняго травянистаго растєнія и часть ихъ выращивать въ довольно сухой почвѣ и атмо-

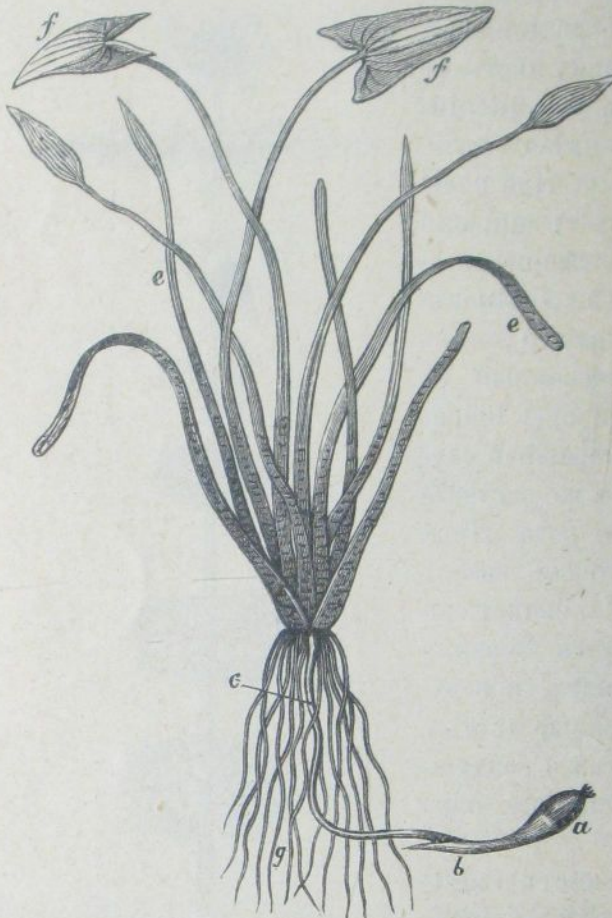


Рис. 124. *Sagittaria sagittifolia*, *f*—воздушные листья, *e*—подводные листья.

сферѣ, лишенной водяныхъ паровъ, другую же часть—въ сильно влажной почвѣ и насыщенной водяными парами атмосферѣ, то растєнія, выросшія при такихъ различныхъ условіяхъ, будутъ сильно отличаться между собой.

Для полученія атмосферѣ, лишенной водяныхъ паровъ, растєнія выращиваются подъ стеклянными колпаками, подъ которыми находятся также сосуды съ крепкою сѣрною кислотой или съ хлористымъ кальціемъ. Для полученія насыщенной водяными парами атмосферы подъ стеклянные колпаки помещается мокрая губка; стѣнки

колпаковъ также смачиваются водой. Во влажной атмосферѣ получаются длинныя междоузлія и большія листовыя пластинки; въ сухой атмосферѣ—короткія междоузлія и листовыя пластинки значительно меньшей величины. Въ анатомическомъ строеніи растєній получаютъ также существенныя различія. У растєній, выросшихъ въ сухой почвѣ и сухой атмосферѣ, получается толстая кутикула, хорошо развитые колленхима, лубъ и древесные элементы;

напртивъ, у растеній изъ влажной почвы и влажной атмосферы наблюдаются тонкая кутикула и слабо развитые древесные элементы; колленхима и лубъ часто совсѣмъ не образуются. Для при- мѣра могутъ служить опыты надъ *Troaeolum majus* 1).

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 резуль- таты:

Величины листовыхъ пластинокъ, въ сред- немъ относились другъ къ другу такъ:

- |  |   |
|--|---|
| 1. Тонкая кутикула, тангентально вытянутыя клѣтки эпидермиса съ очень тонкими наружными стѣнками. Колленхимы нѣтъ . . .  | 5 |
| 2. Толстая кутикула, радіально вытянутыя клѣтки эпидермиса съ утолщенными наружными стѣнками, и два ряда нижележащихъ 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 менѣе, чѣмъ во 2 . . . . .  | 1 |

Слѣдовательно, листья *Troaeolum majus*, выросшіе во влажной почвѣ и влажной атмосферѣ, были въ пять разъ больше листьевъ изъ сухой почвы и такой же атмосферы. На 125-мъ рисункѣ изображенъ поперечный разрѣзъ черезъ эпидермисъ листа *Lupinus mutabilis*, *C*—выросшаго въ сухой, *B*—выросшаго во влажной атмосферѣ. Разница въ толщинѣ стѣнокъ и кутикулы очень значительная. На рисункѣ 126-мъ изображены листья *Tagahasum officinale*—*A* изъ атмосферы, насыщенной водяными парами, *B* и *B'*,—вы-

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

росшіе при нормальныхъ условіяхъ. (Сильно уменьшены. *A* въ действительности около 60, *B* и *B'* 15 и 12 сантиметровъ длиною).

Растенія сухихъ мѣстностей часто бываютъ снабжены колючками. Если выращивать такія растенія въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами, то получаютъ обыкновенныя вѣтви, покрытыя листьями, вмѣсто короткихъ колючихъ побѣговъ. На 127-мъ рисункѣ изображены двѣ вѣтви *Genista anglica*, изъ которыхъ одна (*C*) выращена при нормальныхъ условіяхъ, а другая (*B*) во влажной атмосферѣ. Разница настолько велика, что ихъ

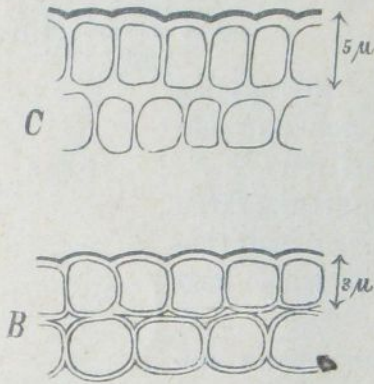


Рис. 125. Эпидермисъ листа *Lupinus*, *C*—изъ сухой, *B*—изъ влажной атмосферы.

можно принять за растенія, принадлежащія къ двумъ различнымъ видамъ.

Визнеръ доказалъ, что, кромѣ восходящаго тока воды, въ растеніяхъ существуютъ еще нисходящіе, или, точнѣе, отводящіе водяные токи<sup>1)</sup>. Доказать ихъ существованіе можно слѣдующимъ опытомъ.

Отрѣзывается вѣтвь виноградной лозы или другого подходящаго растенія и опускается растущею верхушкой стебля въ воду такъ, чтобы листья были внѣ воды. Черезъ нѣсколько времени находящаяся подъ водою верхушка стебля 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 то-

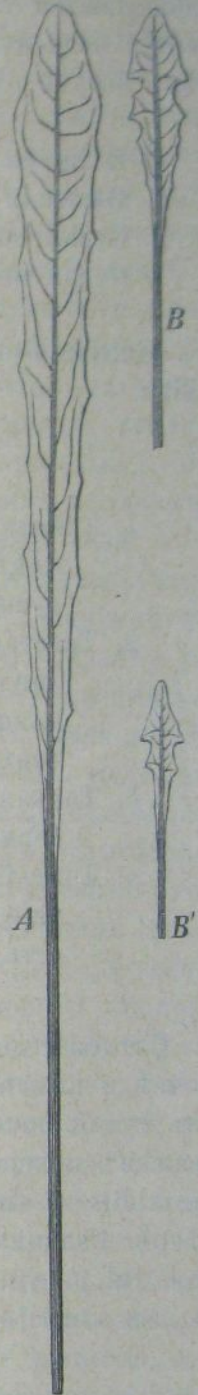


Рис. 126. Листья *Taraxacum*.

<sup>1)</sup> *Wiesner*, Der absteigende Wasserstrom und dessen physiologische Bedeutung. (Bot. Zeitung. 1899, pag. 1).

ковъ воды. Напримѣръ, у многихъ растений при нормальныхъ условіяхъ наблюдается замираніе верхушечной почки и образование симподія. Листья такихъ растений развиваются очень рано, такъ что почти подъ самую точку роста имѣются уже выросшіе листья. Сильно испаряя воду, они оттягиваютъ ее отъ верхушечной почки, которая поэтому и замираетъ. Культурой подобныхъ растений въ

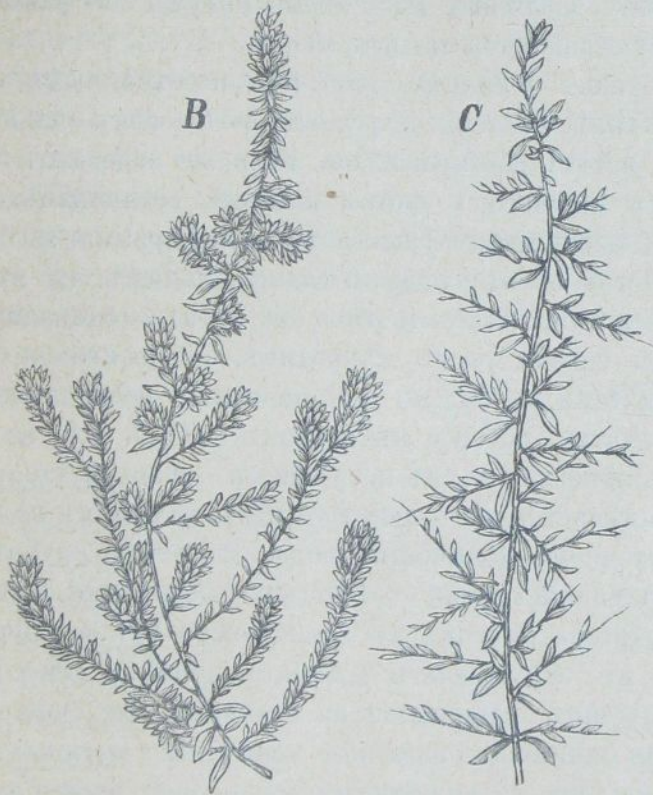


Рис. 127. Двѣ вѣтви *Genista anglica*. *C*—выросшая въ сухой, *B*—во влажной атмосферѣ.

атмосферѣ, насыщенной водяными парами, верхушечная почка предохраняется отъ гибели и получается моноподіальное вѣтвление. Различныя растенія съ укороченными междоузліями, какъ, напримѣръ, *Bellis perennis* и *Capsella Bursa pastoris*, выращиваемыя подъ стеклянными колпаками въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами, даютъ стебель съ сидящими на немъ по спирали листьями. Слѣдовательно, въ этихъ случаяхъ недоразвитіе стебля при нормальныхъ условіяхъ есть слѣдствіе недостатка воды: быстро раз-

живающаяся розетка листьевъ сильно испаряетъ воду и оттягиваетъ ее отъ верхушки стебля.

Всѣ изложенные 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 формой, такъ и внутреннимъ анатомическимъ строеніемъ. Эти измѣненія въ высшей степени цѣлесообразны. Является вопросъ—почему различное количество получаемой 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, Вортманъ<sup>1)</sup>, 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 случаѣ шло на увеличеніе оболочки въ поверхность, въ послѣднемъ—шло на утолщеніе ея. То же самое замѣчается и въ естественныхъ условіяхъ во время роста при недостаточномъ количествѣ воды. Въ этомъ случаѣ также получаютъ маленькія клѣтки съ толстыми оболочками. Слѣдовательно, измѣненіе тургора клѣтокъ въ зависимости отъ различнаго содержанія воды въ окружающей растенія почвѣ и атмосферѣ будетъ одна изъ причинъ, влияющихъ на измѣненіе ихъ формы. Но это не единственная причина. Различное количество водяныхъ паровъ въ атмосферѣ вліяетъ на количество испаряемой растеніями воды. По мѣрѣ увеличенія количества испаряемой воды, должно увеличиваться также количество поглощаемой ими воды изъ почвы. Но, вмѣстѣ съ водой, растенія изъ почвы получаютъ необходимые для нихъ элементы золы, отъ количества которыхъ, въ свою очередь, зависитъ образованіе и передвиженіе въ растеніяхъ различныхъ 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 Шлѣ-

<sup>1)</sup> Wortmann, Bot. Zeitung. 1889, pag. 270.

зингъ<sup>1)</sup>). Онъ выращивалъ табакъ, частью при обыкновенныхъ условіяхъ, частью подъ колпакомъ, т. е. въ атмосферѣ, почти насыщенной водяными парами. Главные результаты его изслѣдованій относительно листьевъ табака таковы: ростъ въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами, благопріятствуетъ накопленію сухого вещества листьевъ. Такъ, за мѣсяцъ пребыванія въ названныхъ условіяхъ одно растеніе образовало 40 грам. сухого вещества, тогда какъ за шесть недѣль роста при нормальныхъ условіяхъ въ параллельномъ опытѣ подобное же растеніе накопило только 29,4 грамма. Но сухое вещество, образовавшееся во влажной атмосферѣ, бѣднѣе зольными элементами: золы оказалось только 13<sup>0</sup>/о. При нормальныхъ же условіяхъ въ сухомъ веществѣ листьевъ было 21,8<sup>0</sup>/о золы.

Анализы Шлѣзинга также показали, что разницей въ содержаніи золы не исчерпываются особенности выращенныхъ имъ листьевъ табака. Образование въ листьяхъ различныхъ органическихъ веществъ также оказывается въ зависимости отъ количества испаряемой ими воды.

	Влажная атмосфера.	Нормальная условія.
	Въ процентахъ.	
Никотинъ . . . . .	1,32	2,14
Щавелевая кислота . . . . .	0,24	0,66
Лимонная » . . . . .	1,91	2,79
Яблочная » . . . . .	4,68	9,48
Пектиновая » . . . . .	1,70	4,36
Смолистыя вещества . . . . .	4,00	5,02
Клѣтчатка . . . . .	5,36	8,67
Крахмаль . . . . .	19,30	1,00
Азотистыя вещества . . . . .	17,40	18,00

Особенно поразительно переполненіе крахмаломъ листьевъ, выросшихъ во влажной атмосферѣ. Этотъ избытокъ крахмала отразился уменьшеніемъ въ количествѣ всѣхъ остальныхъ органическихъ соединеній. Въ настоящее время принимается, что образующійся въ листьяхъ крахмаль переходитъ въ другія части растенія въ видѣ соединенія съ металлами, недостаточное количество которыхъ и служитъ причиною, что образующійся крахмаль остается въ значительной части въ листьяхъ. Последнее же обстоятельство,

<sup>1)</sup> *Schlösing, Comptes rendus. 69. 1869, pag. 353.*

въ свою очередь, по всѣмъ вѣроятіямъ, служить одною изъ причинъ сильнаго разрастанія листьевъ въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами. Отсюда слѣдуетъ, что различное количество поступающихъ въ растеніе зольныхъ элементовъ, зависящихъ 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 мѣстностей <sup>1)</sup>. Слѣдовательно, будутъ ли растенія получать въ избыткѣ зольные элементы благодаря культурамъ въ крѣпкихъ растворахъ, или вслѣдствіе сильнаго испаренія воды своими листьями, результатъ получается одинъ и тотъ же: короткія междоузлія, сильная дифференцировка тканей, толстыя оболочки клѣтокъ и т. д.

Часто на низкихъ морскихъ берегахъ, несмотря на очень влажную почву и такую же атмосферу, покрывающія ихъ растенія имѣютъ всѣ рѣзко выраженные особенности растеній сухихъ мѣстностей. На этотъ фактъ обратилъ вниманіе Шимперъ <sup>2)</sup> 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.

Растенія сѣверныхъ болотъ также очень часто имѣютъ рѣзко выраженный характеръ ксерофильныхъ растеній. Какъ ни странно на первый взглядъ, но они дѣйствительно легко могутъ пострадать отъ засухи <sup>3)</sup>. Поглощающая способность корней зависитъ отъ температуры окружающей воды. Окруженные очень холодной водою корни такъ мало поглощаютъ ея, что листья при сильномъ испа-

<sup>1)</sup> *Nobbe und Siegert*, Landw. Versuchs-Stationen VI. 1864, pag. 19.

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

<sup>3)</sup> *Kihlman*, Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Helsingfors. 1890.



рениі легко могли бы увянуть, если не были бы снабжены толстой кутикулой.

Различная влажность окружающей среды на двухъ противоположныхъ сторонахъ растенія также вліяетъ на его ростъ. Если выращивать сѣмена въ рѣшетѣ, наполненномъ опилками и повѣшенномъ подѣ угломъ въ  $45^{\circ}$ , то проросшіе корешки скоро выйдутъ наружу чрезъ канву, натянутую въ нижней части рѣшета, но не будутъ расти вертикально внизъ (рис. 128), а отклонятся въ сторону наибольшей влажности и будутъ расти, прикасаясь ко дну рѣшета. Это явленіе называется *гидротропизмомъ*.

### § 5. Зависимость роста и формы растеній отъ свѣта.

Свѣтъ сильно вліяетъ какъ на скорость роста растенія, такъ и на образованіе отдѣльныхъ органовъ его. Самое обыкновенное явленіе роста въ зависимости отъ свѣта—это *суточная періодичность роста*. Растеніе днемъ растетъ медленнѣе, чѣмъ ночью. Свѣтъ какъ бы задерживаетъ

ростъ <sup>1)</sup>. Максимумъ роста приходится на ранніе утренніе часы, минимумъ на вечерніе часы сутокъ.

На 129-омъ рисункѣ кривая *ZZ* изображаетъ ходъ суточной періодичности роста. Начиная приблизительно съ 6 часовъ вечера до 6 часовъ утра, затушеванныхъ на рисункѣ, скорость роста постепенно повышается. Затѣмъ съ утра до вечера замѣчается по-

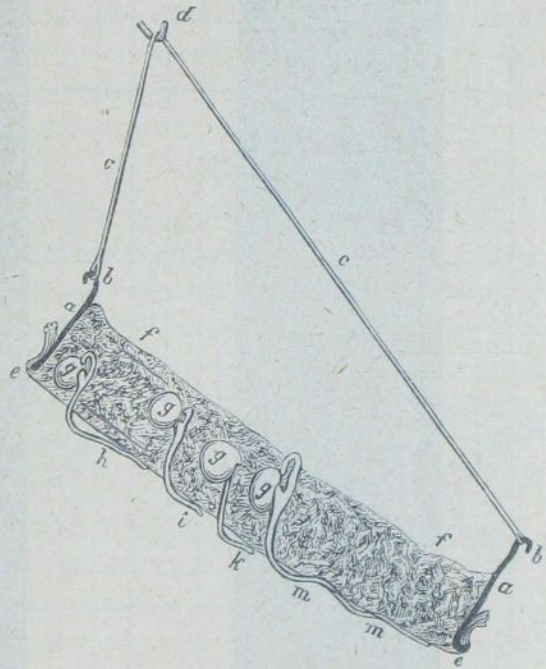


Рис. 128. Гидротропизмъ корней.

<sup>1)</sup> *Baranewski*, Tägliche Periodicität im Längenwachstum (Mémoires de l'Acad. d. St.-Pétersbourg. VII série 28 tome. № 2. 1879); *Godlewski*, Studyja nad wzrostem roślin. Kraków. 1891.

степенное замедленіе роста. Ускореніе роста ночью идетъ, несмотря на постепенное паденіе температуры, какъ это видно на кривой  $t^\circ$ .

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 предковъ даннаго растенія подвергался тѣмъ же условіямъ, и это вошло въ привычку вида.

