

**Учебникъ  
земледельческой химіи**

М 58109  
№ 323  
14

6818  
M14

# УЧЕБНИКЪ

## ЗЕМЛЕДѢЛЬЧЕСКОЙ ХИМИИ

ВЪ СОРОКА ЛЕКЦІЯХЪ.

ДЛЯ УПОТРЕБЛЕНІЯ ВЪ УНИВЕРСИТЕТАХЪ И ВЫСШИХЪ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХЪ  
УЧЕБНЫХЪ ЗАВЕДЕНІЯХЪ, А ТАКЖЕ ДЛЯ САМОУЧЕНІЯ.

Д-РА АДОЛЬФА МАЙЕРА

ПРИВАТЪ-ДОЦЕНТА ЗЕМЛЕДѢЛЬЧЕСКОЙ ХИМИИ ВЪ ГЕЙДЕЛБЕРГСКОМЪ УНИВЕРСИТЕТѢ.

ЧАСТЬ I.

### ПИТАНІЕ ЗЕЛЕННЫХЪ РАСТЕНІЙ.

ВЫПУСКЪ II.

НЕСГАРАВШИЯ СОСТАВНЫЯ ЧАСТИ РАСТЕНІЙ. — ЗАКОНЫ ПРИНЯТІЯ ВЕЩЕСТВЪ.  
ПРОЧІЯ УСЛОВІЯ ПРОИЗРАСТАНІЯ.

СЪ РИСУНКАМИ ВЪ ТЕКСТѢ И КАРТОЮ ЕВРОПЫ.

ЦѢНА 1 Р. 50 К., ОБС. БА 2 ФАМИНСКАЯ

3500



ПЕРЕВІРКА ЧИСТОТЫ



*Handwritten scribble*

УДѢЛЕНІЕ

СВЯТЫМЪ ПРАВОСЛАВНЫМЪ ЦЕРКОВНОМУ СОВѢТУ

ВЪ СООБЩЕНІИ

О ДОЗВОЛЕНІИ ПЕЧАТАТЬ И ПРОДАВАТЬ ВЪ САНКТЪ-ПЕТЕРБУРГѢ  
СВЯТЫМЪ ПРАВОСЛАВНЫМЪ ЦЕРКОВНОМУ СОВѢТУ

Дозволено цензурою, С.-Петербургъ, 16 іюня 1872 года.

28-23

*Handwritten scribble*

ПЕЧАТАТЬ СВОЕОУМНО НЕ СМѢЮТЪ

ИЛИ ИНАЧЕ

БЕЗЪ ДОЗВОЛЕНІЯ САНКТЪ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ЦЕНЗОРСКАГО КОМИТЕТА

ИЛИ ИНАЧЕ

ПРОДАВАТЬ  
НЕ СМѢЮТЪ

ИЛИ ИНАЧЕ

## ОТЪ ПЕРЕВОДЧИКОВЪ.

---

Въ переводѣ этого выпуска, кромѣ нижеподписавшихся редакторовъ перевода, принимали участіе студенты Земледѣльческаго Института: *Ершовъ, Леванда, Курдюковъ, Брюно, Гинкенъ и Бортникеръ.*

*И. П. Бородинъ, А. С. Гуссаковский,*  
преподаватели С.-петербургскаго Земледѣльческаго Института.

## ОГЛАВЛЕНИЕ 2-ГО ВЫПУСКА.

### ОТДѢЛЪ ТРЕТІЙ.

#### Несгораемая составная часть растенія.

##### Четырнадцатая лекція.

Стр. 2.

*Зольная составная часть растенія.*—Необходимость зольныхъ составныхъ частей для растенія.—Способъ доказательства необходимости.—Историческій ходъ доказательствъ.—Водная культура и другія методы культуры.

##### Пятнадцатая лекція.

Стр. 24.

*Зольная составная часть растеній.* (Продолженіе). Отдѣльные составныя части золы.—*Металлоиды золы растеній.*—Сѣра.—Фосфоръ.—Кремній.—Хлоръ.

##### Шестнадцатая лекція.

Стр. 48.

*Зольная составная часть растеній.* (Продолженіе). *Металлы растительныхъ золъ.*—Калій.—Натрій.—Кальцій.—Магній.—Желѣзо.—Другія болѣе рѣдкія составныя части золы.

##### Семнадцатая лекція.

Стр. 72.

*Составныя части золы растеній* (Заключеніе). Искусственныя смѣси питательныхъ веществъ.—*Общія заключенія.*—Т. наз. взаимное замѣненіе зольныхъ составныхъ частей.—Т. наз. законъ наименьшихъ количествъ.—*Анализъ золы.*—*Таблицы анализовъ золы.*—Результаты четырехъ послѣднихъ лекцій.

### ОТДѢЛЪ ЧЕТВЕРТЫЙ.

#### Законы принятія веществъ.

##### Восемнадцатая лекція.

Стр. 95.

*Принятіе веществъ растеніемъ.*—*Теорія перепоночной диффузіи.*—Диффузія газовъ.—Газовый діализъ.—Диффузія капельныхъ жидкостей.

### Девятнадцата лекція.

Стр. 118.

*Принятіе веществъ растеніями.* (Продолженіе). *Обмѣнъ газозъ въ растеніяхъ.*—Обмѣнъ газозъ въ воздушномъ растеніи.—Испареніе воды воздушнымъ растеніемъ.—Сгущеніе водянаго пара растеніемъ.—*Чисто осмотическій обмѣнъ газозъ.*

### Двадцата лекція.

Стр. 143.

*Принятіе веществъ растеніемъ* (Продолженіе). *Явленія, сопровождающія принятіе веществъ воздушными растеніями.*—Сила корня.—Транспираціонная сила.—Капиллярныя силы поднятія.—Взаимодѣйствіе этихъ силъ.

### Двадцать первая лекція.

Стр. 164.

*Поглощеніе веществъ растеніемъ.* (Заключеніе). *Питаніе воздушнаго растенія посредствомъ корней.* Т. наз. законъ Соссюра. Законы принятія веществъ посредствомъ корней воздушнаго растенія.—Корневныя выдѣленія.—Принятіе капельной воды надземными органами.—Самодѣтельное переведеніе нерастворенныхъ тѣлъ въ корень.—Вновь добытыя результаты.

## ОТДѢЛЪ ПЯТЫЙ

### Прочія условія произрастанія.

#### Двадцать вторая лекція.

Стр. 187.

*Прочія условія произрастанія.*—*Зависимость жизни растеній отъ теплоты.* Замерзаніе растеній.—Зависимость отдѣльныхъ физиологическихъ процесозъ отъ температуры.—Зависимость жизни растенія отъ дѣйствительно существующихъ температуръ.—Средства защиты отъ мороза.

#### Двадцать третья лекція.

Стр. 209.

*Прочія условія произрастанія растеній.* (Заключеніе). Распространеніе растеній на поверхности земли и отношеніе ихъ къ теплотѣ.—Суммы теплоты.—Дальнѣйшія отношенія свѣта къ растенію.—Зависимость жизни растенія отъ пространства.—Электричество и растеніе.—Вновь добытыя результаты.

## ОТДѢЛЪ III.

### НЕСГАРАЕМЫЯ СОСТАВНЫЯ ЧАСТИ РАСТЕНІЯ.

#### ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ ЛЕКЦІЯ.

#### **Зольныя составныя части растенія. — Необходимость зольныхъ составныхъ частей для растенія.**

Углеродъ, водородъ, кислородъ и азотъ не суть единственныя элементарныя составныя части ни животныхъ, ни растительныхъ организмовъ. На землѣ *нѣтъ ни одного организованнаго существа, въ которомъ не встрѣчались бы еще другіе химическіе элементы и для которыхъ не была бы доказана необходимость многихъ изъ нихъ.* Это положеніе, вѣрное во всей его полнотѣ, относится къ организмамъ, съ которыми мы здѣсь имѣемъ дѣло, къ хлорсильнымъ растеніямъ, и въ этомъ легко убѣдиться путемъ опыта.

Если сѣмя растенія посадить въ такую почву, которая можетъ доставить молодому растенію только воду, углекислому и азотно-кислый амміакъ, слѣдовательно въ освобожденный отъ всѣхъ растворимыхъ минеральныхъ частей песокъ, въ кварцевый порошокъ, или въ чистый угольный порошокъ, поливаемый водой, содержащей въ надлежащемъ количествѣ углекислоту и азотнокислый амміакъ, или если помѣстить это сѣмя просто въ растворъ этихъ веществъ, то во всѣхъ этихъ случаяхъ растеніе съ нѣкотораго времени перестаетъ развиваться, не производитъ никакихъ новообразованій, или же производитъ только уродливыя новообразованія, и наконецъ погибаетъ.