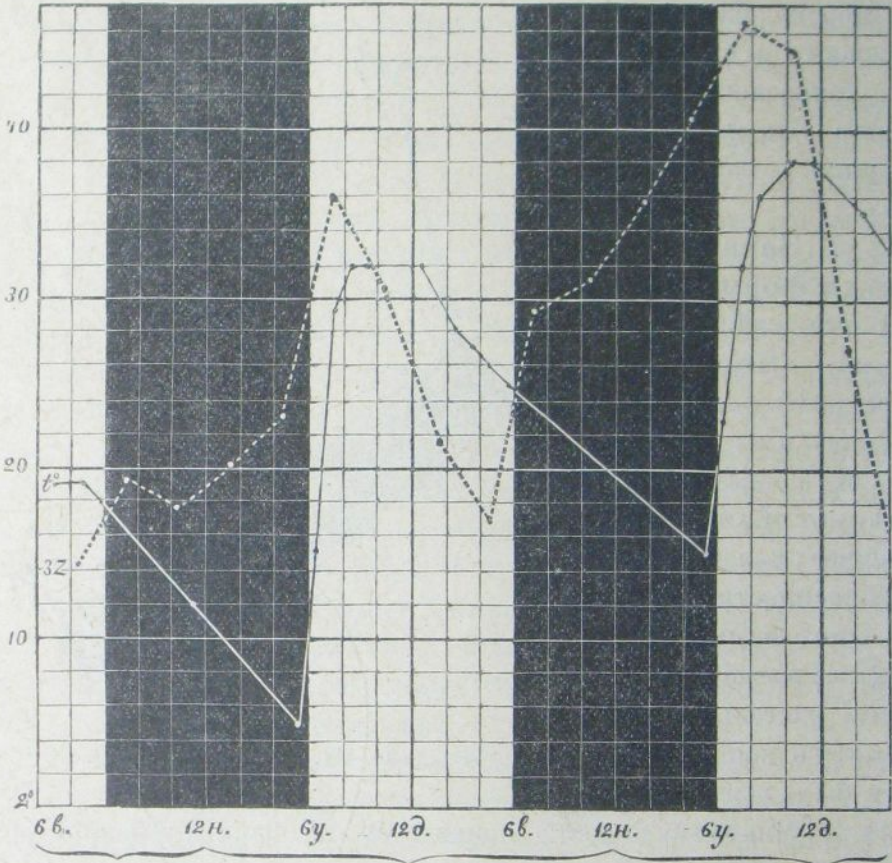


Рис. 129. Суточная периодичность роста.

Одностороннее освѣщеніе растеній вызываетъ въ нихъ явленія *гелиотропизма*<sup>1)</sup>. Гелиотропизмъ называется положительнымъ,

<sup>1)</sup> *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; *Ротертъ*, О гелиотропизмѣ. Казань. 1893.

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. Примѣромъ 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. Стебли *Dipsacus* и *Equisetum* стоятъ на границѣ между гелиотропными и неспособными къ гелиотропизму (анэлиотропными) растеніями. Наконецъ, стебли *Verbascum Thapsus* и *V. phlomoides* вполне анэлиотропны.

Въ листьяхъ явленія гелиотропизма также очень распространены. Листья на растеніяхъ располагаются такъ, чтобы одинъ листъ не затѣнялъ другого. При разсматриваніи сверху всѣ листья представляютъ собой такъ называемую листовую мозаику. Напримѣръ, на плющѣ, стелющемся по землѣ въ лѣсу, можно наблюдать, какъ тѣсно сплотились его пятилопастные листья (рис. 130). Въ углубленіяхъ одного листа помѣстились лопасти другого. Легко можно также наблюдать, что листья повертываются въ сторону наибольшаго освѣщенія. Послѣ восхода солнца листья наклоняются къ востоку, въ полдень они принимаютъ почти горизонтальное положеніе и вечеромъ склоняются къ западу. Во всѣхъ случаяхъ плоскость листа ложится перпендикулярно падающимъ лучамъ. Даже при всевозможныхъ неестественныхъ положеніяхъ растеній, устроенныхъ искусственно, листья обращаютъ свои верхнія поверхности перпендикулярно къ падающему свѣту<sup>1)</sup>. Для достиженія этой цѣли листовые черешки или сгибаются, или закручиваются, иногда наблю-

<sup>1)</sup> *Vöchting*, *Botanische Zeitung*. 1888, pag. 501.

дается изгибаніе и закручиваніе вмѣстѣ. Если горшокъ съ растеніемъ укрѣпить при помощи штатива въ перевернутомъ положеніи и поставить въ помѣщеніе, гдѣ свѣтъ будетъ падать только снизу, то и въ этомъ положеніи всѣ листья будутъ обращены своими верхними поверхностями къ падающему снизу свѣту. Все сказанное относится къ большинству листьевъ. Только сравнительно небольшое число растений представляетъ исключеніе изъ этого правила. Въ жаркихъ странахъ многіе листья не выносятъ сильнаго нагрѣванія солнцемъ и поэтому ставятъ свои пластинки не перпендикулярно къ падающему свѣту, а подъ угломъ. Наконецъ существуетъ еще оригинальное растеніе, — это такъ называемое растеніе-ком-

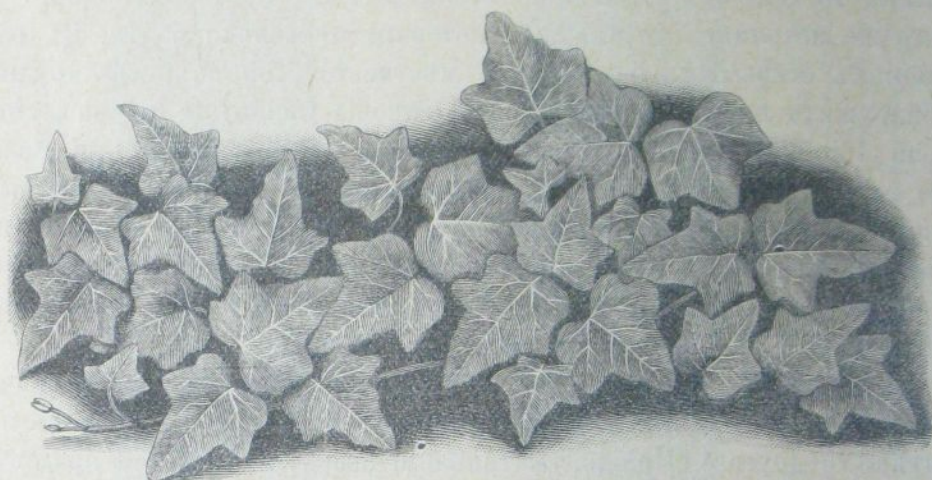


Рис. 130. Мозаика листьевъ плюща въ чащѣ лѣса.

пасъ (*Silphium laciniatum*)<sup>1)</sup>. Оно располагаетъ свои листья ребромъ къ зениту при томъ въ плоскости меридіана, концами же попеременно то на сѣверъ, то на югъ (рис. 131). Слѣдовательно, во время прохожденія солнца черезъ меридіанъ, т. е. во время наибольшей инсоляціи, листовыя пластинки лежатъ параллельно падающимъ лучамъ и поэтому не страдаютъ отъ нагрѣванія. Такое приспособленіе, выраженное въ большей или меньшей степени, замѣчается и у другихъ растений. Сюда же относится, напримѣръ, встрѣчающееся въ Россіи растеніе — *Lactuca scariola*.

Многіе цвѣты также гелиотропны. Различныя виды *Tragorogon* (*pratensis*, *orientalis* и другіе) даютъ прекрасный примѣръ цвѣтковой,

<sup>1)</sup> *Stahl*, Ueber sogenannte Compasspflanzen. 1881.

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 продолженіе дня идутъ за солнцемъ; къ вечеру всѣ они обращаются на западъ и закрываются. Послѣ захода солнца они выпрямляются и всю ночь стоятъ прямо; утренняя заря снова наклоняетъ ихъ къ востоку. Очень сильный свѣтъ можетъ остановить движеніе цвѣтовъ. Гелиотропическія искривленія можно наблюдать и на незеленыхъ растеніяхъ, напримѣръ, на различныхъ грибахъ.



Рис. 131. Растеніе-компасъ *Silphium laciniatum*,  
1—видъ съ востока, 2—видъ съ юга.

нѣе. Онѣ свойственны прищипкамъ и усикамъ лазящихъ растений, а также воздушнымъ корнямъ. Визнеръ изслѣдовалъ 61 видъ различныхъ растений, 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.

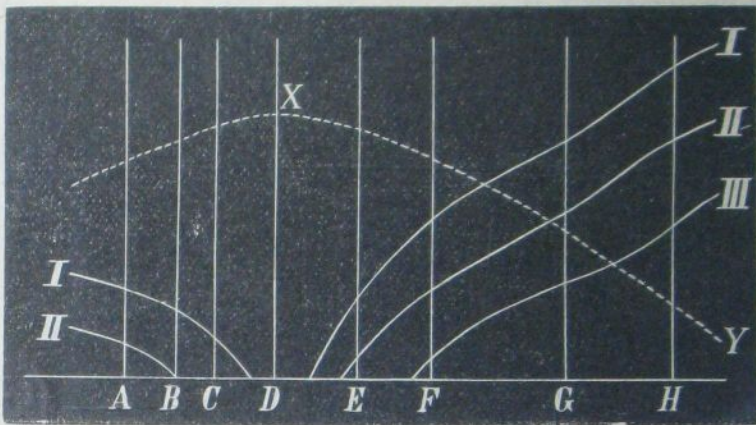


Рис. 132. Скорость роста и гелиотропизмъ въ различныхъ лучахъ спектра.

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 увеличеніи силы свѣта его гелиотропическая сила сначала увеличивается, достигаетъ своего максимума и затѣмъ снова постепенно уменьшается. Это и вполне понятно: явленія гелиотропизма — 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 насквозь, и разницы въ освѣщеніи двухъ сторонъ не будетъ. Поэтому въ растеніяхъ открытыхъ солнечныхъ мѣстностей не замѣчается гелиотропизма; поэтому же очень сильный свѣтъ останавливаетъ движеніе цвѣтковь *Tragopogon*. Различные лучи солнечнаго спектра обладаютъ не одинаковымъ гелиотропическимъ дѣйствіемъ (рис. 132).

*A, B, C* . . . . . фрауенгоферовы лінії. Кривыя, представляющія геліотропическую силу цвѣтныхъ лучей: I для ростковъ вики, II для ростковъ кресса, III для этиолированныхъ побѣговъ ивы. Кривая *XU* 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 ультрафіолетовыхъ, такъ и въ сторону ультракрасныхъ лучей. Лучи второй половины спектра обладаютъ болѣе значительнымъ геліотропическимъ дѣйствіемъ, чѣмъ лучи первой половины. Въ этиолированныхъ побѣгахъ ивы, напримѣръ, красные лучи совсѣмъ не вызываютъ геліотропическихъ искривленій. Слѣдовательно, въ видимой части спектра наибольшимъ геліотропическимъ дѣйствіемъ обладаютъ фіолетовые лучи.

Свѣтъ, какъ видно изъ наблюденій надъ суточною періодичностью роста, задерживаетъ ростъ. Этою способностью обладаютъ не всѣ лучи спектра. Наибольшую задерживающую силой, какъ показываетъ кривая *XU* 132-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 наблюденія надъ вліяніемъ 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 подъ прямымъ угломъ на растущій органъ.

Явленія геліотропизма имѣютъ большое біологическое значеніе. Положительный геліотропизмъ помѣщаетъ растения въ условія, болѣе благоприятныя для освѣщенія. Благодаря отрицательному геліотропизму, прищипки и воздушные корни отталкиваются солнцемъ къ мѣсту, гдѣ они могутъ прикрѣпиться, — къ изгороди, стѣнѣ, къ стволу дерева и т. д.

Если временное отсутствіе свѣта (ночью) или неравномѣрное освѣщеніе растений (геліотропизмъ) отражается на скорости ихъ ро-

ста и ви́шнемъ видѣ, то подобныя же измѣненія должны обнаруживаться еще въ большей степени, если выращивать растенія при полномъ отсутствіи свѣта. Дѣйствительно, выросшія въ темнотѣ—*этіолированныя растенія*— сильно отличаются отъ растеній, выросшихъ на свѣтѣ<sup>1)</sup>. 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 большей поверхностью, чѣмъ на свѣтѣ. Примѣромъ 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 примѣромъ растеній, дающихъ въ темнотѣ сильно развитые стебли и зачаточные листья. На прилагаемомъ 133-омъ рисункѣ видна рѣзкая разница между фасолью, выросшею на свѣтѣ (*B*), и фасолью, выросшею въ темнотѣ (*A*).

Вообще въ темнотѣ не только листья, если они сидятъ на стебляхъ съ развитыми междоузліями, но и всѣ другія боковыя образованія недоразвиваются или совсѣмъ не развиваются. 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, напримѣръ, маргаритка, въ темнотѣ даютъ хорошо развитые стебли съ сидящими по спирали листьями.

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

<sup>1)</sup> *Sachs*, Botanische Zeitung. 1863. Beilage; *Баталинъ*, О вліяніи свѣта на образованіе формы растенія. С.-Петербургъ. 1872.



листья достигают, наконец, своей нормальной величины. Такие растения, как, например, *Humulus Lupulus* и *Polygonum dumetorum*, в темнотѣ даютъ междузлія той же длины, что и на свѣтѣ.

Растенія съ недоразвитыми листьями также сильно измѣняютъ свою форму въ темнотѣ. Такъ, *Phyllocactus*, дающій при нормальныхъ условіяхъ плоскіе листовидные побѣги, въ темнотѣ вытягивается въ узкій совершенно круглый стержень<sup>1)</sup>.

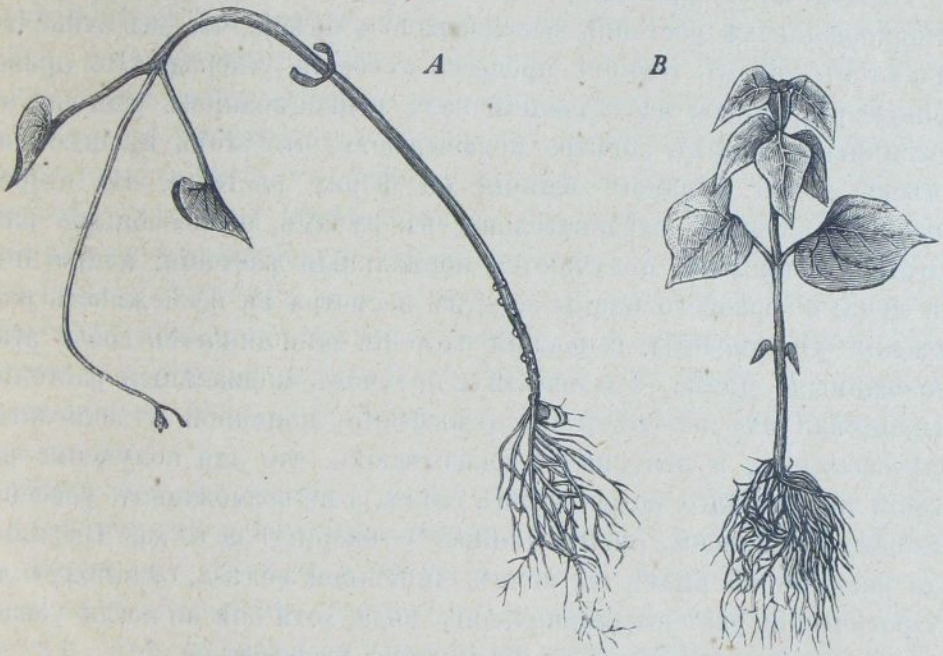


Рис. 133. Прорастаніе фасоли, А—въ темнотѣ, В—на свѣтѣ.

По анатомическому строенію этиолированныя растенія также отличаются отъ зеленыхъ. Въ темнотѣ преобладаетъ развитіе паренхимныхъ клітокъ съ тонкими оболочками. Кутикула 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 фіолетовые лучи; въ остальныхъ лучахъ спектра они сохраня-

<sup>1)</sup> *Vöchting*, Pringsheim's Jahrbücher. XXVI. 1894, pag. 438.

ютъ особенности этиолированныхъ растений<sup>1)</sup>. На рисункѣ 132-мъ 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. Напротивъ, листья растеній, образующихъ въ темнотѣ стебли, бѣднѣе водой, чѣмъ зеленые листья.

Относительно причинъ, вызывающихъ особенности въ формѣ этиолированныхъ растеній, высказывалось мнѣніе, что онѣ зависятъ отъ отсутствія въ темнотѣ процесса усвоенія углерода. Но приведенные результаты изслѣдованій надъ выращиваніемъ растеній въ различныхъ лучахъ спектра показываютъ, что этотъ процессъ не имѣетъ почти никакого вліянія на форму растеній. Во второй половинѣ спектра, слѣдовательно, въ лучахъ, неспособныхъ разлагать углекислоту, получаютъ нормальныя растенія; напротивъ, въ лучахъ первой половины спектра, несмотря на возможность разложенія углекислоты, выросшія растенія напоминаютъ собой этиолированныя. Далѣе, Годлевскій<sup>2)</sup> получалъ нормальныя растенія, выращивая ихъ на свѣтѣ въ атмосферѣ, лишенной углекислоты. Слѣдовательно, и эти опыты доказываютъ, что для полученія растеній нормальнаго вида нуженъ свѣтъ, а не возможность усвоенія углерода. Наконецъ, опыты Вайнза<sup>3)</sup> говоритъ за то же. Выращивая растенія на свѣтѣ въ почвѣ, лишенной желѣза, онъ получилъ хлоротическія растенія нормальнаго вида, хотя они не могли усваивать углекислоты, благодаря отсутствію хлорофилла.

Въ зависимости отъ процесса усвоенія углерода находится только форма листьевъ нѣкоторыхъ растеній. Всѣ этиолированныя листья распадаются на двѣ группы. Листья однихъ растеній (пшеница) содержатъ въ себѣ мало бѣлковыхъ веществъ и довольно много углеводовъ. Листья же другихъ растеній (бобы, лупины) очень богаты бѣлковыми веществами, но зато совсѣмъ не содержатъ углеводовъ (за исключеніемъ ничтожнаго количества крахмала въ

<sup>1)</sup> *Wiesner*, Photometrische Untersuchungen (Sitzungsberichte Wiener Akademie. VII. Abth. 1. 1893, pag. 291).

<sup>2)</sup> *Godlewski*, Bot. Zeitung. 1879, pag. 81.

<sup>3)</sup> *Vines*, Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. 2 Band. Heft 1. 1878, pag. 114.

устычныхъ кліткахъ). Такъ, изъ 100 частей свѣжаго вещества на долю бѣлковъ приходится:

Въ зеленыхъ листьяхъ пшеницы . . . . .	1,99	части
» этиолированныхъ листьяхъ пшеницы . . . . .	1,28	»
» зеленыхъ листьяхъ бобовъ . . . . .	4,95	»
» этиолированныхъ листьяхъ бобовъ . . . . .	8,38	»

Слѣдовательно, этиолированные листья бобовъ содержатъ бѣлковъ болѣе, чѣмъ зеленые. Несмотря на это, они остаются маленькими, недоразвитыми. Выше (стр. 203) мы уже видѣли, что энергія дыханія этихъ листьевъ незначительна, искусственное же введеніе сахара значительно повышаетъ ее. Слѣдовательно, для этиолированныхъ листьевъ бобовъ (и другихъ сходныхъ по строенію растеній) углеводы необходимы, чтобы они могли получить большее количество свободной силы, необходимой для роста. При естественныхъ условіяхъ они могутъ получить эти углеводы только благодаря процессу усвоенія углерода, т. е. только на свѣтѣ. Этиолированные листья растеній второго типа (пшеница), благодаря сохраненію въ нихъ углеводовъ, въ процессѣ усвоенія углерода не нуждаются.

Принимая во вниманіе, во-первыхъ, что этиолированные растенія въ темнотѣ испаряютъ значительно менѣе воды, чѣмъ зеленые на солнечномъ свѣтѣ, и, во-вторыхъ, что ослабленное испареніе, вызванное помѣщеніемъ растеній въ атмосферу, насыщенную водяными парами, несмотря на присутствіе свѣта, сильно вліяетъ на ихъ форму и анатомическое строеніе, Палладинъ считаетъ, что испареніе — одна изъ причинъ, отъ которыхъ зависитъ форма этиолированныхъ растеній<sup>1)</sup>.

Всѣ разнообразныя формы этиолированныхъ растеній можно объяснить особенностями въ ходѣ процесса испаренія воды у этихъ растеній и находящимся въ зависимости отъ этого процесса взаимодействіемъ органовъ другъ отъ друга. Напримѣръ, маргаритка въ темнотѣ даетъ стебли съ сидящими на немъ по спирали листьями.

<sup>1)</sup> Палладинъ, VIII съѣздъ русскихъ естествоиспытателей и врачей. С.-Петербургъ. 1890. Труды харьковскаго общества испытателей природы. Т. XXV, XXVI. Berichte d. deutschen botan. Gesellschaft. 1890, 1891, 1892. Revue générale de botanique. V. 1893.

Такіе же стебли получаютъ на свѣтѣ въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами.

Такія растенія, какъ хмель, у которыхъ развитіе листьевъ за-паздываетъ, 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 этиолированныхъ 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 этиолированныхъ растеній тѣ же, какія появляются на свѣтѣ въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами.

Наконецъ, изслѣдованія Вебера<sup>1)</sup> показали, что этиолированныя растенія бѣднѣ золой, чѣмъ зеленыя, — особенно бѣдны они кальціемъ.

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

	Всей золы.	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
Зеленыхъ . . . . .	127,7	48,5	1,1	32,1	10,2	0,9	16,7	16,4
Этиолированныхъ .	101,1	44,9	1,4	12,4	6,7	2,1	20,5	13,1

Въ 1000 вѣсовыхъ частей сухого вещества бобовыхъ листьевъ Палладинъ нашель:

	Всей золы	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
Зеленыхъ . . . . .	103,0	44,9	13,3	6,6	1,1	21,9	8,3	5,6
Этиолированныхъ . .	75,4	34,2	2,6	4,0	0,3	32,5	1,2	0,6

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

Слѣдовательно, особенности формы этиолированныхъ растеній вызываются ослабленнымъ испареніемъ и связаннымъ съ нимъ распределеніемъ воды и минеральныхъ веществъ, а также до нѣкото-

<sup>1)</sup> Weber, Landw. Versuchs-Stationen. 18. 1875, pag. 40.

рой степени и отсутствіемъ процесса усвоенія углерода. Единственныя ли это причины, или нѣтъ, выяснять дальнѣйшія изслѣдованія. Возможно также, что подѣ влияніемъ синефіолетовыхъ лучей происходятъ нѣкоторые химическіе процессы, необходимые для роста. Высказывается также мнѣніе, что свѣтъ прямо вліяетъ на молекулярное строеніе клѣточныхъ оболочекъ и протоплазмы, но никакихъ фактическихъ данныхъ для подтвержденія этого мнѣнія мы еще не имѣемъ.

Не только полное отсутствіе свѣта, но даже его недостатокъ вліяетъ на форму растений. При культурѣ растений одного и того же вида, однихъ на яркомъ солнечномъ свѣтѣ, другихъ же исключительно на разсѣянномъ свѣтѣ, получаютъ рѣзкія особенности анатомическаго строенія. Особенности эти выражены наиболѣе наглядно въ строеніи листьевъ.

Тѣневые листья, т. е. получавшіе разсѣянный свѣтъ, всегда тоньше. На поперечномъ разрѣзѣ видно, что палисадная паренхима, хорошо образованная въ листьяхъ, выросшихъ на прямыхъ солнечныхъ лучахъ, недоразвита, или же вполнѣ отсутствуетъ въ тѣневыхъ (рисункъ 134).

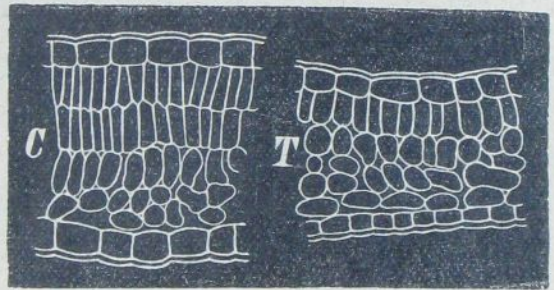


Рис. 134. Поперечный разрѣзъ черезъ листъ земляники, *C*—выросшій на яркомъ солнечномъ свѣтѣ, *T*—выросшій въ тѣни.

На яркомъ свѣтѣ клѣтки кожицы по большей части значительно меньше и съ прямыми перегородками, въ тѣни же клѣтки вырастаютъ значительно крупнѣе и имѣютъ сильно извилистыя перегородки. На 135-мъ рисункѣ изображены клѣтки кожицы *Tussilago Farfara*. Разница въ величинѣ и формѣ клѣтокъ выросшихъ на яркомъ солнечномъ свѣтѣ и клѣтокъ выросшихъ въ тѣни настолько велика, что можно было бы принять ихъ за принадлежащія двумъ различнымъ видамъ растений.

Измѣняя интенсивность свѣта, можно также измѣнять форму растенія. Возьмемъ, на примѣръ, *Sampanula rotundifolia* (рис. 136). У этого растенія листья двоякаго рода. Нижніе прикорневые листья имѣютъ округлая почковидныя листовыя пластинки, сидящія на длинныхъ черешкахъ. Эти листья образуются сначала и при томъ въ тѣни окружающихъ растений. Слѣдовательно, это листья, приспособ-

собленные къ слабому освѣщенію. Напротивъ, хорошо освѣщаемый стебель покрытъ сильно вытянутыми листьями. Если же растеніе помѣстить на очень слабомъ свѣтѣ, то вмѣсто длинныхъ листьевъ боковыя почки начинаютъ образовывать снова почковидные листья (рис. 136, А), которые при нормальныхъ условіяхъ образуются только при основаніи стебля.

Хотя свѣтъ необходимъ для полученія зеленыхъ растеній нормального вида, но также необходимо, чтобы за періодомъ освѣщенія слѣдовалъ періодъ ночного покоя. При непрерывномъ освѣщеніи нельзя получить нормальныхъ растеній. Для полученія непрерывнаго освѣщенія былъ употребленъ электрической свѣтъ<sup>1)</sup>. Растенія въ теченіе всего періода развитія (6—7 мѣсяцевъ) получали только электрической свѣтъ. При этомъ одни растенія освѣща-

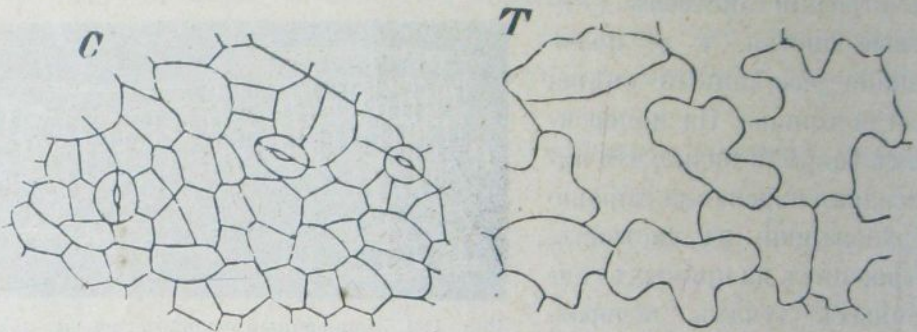


Рис. 135. Кѣлки кожицы верхней поверхности листа *Tussilago Farfara*, С—выросшаго на яркомъ солнечномъ свѣтѣ, Т—выросшаго въ тѣни.

лись непрерывно, какъ днемъ, такъ и ночью, другія же растенія закрывались непрозрачными экранами съ 6 часовъ вечера до 6 часовъ утра. Вредное вліяніе избытка ультрафіолетовыхъ лучей, отличающаго электрической свѣтъ отъ солнечнаго, устранялось помѣщеніемъ передъ источникомъ свѣта ряда прозрачныхъ стеколъ, поглощающихъ эти лучи. Изъ этихъ опытовъ выяснилось, что растенія, затѣнявшіяся на ночь, имѣли нормальный видъ и нормальное анатомическое строеніе. Растенія же, непрерывно освѣщавшіяся, несмотря на усиленное образованіе хлорофилла, имѣли болѣе простое анатомическое строеніе при общемъ видѣ, напоминающемъ растенія, выросшія въ темнотѣ. Напримѣръ, поперечный разрѣзъ черезъ листь *Helleborus niger* (рис. 137), выросшій на прерывавшемся

<sup>1)</sup> *Bonnier*, *Revue générale de botanique*. 1895, pag. 241.

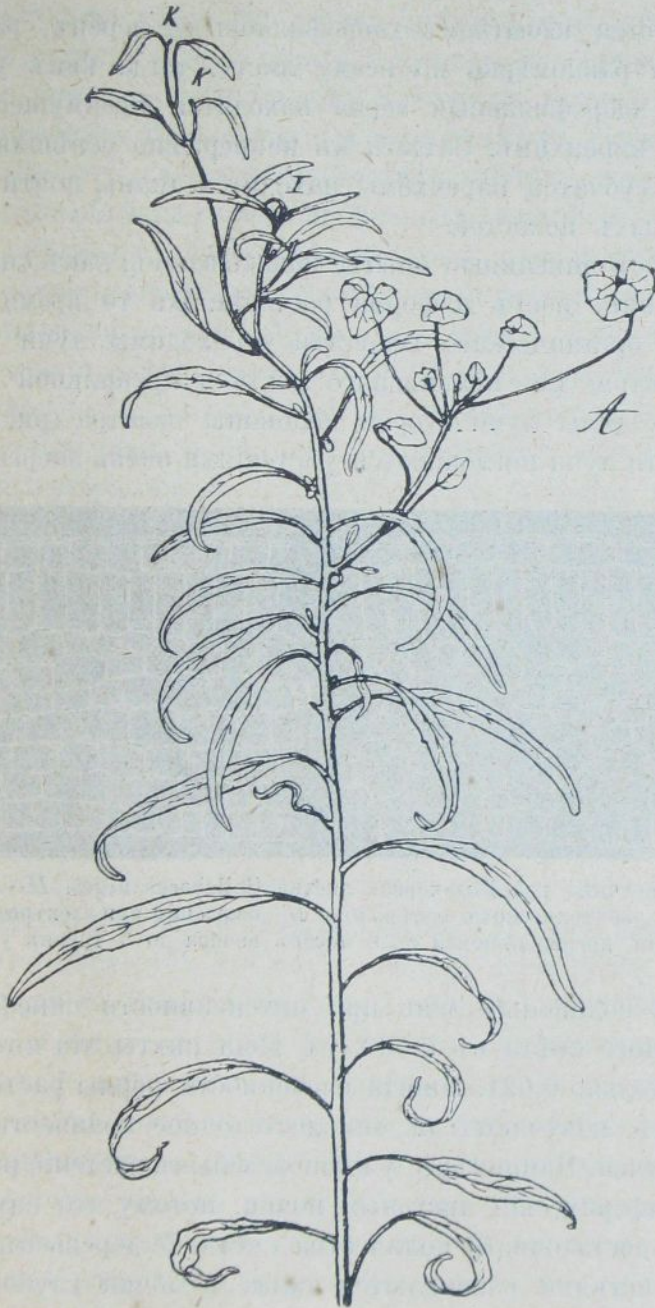


Рис. 136. *Campanula rotundifolia*.

электрическомъ свѣтѣ, обнаруживаетъ вполнѣ нормальное строеніе. Мякоть листа дифференцирована на палисадную и губчатую паренхиму. Въ послѣдней находится большое количество воздухоносныхъ полостей. Напротивъ, листъ непрерывно освѣщавшагося растенія

характеризуется избыткомъ хлорофилловыхъ зеренъ, расположенныхъ почти равномерно по всему листу, тогда какъ у нормального листа хлорофилловыя зерна находятся преимущественно въ палисадной паренхимѣ. Затѣмъ въ непрерывно освѣщаемомъ листѣ вмѣсто губчатой паренхимы находится ткань, почти лишенная воздухоносныхъ полостей.

Итакъ, всѣ описанные опыты показываютъ, какъ сильно зависятъ отъ свѣта ростъ и форма растений. Въ то время какъ для образованія органическаго вещества необходимы лучи первой половины спектра, для правильнаго роста и правильной формы растений необходимы лучи второй половины спектра (рис. 132, кривая XY). Эти лучи поглощаются растениями очень энергично. Такъ,

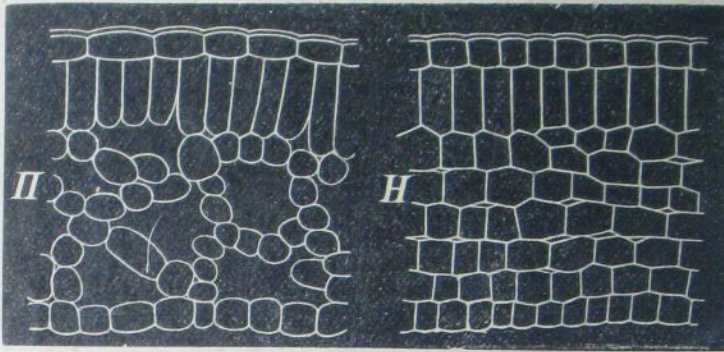


Рис. 137. Поперечные разрѣзы черезъ листья *Helleborus niger*. *Н*—выросшій при непрерывномъ электрическомъ освѣщеніи, *П*—выросшій при электрическомъ освѣщеніи, прерывавшемся съ 6 часовъ вечера до 6 часовъ утра.

въ весенній солнечный день при интенсивности синевіолетовыхъ лучей дневнаго свѣта въ 0,666, въ тѣни пихты эта интенсивность равнялась только 0,021. Многія особенности формы растений объясняются тѣмъ, получаютъ ли они достаточное количество синевіолетовыхъ лучей. Напримѣръ, у вѣчнозеленыхъ растений развиваются только периферическія листовыя почки, потому что внутреннія не получаютъ достаточнаго количества свѣта. У деревьевъ же съ опадающими листьями развиваются также и почки глубоко сидяція въ корнѣ, потому что во время ихъ распусканія эти деревья голы<sup>1)</sup>.

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

<sup>1)</sup> Wiesner, Sitzungsberichte Wiener Akad. CII. Abth. 1. 1893, pag. 291.



Въ нѣкоторыхъ случаяхъ форма цвѣтовъ находится въ зависимости отъ свѣта. Такъ, Фѣхтингъ <sup>1)</sup> нашелъ, что образованіе клейстогамныхъ цвѣтовъ зависитъ отъ вѣшнихъ условій и, главнымъ образомъ, отъ свѣта. Клейстогамные цвѣты имѣютъ постоянно закрытый околоцвѣтникъ. Оплодотвореніе этихъ цвѣтовъ совершается путемъ самоопыленія безъ участія насѣкомыхъ, или вѣтра. Опыты надъ вліяніемъ свѣта на образованіе цвѣтовъ производились слѣдующимъ простымъ способомъ. Изслѣдуемая растенія ставились или на окно, выходящее на сѣверо-востокъ, или въ нѣкоторомъ разстояніи отъ него. Чѣмъ далѣе отъ окна стояло растеніе, тѣмъ меньше, конечно, получало оно свѣта. У однихъ растеній постепенное уменьшеніе получаемого ими свѣта отражается только постепеннымъ уменьшеніемъ какъ величины, такъ и числа цвѣтовъ, но цвѣты продолжаютъ оставаться открытыми. У растеній же, склонныхъ къ клейстогаміи, съ удаленіемъ отъ окна постепенно увеличивается количество закрытыхъ цвѣтовъ. Ставя такія растенія на окно, или на извѣстномъ разстояніи отъ него, можно получать по желанію или открытые, или закрытые цвѣты.

Многіе цвѣты обладаютъ также способностью открываться днемъ и закрываться на ночь <sup>2)</sup>; нѣкоторые же цвѣты, напротивъ, днемъ бываютъ закрыты, ночью же открываются. Это періодическое движеніе лепестковъ вызывается переменной освѣщенія.

Измѣренія закрывающихся и открывающихся лепестковъ показали, что движеніе обусловливается 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. Движеніе лепестковъ вызывается не только переменной освѣщенія, но также переменной температуры. Многіе цвѣты особенно чувствительны къ измѣненіямъ температуры; такъ, для цвѣтовъ *Stocus* достаточно измѣненія температуры на 5° Ц., чтобы они въ продолженіе пяти минутъ вполне закрылись, или открылись.

Не только высшія растенія измѣняютъ свою форму подъ вліяніемъ свѣта, но также и низшія, какъ, напримѣръ, грибы <sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> *Vöchting*, Pringsheim's Jahrbücher, XXV. 1893.

<sup>2)</sup> *Pfeffer*, Physiologische Untersuchungen. 1873.

<sup>3)</sup> *Brefeld*, Bot. Zeitung, 1877, pag. 386.

*Pilobolus* въ темнотѣ даетъ очень длинныя спороносы съ неразвѣтвленными спорами. На безцвѣтныхъ бактерій свѣтъ дѣйствуетъ вредно. Разсѣянный свѣтъ задерживаетъ ихъ развитие, прямыя солнечныя лучи убиваютъ ихъ. Напримѣръ, Бухнеръ сдѣлалъ слѣдующій опытъ. Онъ налилъ въ чашку Петри пептонъ-бульонъ съ агаръ-агаромъ, куда было прибавлено также большое количество тифозныхъ бактерій. Когда смѣсь застыла, то съ нижней стороны чашки были наклеены изъ черной бумаги буквы (Turhus), затѣмъ чашка была подвергнута въ теченіе 1½ часа дѣйствию прямыхъ солнечныхъ лучей и поставлена наконецъ въ темноту. Черезъ сутки буквы были удалены, и оказалось, что бѣловатыя колоніи развились только въ мѣстахъ, защищенныхъ отъ дѣйствія свѣта черными буквами (рис. 138). Развившіяся въ затѣненныхъ мѣстахъ колоніи отпечатали названіе болѣзни. Въ мѣстахъ же, подвергавшихся дѣйствию прямыхъ солнечныхъ лучей, не оказалось ни одной колоніи.

Слѣдующій опытъ показываетъ, что разрушительное дѣйствіе свѣта наиболѣе сильно обнаруживается уже въ первыя минуты его дѣйствія. Были приготовлены 12 культуръ бактерій сибирской язвы. Культура, остававшаяся въ темнотѣ, дала 2520 колоній. Культуры же, подвергавшіяся дѣйствию солнечнаго свѣта, дали значительно меньшее число колоній.

Продолжительность освѣщенія.	Число колоній.
10 минутъ . . . . .	360
20 » . . . . .	130
30 » . . . . .	4
40 » . . . . .	3
50 » . . . . .	4
60 » . . . . .	5
1 часъ 10 минутъ . . . . .	0

Слѣдовательно, свѣтъ обладаетъ очень сильнымъ дезинфецирующимъ дѣйствиемъ. Вполнѣ справедлива итальянская поговорка: «Куда не проникаетъ солнце, туда приходитъ врачъ». Свѣтъ главный дѣятель въ очисткѣ рѣкъ. Рѣки, по выходѣ изъ городовъ, очень загрязнены различными бактеріями, но уже въ недалекомъ разстояніи за городомъ вода становится опять чистой, благодаря солнечному свѣту. Напримѣръ, вода, содержащая въ одномъ ку-

бическомъ сантиметрѣ около ста тысячъ *Bacterium coli commune*, послѣ часового освѣщенія солнечными лучами не содержала уже болѣе ни одной живой бактеріи.