Этотъ фактъ, всегда повторяющійся при опытѣ, сопоставленный съ другимъ легко устанавливаемымъ фактомъ, состоящимъ въ томъ



что развитіе растенія происходитъ совершенно нормально \*), если *ceteris paribus* къ тому раствору, въ которомъ развивается корень растенія, прибавить нѣкоторыя минеральныя соли, естественно приводитъ къ заключенію, что недостатокъ такихъ солей въ растворѣ долженъ быть причиною несовершеннаго развитія растенія. Наконецъ, если мы примемъ въ уваженіе еще тотъ дальнѣйшій фактъ, что всѣ растенія и части растеній, во всякое время и въ каждомъ стадіи развитія, содержатъ въ себѣ такія составныя части, элементы которыхъ большею частью тождественны съ находящимися въ указанныхъ растворахъ при ихъ хорошемъ дѣйстви, то получится само собой понятное заключеніе, что недостатокъ нѣкоторыхъ солей въ растворѣ *потому* именно и вредитъ растеніямъ, что они кромѣ элементовъ органическаго вещества нуждаются еще въ извѣстныхъ, правильно появляющихся въ нихъ веществахъ и которыя необходимо должны быть приняты извнѣ.

И такъ мы видимъ, что специально для растеній, о которыхъ мы здѣсь говоримъ, положеніе, поставленное въ началѣ этой лекціи, есть непреложное слѣдствіе изъ ряда точно установленныхъ фактовъ, число которыхъ можно увеличить до безконечности повтореніемъ опыта, такъ что мы можемъ только желать, чтобы каждое другое ученіе новѣйшей фізіологіи растеній стояло на столь же твердомъ основаніи.

Но, само собой разумѣется, намъ необходимо опредѣлить, какія это вещества, которыя (кромѣ тѣхъ, о которыхъ говорено прежде) представляютъ собою такія интегрирующія составныя части растительнаго организма; впоследствии же мы поставимъ еще вопросъ: какія функціи выполняютъ эти необходимыя для растительнаго организма вещества, или, другими словами, почему они необходимы?

Попытаемся уяснить себѣ способы, могущіе служить къ разрѣшенію перваго изъ этихъ вопросовъ: какія это вещества, которыя необходимы для извѣстнаго растенія, или для извѣстнаго органа растенія? Ближе всего естественно обратиться къ простому анализу этого организма и при помощи его постараться узнать, какія изъ элементарныхъ составныхъ частей содержатся въ немъ, кромѣ углерода, водорода, кислорода и азота и, можетъ быть, признать найденныя такимъ образомъ вещества за существенныя и необходимыя для растенія.

---

\*) Предполагая примѣненіе при этомъ нѣкоторыхъ изложенныхъ впоследствии мѣръ предосторожности.

Этотъ способъ дѣйствительно былъ бы совершенно достаточенъ для нашей цѣли, если бы было доказано, что растительный организмъ, съ которымъ мы имѣемъ дѣло, неспособенъ къ усвоенію и къ отложенію въ своей ткани случайно попадающихъ въ него веществъ; если бы этотъ растительный организмъ обладалъ устройствомъ, дѣлающимъ его способнымъ строго недопускать усвоенія всѣхъ ненужныхъ веществъ, подобно тому, какъ одаренное весьма совершеннымъ инстинктомъ животное ѣсть только кормовыя средства, обладающія извѣстною питательностію, и упорно избѣгаетъ вещества безполезныхъ или вредныхъ ему.

Однако здѣсь мы должны уже предупредить, хотя только впоследствии будемъ имѣть случай къ ближайшему установленію этого, что такой избирательной способности \*) растеніе далеко не имѣетъ, а отсюда слѣдуетъ, что этотъ простой способъ, химическій анализъ, совершенно недостаточенъ для опредѣленія *потребности* растенія въ отдѣльныхъ составныхъ частяхъ. Тѣмъ не менѣе, однако же, онъ даетъ драгоценную точку опоры, такъ какъ при помощи его, рядомъ съ безполезными составными частями, *во всякомъ случаѣ, узнаютъ и необходимыя составныя части.*

Это можно представить еще яснѣе посредствомъ небольшого опыта. Здѣсь надъ пламенемъ находится пустой и совершенно чистый платиновый тигель. Я бросаю въ него это свѣжее, зеленое и вполне освобожденное отъ всѣхъ приставшихъ частицъ земли растеніе. Мы можемъ наблюдать, какъ растеніе бурѣетъ, освобождаетъ пары, какъ теперь эти пары воспламеняются, какъ растеніе вполне обугливается и какъ, наконецъ, уголь мало по малу сотлѣвается. Это явленіе ни мало не можетъ насъ удивлять. Вѣдь мы знаемъ, что органическое вещество, содержитъ ли оно азотъ или нѣтъ, въ жару, при достаточномъ доступѣ кислорода окисляется, сгараетъ, при чемъ распадается на незамѣтные для глаза газы, углекислоту и воду и нѣкоторое количество амміака (или свободного азота); а что масса растенія (кромѣ воды) состоитъ главнымъ образомъ изъ органическаго вещества, въ этомъ мы достаточно убѣдились изъ предъидущихъ лекцій.

Но тигель не пустъ, не все его содержимое улетучилось въ воз-

---

\*) Впоследствии будетъ объяснено, что предпочтеніе въ выборѣ, оказываемое нѣкоторымъ изъ веществъ доступныхъ корню, собственно совершенно различно отъ избирательной способности.

духъ. Всматриваясь ближе, мы находимъ остовъ изъ нелетучихъ веществъ, слѣдовательно изъ такихъ веществъ, которыя (кромѣ углекислоты) не могутъ содержать существенныхъ количествъ углерода, водорода и азота, а содержатъ только кислородъ, соединенный съ другими элементами, для показанія присутствія которыхъ мы и хотѣли испытать растеніе.

Этотъ опытъ въ сущности производится нами ежедневно, когда мы кладемъ въ печь дрова, и наблюдаемъ, что не все ихъ вещество служить добычею пламени, но что всегда часть дровъ, неспособная улетучиваться, падаетъ чрезъ рѣшетку, и такой опытъ, какъ изъ предъидущаго слѣдуетъ, можетъ быть повторенъ любое число разъ и всегда съ одинаковымъ успѣхомъ.

Однако мы ошиблись бы, если бы стали смотрѣть на находящійся въ тиглѣ остатокъ, который мы называемъ золой растенія, какъ на состоящій изъ остальныхъ необходимыхъ составныхъ частей, потому что повторяя только что произведенный процессъ сжиганія съ растеніемъ того же вида и того же стадія развитія, но съ другой почвы, мы хотя и непремѣнно получимъ такой же несгораемый остатокъ въ тиглѣ, но этотъ остатокъ, по отношенію къ количеству сожженаго вещества растенія, можетъ быть большей или меньшей величины, отношеніе между отдѣльными составными частями золы будетъ вѣроятно совершенно другое и нѣкоторыя изъ зольныхъ составныхъ частей, находясь въ несгораемой части одного растенія, въ несгораемой части другаго не встрѣтятся. Изъ этого естественно вытекаетъ, что, несмотря на то, что сжиганіе растенія и ведетъ всегда къ одной и той же цѣли, къ полученію зольнаго остова, все-таки результатъ этого процесса въ различныхъ случаяхъ бываетъ совершенно не одинаковъ въ томъ отношеніи, что эта зола и въ качественномъ и въ количественномъ отношеніи бываетъ весьма различна. Слѣдовательно, пользуясь этимъ способомъ анализа, весьма возможно, что, при каждомъ новомъ опытѣ, приходили бы, относительно потребности въ веществахъ, къ новому, совершенно отличающемуся отъ добытыхъ до тѣхъ поръ, результату,—и этимъ, конечно, достаточно охарактеризована негодность этого способа. Растеніе, въ различныхъ мѣстахъ произрастанія, находитъ въ почвѣ весьма различныя вещества, и такъ какъ оно не способно къ полному выбору между ними, то въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ принимаетъ въ себя рядъ веществъ, которыя можно назвать совершенно случайными въ отношеніи къ ихъ участию въ составѣ тѣла растенія.

Въ подтвержденіе сказаннаго я уже здѣсь приведу нѣкоторые ана-

лизы, произведенные съ цѣлью опредѣлить составныя части золы недѣлимыхъ одного и того же растительнаго вида, но выросшихъ на различныхъ почвахъ. Такъ въ золѣ нижепоименованныхъ растений были найдены \*) слѣдующія количества извести и сѣрной кислоты, смотря по тому, были ли взяты они съ известковой почвы или съ почвы бѣдной известью.