Иначе относятся къ свѣту окрашенныя бактеріи. Таковы изслѣдованныя Энгельманомъ пурпуровыя бактеріи, которыя стремятся въ наиболѣе освѣщенныя мѣста.

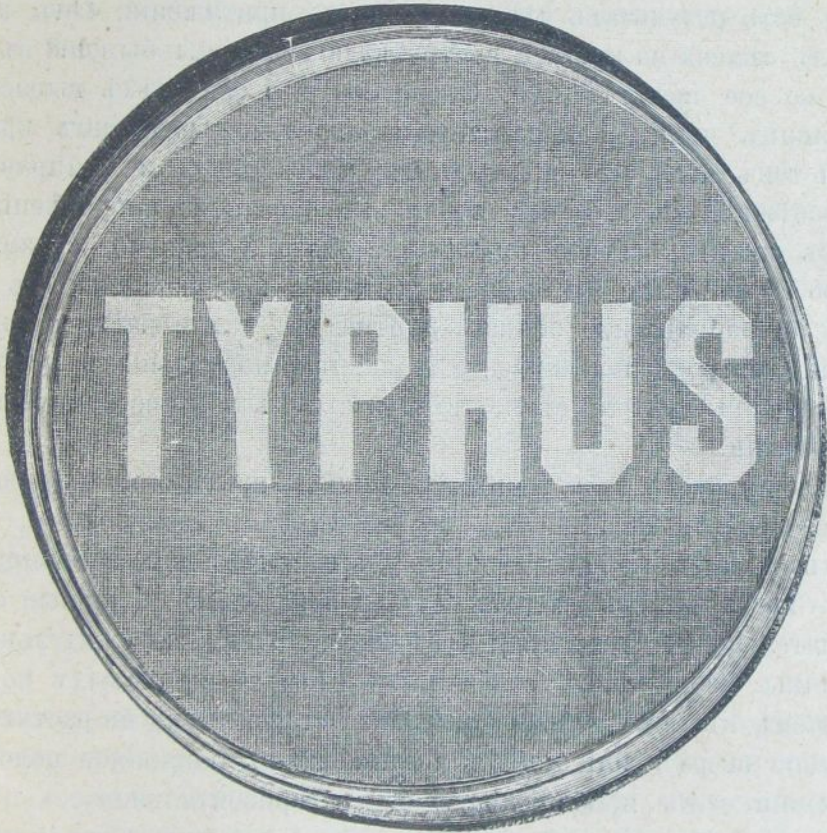


Рис. 138. Вліяніе свѣта на развитіе бактерій.

§ 6. **Зависимость роста и формы растений отъ земного притяженія**<sup>1)</sup>. Ростъ стебля вверхъ и корня внизъ настолько всѣмъ извѣстныя явленія, что на это долго не обращалось вниманія, хотя эти явленія вовсе не принадлежатъ къ числу фактовъ, понятныхъ сами-по-себѣ. Первымъ обратившимъ на нихъ вниманіе

<sup>1)</sup> *Wiesner*, *Bewegungsvermögen der Pflanzen*. 1881, pag. 85—130. *Sitzungsb. Wien. Akad.* 89 Band. 1 Abth. 1884, pag. 275.

былъ Додаръ (Dodart, 1770). Несмотря 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 стебля вверхъ и корня внизъ есть результатъ дѣйствія земного притяженія. Онъ проращивалъ сѣмена на кружкѣ центробѣжной машины, бывшей въ дѣйствіи во все время опыта. Оказалось, что оси всѣхъ выросшихъ растеній приняли положеніе, параллельное радіусамъ кружка, и при томъ такъ, что всѣ корешки направились по направленію центробѣжной силы, а всѣ стебли—въ обратномъ направленіи. Въ такихъ опытахъ земное притяженіе было устранено и замѣнено центробѣжной 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 они менѣе приближающееся къ горизонтальному.

Кромѣ центробѣжной машины, для устраненія дѣйствія земного притяженія употребляются еще различные клиноостаты (рис. 139). Клиноостатъ состоитъ изъ длинной металлической оси (*a*), вращающейся при помощи часового механизма (*u*). По желанію, ось можетъ быть поставлена въ горизонтальномъ, вертикальномъ, или въ какомъ угодно наклонномъ положеніи при помощи винта (*c*). Если на медленно вращающуюся въ горизонтальномъ положеніи ось надѣть пробковый кружокъ (*f*) 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 дѣйствовать на растенія, но только въ равныя промежутки времени это дѣйствіе направлено на противоположныя части растеній. Если, напримѣръ, въ теченіе извѣстнаго времени при горизонтальномъ положеніи растенія какая-либо часть его находилась внизу, то затѣмъ съ перемѣщеніемъ оси наступаетъ новое положеніе, когда та же часть растенія въ теченіе такого же количества времени будетъ наверху, и земное притяженіе будетъ дѣйствовать на нее въ противоположномъ направленіи.

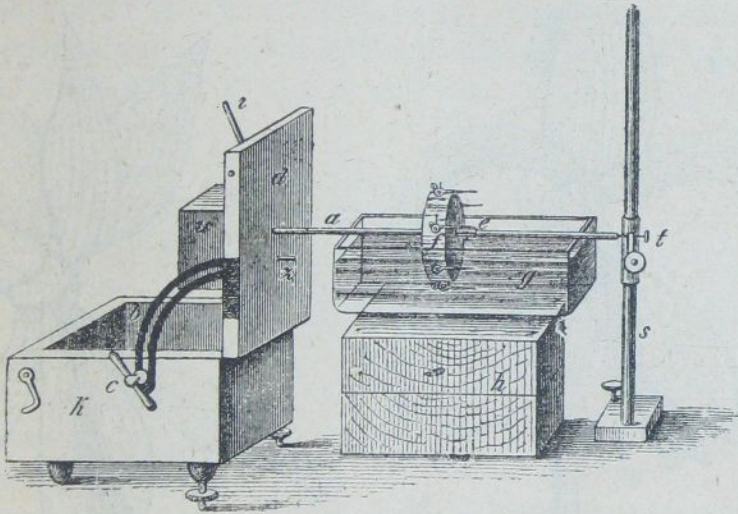


Рис. 139. Клиностанъ.

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 быстрѣ растетъ извѣстный органъ, тѣмъ скорѣе появляются въ немъ геотропическія искривленія. Всѣ условія, задерживающія ростъ, задерживаютъ также и явленія геотропизма.

То или иное расположеніе и направленіе частей цвѣтка также часто зависитъ отъ земнаго притяженія. На рисункѣ 140, 1 изображенъ цвѣтокъ *Amaryllis formosissima*. Изъ шести листковъ околоцвѣтника три направлены вверхъ и три внизъ. Всѣ тычинки и столбикъ направлены внизъ. Если же очень молодую цвѣтоножку съ не распустившимися еще цвѣтами перевернуть, то распустившіеся въ такомъ положеніи цвѣты принимаютъ видъ, изображенный на ри-

сункѣ 140, 2. Всѣ тычинки и пестикъ принимаютъ положеніе диаметрально противоположное нормальному ихъ положенію. Раскрываются ли цвѣты въ нормальномъ положеніи, или въ обращенномъ, всѣ тычинки и столбикъ одинаково направляются къ землѣ. Следовательно, направленіе тычинокъ и столбика у даннаго растенія не есть нѣчто неизмѣнное, но подчиняется дѣйствию земного притяженія.

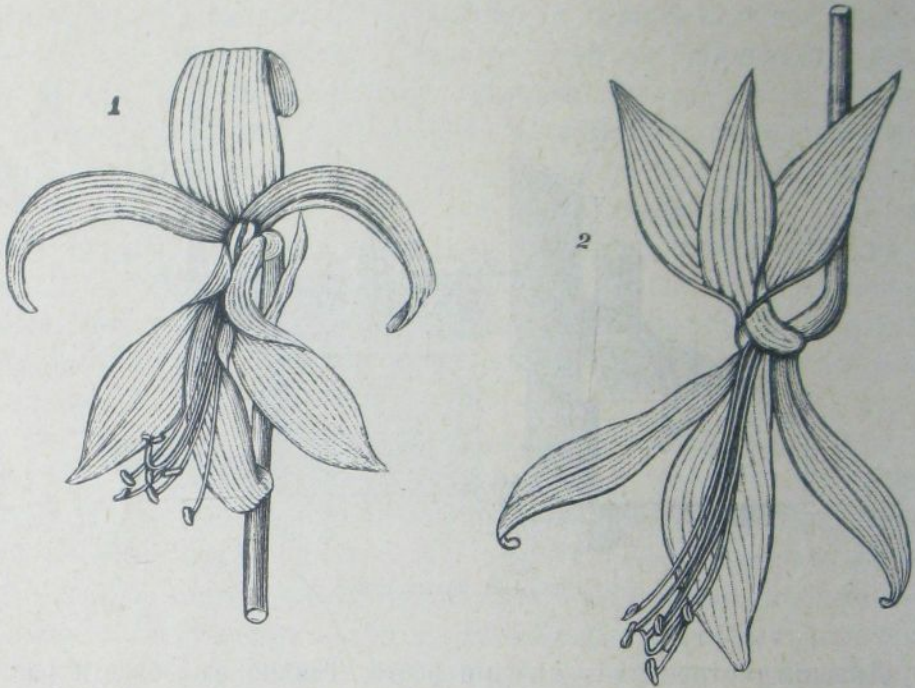


Рис. 140. Цвѣты *Amaryllis formosissima*, 1—раскрывшіяся въ нормальномъ положеніи, 2—въ перевернутомъ положеніи.

Нѣкоторые зигоморфные цвѣты удастся превратить въ правильные, заставляя дѣйствовать земное притяженіе въ равные промежутки времени на диаметрально противоположныя части цвѣтка. Зигоморфными цвѣтами называются цвѣты, дѣлящіеся только въ одной плоскости на двѣ равныя половины. Если помѣстить цвѣтоножки съ не раскрывшимися еще цвѣтами *Epilobium angustifolium* на горизонтальной оси, медленно вращающейся при помощи часового механизма, то раскрывшіеся черезъ нѣсколько времени цвѣты будутъ уже не зигоморфными, а правильными. На 141-омъ рисункѣ слѣва изображено направленіе чашелистиковъ и лепестковъ въ зи-

гоморфномъ цвѣткѣ *Epilobium angustifolium*, справа цвѣтокъ того же растенія, выращенный на клинообразнѣ; цвѣтокъ сталъ вполнѣ правильнымъ.

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 взаимодействіи входящихъ въ составъ ихъ тканей; подобно тому, какъ не въ свѣтѣ, а въ различномъ взаимодействіи между стеблемъ и листьями лежитъ причина того, что въ темнотѣ листья однихъ растеній (со стеблями) вырастаютъ меньшей величины, листья же другихъ (безстебельныхъ) — большей, чѣмъ на свѣтѣ.

Попытки проникнуть глубже въ явленія геотропизма не дали пока большихъ результатовъ. Подъ вліяніемъ мнѣнія зоологовъ, что отоцисты простѣйшихъ животныхъ не органы слуха, но аппараты для сохранения равновѣсія

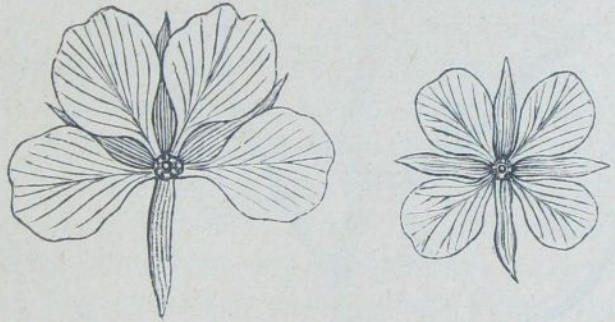


Рис. 141. Цвѣты *Epilobium angustifolium*. Слева нормальный, справа выросшій на медленно вращающейся оси.

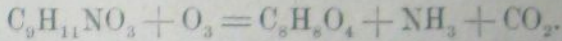
тѣла въ пространствѣ, ботаниками <sup>1)</sup> было высказано мнѣніе, что въ растительныхъ клѣткахъ существуютъ особыя тѣльца, аналогичныя отолитамъ, на которыя дѣйствуетъ земное притяженіе. Нѣмецъ <sup>2)</sup> такими тѣльцами считаетъ крахмальные зерна корневого чехлика. Слѣдовательно, сила тяжести воспринимается протоплазмой въ видѣ давленія на нее болѣе тяжелыхъ крахмальныхъ зеренъ. Таковы попытки объясненія геотропизма съ физической точки зрѣнія. Чапекъ <sup>3)</sup> подходит къ вопросу съ химической стороны. Онъ показалъ, что явленія геотропизма, также какъ и явленія гелиотропизма, сопровождаются химическими превращеніями. Начальныя стадіи геотро-

<sup>1)</sup> *Haberland*, Berichte bot. Gesellschaft, 1900. pag. 261.

<sup>2)</sup> *Nѣмец*, Berichte bot. Gesellschaft, 1902. pag. 339.

<sup>3)</sup> *Сzapек*, Berichte bot. Gesellschaft, 1902. pag. 464.

пизма сопровождаются усиленнымъ образованіемъ гомогентизиновой кислоты, образующейся изъ тирозина по слѣдующему уравненію:



Растенія могутъ выдерживать быстрое вращеніе въ центрофугахъ. Послѣ опыта алейроновыя зерна, крахмальныя зерна и ядра

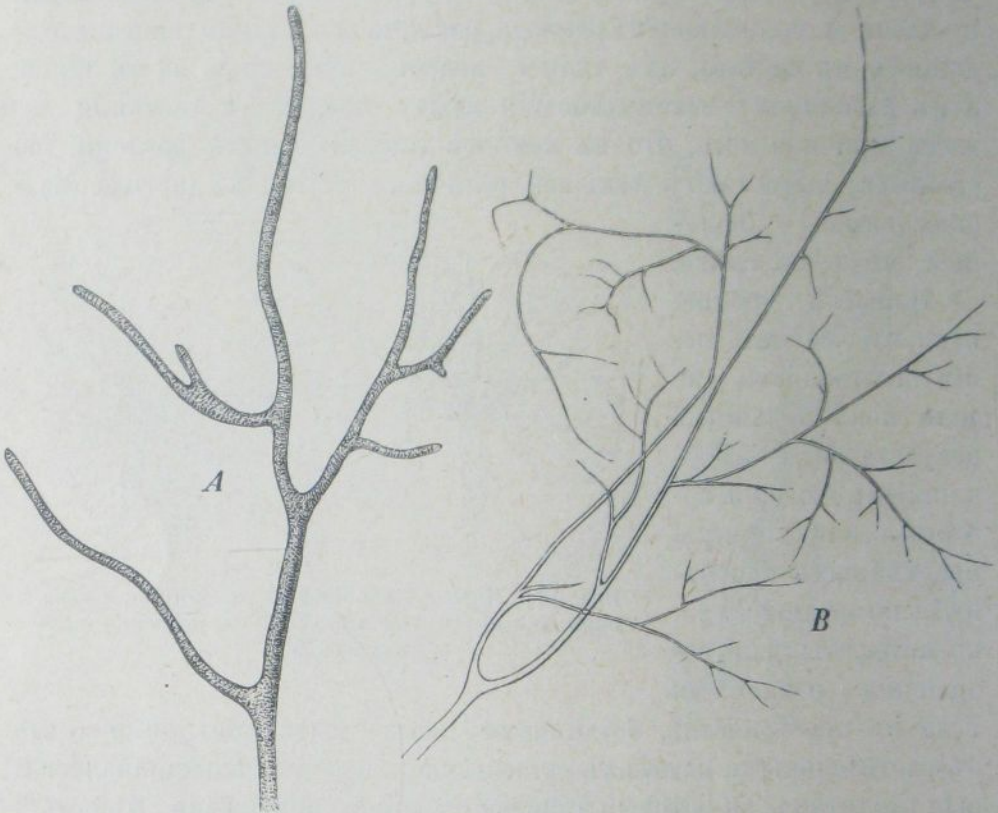


Рис. 142. *Mucor racemosus*. *A*—сахарная форма, *B*—пептонная форма.

оказываются смѣщенными по направленію центробѣжной силы, ядерныя тѣльца выскакиваютъ изъ ядеръ, рафиды пробиваютъ оболочки<sup>1)</sup>).

§ 7. **Вліяніе питанія на ростъ и форму растеній.** Если выращивать зеленое растеніе не въ почвѣ, а въ растворѣ минеральныхъ солей, то, мѣняя концентраціи солей, мы получимъ измѣненія не только въ скорости роста, но также въ формѣ и строеніи

<sup>1)</sup> *Andrews*, Pringsheim's Jahrbücher, XXXVIII, 1902, pag. 1.



растений. Но болѣе рѣзкіе примѣры вліянія питанія наблюдаются у простѣйшихъ незеленыхъ растений, питающихся органическими соединеніями. Напримѣръ, *Mucor racemosus* въ сахарныхъ растворахъ даетъ толстыя нити съ тупо оканчивающимися боковыми вѣтвями (рис. 142, *A*). Напротивъ, въ растворѣ пептона получаютъ тонкія нити съ остро оканчивающимися боковыми вѣтвями (рис. 142, *B*).

Сѣнные бактеріи (*Bacillus subtilis*) слѣдующимъ образомъ измѣняютъ свою форму подѣ вліяніемъ питательной среды. Въ пятипроцентномъ слабо щелочномъ растворѣ мясного экстракта получаютъ палочки длиною въ 6—10  $\mu$  и шириною въ 0,5  $\mu$ , какъ видно на рисункѣ 143-мъ *1 a* (рисунокъ даетъ схематическія изображенія). Въ нейтральномъ растворѣ изъ сахара 5% и мясного экстракта 0,1% получаютъ палочки болѣе короткія въ 4—6  $\mu$ , но значительно толще—въ 0,8  $\mu$  (*2 a*). Особенно крупныя клѣтки получаютъ на сѣнномъ настоѣ. Въ этомъ случаѣ длина ихъ достигаетъ 12  $\mu$ , а ширина 1,0  $\mu$  (*3 a*). При всѣхъ описанныхъ условіяхъ идетъ быстрое размноженіе. Вновь образующіяся перегородки сначала такъ тонки и такъ слабо преломляютъ свѣтъ, что въ неокрашенныхъ препаратахъ онѣ незамѣтны. Но стоитъ только прибавить растворъ іода, какъ клѣтки, казавшіяся длинными, распадаются на короткіе членики (*1 b, 2 b, 3 b*).

**§ 8. Вліяніе поврежденій, растяженія и давленія на ростъ и форму растений.** Всевозможныя поврежденія растущихъ органовъ сильно вліяютъ на ихъ ростъ. Онѣ или задерживается, или совсѣмъ прекращается. Иногда же вслѣдствіе поврежденій появляются разнообразныя искривленія растущихъ органовъ. Изъ числа послѣднихъ явленій роста наибольшаго вниманія заслуживаетъ Дарвиново искривленіе корешковъ. 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 кверху, образуетъ петлю и затѣмъ снова начинаетъ расти внизъ. Это явленіе представляется очень цѣлесообразнымъ, потому что благодаря ему корешокъ отклоняется отъ опаснаго мѣста. Позднѣйшія изслѣдованія Визнера<sup>1)</sup> показали, что Дарвиново искривленіе

<sup>1)</sup> *Wiesner*, Sitzungsber. Wiener Akad. 89 Band, 1 Abth. 1884. pag. 223.