	ИЗВЕСТЬ.		СѢРНАЯ КИСЛОТА.	
	Известковая.—Неизвестковая. почвы.		Известковая.—Глинистая. почвы.	
Brassica oler. . . . .	28,0%	13,6%	3,6%	4,6%
Brassica Napus . . . . .	43,6 »	19,5 »	4,2 »	7,2 »
Trifol. prat. . . . .	43,3 »	29,7 »	3,1 »	3,9 »
Trifol. incarn. . . . .	36,2 »	26,7 »	1,7 »	3,1 »
Scabiosa arv. . . . .	28,6 »	17,2 »	2,7 »	3,7 »

Съ перваго взгляда уже ясно видно, что содержаніе отдѣльныхъ составныхъ частей золы, смотря по вышнимъ условіямъ, чрезвычайно различно, и при этомъ необходимо замѣтить, что такія растенія, съ столь различнымъ составомъ золы, все-таки могутъ быть вполне соразмѣрно и нормально образованы. Впрочемъ, при нормальномъ образованіи находили еще совершенно другія различія. Такъ имѣются данныя \*\*) о содержаніи 9—50% кали въ золѣ здоровыхъ клеверныхъ растений, 4 — 38% извести, 18 — 54% кали и 0—27% натра въ золѣ овсяныхъ растений.

Принимая во вниманіе такое положеніе дѣла, можно бы было думать о расширеніи этого способа въ томъ смыслѣ, чтобы чрезъ сопоставленіе возможно большаго числа отдѣльныхъ анализовъ золы, постараться устранить случайныя ошибки, и быть такимъ образомъ въ состояніи точно различить необходимыя составныя части золы отъ тѣхъ, безъ которыхъ растеніе можетъ обойтись. При этомъ, однако,

\*) Малагути и Дюроше: Ann. d. Sc. nat., 1858. т. 9, стр. 230.

Тамъ же находятся данныя для нѣкоторыхъ растительныхъ семействъ, относительно средняго содержанія всѣхъ зольныхъ составныхъ частей въ совокупности, смотря по тому, на известковой или другой почвѣ выросли анализируемые экземпляры.

	Известковая почва.	Неизвестковая почва.
Содержаніе золы у Cruciferae .	35,8%	20,1% \
» » » Leguminosae	40,3 »	28,1 »
» » » Dipsaceae . .	38,7 »	20,6 »
» » » Salzineae. . .	63,9 »	51,2 »

\*\*) Landw. Versuchst. 1869, стр. 140—141.

слѣдуетъ принять въ соображеніе, что при *естественномъ* прозлбаніи растенія соединены *не всевозможныя условія питанія*, но только ограниченное ихъ число, которыя, кромѣ того, показываютъ (какъ данныя, вслѣдствіе большею частью сходнаго состава почвы) значительное согласіе между собою; а мы знаемъ, что тамъ, гдѣ случайности, отъ которыхъ мы стараемся освободить явленіе, обладаютъ извѣстною общностью, или, другими словами, по отношенію другъ къ другу не имѣютъ уже характера случайностей, мы не можемъ также и надѣяться на исключеніе этихъ нарушающихъ факторовъ посредствомъ накопленія большаго числа единичныхъ наблюденій. Если, напр., какъ это и есть въ дѣйствительности, почва, изъ которой растенія черпаютъ свою минеральную пищу, *при всѣхъ обстоятельствахъ содержитъ въ себѣ способныя къ принятію, но не необходимые для этихъ организмовъ вещества*, то и при каждомъ отдѣльномъ анализѣ золы мы найдемъ вещества, которыя вполнѣ не необходимы для растеній, но ненужность ихъ, само собою разумѣется, не можетъ быть найдена посредствомъ упомянутаго способа варіаціи (Methode der Variation).

И такъ путь анализа золы не можетъ привести къ желаемой цѣли, и если мы хотимъ узнать составныя части растеній, безъ которыхъ онѣ не могутъ существовать, то остается только другой путь, который пришлось избрать также и для того, чтобы установить потребность въ золѣ вообще (и также потребность въ азотѣ)—именно *воспитаніе растенія въ такой искусственной средѣ*, въ которой отдѣльныя вещества, необходимость которыхъ находится подъ сомнѣніемъ, можно прибавлять или не прибавлять, по произволу.

*Что этотъ способъ необходимъ для установленія потребности растенія въ отдѣльныхъ зольныхъ составныхъ частяхъ*, на это указываетъ также и историческій ходъ развитія нашихъ воззрѣній на значеніе этихъ составныхъ частей.

До тѣхъ поръ, пока не слѣдовали этому послѣднему пути, взгляды на значеніе зольныхъ составныхъ частей были весьма неопредѣленны; такъ, совершенно оставляя въ сторонѣ тѣ средневѣковыя воззрѣнія, по которымъ зольныя составныя части принимались за продукты сжиганія организмовъ (совершенно въ томъ же смыслѣ, какъ металлическія извести (окиси) принимались за продукты сгаранія металловъ), долгое время видѣли въ нихъ чисто случайныя примѣси органическихъ существъ, мало того, до самаго поздняго времени, даже довольно долго въ теченіе нынѣшняго столѣтія, часто высказы-

валось мнѣніе, что зольныя составныя части образуются при помощи жизненнаго процесса изъ другихъ элементовъ—воззрѣніе, противорѣчившее, наконецъ уже установленному закону невозможности превращенія одного вещества въ другое.

Но, оставивъ въ сторонѣ это послѣднее заблужденіе, нужно сознаться, что при употреблявшемся тогда способѣ изслѣдованія ничего не было естественнѣе какъ мнѣніе о случайности зольныхъ составныхъ частей. Извѣстно было, что въ почвѣ находятся составныя части совершенно подобныя тѣмъ, которыя оказываются и въ несгораемомъ остаткѣ растенія; извѣстна была зависимость, въ которой растеніе посредствомъ корней находится отъ почвы, что растеніе послѣдними всасываетъ изъ почвы воду; должно было казаться совершенно яснымъ, что съ водой въ органы растенія переходятъ и скопляются тамъ и нечистоты, примѣси воды, совершенно подобно тому какъ въ горшкѣ, въ которомъ постоянно кипятятъ и отчасти выпариваютъ колодезную воду, мало по малу осаждается осадокъ, т. наз. накипь. Къ тому же, ничтожное количество остающейся въ большей части случаевъ, послѣ сожженія, золы, еще болѣе служило къ подтвержденію этого мнѣнія.

Это воззрѣніе, отвергающее всякое значеніе зольныхъ составныхъ частей, было господствующимъ въ началѣ нашего столѣтія, и если Берлинская Академія наукъ, въ 1800 году, предложила на премію вопросъ:

«Какого рода землістыя составныя части могутъ быть открыты помощью химическаго разложенія въ разныхъ туземныхъ хлѣбныхъ растеніяхъ? Поступаютъ ли онѣ въ растенія въ томъ видѣ, въ какомъ встрѣчаются въ нихъ, или онѣ производятся дѣйствіемъ растительныхъ органовъ?»

и получила отвѣтъ, что растенія образуютъ содержащіяся въ нихъ зольныя составныя части посредствомъ жизненнаго процесса \*), то это рѣшеніе вопроса противорѣчило въ то время уже твердо установившемуся понятію о невозможности перехода однихъ простыхъ веществъ въ другія, о несоздаваемости и неразрушаемости матеріи. Слѣд., такое рѣшеніе \*\*) должно быть признано уже тогда несоот-

\*) Во всякомъ случаѣ, кажется, и Соссюръ еще въ 1802 году предполагалъ возможность образованія зольныхъ частей въ растеніяхъ. См. Гейденъ: Lehrbuch der Düngerlehre. I. стр. 113.

\*\*) Изъ этого рѣшенія, впрочемъ, явствуетъ, какую важную роль придавали еще въ то время жизненной силѣ. Очевидно, что, по понятію Шрадера, эта по-

вѣтствующимъ времени, или по крайней мѣрѣ непослѣдовательнымъ. Что, напротивъ, еще въ прошедшемъ столѣтїи, пока не былъ извѣстенъ элементарный составъ воды и другихъ веществъ, предпочтительно принимающихъ участіе въ образованїи растительнаго организма, существовало всеобщее мнѣніе что при произрастанїи, какъ и при многихъ искусственныхъ процессахъ, вода переходитъ въ земляныя вещества \*), это, разумѣется, насъ не можетъ удивлять.

Какъ происходило дальнѣйшее развитіе теорїи зольныхъ составныхъ частей, когда вышеупомянутыя устарѣлыя воззрѣнія все болѣе и болѣе отбѣснились на задній планъ, въ чьей головѣ впервые зародилась идея, что зольныя составныя части представляютъ нѣчто существенное для растений,—теперь не совсѣмъ легко постичь. Вообще въ началѣ нашего столѣтїя, какъ сказано, мнѣніе, что зольныя части суть случайныя примѣси, было господствующимъ. Сельскіе хозяева \*\*), насколько они размышляли о подобныхъ вещахъ, кажется до середины нашего столѣтїя, держались большею частью этого мнѣнія. Растительные фізіологи занимались въ то время разработкою предметовъ особой теоретической важности и только изрѣдка высказывались о значенїи зольныхъ составныхъ частей; о производствѣ же опытовъ въ этомъ направленїи, конечно, не было и рѣчи.

*Первый*, указавшій на истинное положеніе дѣла, опираясь на большое число (хотя еще и весьма недостаточныхъ) изслѣдованій и противоположно собственному прежнему убѣжденію, былъ Соссюръ въ 1804 г., тотъ великій фізіологъ, которому мы обязаны столь мно-

---

слѣдныя должна быть въ состоянїи, по отношенію къ органической природѣ, дѣйствовать независимо отъ закона непревращаемости однихъ элементовъ въ другія.

\*) Ванъ-Гельмонтъ въ срединѣ 17-го столѣтїя старался доказать это превращеніе при произрастанїи ивовой вѣтви, и ему послѣдовали въ этомъ воззрѣнїи современникъ его Бойле, и позже въ 18-мъ столѣтїи Элеръ, Бонне, Дюгамель, Валлеріусъ и многіе другіе. См. Коппъ: *Geschichte der Chemie*, III стр. 259. Къ началу же нашего столѣтїя одно подобное воззрѣніе должно считаться единичнымъ.

\*\*\*) Такъ, напр., одинъ изъ замѣчательнѣйшихъ сельско-хозяйственныхъ писателей того времени, Глубекъ, разсматривалъ золу какъ постороннюю примѣсь растений. См. его *Landwirthschaftslehre*. т. I, стр. 122, его *Ernährung der Pflanzen und die Statik des Landbaus*. 1841, стр. 168, гдѣ онъ прямо говоритъ: «Неорганическія тѣла суть случайныя примѣси органическихъ образованій». Также Тэръ и съ нимъ господствовавшая школа сельскаго хозяйства были того же мнѣнія.

гимн прославившими его открытіями. Но убѣжденіе, составившееся у Соссюра относительно нѣкоторыхъ зольныхъ составныхъ частей (фосфорная кисл., кали и известь), не было имъ высказано въ его сочиненіяхъ \*) съ достаточною опредѣленностью, кромѣ того онъ не сознавалъ значительныхъ практическихъ послѣдствій своего открытія для удобренія, и такимъ образомъ единичное летучее замѣчаніе великаго человѣка, опередившаго свой вѣкъ, не имѣло значенія для науки и осталось безъ всякаго вліянія на развитіе практическаго сельскаго хозяйства \*\*).

Съ большею опредѣленностью высказаны были тѣ же воззрѣнія о значеніи зольныхъ составныхъ частей, но еще для большаго числа послѣднихъ въ «*Bodenkunde*» Шпренгеля, сочиненіи, появившемся въ 1837 г. Въ немъ уже неплодородіе многихъ почвъ, подвергнутыхъ въ то же время анализу \*\*\*), объясняется ихъ недостаткомъ въ извѣстныхъ зольныхъ составныхъ частяхъ, въ чемъ совершенно ясно выражается взглядъ на эти вещества, какъ на отчасти необходимыя. Еще яснѣе выразилъ Шпренгель свой взглядъ на питаніе растений двумя

---

\*) См. объ этомъ у Либиха: *Die Chemie in ihrer Anwendung etc.* 1862 Einl., стр. 19.

\*\*) Также Гумфри Деви въ своихъ «*Elementen der Agricultur-Chemie*» уже довольно ясно, хотя и не съ достаточною рѣзкостью высказалъ мнѣніе о необходимости зольныхъ составныхъ частей для растенія. См. стр. 19 нѣмецкаго перевода его сочиненія, изданныя въ 1814 г., гдѣ говорится:

«Химическое дѣйствіе болѣе простыхъ удобреній, удобреній, дѣйствующихъ въ малыхъ количествахъ, какъ гипсъ, щелочи и многія солеобразныя вещества, оставалось еще до сихъ поръ совершенно неразъясненнымъ. Болѣе обыкновенное мнѣніе заключается въ томъ, что эти вещества дѣйствуютъ въ растительной экономіи точно такъ, какъ пріяности и возбуждающія средства въ животной экономіи, и что они дѣлаютъ обыкновенную пищу растений болѣе питательною. Но, кажется, гораздо соотвѣтственнѣе природѣ вещей то мнѣніе, что они, составляя дѣйствительно часть пищи растений, даютъ вмѣстѣ съ тѣмъ, *вещество аналогичное съ веществомъ костей тѣла животныхъ*».

И на слѣдующей страницѣ:

«Теорія дѣйствія щелочныхъ веществъ есть самая простая и ясная часть земледѣльской химіи. *Они встрѣчаются во всѣхъ растеніяхъ, поэтому изъ можно считать существеннѣйшими составными частями этихъ послѣднихъ*. Ихъ склонность образовывать химическія соединенія, дѣлаетъ ихъ способными, вводить [въ сокъ растений многія составныя части, которыя способны служить имъ въ пищу».

Въ послѣднемъ предложеніи, какъ видно, заключается уже попытка построить теорію годности щелочныхъ зольныхъ составныхъ частей для растеній.

\*\*\*) См. въ этой книгѣ стр. 471—475.

годами позже (1839) въ сочиненіи своемъ «Lehre vom Dünger» \*). Въ этомъ сочиненіи онъ говоритъ о необходимыхъ питательныхъ средствахъ культурныхъ растений и причисляетъ къ необходимымъ составнымъ частямъ плодородной почвы—правда, подобно Соссюру, основываясь только на анализахъ золы—жельзо, марганецъ, магнезію, кали, натръ, хлоръ, фосфорную кислоту, сѣрную кислоту, кромѣ того

---

\*) Кому изъ убѣжденныхъ въ томъ, что все наше новое возрѣніе на питаніе растений происходитъ отъ Либиха, попадется въ первый разъ это прекрасное сочиненіе, которое въ настоящее время еще гораздо менѣе устарѣло, чѣмъ «Organische Chemie etc.» 1840, — тотъ будетъ чрезвычайно удивленъ изложеннымъ въ этомъ сочиненіи вѣрнымъ взглядомъ на питаніе растений. Я ограничусь сообщеніемъ лишь слѣдующихъ мѣстъ:

«Напротивъ, мы можемъ съ достовѣрностью принять, что они (минеральныя тѣла) служатъ дѣйствительною пищею всѣмъ растениямъ и столь же существенно необходимы для ихъ химическаго строенія, какъ кислородъ, углеродъ, водородъ и азотъ органическихъ удобрительныхъ веществъ. Невѣрному взгляду на способъ дѣйствія минераловъ въ дѣйствительности съ давняго времени приносятъ въ жертву значительныя выгоды, потому что неоспоримо при культурѣ растений достигали бы большихъ успѣховъ, если бы слѣдовали тому основному правилу, что растенія должны встрѣчать въ почвѣ въ достаточномъ количествѣ всѣ тѣ же минералы, которые мы въ нихъ находимъ» (см. стр. 284), и: «Мы всегда видимъ, что тѣ золы удобряютъ лучше, которыя богаты гипсомъ, фосфорнокислою известью, поваренною солью и сѣрнокислымъ кали, слѣд. мы можемъ быть того убѣжденія, что, такъ какъ эти соли дѣйствуютъ не на перегной почвы, то и служатъ единственно для питанія растений (см. стр. 356). Уже часто замѣчали, что удобрительная соль, вызывавшая въ одной мѣстности роскошную растительность, въ другой мѣстности оказывалась вполне индифферентною; это объясняется только тѣмъ, что почва содержала уже въ себѣ въ достаточномъ количествѣ всѣ эти вещества, изъ которыхъ состоитъ соль» и т. д. (стр. 408). См. далѣе стр. 3 1, гдѣ говорится объ удобреніи золою, стр. 388—объ удобрительныхъ свойствахъ сѣрнокислаго кали. Короче, въ книгѣ почти вполне заключается вся суть ученія о питаніи новѣйшей земледѣльческой химіи. При сравненіи возрѣній Шпренгеля съ возрѣніями, высказанными въ книгѣ Либиха, оказывается только одно существенное различіе, состоящее въ томъ, что Шпренгель объяснялъ удобрительное дѣйствіе отчасти поступленіемъ перегнойныхъ органическихъ веществъ въ растеніе. Въ этомъ вопросѣ Либихъ рѣшительно продолжилъ путь къ успѣху, хотя, впрочемъ, и нельзя утаить, что въ этомъ случаѣ онъ опять перешелъ за естественный предѣлъ, и мнѣніе Шпренгеля при тогдашнемъ состояніи знанія имѣло больше права на существованіе. Въ остальномъ сочиненіи Шпренгеля отличается отъ сочиненія Либиха (если не обращать вниманія на высказанное въ первомъ изъ нихъ гораздо болѣе широкое знаніе дѣла) благоразумною умѣренностью въ постановкѣ положеній и неоправданныхъ теорій, что и было причиной того, что сочиненіе Шпренгеля многими было не замѣчено.