есть въ сущности двойное искривленіе. Вскорѣ послѣ нанесенія поврежденія появляется искривленіе въ верхней части растущей зоны корешка съ выпуклостью на сторонѣ, противоположной по-

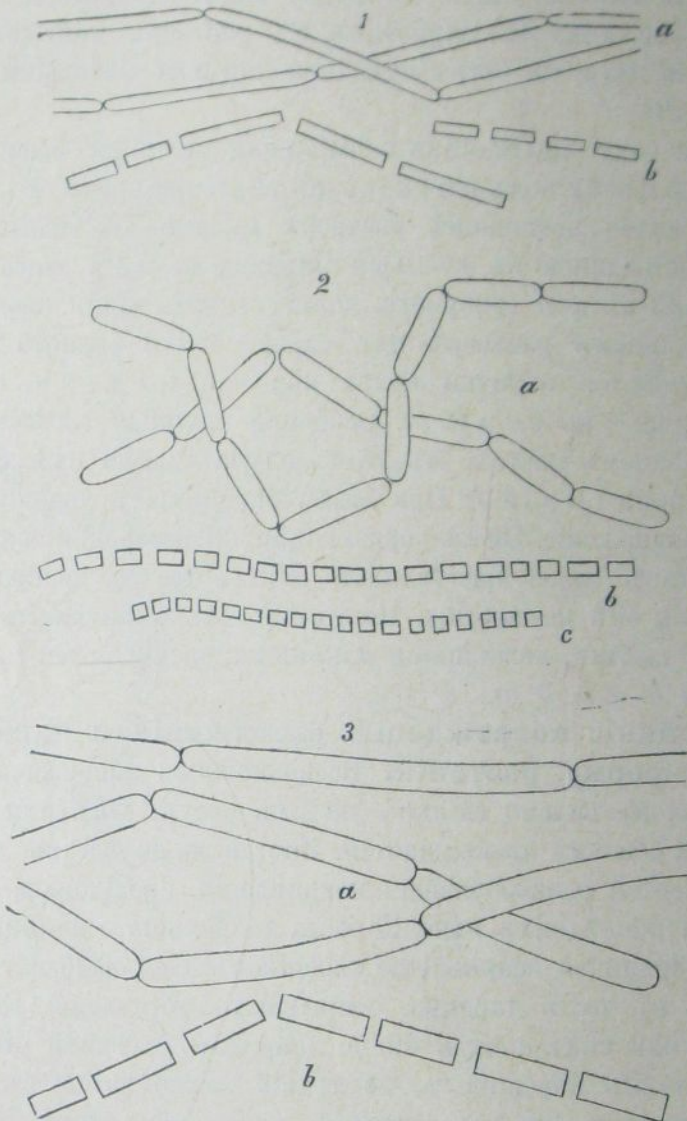


Рис. 143. *Bacillus subtilis*. Вліяніе питательной среды на форму.

врежденію. 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 относитъ кончикъ корешка отъ мѣста на-

песенія поврежденія. Верхнее искривленіе наступаетъ черезъ 25—45 минутъ, второе черезъ 45—135 минутъ послѣ пораненія. Механизмъ этого явленія еще не вполне выясненъ.

Часто очень рѣзкія измѣненія формы растений вызываются паразитирующими на нихъ грибами. Напримѣръ, сложенные въ видѣ розетки листья *Sempervivum hirtum* имѣютъ обратнойцевидную форму и почти вдвое длиннѣ своей ширины. Листья же растенія,

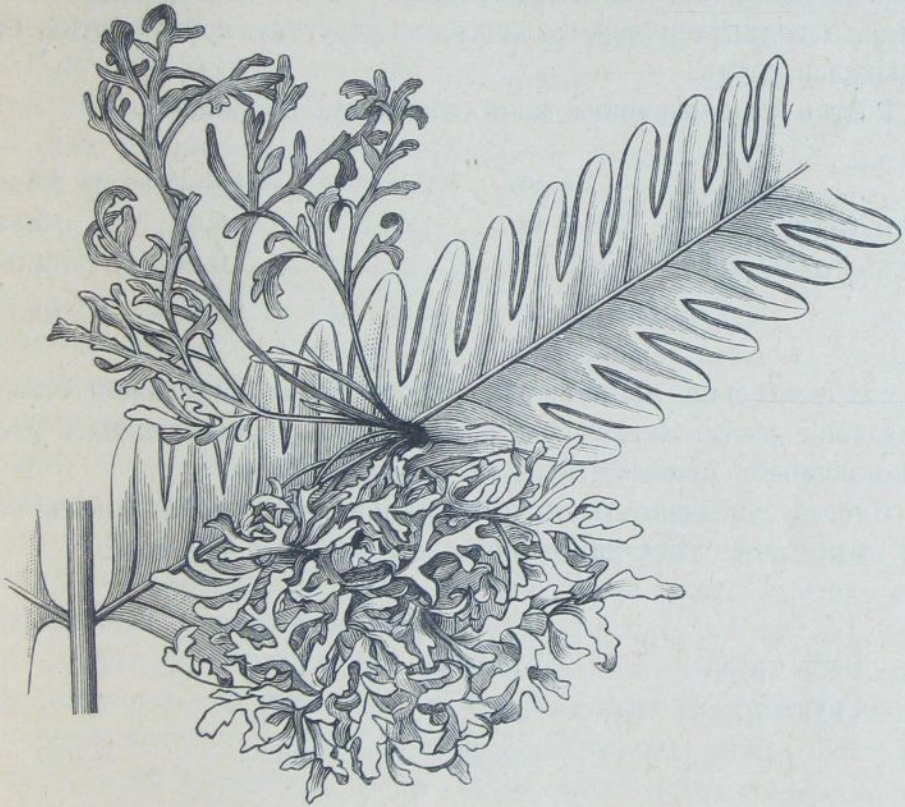


Рис. 144. Вѣдьмина метла на листѣ *Pteris quadriaurita*, вызываемая *Taphrina Laurencia*.

пораженнаго грибомъ *Endophyllum Sempervivi*, въ семь разъ длиннѣ своей ширины. На различныхъ деревьяхъ и кустарникахъ встрѣчаются оригинальныя образованія, называемыя «вѣдьминными метлами»; это не что иное, какъ сильныя измѣненія цѣлыхъ побѣговъ подъ влияніемъ грибовъ. На 144-омъ рисункѣ изображена вѣдьмина метла на папоротникѣ *Pteris quadriaurita*, вызываемая *Taphrina Laurencia*. Такія метлы всегда отходятъ отъ листьевъ папоротника съ верхней стороны. Вѣтви метлы поднимаются кверху

и производятъ такой видъ, какъ будто на папоротникѣ выросло какое-либо другое растеніе.

Выше (стр. 257) было указано, что во всякомъ растеніи однѣ ткани напряжены тягой, т. е. растянуты, другія напряжены давленіемъ, т. е. сдавлены. Для уясненія вопроса, какое вліяніе оказываетъ тяга на ростъ растений, необходимо подвергнуть ихъ искусственному растяженію. Такіе опыты были произведены Геглеромъ<sup>1)</sup>. Къ верхней части растенія, подвергаемаго растяженію, укрѣплялась нитка, перекинутаая черезъ блокъ; къ другому концу нитки привязывался грузъ.

Ростки подсолнечника дали слѣдующій приростъ:

	въ 1-й день	во 2-й день	въ 3-й день	въ 4-й день
Безъ груза . . . .	15,2 мм.	10,7	6,4	3,5
Грузъ въ 50 грам. .	8,2 »	11,2	6,9	4,2
	—46,0%	+4,7%	+7,8%	+20,0%

Слѣдовательно, прикрѣпленіе груза сначала вызываетъ сильное замедленіе роста. Затѣмъ постепенно ростъ растягиваемаго растенія начинаетъ превышать ростъ нормальнаго.

Иногда замедленіе роста не ограничивается однимъ днемъ, какъ это видно изъ слѣдующаго опыта съ ростками конопли:

	въ 1-й день	во 2-й день	въ 3-й день
Безъ груза . . . .	10,2 мм.	7,9	5,6
Грузъ въ 20 грам. .	4,0 »	3,9	5,1
	—60,7%	—50,6%	—8,9%

Если послѣ наступленія ускореннаго роста растягиваемаго растенія увеличить грузъ, то снова наступаетъ замедленіе.

Такъ, молодые побѣги георгинъ дали слѣдующій приростъ:

	въ 1-й день	во 2-й день
Безъ груза . . . .	21,1 мм.	15,5
Грузъ въ 50 грам. .	16,2 »	17,1
	—23,2%	+10%

<sup>1)</sup> Hegler, Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen VI. 1893.

Затѣмъ грузъ былъ увеличенъ до 100 граммовъ:

	въ 3-й день	въ 4-й день
Безъ груза . . . . .	9,3 мм.	5,7
Грузъ 100 грам. . . . .	7,9 »	6,8
	—15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	+19,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Вліяніе растяженія не ограничивается только измѣненіемъ скорости роста, но отражается также и на анатомическомъ строеніи.

Благодаря изслѣдованіямъ Пфедфера<sup>1)</sup> въ значительной степени выясненъ также вопросъ о вліяніи давленія на ростъ растений. Для задержанія роста изслѣдуемые органы онъ заливалъ въ гипсъ, или иногда въ желатину. Смотри по цѣли опыта они заливались или вполнѣ, или же только въ области растущей зоны. Затвердѣвшій гипсъ давалъ свободный доступъ воздуху и водѣ къ залитымъ частямъ растений. Сопротивленіе, оказываемое растущимъ органомъ, настолько значительно, что довольно толстые куски гипса разрываются. Такъ, корешокъ прорастающаго боба (*Vicia Faba L.*) нужно, для предупрежденія возможности разрыва гипса, покрыть такимъ слоемъ его, чтобы образовавшійся гипсовый цилиндръ имѣлъ не менѣе 1 или даже 1,5 сантиметра въ діаметрѣ.

Остановка роста залитаго въ гипсъ органа отражается усиленной внутренней дифференцировкой тканей. Такъ, корешки боба, пробывшіе въ гипсѣ 15—27 дней, сильно отличаются по своему анатомическому строенію отъ нормальныхъ корешковъ. Въ такихъ корешкахъ вполнѣ образовавшіеся пористые и спиральные сосуды начинаются уже на разстояніи 1,5 миллим. отъ кончика. Въ нормальныхъ же корешкахъ такіе сосуды начинаются только на разстояніи 25—35 миллим. Въ общемъ поперечный разрѣзъ корешка, бывшаго въ гипсѣ, сдѣланный на небольшомъ разстояніи отъ кончика, представляетъ такую же картину, что и поперечный разрѣзъ нормальнаго корешка на разстояніи 30—50 миллим. отъ кончика.

Если не вполнѣ остановить, а только сильно замедлить ростъ корешка, то замѣчается, что параллельно съ замедленіемъ роста уменьшается также и длина растущей области. У нормальнаго корешка длина растущей области обыкновенно равна 10 миллимет-

<sup>1)</sup> *Pfeffer, Druck-und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen. Leipzig. 1893.*

рамъ. Растущая же область корешка съ искусственно задержаннымъ ростомъ сводится на 5—6, а иногда даже на 3 миллиметра.

Такъ какъ описанные опыты показываютъ, что растущіе органы могутъ развивать значительную силу для преодоленія сопротивленія, то для составленія понятія о величинѣ этой силы Пфефферъ произвелъ слѣдующіе опыты. Изъ пластической глины были приготовлены влажные кубики и въ сдѣланные въ нихъ отверстія помѣщены корешки. Корешки, несмотря на оказываемое глиной сопротивленіе, продолжали расти и углубляться въ нее.

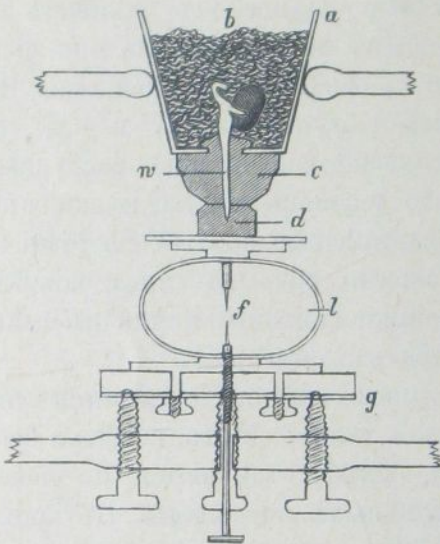


Рис. 145. Приборъ Пфеффера для измѣренія давленія, вызываемого растущимъ корнемъ.

Затѣмъ были приготовлены заостренные желѣзные стержни одинаковаго діаметра съ корешками. При помощи стекляннаго кольца они поддерживались въ вертикальномъ положеніи такъ, чтобы заостренный конецъ упирался въ глину, на находящуюся же на противоположномъ концѣ маленькую тарелочку постепенно накладывался грузъ и наблюдалось, при какой величинѣ груза стержень начнетъ входить въ глину. Изъ различныхъ опытовъ выяснилось, что для этой цѣли нуженъ грузъ отъ 100 до 140 граммовъ. Слѣдовательно, и корешокъ преодолеваетъ не меньшее сопротивленіе. Въ болѣе точныхъ опытахъ корешокъ давилъ на стальную пружину (рис. 145). Чтобы корешекъ не сгибался, верхняя часть его укрѣплялась неподвижно въ гипсѣ, растущая же область вставлялась въ подвижной кусокъ гипса, съ продѣланнымъ въ немъ отверстіемъ для помѣщенія корешка. По мѣрѣ роста корешка гипсовый футляръ давилъ на пружину.

Прилагаемая таблица показываетъ, что корешки бобовъ, встрѣтивъ сопротивленіе въ видѣ пружины, оказываютъ на нее такое же давленіе, какое получается при загрузеніи ея 226—299 грам.

№	Продолжительность опытовъ.	Диаметръ корешковъ.	Площадь поперечнаго сѣченія.	Общее давленіе.	Давленіе на 1 кв. мм.	Давленіе въ атмосферахъ.
1	70 час.	2,1 мм.	3,4 кв. мм.	257,5 гр.	72,8 гр.	7,04
2	72 »	2,2 »	3,7 » »	294,3 »	79,5 »	7,70
3	36 »	2,0 »	3,2 » »	352,7 »	110,2 »	10,67
4	192 »	1,8 »	2,6 » »	260,6 »	100,2 »	9,70
5	120 »	2,0 »	3,1 » »	272,0 »	87,7 »	8,49
6	94 »	1,2 »	1,13 » »	226,0 »	200,0 »	19,36
7	94 »	1,6 »	2,01 » »	226,0 »	107,9 »	10,44
8	58 »	2,4 »	3,46 » »	250,0 »	72,2 »	6,98
9	58 »	3,0 »	4,71 » »	250,0 »	53,1 »	5,16

Давленіе на 1 кв. миллиметръ вычисляется путемъ дѣленія общаго давленія на площадь поперечнаго сѣченія. Давленіе въ атмосферахъ получается отъ дѣленія давленія на 1 кв. миллиметръ на 10,33, т. е. вѣсъ ртутнаго цилиндра въ 760 миллим. высотой и 1 кв. мм. въ основаніи. (Удѣльный вѣсъ ртути 13,6. Слѣдовательно, 760 мгр.  $\times$  13,6 = 10,33 грамма). Полученныя числа показываютъ, что слабые на видъ корешки бобовъ могутъ оказывать во время роста сопротивленіе, равное 5—19 атмосферамъ.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

### Вьющіяся и лазящія растенія.

§ 1. **Вьющіяся растенія**<sup>1)</sup>. Очень многія растенія имѣютъ настолько длинныя и тонкія 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 обертываться или прикрѣпляться къ другимъ растеніямъ, поднимаются вверхъ и такимъ

<sup>1)</sup> *Darwin*, Kletternde Pflanzen. 1876; *Баранецкій*, Mémoires de l'Académie de S.-Petersbourg. VII série. XXXI tome. № 8. 1883; *Pfeffer*, Untersuchungen aus d. bot. Inst. zu Tübingen. I Band. 1885 pag. 483. *Voss*, Botanische Zeitung. 1902, pag. 231.

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



Рис. 146. Вьющійся стебель *Akebia quinata*.

или иныхъ случайно встрѣтившихся подпорокъ. Примѣромъ такихъ растеній могутъ служить хмель (*Humulus Lupulus*), фасоль (*Phaseolus multiflorus*), различные виды вьюнка (*Convolvulus*) и нѣкоторые виды *Polygonum*, какъ-то *P. dumetorum*, *P. Convolvulus*.

На 146-мъ рисункѣ изображена верхушка вьющагося стебля *Akebia quinata*. Верхушка растущей части стебля вьющихся растеній описываетъ во все время роста круги. Это явленіе называется круговою нутаціей. У однихъ растеній эта нутація совершается по направленію движенія часовой стрѣлки, у другихъ — въ обратномъ направленіи. Нутирующая верхушка стебля у большинства вьющихся растеній состоитъ изъ 2 — 3 послѣднихъ междоузлій. Скорость, съ какою

описывается полный оборотъ круга, у различныхъ растеній 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 часовъ	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 обвертываться 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, вслѣдствіе роста подъ вліяніемъ отрицательнаго геотропизма, вытягивается и крѣпко обхватываетъ подпорку. Болѣе тѣсному соприкосновенію способствуютъ еще твердые волоски, обыкновенно покрывающіе стебли вьющихся растеній.

Вьющіяся 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 растеній различна; такъ, *Phaseolus multiflorus* можетъ обвиваться вокругъ подставокъ, имѣющихъ 3—4 дюйма въ діаметрѣ, но уже не обвивается вокругъ подставокъ толщиной въ 9 дюймовъ. Тропическія вьющіяся растенія обвиваются вокругъ толстыхъ стволовъ.

Если вьющееся растеніе медленно вращать вокругъ его собственной оси въ горизонтальномъ положеніи на клиностатѣ, то оно перестанетъ обвиваться и станетъ расти параллельно подпorkѣ; молодые, только передъ тѣмъ образовавшіеся, обороты спирали снова развертываются. Такіе опыты показываютъ, что геотропизмъ есть одно изъ необходимыхъ условій для обвиванія стеблей.

§ 2. Лазящія растенія<sup>1)</sup>. Длинные стебли лазящихъ расте-

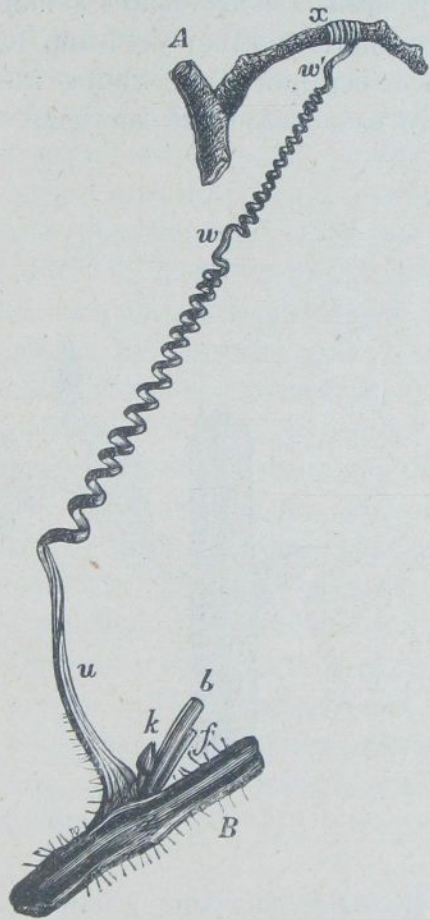


Рис. 147. Уснѣъ *Bryonia dioica*.

<sup>1)</sup> *Darwin*, Kletternde Pflanzen 1876; *De Vries*, Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. Band. 1, pag. 302; *Schenk*, Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen. Jena. I. 1892; II. 1893.