изъ неотпостоянныхъ соединеній, тѣла содержащія азотъ \*), а также глину, известь и перегной, считавшіеся еще прежде необходимыми составными частями почвы.

Но этому ученію, хотя оно составляетъ рѣзкую противоположность съ воззрѣніями, имѣвшими въ то время еще значеніе въ сельскомъ хозяйствѣ, кажется было посвящено мало вниманія, и такимъ образомъ Либиху пришлось явиться настоящимъ основателемъ новой теоріи питанія растений, которая впослѣдствіи оказала столь значительное вліяніе на теорію земледѣлія. Довольно странно въ тотъ фактъ, что, при сравнительномъ изученіи положеній о питаніи растений, приводимыхъ Либихомъ въ его знаменитомъ сочиненіи, вышедшемъ въ 1840 г., и положеній, которыхъ держался до него, оказывается, что первыя отличаются отъ послѣднихъ только въ несущественномъ, что нѣкоторыя изъ Либиховыхъ приправъ \*\*) были даже довольно сомнительнаго свойства и впослѣдствіи должны были пасть.

Фактъ этотъ тѣмъ болѣе долженъ казаться страннымъ, что утвержденія Либиха имѣютъ въ основаніи ту же сумму знанія \*\*\*) , какъ и тождественныя съ ними утвержденія Шпренгеля, что Либихъ столь же мало прибѣгалъ къ экспериментальнымъ доказательствамъ, какъ и Шпренгель. Обоимъ имъ было извѣстно содержаніе зольныхъ составныхъ частей большаго числа растений, которыя (зольн. сост. части) въ общемъ были тѣ же самыя; оба они выводили при этомъ согласія результатовъ анализовъ зольн., что эти составныя части не могутъ быть случайными; оба они, дагѣе, умѣли, посредствомъ счастливой комбинаціи привести въ соотношеніе съ существовавшею суммою знанія извѣстныя явленія изъ сельско-хозяйственной практики, напр. неплодородіе нѣкоторыхъ мѣстностей, поразительное дѣйствіе нѣкоторыхъ удобрительныхъ средствъ и т. д., — и такимъ образомъ оба они пришли къ одинаковой въ сущности теоріи питанія растений, и

---

\*) См. тамъ же, стр. 575.

\*\*) Я напомню только о теоріи значенія органическихъ основаній (Die org. Chemie i. i. Anw. etc. 1840, стр. 92), о мнѣніи относительно замѣщаемости неорганическихъ основаній (стр. 87—90) и о многихъ другихъ ошибкахъ, которыя авторъ не нашелъ нужнымъ исключить изъ новаго изданія.

\*\*\*) Либихъ доказываетъ еще (стр. 95 его книги): «Придавая этимъ фактамъ ихъ истинное значеніе, щелочныя основанія, которыя мы находимъ въ зольн., должны быть необходимыми для существованія растений, потому что, если бы они не были необходимыми, то они тамъ бы не были».

Шпренгелю въ этомъ отношеніи принадлежатъ неоспоримо первенство \*).

Однако, если посмотрѣть ближе, можно замѣтить значительную разницу, которая объясняетъ вліяніе Либиха и ставитъ въ настоящемъ свѣтѣ произведенія этого гениальнаго изслѣдователя. Если изъ истинъ, высказанныхъ имъ въ его книгѣ въ 1840 г., ни одна не можетъ быть названа собственностью его ума, то за Либихомъ все таки остается неоспоримая заслуга, что отъ глазъ его не укрылась важность этихъ истинъ, что онъ понялъ, какъ только при помощи разложенія *сложныхъ понятій почва, удобреніе, плодородіе, на отдѣльные естественнонаучно опредѣляемые факторы* можетъ удался построить теорію земледѣлія, слѣдствія которой, — послѣ того какъ она приобрѣла право голоса въ практикѣ, — должны быть громадны. Эта провицательность, которая, безъ сомнѣнія, возвысила его надъ современниками, имѣвшими одинаковое съ нимъ естественнонаучное образованіе, сдѣлала его способнымъ говорить такимъ прекраснымъ, убѣдительнымъ языкомъ, доставившимъ его книгѣ столь обширный кругъ читателей \*\*). Къ тому же присоединилась значительная слава Ли-

---

\*) Мало благодарна, хотя и достойна благодарности, задача правдиваго референта, какъ историческаго писателя, трезво обсуждать и часто понижать цѣну заслугъ, составляющихъ еще предметъ восторженнаго удивленія.

Уваженіе къ теоріямъ Либиха, которая вначалѣ находилась въ пренебреженіи у сельскихъ хозяевъ, въ настоящее время больше, чѣмъ когда либо, и по историческому закону колебанія общественнаго мнѣнія отъ одной крайности къ другой, гораздо значительнѣе, чѣмъ они того заслуживаютъ. Тѣ сельскіе хозяева и земледѣльческіе химики, которые теперь руководятъ общественнымъ мнѣніемъ, слишкомъ еще находятся подъ вліяніемъ идей, причинившихъ переворотъ. Только болѣе молодое поколѣніе относится объективно ко всѣмъ, также и новѣйшимъ воззрѣніямъ, испытывая съ одинаковымъ усердіемъ и безпристрастіемъ ихъ правона существованіе — и только это болѣе молодое поколѣніе будетъ въ состояніи образовать умѣренную среднюю партію, которая по крайней мѣрѣ болѣе приблизится къ истинѣ.

Но это колебаніе мнѣній изъ одной крайности въ другую (какое, впрочемъ, мы знали только въ области практики и никогда не встрѣчали въ той же степени при рѣшеніи научныхъ теоремъ) и было возможно въ такой степени только по причинѣ невѣроятнаго незнакомства заинтересованныхъ въ сельскомъ хозяйствѣ и теоретиковъ съ физическими или хозяйственными факторами земледѣлія, или съ тѣми и другими вмѣстѣ, т. е. вслѣдствіе невѣжества сельско-хозяйственной публики, неспособной самостоятельно разсуждать, но имѣющей право подавать свой голосъ, вслѣдствіе чего и присоединяющейся всегда къ авторитетамъ и такъ опасно ихъ поддѣрживающей.

\*\*) Мнѣ тѣмъ пріятнѣе здѣсь сказать нѣсколько словъ о заслугѣ Либиха въ отношеніи къ земледѣльческой химіи, состоящей почти исключительно только

биха, приобрѣтенная имъ великолѣпными изслѣдованіями въ области чистой химіи, сдѣлавшая его книгу и въ ученомъ мірѣ одною изъ наиболѣе читаемыхъ и обезпечившая высказаннымъ въ ней теоріямъ большое распространеніе.

Такимъ образомъ, понятно, отчего, несмотря на то, что самыя существенныя и прочныя воззрѣнія, высказанныя Либихомъ въ 1840 г., были уже высказаны раньше, несмотря на то, что эти воззрѣнія ни въ какомъ отношеніи не были имъ лучше подтверждены, чѣмъ воззрѣнія его предшественниковъ, на Либиха смотрятъ какъ на творца новой теоріи и съ года появленія его книги считаютъ новую эпоху ученія о питаніи растений.

Настоящее же доказательство справедливости того, что сперва отрывочно утверждали Соссюръ и Деви и позже яснѣе выражали Шпренгель и Либихъ, было замѣчательнымъ образомъ доставлено только потомъ, хотя почти въ тоже время, когда эти послѣдніе предлагали свою новую теорію питанія растений.

Геттингенскій университетъ, признавая шаткимъ то основаніе, на которомъ покоились различные рѣзко противорѣчившіе другъ другу взгляды на питаніе растений, предложилъ на премію вопросъ: *«Встрѣчаются ли такъ называемые неорганическіе элементы, находящіеся въ золь растеній, въ послѣднихъ и тогда, если имъ этихъ неорганическихъ элементовъ недоставляютъ, и представляютъ ли эти элементы настолько существенныя составныя части растительнаго организма, что послѣдній нуждается въ нихъ для своего полнаго развитія?»*

Изъ одной только постановки этого вопроса видно, какъ поздно уже въ нашемъ столѣтіи всетаки иногда опять всплывала мысль \*)

---

въ возбужденіи, исходящемъ изъ его сочиненій, что этотъ изслѣдователь въ большинствѣ детальнахъ вопросовъ является защитникомъ несправедливыхъ и позже опровергнутыхъ воззрѣній. Для обработки этихъ вопросовъ ему недоставало частию необходимыхъ спеціальнахъ знаній, именно изъ области естественныхъ наукъ, знаній, касающихся растительной анатоміи и физиологіи, микроскопіи, далѣе изъ области народнаго хозяйства и исторіи, отчасти же ему можно прямо доказать логическія ошибки (какъ при его выводахъ о причинѣ болѣзней растеній, производимыхъ грибами). Съ этой стороны Либихъ представляетъ большую опасность для науки, которая ему слѣпо довѣряетъ.

\*) Впрочемъ уже Іонъ (John) въ сочиненіи, удостоенномъ преміи въ 1819 г., доказалъ принятіе зольныхъ составныхъ частей извѣ: см. Unger: Einfluss des Bodens etc. 1836, стр. 133. Но самъ Унгеръ, хотя онъ и принимаетъ за до-

о превращаемости химических элементов посредством своеобразных силъ организма, мысль, которая давно уже должна была быть признана, какъ несогласовавшаяся съ воззрѣніями, вообще имѣвшими значеніе въ химіи. Но на этотъ разъ однако отвѣтъ былъ не таковъ, какъ 40 лѣтъ назадъ. Премія въ 1842 году была присуждена Вигманну и Польсторфу, которые, основываясь на полной экспериментальной обработкѣ дѣла, отвѣтили на предложенный вопросъ \*) такимъ образомъ, что прозябаніе растений сильно задерживается и почти совсѣмъ останавливается, какъ скоро въ почвѣ не находится известнаго количества неорганическихъ составныхъ частей въ растворимомъ состояніи. Въ этомъ отвѣтѣ заключается положеніе о необходимости известныхъ зольныхъ составныхъ частей, и въ тоже время также и положеніе о несоздаваемости этихъ составныхъ частей.

Доказательства положеній Вигманна и Польсторфа, какъ сказано, въ противоположность ихъ предшественникамъ, защищавшимъ тѣже самыя положенія, были чисто экспериментальны и не были отчасти дедуктивны. Они не довольствовались производствомъ анализовъ золы, но избрали способъ, который, на основаніи вышеприведенныхъ замѣчаній, только одинъ и могъ быть окончательнo рѣшающимъ—способъ, въ противоположность другому способу, могущій быть названнымъ *синтетическимъ* \*\*): они воспитали цѣлый рядъ растений (*Vicia sativa*, *Hordeum vulgare*, *Avena sativa*, *Polygonum Fagopyrum*, *Nicotiana Tabacum* и *Trifolium pratense*), слѣдов. наши наиболѣе известныя сельско-хозяйственныя растенія изъ сѣмянъ въ почвѣ, которая состояла изъ бѣлаго, предварительнo обработаннаго царской водкой, песка, но въ одномъ случаѣ поливавшася только чистой дистиллированной водой, въ другомъ, кромѣ того, смѣшаннаго съ цѣлымъ рядомъ болѣею частью минеральныхъ веществъ, въ томъ видѣ, какъ они встрѣчаются и въ естественной пахатной землѣ и отчасти въ растеніи. Въ этихъ различныхъ почвахъ дали растеніямъ достигнуть окончанія ихъ лѣтняго растительнаго періода, послѣ чего подвергали ихъ золу анализу.

стольнoе, что основанія не могутъ быть произведены жизненнымъ процессомъ, колеблется однако въ приведенномъ сочиненіи относительно того, не превращаются ли основанія одни въ другія этимъ послѣднимъ процессомъ (см. стр. 135).

\*) Wiegmann u. Polstorff: Ueber die unorg. Bestandtheile der Pflanzen etc. Braunschweig 1842

\*\*\*) Кноп. Kreislauf des Stoffs I стр. 569.

Въ чистомъ пескѣ выросли только жалкія растеньца, которыя при анализѣ показали большую бѣдность въ зольныхъ составныхъ частяхъ, между тѣмъ какъ въ смѣшанной почвѣ они уродились хорошо. Однако первыя содержали большее количество золы, чѣмъ ея находилось во взятыхъ сѣменахъ, и такимъ образомъ еще нельзя было сказать, что искомыя доказательства приведены. Но скоро удалось открыть въ пескѣ, который не былъ еще совершенно очищенъ, источникъ такого излишка, и посредствомъ произрастанія кресса въ весьма тонко измельченной платиновой проволоки, находившейся въ платиновомъ сосудѣ и поливавшейся дистиллированной водой, показать, что если пресѣчь всякую возможность ассимиляціи зольныхъ составныхъ частей извнѣ, то въ развившемся растеніи нельзя доказать золы больше, чѣмъ содержалось ея во взятомъ сѣмени.

Оба эти опыта, взятые вмѣстѣ, могутъ съ полнымъ правомъ служить экспериментальнымъ доказательствомъ вышеприведенныхъ положеній.

Такимъ образомъ, слѣдовательно, положеніе, къ которому пришли уже прежде другимъ путемъ и которымъ уже воспользовались для важныхъ выводовъ, было строго доказано; но доказано оно было пока только въ очень общей и неопредѣленной формѣ. Теперь, конечно, стало извѣстнымъ, что зольныя составныя части растений не всѣ безъ исключенія попадаютъ случайно въ эти организмы; что, напротивъ, имъ должны необходимо принадлежать извѣстныя физиологическія функція. Но къ чему послужило знаніе этого? Нѣкоторыя практическія слѣдствія можетъ быть можно было бы изъ него вывести, — теоретически же оно въ этой формѣ не представляло никакого интереса.

Очевидно сложное понятіе «зольныя составныя части», требовало дальнѣйшаго разложенія, рождался вопросъ, *какія вещества* изъ зольныхъ составныхъ частей собственно необходимы для растенія. Какой способъ *долженъ* былъ быть избранъ для этой цѣли, — было совершенно ясно на основаніи предъидущаго.

Какъ только разъ узнали путь — и онъ былъ намѣченъ работой Вигманна и Польсторфа — который одинъ только могъ привести къ рѣшенію поставленнаго вопроса, какъ только разъ поняли, что для испытанія потребности въ нѣкоторыхъ зольныхъ составныхъ частяхъ, необходимо было оставлять произрастать испытуемое растеніе съ прибавленіемъ или исключеніемъ соответствующихъ веществъ для того, чтобы возможно было судить объ эффектѣ такого исключенія, тогда многіе принялись за разработку вопроса. Прежде

всего занялись отысканіемъ способовъ, при которыхъ бы растенія могли развиваться нормально въ легко-контролируемой смѣси питательныхъ веществъ, и усовершенствованіе этихъ способовъ потребовало много времени. Только въ самой общей формѣ былъ рѣшенъ вопросъ о потребности въ золѣ растений, посредствомъ вышеупомянутаго опыта Вигманна и Польсторфа; между этимъ результатомъ и рѣшеніемъ болѣе спеціальнаго, естественно возникающаго вопроса, о потребности въ отдѣльныхъ химическихъ составныхъ частяхъ этой сложной золы, лежалъ еще трудный путь. Для рѣшенія этого вопроса необходимо было, чтобы удалось довести растеніе до завершения явленій его произрастанія въ почвѣ, воплѣтъ извѣстной химически, для того, чтобы затѣмъ, посредствомъ исключенія одной или другой составной части, узнать ея значеніе. Въ теченіе двухъ послѣднихъ десятилѣтій въ сущности выработались два способа удовлетворяющихъ этой цѣли. При нихъ обоихъ корню растенія доставляется пища его въ формѣ воднаго раствора. Третій способъ \*), заключающійся въ воспитаніи растеній въ смѣси подобной естественной пахатной почвѣ и съ попеременнымъ исключеніемъ одной или другой изъ химическихъ составныхъ частей ея, никогда не былъ употребляемъ для разрѣшенія вопроса о значеніи зольныхъ составныхъ частей. Такой способъ, хотя онъ въ большинствѣ случаевъ, безъ всякаго сомнѣнія, доставлялъ бы гораздо скорѣе удовлетворительные отвѣты, именно, въ отношеніи къ зольнымъ составнымъ частямъ, сопряженъ со многими трудностями, лежащими въ приготовленіи такихъ смѣсей, и его съ пользою только употребляли при разрѣшеніи вопроса о ненужности органическихъ составныхъ частей и азотистыхъ соединений, потому что въ этихъ случаяхъ простымъ прокаливаніемъ земля можетъ быть измѣнена желаемымъ образомъ.