ній неспособны обвиваться. Они поднимаются вверхъ при помощи особыхъ приспособленій, каковы волоски, шипы, воздушные корни, усики и т. д. Самые распространенные изъ перечисленныхъ органовъ—это усики. Усики или прицѣпки различныхъ растений—различнаго морфологическаго происхожденія: у однихъ растений (*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.

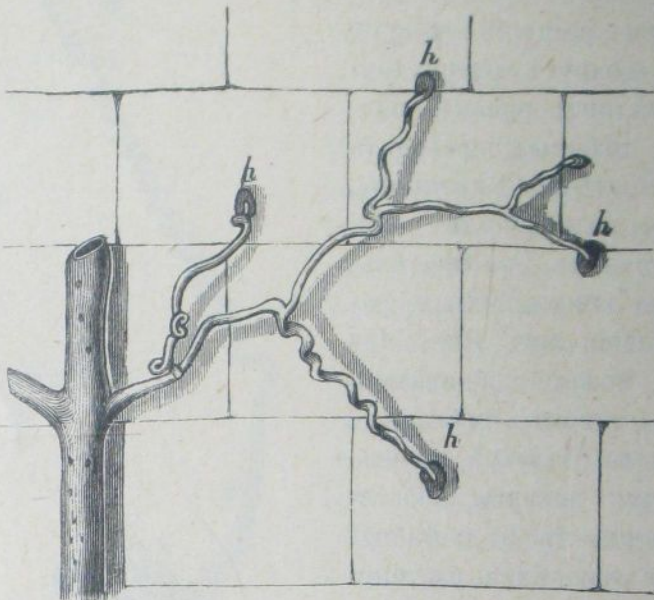


Рис. 148. Усикъ *Ampelopsis*.

Молодые растущіе усики обладаютъ способностью къ круговой нутаціи, 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 растение оказывается висящимъ не на стержнѣ, могущемъ легко разорваться, но на пружинѣ, которая при движеніяхъ стебля отъ

вѣтра нѣсколько распрямляется и тѣмъ предохраняеть себя отъ разрыва. Прикрѣпленіе усика къ опорѣ можетъ произойти только, пока онъ растеть. Усики, не встрѣтившіе во время роста опоры, въ большинствѣ случаевъ засыхаютъ и отваливаются. На 147 рисункѣ изображена часть стебля *Vigna dioica* съ отходящимъ отъ него усикомъ, захватившимъ вѣтку *A*. Средняя часть усика закручена въ видѣ спирали, предохраняющей усикъ отъ разрыва.

Оригинальную особенность представляютъ усики *Ampelopsis*, когда имъ не удается встрѣтить предмета, около котораго они могли бы обвиться, какъ, на примѣръ, во время роста около стѣны. Въ этомъ случаѣ усики, прижатые къ стѣнѣ отрицательнымъ гелиотропизмомъ, попадаютъ во время своихъ нутаціонныхъ движеній въ находящіяся на ней случайныя отверстія; тогда на ихъ концахъ начинаютъ образовываться утолщенія, которыя плотно заполняютъ отверстіе и такимъ образомъ поддерживаютъ растеніе (рис 148).

§ 3. **Циркумнутація**<sup>1)</sup>. Дарвинъ нашель, что всѣ растущіе органы растеній, 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 растеніямъ. Но Визнеръ доказалъ, что подобное мнѣніе невѣрно: онъ нашель, что во многихъ растущихъ органахъ не удается замѣтить циркумнутаціи; тамъ же, гдѣ она есть, это не что иное, какъ результатъ нѣкоторыхъ неправильностей роста.

<sup>1)</sup> *Дарвинъ*, Способность растеній къ движенію. 1881; *Wiesner*, Bewegungsvermögen der Pflanzen. 1881.

## ГЛАВА ПЯТАЯ.

### Перемѣнные 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, перемѣнные 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 ge-septive Nutation), относятся движенія, вызванныя внѣшними 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, эпинастія, гипонастія и другія. Эпинастіей называется явленіе усиленнаго роста на верхней сторонѣ органа, будетъ ли то стебель, или листь; вслѣдствіе такого роста органы загибаются внизъ. Гипонастіей, наоборотъ, называется усиленный ростъ на вижней поверхности органа. Оба явленія роста зависятъ только отъ внутренней организаціи данныхъ органовъ.

Всѣ перемѣнные движенія также дѣлятся на паратоническія и произвольныя.

§ 2. **Произвольныя перемѣнные движенія.** Въ настоящее время извѣстно нѣсколько случаевъ подобныхъ движеній. Лучшимъ примѣромъ служитъ движеніе боковыхъ листочковъ тройчатого листа *Desmodium gyrans*<sup>1)</sup>. 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.

<sup>1)</sup> *Hofmeister*, Pflanzenzelle. 1867.

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

§ 3. **Паратоническія перемѣнныя движенія**<sup>1)</sup>. Листья *Mimosa pudica*, обладающіе способностью опускаться отъ незначительнаго прикосновенія, представляютъ лучшей примѣръ паратонического перемѣннаго движенія. Каждый листъ состоитъ изъ длиннаго черешка, на которомъ сидятъ четыре перистыхъ листочка; каждый перистый листочекъ также состоитъ изъ черешка второго порядка, усаженнаго большимъ числомъ маленькихъ листочковъ третьяго порядка (рис. 149, *A*). Главный черешокъ имѣетъ при

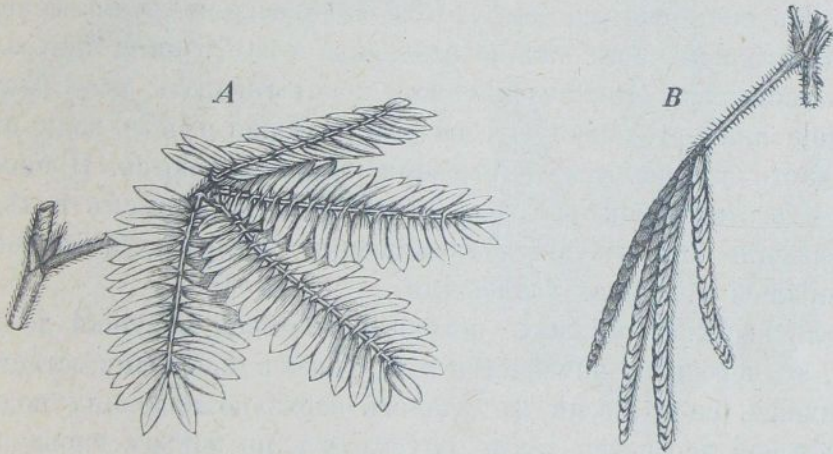


Рис. 149. Листья *Mimosa pudica*. *A*—нормальное положеніе, *B*—послѣ раздраженія.

своемъ основаніи хорошо развитую сочленительную подушку; такія же сочлененія находятся и при основаніи черешковъ второго и третьяго порядка. Достаточно очень слабаго прикосновенія къ главной сочленительной подушкѣ, чтобы главный черешокъ опустился внизъ, листочки же третьяго порядка при этомъ поднимаются кверху и прикладываются другъ къ другу своими верхними сторонами (рис. 149, *B*). Если раздраженіе было достаточно сильно, то оно передается черезъ стебель и на прочіе листья растенія, которые

<sup>1)</sup> *Brücke*, Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie 1848, pag. 434; *Н. Леваковскій*, О движеніи раздражимыхъ органовъ растеній. Харьковъ. 1867; *Pfeffer*, Physiologische Untersuchungen, 1873; *Haberland*, Reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze. 1890.

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, не зависящаго отъ роста.

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

Главная масса сочленительной подушки<sup>1)</sup> состоитъ изъ паренхимной ткани съ большимъ числомъ межклеточныхъ ходовъ. Оболочки клетокъ нижней половины подушки значительно тоньше оболочекъ верхней половины. Въ центрѣ проходитъ сосудистый пучокъ. Въ сочлененіяхъ замѣчается очень сильное напряженіе тканей. Наружныя части сильно сдавлены, а внутренняя центральная часть растянута. Это явленіе легко констатировать, вырѣзывая 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 вслѣдствіе 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 снова поднимается и принимаетъ болѣе высокое положеніе, чѣмъ занималъ прежде. Отсюда слѣдуетъ, что опусканіе листьевъ вызывается уменьшеніемъ тургора въ клеткахъ нижней половины сочлененія, поднятіе же ихъ—результатъ возобновленія въ этихъ клеткахъ прежняго тургора. Принятіе листьями съ вырѣзанными верхними половинами сочлененій болѣе высокаго положенія зависитъ отъ того, что клетки 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.

<sup>1)</sup> Для изслѣдованій наиболѣе удобны подушки главнаго черешка. Всѣ ниже описанные опыты сдѣланы надъ ними.

Ослабленіе тургора въ клѣткахъ нижней половины листовой подушки сопровождается уменьшеніемъ ихъ объема. Часть бывшей въ нихъ воды должна поэтому куда-нибудь уйти. 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

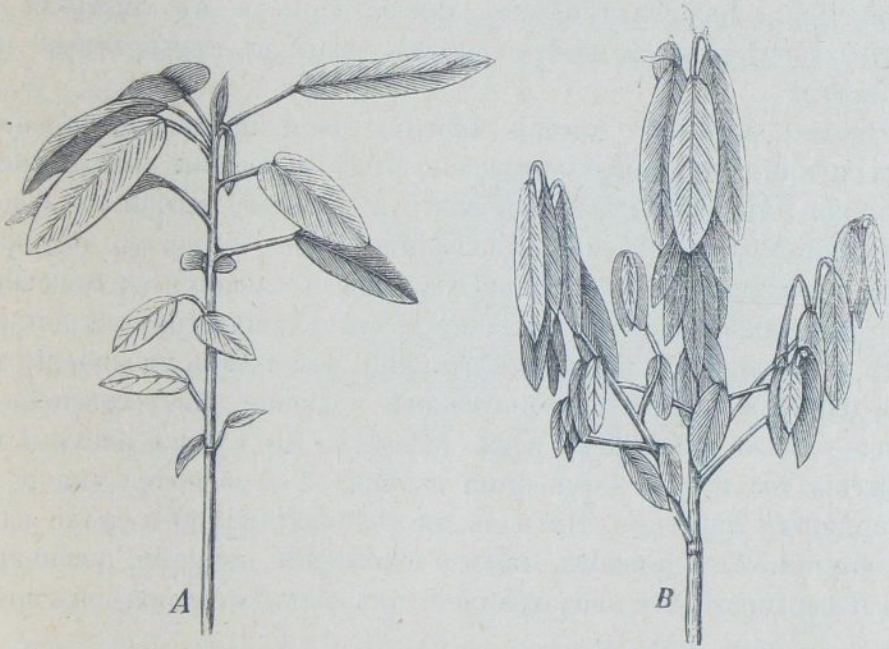


Рис. 150. Два побѣга *Desmodium gyrans*. *A*—днемъ, *B*—ночью.

воздухъ; когда же раздраженіе кончится, то выдѣленная 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 кожистаго 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, благоприятныхъ для

жизненныхъ отправленій 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.

*Тычишки Synarcae* также принадлежатъ къ числу органовъ, раздражимыхъ прикосновеніемъ: онѣ укорачиваются отъ слабаго давленія. Сокращеніе ихъ объема также, 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 *сонъ 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. На 150-мъ рисункѣ изображены два побѣга *Desmodium gyrans*, *A* — во время дня и *B* — со спящими листьями. На ночь листья опустились и легли одинъ на другой. Результатомъ такого положенія является уменьшеніе ихъ поверхности, что предохраняетъ отъ сильнаго охлажденія ночью.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### Форма и размноженіе растеній.

§ 1. **Зависимость формы растеній отъ внѣшнихъ и внутреннихъ условій.** Форма растеній находится въ тѣсной зависимости отъ внѣшнихъ условій. Растенія, приспособляясь къ окружающей ихъ средѣ, сильно измѣняютъ какъ свой внѣшній видъ, такъ и свое внутреннее анатомическое строеніе. Многія особенности формы отдѣльных растеній, считавшіяся исключительно достояніемъ морфологіи, оказываются результатомъ внѣшнихъ усло-



вій. Мы уже видѣли выше, что каждый факторъ въ отдѣльности, какъ свѣтъ, теплота, атмосферное давленіе, влажность, условія питанія, наконецъ земное притяженіе — оказываютъ сильное вліяніе какъ на внѣшній видъ, такъ и на внутреннее строеніе растений. Конечно, эти измѣненія будутъ еще болѣе значительными, если на растенія будутъ дѣйствовать въ различной степени нѣсколько указанныхъ дѣятелей сразу, какъ это и случается при естественныхъ условіяхъ въ природѣ. Напримѣръ, на высокихъ горахъ цѣлый рядъ метеорологическихъ условій совершенно иной, чѣмъ въ равнинахъ. Флора высокихъ горъ (такъ называемая альпійская флора) также сильно отличается отъ флоры равнинъ какъ по внѣшнему виду, такъ и анатомическому строенію<sup>1)</sup>. На высокихъ горахъ преобладаютъ растенія съ болѣе или менѣе сильно недоразвитымъ стеблемъ, съ плотными, очень крупными по сравненію съ величиной цѣлаго растенія, листьями и большими ярко окрашенными цвѣтами. На 151-мъ рисункѣ изображенъ *Achyrophorus quitensis*, живущій отъ Новой Гранады до Перу на высотѣ 3000—4000 метровъ, съ рѣзко выраженными особенностями альпійской флоры.



Рис. 151. *Achyrophorus quitensis* въ  $\frac{2}{3}$  ест. величины.

Опыты Боннье<sup>2)</sup> показали, что различныя особенности альпійскихъ растеній являются результатомъ вліянія среды. Онъ выращивалъ растенія изъ сѣмянъ одного происхожденія въ окрестностяхъ Парижа, на Альпахъ и Пиренеяхъ. Растенія, выросшія въ окрестностяхъ Парижа, имѣли общій видъ растеній равнины, т. е. тотъ же самый, какой имѣли растенія, съ которыхъ были собраны употребленныя для посѣва сѣмена. Напротивъ, растенія, выросшія

<sup>1)</sup> *Wagner*, Sitzungsber. Wien. Academie, CI, Abth. 1, 1892, pag. 487.

<sup>2)</sup> *Bonnier*, Revue générale de botanique, 1890, pag. 513. *Weinzierl*, Landw. Versuchs-Stationen, XLIII, 1893, pag. 27.

на Альпахъ и Пиренеяхъ, приняла болѣе или менѣе ясную форму альпійскихъ растений. Напримѣръ, *Betonica officinalis* (рис. 152), выросшая на высокихъ горахъ, сильно отличается отъ растенія рав-

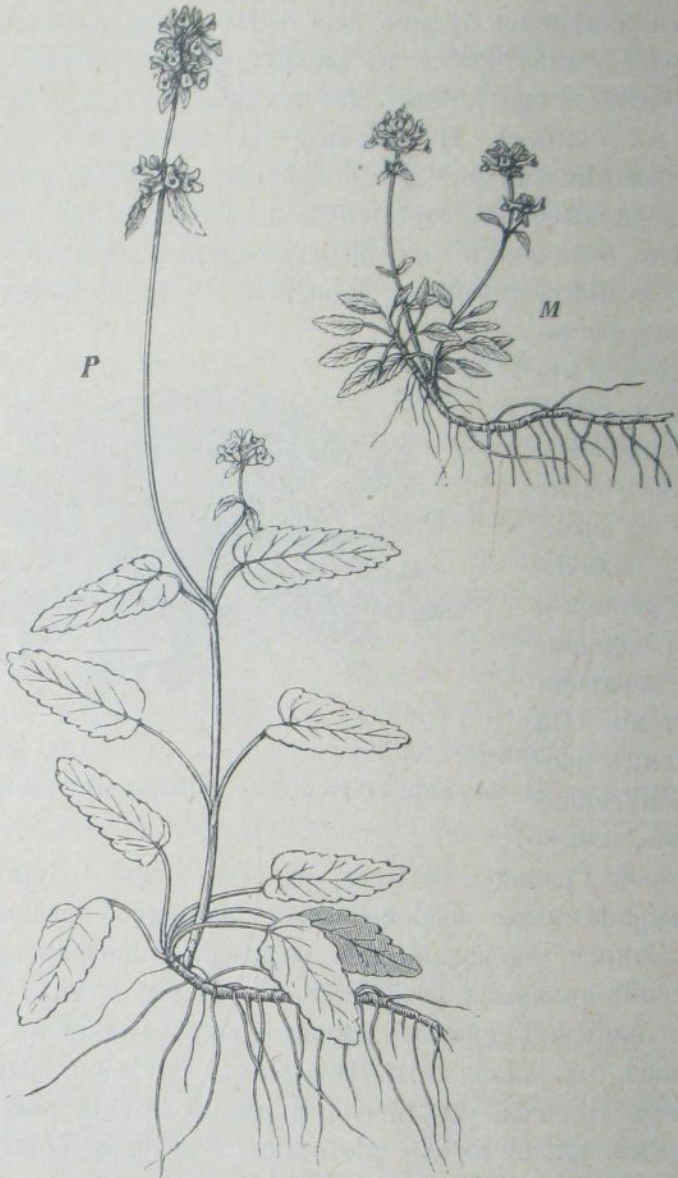


Рис. 152. *Betonica officinalis*. *P*—выросшая въ равнинѣ, *M*—выросшая на горахъ.

нины. Все растеніе значительно меньше, листья болѣе скучены при основаніи стебля. Особенно рѣзкая разница получилась съ земляной грушей (*Helianthus tuberosus*) (рис. 153). Въ равнинѣ вырастаетъ

высокое растение съ длиннымъ стеблемъ, покрытымъ сидящими по спирали листьями. Все растение сильно напоминаетъ собой подсолнечникъ (*Helianthus annuus*). Растение же, выросшее на высотѣ 2,300 метровъ, получило совершенно иной видъ. Стебель почти исчезъ, всѣ листья расположены въ видѣ розетки на поверхности земли. Слѣдовательно, уже въ первомъ поколѣннн *Helianthus tuberosus* такъ сильно поддается вліянію метеорологическихъ условій, существующихъ на высокихъ горахъ, что приобретаетъ типичную форму альпійскаго растенія.



Рис. 153. *Helianthus tuberosus*. *P* — выросшій въ равнинѣ, *M* — на горахъ, *M<sub>1</sub>* — то же растеніе въ увеличенномъ видѣ.

Не довольствуясь изученіемъ вліянія внѣшнихъ условій на измѣненіе формы и строения растеній, ученые занялись вопросомъ о генетической связи органовъ растеній. Такіе вопросы до послѣднихъ лѣтъ рѣшались только путемъ наблюденій. На основаніи разнообразныхъ наблюденій морфологи установили три главныхъ органа растеній: корень, стебель и листъ. Всѣ прочіе органы разсматриваются какъ видоизмѣненія одного изъ трехъ главныхъ органовъ. Такъ, части цвѣтка не что иное, какъ измѣненные листья. Картофельные клубни въ силу того, что они образуются не на корняхъ, а на особыхъ подземныхъ побѣгахъ, разсматриваются какъ сильно разросшіяся почки этихъ побѣговъ, т. е. мясистые укороченные подземные стебли. Что это стебли, доказывается еще тѣмъ, что на нихъ имѣются почки съ зачаточными листьями (такъ на-

зываемые глазки). Въ настоящее время, благодаря Фёхтингу<sup>1)</sup>, мы имѣемъ экспериментальныя доказательства справедливости такого мнѣнія. Можно, во-первыхъ, легко получить картофельныя клубни не только въ землѣ, но также и на поверхности ея. Для этой цѣли нижняя часть стебля затѣняется (рис. 154). Тогда въ затѣненной

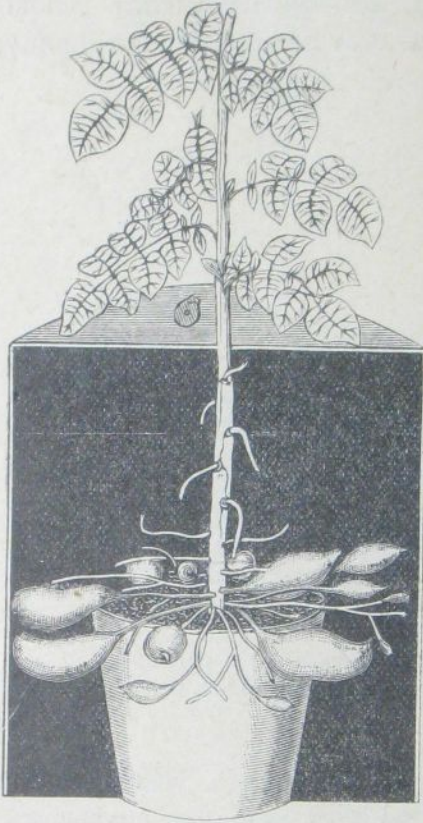


Рис. 154. Образование надземныхъ картофельныхъ клубней на затѣненной части стебля.