При способахъ, дѣйствительно примѣняющихся для разработки занимающаго насъ вопроса, встрѣтилось другое затрудненіе, состоящее въ томъ, что (такъ какъ корню всѣ вещества предлагались въ готовомъ растворѣ) корень растеній находился въ совершенно другихъ условіяхъ питанія, чѣмъ въ естественной почвѣ, гдѣ (какъ мы впоследствии узнаемъ) не находится никакого готоваго постоянного раствора, но, напротивъ, самъ корень дѣятеленъ, приготовляетъ ра-

---

\*) Впрочемъ на опытной станціи Ida-Marienhütte кажется было предпринято нѣчто подобное. См. Chem. Ackermann: Т. 54, стр. 187.

створы и т. д., короче, гдѣ условія питанія такъ сложны, что ихъ едва можно обнять. Нѣтъ надобности отдѣльно перечислять всѣ эти трудности, достаточно замѣтить, что, при питаніи готовымъ растворомъ, многія вещества должны быть доставляемы совершенно въ другой химической формѣ и группировкѣ, чѣмъ въ естественной почвѣ, при всемъ различіи послѣдней, что рядъ функций, — какъ поддержаніе приблизительнаго постоянства состава растворовъ, выполняемое при естественномъ порядкѣ вещей помощью одного замѣчательнаго свойства почвы, — при искусственномъ питаніи долженъ быть предпринятъ самимъ экспериментаторомъ, который, конечно, только послѣ долговременнаго опыта можетъ сдѣлаться способнымъ къ этому.

Одинъ изъ этихъ способовъ, въ принципѣ уже весьма давно извѣстный \*), есть водная культура; корень растенія прямо погружается въ водный растворъ веществъ, которыя должны быть доставлены растенію, какъ питательныя вещества. Другой способъ, собственно тотъ же самый, который былъ употребленъ Вигманномъ и Польсторфомъ, состоитъ въ томъ, что при немъ стараются искусственную почву сдѣлать нѣкоторымъ образомъ похожею на естественную, только въ чисто физическомъ отношеніи, слѣдов. корню даютъ возможность механически уврѣдиться, вслѣдствіе чего и этотъ способъ можетъ быть названъ способомъ готового раствора, такъ какъ при немъ исключена всякая возможность взаимодѣйствія между частицами почвы и растворомъ питательныхъ веществъ, т. е. твердыя частицы почвы суть абсолютно нерастворимыя вещества и не имѣютъ способности измѣнять въ какомъ бы то ни было направленіи концентрацію и относительный составъ раствора.

Изъ сказаннаго прежде слѣдуетъ, что, когда стали прибѣгать къ этимъ способамъ искусственнаго питанія растеній, никомъ образомъ не могли знать, удастся ли вообще такимъ путемъ растеніе воспитать нормально. Это была попытка, предпринятая на удачу, такъ какъ уже многіе годы работали надъ указанными способами и все-таки отчаявались въ успѣшномъ воспитаніи такимъ образомъ нѣсколько совершенныхъ растеній \*\*). И теперь даже, когда при благоприятныхъ условіяхъ возможно по этому способу получить нѣкоторые виды растеній съ самымъ роскошнымъ развитіемъ \*\*\*), для дру-

\*) Онъ кажется впервые употребленъ, хотя въ несовершенной формѣ Дюгамелемъ (Ср. Кноп. Kreislauf d. St. I, стр. 572)

\*\*) Кноп. Landw. Versuchsst. 1866 стр. 275. — М. Э. С.

\*\*) См. Е. Wolff: Landw. Versuchsst. 1868 стр. 351 и далѣе.



гихъ нужно оставить всякую надежду даже на одно только заверше-  
ніе кругооборота \*) организма.

Однако для тѣхъ растеній, для которыхъ удалось примѣнить съ  
вполнѣ желаемымъ успѣхомъ способъ водной культуры, послѣднимъ  
можно было воспользоваться, какъ прекраснымъ способомъ, вполнѣ  
оправдывающимъ употребительное отчасти названіе «прозрачнаго» \*\*) для  
рѣшенія вопроса о необходимости или ненеобходимости отдѣль-  
ныхъ составныхъ частей, найденныхъ въ огнепостоянномъ остаткѣ  
выросшихъ въ естественныхъ условіяхъ растеній, совершенно также,  
какъ имъ часто пользовались для (вышеприведеннаго) рѣшенія во-  
проса объ ассимиляціи азота и углерода.

Самое выполненіе способа чрезвычайно просто. При этомъ всегда  
начинали съ приготовленія раствора питательныхъ веществъ точно  
извѣстнаго состава, который бы могъ пропитать растеніе совершен-  
но нормально; отдѣльные вещества, значеніе которыхъ хотѣли опре-  
дѣлить, или просто исключали, или же замѣняли ихъ другими хими-  
чески сходными веществами, пока наконецъ не получали отвѣтъ на  
предложенный природѣ вопросъ. Моей задачей, конечно, не можетъ  
быть перечисленіе всѣхъ техническихъ трудностей, которыя нужно  
было преодолѣть при выработкѣ способа водной культуры, а также  
и болѣе подробное описаніе манипуляцій, съ которыми должно быть  
вполнѣ знакомымъ, чтобы ими пользоваться. Я сообщу здѣсь относи-  
тельно этого способа, только то, что касается больше его пригодности.

«Водная культура» растенія начинается во всѣхъ случаяхъ разви-  
тіемъ его изъ сѣмян. Пересаживаніе развитыхъ уже растеній, рос-  
шихъ до тѣхъ поръ при обыкновенныхъ условіяхъ въ почвѣ, послѣ  
очищенія корней отъ земли, въ водный растворъ, оставлено по мно-  
гимъ причинамъ. Во первыхъ, никогда нельзя извлечь растеніе изъ  
земли, въ которой распространяются его корни, безъ того, чтобы не  
разорвать множества тончайшихъ корневыхъ волосковъ (даже при  
всей возможной осторожности), а растеніе сильно поврежденное  
имѣетъ конечно очень мало шансовъ на пышное произрастаніе въ  
чуждой ему средѣ. Далѣе, образованіе корней растеніемъ въ вод-  
номъ растворѣ и въ мелкой землѣ до такой степени различно \*\*), что  
при перенесеніи ихъ изъ одной среды въ другую, они не способны

\*) Подъ завершеніемъ кругооборота растеніемъ слѣдуетъ понимать воспроиз-  
веденіе способныхъ къ прорастанію сѣмянъ.

\*\*) Кноп. Kreislauf des Stoffs I, стр. 582.

\*\*\*) См. напр. Stohmann: Landw. Versuchsst. 1862 стр. 66.

сразу служить питанію растенія, которому принадлежать. Такъ наблюдали, что концы корней, образовавшихся въ землѣ, отмирали \*), когда ихъ переносили въ растворъ питательныхъ веществъ \*\*), но что вскорѣ же образовались новые корни совершенно другаго вида, весьма хорошо выносившіе растворъ и которые были годны къ принятію воды и растворенныхъ веществъ, были годны питать растеніе.

Однако еще другая причина, весьма важная, заставляетъ отступиться отъ пересадки уже развившихся растеній, и устроить способъ культуры такъ, чтобы сѣмя уже съ самаго начала развивало свой корень въ водномъ растворѣ. Такъ какъ при опытахъ исключенія нѣкоторыхъ зольныхъ (или другихъ) составныхъ частей, для чего обыкновенно и употребляютъ водную культуру, содержащаяся въ первоначально взятомъ организмѣ зольныя (или другія) составныя части необходимо должны находиться въ возможно незначительномъ количествѣ, чтобы во время выполненія культуры, можно было разсматривать ихъ, вслѣдствіе достаточнаго разжиженія, какъ исключенія, то конечно необходимо помѣщать растеніе въ растворъ питательныхъ веществъ *въ томъ стадіи*, когда въ немъ содержится *минимумъ* \*\*\*) зольныхъ составныхъ частей, т. е. ввидѣ сѣмяни. При пересадкѣ въ растворъ уже развившагося растенія, послѣднее содержитъ въ себѣ уже нѣкоторое количество зольныхъ составныхъ частей, принятыхъ извнѣ, и такимъ образомъ было бы гораздо труднѣе рѣшить, можно ли смотрѣть на какую нибудь изъ этихъ составныхъ частей, не находящуюся въ питательномъ растворѣ, какъ на исключенную, и можно ли, если результатъ водной культуры есть нормальное развитіе растенія, считать отсутствующее въ растворѣ вещество за излишнее.