части стебель начинаетъ давать побѣги, несущіе клубни. Слѣдовательно, отсутствіе свѣта одно изъ условій, способствующихъ образованію клубней. Однако, темнота не принадлежитъ къ числу необходимыхъ дѣятелей, такъ какъ образованіе надземныхъ клубней можно получить и на свѣтѣ. Это достигается слѣдующимъ образомъ. Если отрѣзать картофельную вѣтвь съ листьями и посадить ее въ землю такъ, чтобы находящаяся въ землѣ часть ея не имѣла на себѣ 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 и подземныхъ клубней; поэтому образующійся въ листьяхъ крахмалъ начинаетъ отлагаться въ обыкновенныхъ

воздушныхъ почкахъ, которыя превращаются въ настоящіе клубни (рис. 155). Эти клубни отличаются отъ подземныхъ только своей болѣе интенсивной вишнево-красной окраской и крупными глазками съ зелеными листьями. При этихъ условіяхъ всегда наблюдается, что образованіе клубней идетъ на нижнихъ вѣтвяхъ, или въ нижней части

<sup>1)</sup> *Vöchting*, *Bibliotheca botanica*, I. 1887.

стебля. Для получения картофельных клубней на вершинѣ стебля, слѣдуетъ эту часть стебля помѣстить въ темный ящикъ (рис. 156). Въ этомъ случаѣ задерживается образованіе клубней въ нижнихъ частяхъ растенія, и идетъ ихъ усиленный ростъ наверху. Слѣдовательно, при такой постановкѣ опыта обычный токъ органическихъ веществъ, вырабатываемыхъ листьями, оказывается извращеннымъ: онъ направляется вверхъ вмѣсто того, чтобы идти внизъ. Подобные же воздушные клубни можно получить также и на другихъ растеніяхъ, дающихъ при нормальныхъ условіяхъ подземные клубни.



Рис. 155. Превращеніе обыкновенныхъ почекъ въ воздушные картофельные клубни.

Въ новѣйшей работѣ Фѣхтинга<sup>1)</sup> выяснена зависимость образованія картофельныхъ клубней отъ цѣлаго ряда внѣшнихъ условій.

Корневища, свойственныя многимъ растеніямъ, вслѣдствіе ихъ нахождения въ землѣ, обыкновенно принимаются за корни. Но такъ какъ они несутъ на себѣ зачаточные листья, изъ пазухъ которыхъ выходятъ обыкновенныя надземныя побѣги, то корневища, слѣдовательно, въ дѣйствительности не корни, а подземные стебли. Спра-

<sup>1)</sup> *Vöchting*, *Botanische Zeitung*, 1902, pag. 87.

ведливость этого мнѣнія также доказана Фёхтингомъ <sup>1)</sup> прямыми опытами надъ двумя растеніями, надъ *Stachys tuberifera* и *Stachys palustris*. При нормальныхъ условіяхъ корневища образуются у этихъ растеній только въ землѣ при основаніи стеблей. Но при соблюденіи тѣхъ же условій, какія примѣняются для полученія воз-

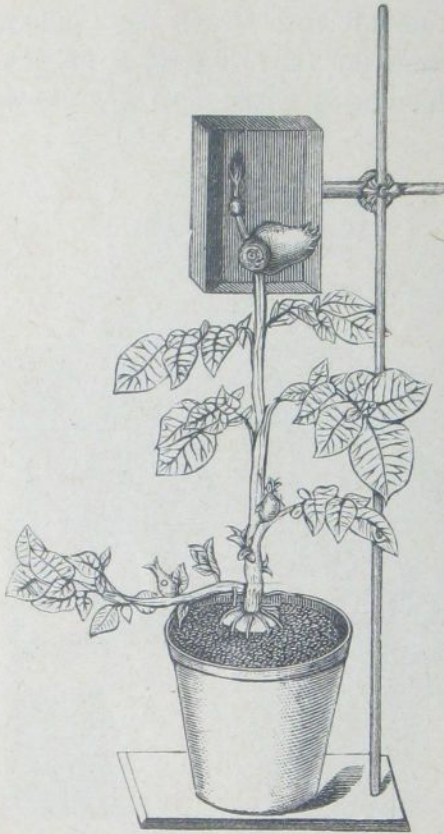


Рис. 156. Превращеніе обыкновенныхъ почекъ въ верхней затѣненной части стебля въ воздушные картофельные клубни.

душныхъ картофельныхъ клубней, удастся и у этихъ растеній получить воздушныя корневища. Вѣтви садятъ въ землю такъ, чтобы находящіяся въ землѣ части ихъ не имѣли почекъ. Такія вѣтви скоро укореняются, но, не имѣя возможности, вслѣдствіе отсутствія подземныхъ почекъ, образовать въ землѣ корневища, начинаютъ образовывать ихъ въ верхнихъ частяхъ стебля изъ боковыхъ почекъ вмѣсто обыкновенныхъ боковыхъ вѣтвей (рис. 157). У означенныхъ растеній, особенно же у *Stachys palustris*, можно получить воздушныя корневища еще инымъ путемъ. Для этой цѣли нормальныя растенія съ подземными корневищами переносятся осенью въ комнату, когда ростъ вполнѣ уже закон-

чился и появляются первые признаки отмиранія. Послѣ нѣкотораго времени пребыванія въ комнатѣ листоносные побѣги снова начинаютъ расти и даютъ воздушныя корневища. Итакъ, описанные опыты дали точное доказательство положенія морфологовъ, что клубни и корневища не что иное, какъ измѣненные стебли.

Во всѣхъ описанныхъ опытахъ надъ образованіемъ воздушныхъ клубней и корневищъ питательныя вещества, не имѣя возможности

<sup>1)</sup> Vöchting, Botanische Zeitung, 1889.

откладываться въ подземныхъ стебляхъ и превращать ихъ въ клубни и корневища, начинали откладываться въ воздушныхъ стебляхъ. Но можно заставить растеніе избрать новый органъ для отложенія питательныхъ веществъ. Напримѣръ, у *Boussingaultia baselloides* запасныя вещества отлагаются въ клубняхъ (измѣненныхъ стебляхъ). Но можно заставить растеніе откладывать ихъ въ корняхъ. Для этой цѣли срѣзывается листъ и втыкается своимъ черешкомъ въ землю. Скоро на концѣ черешка появляются корни. Получается такимъ образомъ оригинальное растеніе, состоящее изъ листа и корней и лишенное вполне стебля. Поэтому запасныя вещества отлагаются въ одномъ изъ корней, который сильно утолщается и принимаетъ видъ клубня (рис. 158).

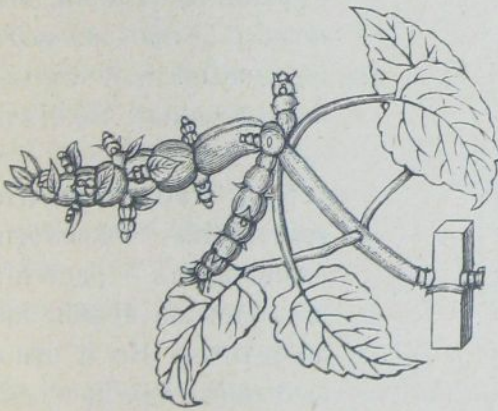


Рис. 157. *Stachys tuberosa*. Превращеніе листовоснаго побѣга въ надземное корневище.

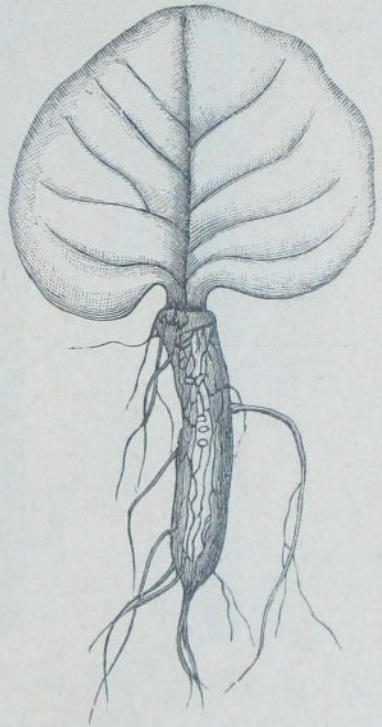


Рис. 158. *Boussingaultia baselloides*. Листъ, давшій на концѣ черешка корень, превратившійся въ клубень.

При физиологическихъ изслѣдованіяхъ надъ формой растеній нельзя ограничиваться изученіемъ только внѣшнихъ условій. Необходимо считаться также и съ внутренними условіями, присущими организаціи даннаго растенія. Напримѣръ, Фѣхтингомъ <sup>1)</sup> было доказано слѣдующимъ образомъ существованіе полярности въ стебляхъ. Если вырѣзать нѣсколько отрѣзковъ изъ вѣтви ивы и по-

<sup>1)</sup> *Vöchting*, Organbildung im Pflanzenreich. 1879.

вѣсить ихъ во влажной атмосферѣ — одни въ нормальномъ положеніи, другіе же въ обратномъ, то получатся слѣдующіе результаты. Отрѣзки, повѣшенные въ нормальномъ положеніи, даютъ сверху

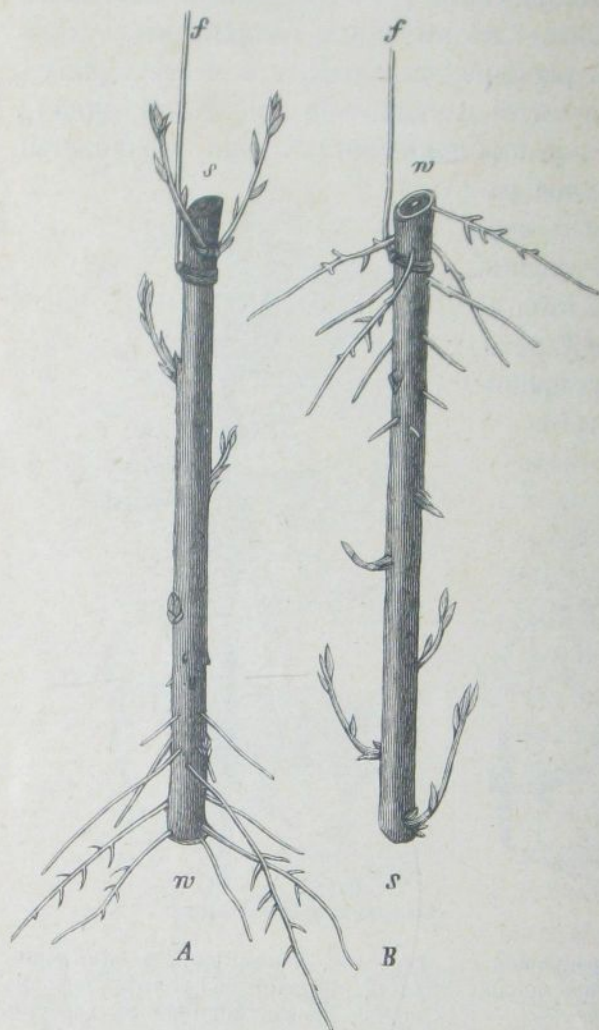


Рис. 159. Два отрѣзка изъ вѣтви ивы, *A*—въ нормальномъ, *B*—въ обратномъ положеніи, *s*—стеблевые, *w*—корневые полюсы.

побѣги, снизу же корни. Отрѣзки же, бывшіе въ обратномъ положеніи, тѣмъ не меньше упорно образуютъ сверху корни, гдѣ они совершенно не нужны, а снизу стебли (рис. 159). Слѣдовательно, въ каждомъ отрѣзкѣ стебля имѣются два полюса—корневой и стеблевой. Несмотря на измѣненія внѣшнихъ условій, оба полюса продолжаютъ образовывать только свойственные имъ органы.

## § 2. Размноженіе растений.

Физиологія размноженія растений изслѣдована крайне недостаточно. Но и относительно этого процесса удалось выяснитъ его зависимость отъ различныхъ внѣшнихъ и внутреннихъ условій. Возьмемъ, на примѣръ, водоросль *Vaucheria*.

Она представляетъ собой длинную одноклѣточную зеленую нить. Размноженіе происходитъ двумя способами: бесполомъ и половымъ. При бесполомъ размноженіи (рис. 160) конецъ нити отдѣляется перегородкой; отдѣлившаяся клѣтка представляетъ собой зооспорангій. Содержимое зооспорангій выходитъ наружу въ видѣ подвижной клѣтки, покры-



той рѣсничками. Эта клѣтка называется зооспорой. Поплававши нѣкоторое время, зооспора прорастаетъ въ новую зеленую нить, т. е. даетъ начало новой особи. Этотъ процессъ образованія зооспоръ находится въ тѣсной зависимости отъ внѣшнихъ условій, какъ показали Клебсъ<sup>1)</sup>. По желанію можно неопредѣленно долго культивировать вошерію безъ образованія зооспоръ. Наконецъ мы во всякое время можемъ вызвать у нея образованіе зооспоръ. При культурѣ во влажномъ воздухѣ зооспоры никогда не образуются. Стоитъ только перенести водоросль въ воду, какъ начинается образованіе зооспоръ. Черезъ нѣкоторое время, однако, и въ водѣ прекращается образованіе ихъ.

Но достаточно перенести водную культуру со свѣта въ темноту, какъ снова начинается усиленное образованіе зооспоръ. Переносъ изъ свѣта въ темноту и обратно, можно по желанію въ одной и той же водной культурѣ вызывать и прекращать образованіе зооспоръ. Если же вошерію долго культивировать на свѣтѣ при отсутствіи необходимыхъ минеральныхъ веществъ, то она утрачи-

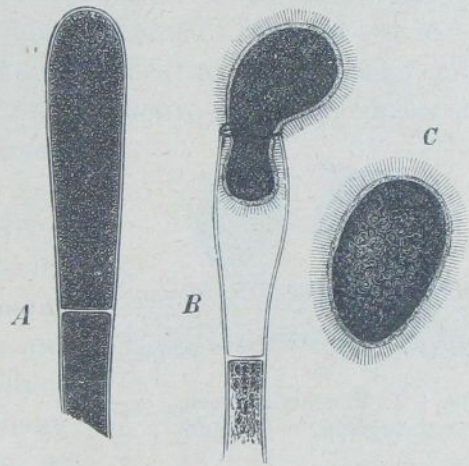


Рис. 160. *Vaucheria gerens*. *A*—отдѣлившійся на концѣ нити зооспорангій, *B*—выхожденіе зооспоры, *C*—зооспора.

ваетъ способность къ образованію зооспоръ: такая культура при перенесеніи въ темноту не даетъ зооспоръ вовсе. Прибавленіе необходимыхъ питательныхъ солей дѣлаетъ культуру вошеріи снова способною образовать зооспоры.

Половое размноженіе вошерій происходитъ такимъ образомъ, что сбоку нити образуются по большей части два выроста. Одинъ превращается въ антеридій, другой въ оогоній (рис. 161). Выходящія изъ антеридія сперматозоиды оплодотворяютъ яйцеклѣтку оогонія. Половое размноженіе также находится въ зависимости отъ внѣшнихъ условій. Для полученія полового размноженія безусловно не-

<sup>1)</sup> *Klebs*, Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena. 1896.

обходимо хорошее освѣщеніе. Необходимо также, чтобы растенія могли усваивать атмосферную углекислоту, т. е. правильно питаться. При культурѣ на свѣтѣ, но въ атмосферѣ, лишенной углекислоты, половые органы не образуются. Сахаромъ можно замѣнить углекислоту, но не свѣтъ: при культурахъ на сахарныхъ растворахъ въ атмосферѣ, лишенной углекислоты, только тогда образуются антеридіи и оогоніи, если культуры были освѣщены; въ темнотѣ же, несмотря на присутствіе сахара, они не образуются. Вошерію можно также довести до состоянія неспособности къ половому размноженію даже на свѣтѣ. Для этой цѣли вошерія культивируется очень долго на сахарномъ растворѣ на слабомъ свѣтѣ, или же въ темнотѣ. Тогда клѣтки переполняются масломъ и теряютъ способность къ размноженію. Наконецъ, можно также измѣнять количественное отношеніе антеридіевъ къ оогоніямъ. Напри-

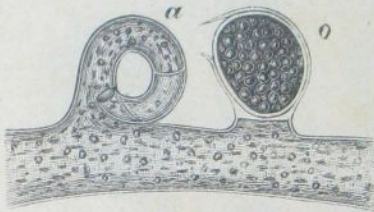


Рис. 161. *Vaucheria repens*. *a*—антеридій, *o*—оогоній.

мѣръ, у *Vaucheria repens* по большей части одинъ оогоній образуется рядомъ съ однимъ антеридіемъ, рѣже одинъ антеридій находится между двумя оогоніями. Если же культивировать вошерію при повышенной температурѣ, или же подъ сильно уменьшеннымъ давленіемъ воздуха, то образование оогоніевъ задерживается, а идетъ усиленное образование антеридіевъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ образуетъ до пяти антеридіевъ при отсутствіи оогоніевъ.

Размноженіе грибовъ также находится въ зависимости отъ цѣлаго ряда внѣшнихъ условій<sup>1)</sup>. Въ общемъ относительно низшихъ растеній (водорослей и грибовъ) можно сказать, что размноженіе не наступаетъ, пока существуютъ условія, благопріятныя для роста. Условія же, благопріятныя для размноженія, всегда болѣе или менѣе неблагопріятны для роста<sup>2)</sup>.

Партеногенезисъ также находится въ зависимости отъ внѣшнихъ условій. Такъ, Натансонъ<sup>3)</sup> достигалъ его у различныхъ видовъ *Marsilia*, культивируя споры при повышенной температурѣ.

<sup>1)</sup> *Klebs*, Pringsheim's Jahrbücher, Band. 35, 1900. pag. 80.

<sup>2)</sup> Срав. также *Fickeli*, Unvollkommenheit des Stoffwechsels. 1902.

<sup>3)</sup> *Nathansohn*, Berichte botan. Gesellschaft. 1900. pag. 99.

Кромѣ указанныхъ способовъ размноженія, растенія могутъ размножаться не только при помощи клубней, луковицъ и т. д., но также отрѣзанный отъ растенія органъ или даже часть его могутъ регенерировать цѣлое растеніе<sup>1)</sup>. Если, напримѣръ, срѣзать листь бегоніи и положить на влажный песокъ, то онъ скоро даетъ

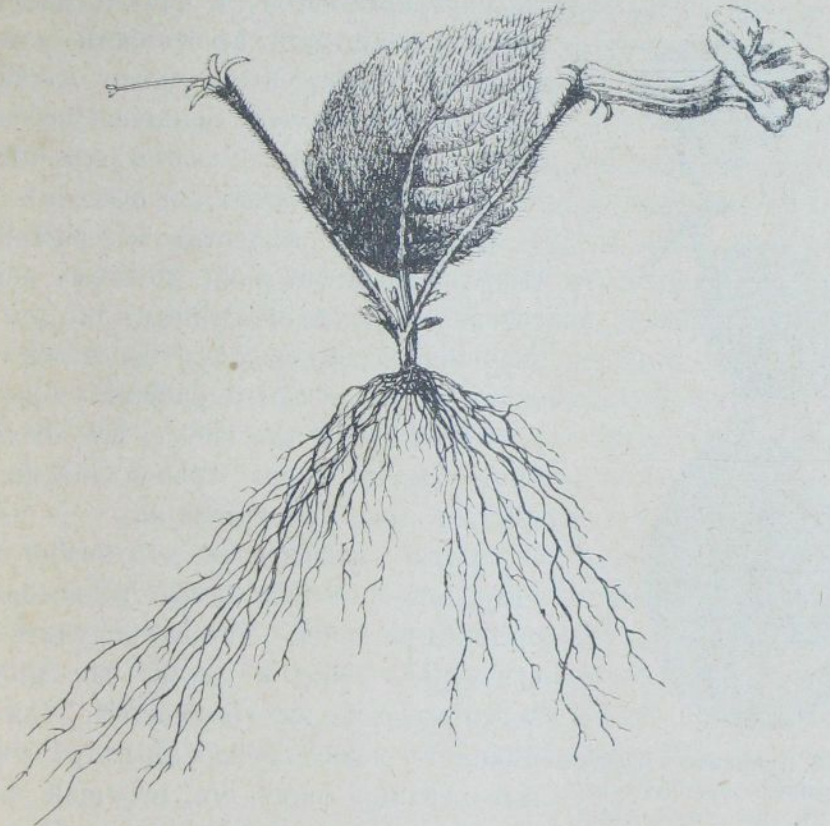


Рис. 162. *Achimenes Haageana*. Образование цвѣтовъ на листь, взятомъ съ собирающагося цвѣсти растенія.

придаточные корни, затѣмъ образуетъ листоносный побѣгъ, и такимъ образомъ получается новое растеніе. Если же листь взять съ растенія, собирающагося цвѣсти, то онъ также дастъ корни, но вмѣсто листоноснаго побѣга образуетъ цвѣты. На 162-омъ рисункѣ изображенъ листь *Achimenes Haageana*, взятый съ растенія, гото-

<sup>1)</sup> *Goebel*, Ueber Regeneration im Pflanzenreich. (Biologisches Centralblatt. 1902, pag. 385).

ваго къ цвѣтенію и давшаго поэтому вмѣсто листоноснаго побѣга цвѣты<sup>1)</sup>. Слѣдовательно, пользуясь той или иной стадіей развитія растенія, мы по желанію получаемъ на его отрѣзанныхъ листьяхъ или листоносные побѣги, или цвѣты.

Еще древнимъ грекамъ было извѣстно, что почка, отдѣленная отъ материнскаго растенія и перенесенная на другое растеніе того же вида, срастается съ нимъ и даетъ побѣгъ, сохраняющій особенности материнскаго растенія. Столь давно извѣстный садовникамъ способъ прививки черенковъ въ рукахъ фізіолога можетъ дать цѣнный матеріалъ для изученія процессовъ роста и превращенія веществъ въ растеніяхъ. Разрозненные свѣдѣнія по этому вопросу собраны недавно Фѣхтингомъ<sup>2)</sup>. Для обозначенія всевозможныхъ срастаній отрѣзанныхъ частей одного растенія съ другимъ растеніемъ, или же частью его, Фѣхтингъ употребляетъ слово трансплантація, заимствованное отъ хирурговъ.

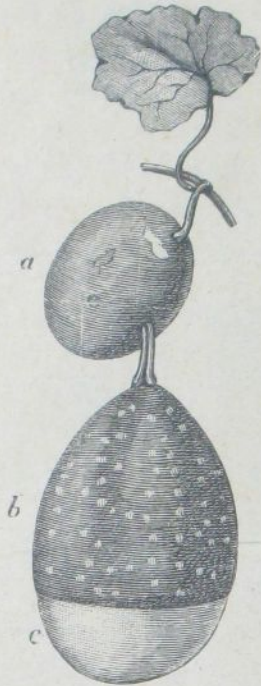


Рис. 163. Прививка плодовъ трехъ разновидностей тыквы другъ къ другу; *a*—à fruits jaunes, *b*—poire verte, *c*—à fruits blancs.

Опыты показываютъ, что можно соединять между собой самые разнообразныя органы растеній. Можно получать даже сростаніе корня и листа, что особенно легко удастся на свекловицѣ. Для этой цѣли отъ корня свекловицы отрѣзывается вся верхняя часть его, несущая стебель съ листьями, и затѣмъ въ надрѣзъ, сдѣланный въ нижней части корня, вставляется листъ. Скоро наступаетъ сростаніе, и листъ продолжаетъ расти<sup>3)</sup>. Можно даже произвести сростаніе различныхъ разновидностей плодовъ. Къ плоду тыквы разновидности à fruits jaunes былъ привитъ плодъ тыквы разновидности poire verte, у котораго была затѣмъ отрѣзана нижняя

<sup>1)</sup> Goebel, Organographie der Pflanzen, 1 Theil, 1898, pag. 41.

<sup>2)</sup> Vöchting, Ueber Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen. 1892.

<sup>3)</sup> Интересныя данныя находятся въ изслѣдованіяхъ Даніэля. Revue générale de botanique, 1894, pag. 5, 356; 1897, pag. 213; 1900, pag. 355.

часть, туда былъ наложенъ отрѣзокъ плода третьей разновидности à fruits blancs (рис. 163). Послѣ подобной операціи сросшіея плоды продолжали расти.

Примѣромъ того, какъ подобные опыты могутъ служить для ознакомленія съ химическими процессами, совершающимися въ растеніяхъ, служить опытъ Фѣхтинга надъ срастаніемъ *Helianthus tuberosus* съ *Helianthus annuus*<sup>1)</sup>. Для этой цѣли отъ молодыхъ экземпляровъ подсолнечниковъ были отрѣзаны, на небольшомъ разстояніи отъ земли, стебли съ листьями. Къ оставшимся частямъ были привиты побѣги земляной груши (*H. tuberosus*). Срастаніе наступило скоро, и полученныя растенія продолжали развиваться. Изслѣдованіе ихъ сока показало, что стебли верхнихъ частей (принадлежащихъ земляной грушѣ) были переполнены инулиномъ до мѣста срастанія. Напротивъ, нижнія части, принадлежавшія подсолнечнику и получавшія необходимыя для роста органическія вещества изъ листьевъ земляной груши, содержали только крахмалъ и были совершенно лишены инулина. Обратный опытъ, въ которомъ верхнія части принадлежали подсолнечнику, а нижнія—земляной грушѣ, привелъ къ тѣмъ же результатамъ. Въ верхнихъ частяхъ не было инулина. Нижнія же части, получавшія органическія вещества отъ листьевъ подсолнечника, содержали много инулина и образовали даже клубни. Эти опыты ясно показываютъ, что инулинъ служитъ только запаснымъ углеводомъ. Въ обѣихъ серіяхъ опытовъ продукты усвоенія углевода переводились въ стебли и корни въ видѣ глюкозы, которая уже на мѣстѣ превращалась въ земляной грушѣ въ инулинъ, а въ подсолнечникѣ—въ крахмалъ.



<sup>1)</sup> *Vöchting*, Sitzungsberichte Berliner Akademie. XXXIV. 1894, pag. 705.  
физиологія растений.

## ГЛАВНѢЙШІЯ РУКОВОДСТВА ПО ФИЗИОЛОГІИ РАСТЕНІЙ.

1. *Фаминцынъ*. Обмѣнъ веществъ и превращеніе энергіи въ растеніяхъ. С.-Петербургъ. 1883.
2. *Фаминцынъ*. Учебникъ физиологіи растеній. С.-Петербургъ. 1887.
3. *Тимирязевъ*. Жизнь растенія. 5-е изданіе. Москва. 1898.
4. *Рейнке*. Краткій учебникъ физиологіи растеній. Переводъ Тимирязева. Москва. 1883.
5. *Ротертъ*. Курсъ физиологіи растеній. Часть I. Физическая физиологія. Казань. 1891.
6. *Pfeffer*. Pflanzenphysiologie. Erster Band, Stoffwechsel. 2 Auflage. Leipzig. 1897. Zweiter Band. Kraftwechsel. 2 Auflage. Leipzig. 1901.
7. *Sachs*. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2 Auflage. Leipzig. 1887.
8. *Van Tieghem*. Traité de botanique. 2 édition. Paris. 1891.
9. *Detmer*. Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Breslau. 1883.
10. > Das pflanzenphysiologische Practicum. 2 Auflage. Jena. 1896.
11. *F. Darwin and Acton*. Practical Physiology of Plants. Cambridge. 1894.

# СОДЕРЖАНІЕ.

	СТРАН.
Введеніе . . . . .	1

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

### Физиологія питанія.

#### Глава I. Усвоеніе углерода.

§ 1. Сущность и значеніе процесса усвоенія углерода . . . . .	5
§ 2. Обмѣнъ газовъ . . . . .	6
Методы изслѣдованія.	
§ 3. Хлорофиллъ . . . . .	10
Пигменты, сопровождающіе хлорофиллъ. Спектральный анализъ.	
Образованіе хлорофилла.	
§ 4. Пигменты, сопровождающіе хлорофиллъ . . . . .	24
§ 5. Вліяніе свѣта на разложеніе углекислоты растеніями . . . . .	26
Солнечный спектръ. Вліяніе качества и количества свѣта.	
§ 6. Продукты усвоенія углерода . . . . .	33
Образованіе крахмала изъ органическихъ веществъ. Усвоеніе воды. Анализъ сухого вещества растеній.	
§ 7. Усвоеніе солнечной энергіи зелеными растеніями . . . . .	38
§ 8. Вліяніе внѣшнихъ и внутреннихъ условій на процессъ усвоенія углерода . . . . .	41
§ 9. Усвоеніе углерода растеніями, лишенными хлорофилла . . . . .	43
Плѣсени. Дрожжи. Паразиты. Сапрофиты. Насѣкомоядныя растенія.	

#### Глава II. Усвоеніе азота.

§ 1. Атмосферный азотъ . . . . .	54
Свободный атмосферный азотъ. Амміакъ.	

§ 2.	Почвенный азотъ . . . . .	55
	Азотистыя органическія соединенія. Амміакъ. Селитра. Количество различныхъ азотистыхъ соединеній въ почвахъ. Погло- тительныя свойства почвъ.	
§ 3.	Явленія нитрификаціи въ почвѣ . . . . .	57
	Вліяніе кислорода. Нитрифицирующие микроорганизмы. образо- ваніе ими органическаго вещества.	
§ 4.	Круговоротъ азота въ природѣ . . . . .	65
§ 5.	Усвоеніе атмосфернаго азота бобовыми растеніями . . . . .	67
§ 6.	Усвоеніе атмосфернаго азота бактеріями . . . . .	73
§ 7.	Усвоеніе азота простѣйшими растеніями . . . . .	75

### Глава III. Усвоеніе элементовъ золы.

§ 1.	Культуры въ искусственныхъ почвахъ . . . . .	76
	Твердые субстраты. Водныя культуры. Нормальная смѣсь Кюпа.	
§ 2.	Значеніе необходимыхъ элементовъ золы . . . . .	78
	Сѣра. Фосфоръ. Кремній. Калий. Кальцій. Магній. Желѣзо.	
§ 3.	Значеніе второстепенныхъ элементовъ золы . . . . .	79
§ 4.	Анализы золы различныхъ растеній . . . . .	83
§ 5.	Микрохимическій анализъ золы . . . . .	87
§ 6.	Растенія и почва . . . . .	88

### Глава IV. Поступленіе веществъ въ растенія.

§ 1.	Вещества, поступающія въ растенія . . . . .	99
	Газы. Жидкости.	
§ 2.	Диффузія и осмосъ газовъ . . . . .	99
§ 3.	Поступленіе газовъ въ растенія . . . . .	101
§ 4.	Диффузія и осмосъ жидкостей . . . . .	106
	Осмометры. Осмотическое давленіе. Осадочныя перегородки. Изотоническіе коэффициенты.	
§ 5.	Поступленіе жидкостей въ растенія . . . . .	118
	Избирательная способность корня. Кліточный сокъ Усвоеніе твердыхъ частей почвы.	

### Глава V. Движеніе веществъ по растеніямъ.

§ 1.	Необходимость передвиженія веществъ . . . . .	127
§ 2.	Движеніе газовъ . . . . .	128
	Воздухоносныя полости коры. Термодиффузія. Корни, какъ венти- ляторы. Отрицательное давленіе воздуха въ древесинѣ.	



§ 3.	Движеніе жидкостей . . . . . Методы кольцевыхъ вырѣзокъ.	131
§ 4.	Восходящій токъ . . . . . Испареніе воды листьями. Выдѣленіе воды въ капельножидкомъ видѣ. Плачь растеній. Анализы сока лѣтняго и весенняго плача. Движеніе воды по стеблю. Поступленіе минеральныхъ веществъ въ растенія въ зависимости отъ скорости восходящаго тока.	132
§ 5.	Движеніе органическихъ веществъ по растенію . . . . . Ситовидныя трубки. Истеченіе углеводовъ изъ листьевъ. Зимніе запасы.	150

### Глава VI. Превращеніе веществъ въ растеніяхъ.

§ 1.	Клѣтка, какъ элементарный организмъ . . . . .	154
§ 2.	Бѣлковыя вещества . . . . . Реакціи. Количественное опредѣленіе. Различныя виды бѣлковъ.	158
§ 3.	Ферменты, алкалоиды и токсины . . . . . Амилаза. Инуляза. Сахарара. Эмульсинъ. Мирозинъ. Протеолитическій ферментъ. Лакказа. Зимаза.	165
§ 4.	Азотистые продукты распаденія бѣлковъ . . . . . Аспарагинъ. Глютаминъ. Тирозинъ. Лейцинъ. Качественное и количественное опредѣленіе ихъ.	172
§ 5.	Распаденіе бѣлковыхъ веществъ въ растеніяхъ . . . . .	175
§ 6.	Образованіе бѣлковъ въ растеніяхъ . . . . .	180
§ 7.	Углеводы . . . . . Отношеніе ихъ къ бѣлкамъ. Крахмаль. Клѣтчатка. Гемиделлюлезы. Глюкоза. Сахароза.	184
§ 8.	Органическія кислоты . . . . .	187

### Прорастаніе сѣмянъ.

Крахмалистыя, бѣлковыя и маслянистыя сѣмена . . . . .	188
---	-----

### Глава VII. Дыханіе растеній.

§ 1.	Общее понятіе о дыханіи растеній . . . . .	191
§ 2.	Приборы, употребляемые при изученіи дыханія растеній	192
§ 3.	Вліяніе вѣшнихъ условій на дыханіе . . . . . Температура. Свѣтъ. Парціальное давленіе кислорода. Концентрація. Яды. Пораненія.	195
§ 4.	Вліяніе внутреннихъ условій на дыханіе . . . . .	198
§ 5.	Образованіе воды во время дыханія растеній . . . . .	200
§ 6.	Вещества, сжигаемыя во время дыханія . . . . .	201
§ 7.	Выдѣленіе теплоты во время дыханія . . . . .	205

§ 8.	Особенности дыханія нѣкоторыхъ бактерій . . . . .	208
	Сѣрные и уксусныя бактеріи.	

### Глава VIII. Броженія.

§ 1.	Общее понятіе о броженіяхъ . . . . .	212
§ 2.	Спиртовое броженіе . . . . .	214
	Вліяніе кислорода на ходъ спиртового броженія. Спиртовое броженіе плѣсневыхъ грибовъ.	
§ 3.	Дрожжи . . . . .	222
§ 4.	Броженіе глицерина . . . . .	229
	Вліяніе кислорода.	
§ 5.	Молочнокислое броженіе . . . . .	230
§ 6.	Патогенныя бактеріи . . . . .	232
§ 7.	Распространеніе микроорганизмовъ въ природѣ . . . . .	233
§ 8.	Стерилизація и дезинфекція . . . . .	238
§ 9.	Чистыя культуры . . . . .	242
§ 10.	Интрамолекулярное дыханіе . . . . .	247

### ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

## Физиологія роста и формы растеній.

### Глава I. Общія понятія о ростѣ клѣтокъ.

§ 1.	Анатомическія данныя относительно роста . . . . .	250
	Три стадіи роста. Наружный и внутренней ростъ.	
§ 2.	Условія, необходимыя для роста . . . . .	251
	Тургоръ. Растяжимость клѣточныхъ оболочекъ.	
§ 3.	Приборы для изученія роста . . . . .	254

### Глава II. Явленія роста, зависящія отъ внутренней организаціи растеній.

§ 1.	Большой періодъ роста . . . . .	254
§ 2.	Особенности роста корня, стебля и листа . . . . .	255
	Укорачиваніе, какъ результатъ роста.	
§ 3.	Напряженіе тканей . . . . .	257

### Глава III. Явленія роста и измѣненія формы растеній, зависящія отъ внѣшнихъ условій.

§ 1.	Зависимость роста и формы растеній отъ температуры . . . . .	258
	Фенологическія наблюденія.	

§ 2.	Зависимость роста и формы растений отъ кислорода воздуха . . . . .	266
§ 3.	Вліяніе находящихся въ атмосферѣ газовъ на ростъ и форму растений . . . . .	270
§ 4.	Зависимость роста и формы растений отъ влажности среды . . . . .	271
	Вліяніе влажности на измѣненіе формы и анатомическаго строенія растений. Отводящіе водяные токи. Измѣненіе тургора подъ вліяніемъ влажности среды. Поступленіе зольныхъ элементовъ. Гидротропизмъ.	
§ 5.	Зависимость роста и формы растений отъ свѣта . . . . .	285
	Суточная періодичность роста. Геліотропизмъ положительный и отрицательный. Этиолированныя растения. Періодическое открываніе и закрываніе цвѣтовъ. Дѣйствіе свѣта на бактерій.	
§ 6.	Зависимость роста и формы растений отъ земного притяженія . . . . .	303
§ 7.	Вліяніе питанія на ростъ и форму растений . . . . .	308
§ 8.	Вліяніе поврежденій, растяженія и давленія на ростъ и форму растений . . . . .	309

#### Глава IV. Вьющіяся и лазящія растенія.

§ 1.	Вьющіяся растенія . . . . .	315
§ 2.	Лазящія растенія . . . . .	317
§ 3.	Циркумнутація . . . . .	319

#### Глава V. Перемѣнныя движенія.

§ 1.	Обзоръ различныхъ движеній, свойственныхъ растеніямъ . . . . .	320
§ 2.	Произвольныя перемеѣнныя движенія . . . . .	320
§ 3.	Паратоническія перемеѣнныя движенія . . . . .	321
	<i>Mimosa pudica</i> . Тычинки <i>Synagoga</i> . Сонъ листьевъ.	

#### Глава VI. Форма и размноженіе растеній.

§ 1.	Зависимость формы растеній отъ внѣшнихъ и внутреннихъ условій . . . . .	324
	Альпійскія растенія. Образованіе воздушныхъ клубней и корневищъ.	
§ 2.	Размноженіе растеній . . . . .	332
	Главнѣйшія руководства по физиологіи растеній . . . . .	338