Здѣсь вообще надо замѣтить, что вполне строгое экспериментальное доказательство не необходимости какой нибудь изъ содержащихся во взятомъ сѣмяни зольныхъ составныхъ частей невозможно такъ какъ при культурѣ, съ исключеніемъ какого нибудь вещества въ доставляемой пищѣ получается только болѣе или менѣе значительное разжиженіе содержащихся въ сѣмянахъ зольныхъ составныхъ частей, совершеннаго исчезновенія которыхъ никогда нельзя достиг-

---

\*) W. Wolf: Landw. Versuchsst. 1864 стр. 203; Кноп и W. Wolf тамъ же 1865 стр. 346; Кноп тамъ же 1863 стр. 97 и проч.

\*\*) На оборотъ кажется, это удается легче. См. Кноп: тамъ же 1863 стр. 98.

\*\*\*) Само собой понятно, что не процентный минимумъ.

путь. Въ этомъ случаѣ помогаетъ, впрочемъ, выводъ, полученный совершенно другимъ путемъ, и состоящій въ томъ, что физиологическое дѣйствіе вещества, — имъ-то въ концѣ концовъ и опредѣляется необходимость его, — должно находиться въ опредѣленномъ *конечномъ* отношеніи къ его количеству, такъ что *очень сильное* разжиженіе, т. е. уменьшеніе его по отношенію къ находящейся на лицо растительной массѣ, означаетъ совершенно тоже самое, что и дѣйствительное исключеніе \*). Но вмѣстѣ съ тѣмъ изъ этого же явствуетъ, что доказательство ненеобходимости какой нибудь изъ заключающихся въ сѣмянн растенія зольныхъ составныхъ частей будетъ тѣмъ полнѣе, чѣмъ больше разжиженіе, т. е. чѣмъ меньше величина сѣмянн сравнительно съ развивающимся изъ него растеніемъ и т. д. Эти основныя положенія не должно оставлять безъ вниманія при приведеніи экспериментальныхъ доказательствъ ненеобходимости какого нибудь изъ веществъ, и понятно что они имѣютъ значеніе не для одной только водной культуры. И такъ вотъ тѣ основанія, которыя побуждаютъ насъ также и при водной культурѣ всегда начинать съ сѣмянъ, и если этотъ принципъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ должны были оставить, потому что растенія, служившія для опыта, не хорошо выросли изъ сѣмянъ, то подобные опыты во всякомъ случаѣ болѣе или менѣе теряютъ въ доказательной силѣ, смотря по массѣ взятаго растенія и его содержанію тѣхъ составныхъ частей, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, и на нихъ нужно смотрѣть только какъ на средство, вызванное необходимостью.

Такимъ образомъ, для производства водной культуры — если только она имѣетъ цѣлью разрѣшеніе вопросовъ о потребности въ веществахъ, — вымачиваютъ и проращиваютъ сѣмяна въ дистиллированной водѣ и потомъ, когда покажется корешокъ и достигнетъ извѣстной длины, ростокъ помѣщаютъ надъ питательнымъ растворомъ такъ, чтобы въ него былъ погруженъ только одинъ корешокъ, для чего существуютъ техническія наставленія \*\*).— Особенныя затрудненія затѣмъ главнымъ образомъ представляютъ измѣненія концептраціи, которыя производитъ растеніе своимъ собственнымъ питаніемъ и принятіемъ веществъ, выдѣленія, иногда производимыя растеніемъ.

\*) Это отношеніе по теоріи должно быть конечнымъ и, такимъ образомъ, уже при большемъ разжиженіи должно сдѣлаться ощутительнымъ ослабленіе произрастанія.

\*\*) Напр. Кноп. Landw. Versuchst. 1863 стр. 95 и далѣе, J. Sachs: Handbuch der. Exр. Phys. d. Pfl. стр. 122.

п которыми легко измѣняется реакція жидкости, наконецъ проявляющаяся для нѣкоторыхъ растений потребность, въ различныхъ питательныхъ веществахъ въ различной концентраціи въ ихъ различныхъ стадіяхъ развитія.

Измѣненія реакціи и концентраціи, вызываемыя тѣмъ, что растеніемъ растворенныя вещества и растворяющее средство вообще причмаются не въ томъ отношеніи въ какомъ они составляютъ растворъ \*), и неудобства, представляемыя выдѣленіями изъ корня, могутъ быть устранены въ ихъ послѣдствіяхъ только частою перемѣною питательной жидкости и подобнымъ, а потому при производствѣ водной культуры самое важное, это—своевременное перемѣщеніе растений въ новые растворы. Нѣкоторые способы водной культуры, какъ они предложены именно Саксомъ \*\*), вѣроятно имѣли бы значеніе въ отношеніи къ уясненію различной потребности въ питательныхъ веществахъ въ различные періоды произрастанія, такъ какъ при такихъ способахъ «перемѣнныхъ растворовъ», растенія попеременно помѣщаются въ растворы различнаго состава,—но нельзя сказать впрочемъ, что этимъ путемъ, который при извѣстныхъ обстоятельствахъ можетъ быть названъ вполне цѣлесообразнымъ, — были бы достигнуты особенно важные результаты \*\*\*).

Взявъ все вмѣстѣ, можно сказать, что при водной культурѣ оттого необходимо руководствоваться столькими предосторожностями, что экспериментаторъ принужденъ заботиться о выполненіи цѣлаго ряда условий, которыя при произрастаніи растенія въ природѣ, вслѣдствіе особенныхъ свойствъ почвы, выполняются сами собою. Почва, какъ мы впоследствии подробно изучимъ, чрезвычайно способна выравнивать неблагоприятныя разности концентраціи и отчасти дѣлать безвредными выдѣленія растенія, тамъ гдѣ они происходятъ, — однимъ словомъ—исполнять все то, что при нарушеніи природной связи

---

\*) Смори объ этомъ въ слѣдующихъ лекціяхъ о принятіи веществъ, особенно въ 21-й.

\*\*) Landw. Versuchsst. 1860 стр. 219—268 и въ другихъ мѣстахъ.

\*\*\*) При этомъ надо упомянуть, что вѣдь и въ природѣ, по случайнымъ отношеніямъ которой при посредствѣ естественнаго подбора, какъ мы принимаемъ, сформировалась потребность растеній, не существуетъ никакихъ приспособленій, которыя бы дѣятельно поддерживали доставленіе различныхъ питательныхъ веществъ въ различные періоды произрастанія. Несмотря на то, однако, мы имѣемъ указанія сельскохозяйственной практики, что извѣстныя удобрения больше всего дѣйствительны въ извѣстныхъ стадіяхъ произрастанія.

вещей выпадаетъ на долю производителя опытовъ, ввидѣ трудныхъ отдѣльныхъ приспособленій. Изъ этого положенія дѣль очень естественно объясняются первоначальныя препятствія, которыя грозили неудачей опытамъ водной культуры, и которыя еще и теперь, несмотря на отдѣльные случаи блестящихъ результатовъ, обращаютъ ихъ въ опыты съ очень причудливыми результатами.

Къ тому же, здѣсь присоединяется еще недостатокъ цѣлаго ряда физическихъ свойствъ, присущихъ естественной почвѣ и весьма благоприятныхъ для жизни растенія, — я назову только отношеніе къ теплотѣ, — недостатокъ, оказывающій вліяніе при культурѣ въ раст-ворахъ и который, равно какъ и отсутствіе другихъ свойствъ почвы, долженъ быть лишень вліянія на результаты осмотрительностію и ловкостью экспериментатора, такъ что, въ виду всѣхъ этихъ обстоятельствъ, скорѣе можно удивляться тому, что мы путемъ водной культуры уже пришли къ нормальнымъ результатамъ, нежели тѣмъ частымъ неудачамъ, о которыхъ читаешь, и которыя случаются въ дѣйствительности.

Къ составу употребляемыхъ растворовъ мы обратимся только тогда, когда получимъ понятіе о необходимости или ненеобходимости отдѣльныхъ составныхъ частей, найденныхъ въ золь растенія.

Другой способъ, который рядомъ съ водною культурой могъ быть употребленъ и дѣйствительно былъ употребленъ для рѣшенія вопроса о необходимости отдѣльныхъ составныхъ частей золь растеній, состоитъ, какъ уже сказано, въ томъ, что вещества предлагались корню растенія также ввидѣ растворовъ, какъ и при настоящей водной культурѣ, но при этомъ одновременно пытались подражать естественной почвѣ относительно механической ея структуры. Твердые частицы почвы при этомъ совершенно лишены возможности даже косвенно питать растеніе, а должны только помогать привычному развитію корня. Почва поэтому состоитъ изъ порошка весьма различныхъ нерастворимыхъ веществъ, какъ-то: угля, сѣры, въ особенности изъ кварцеваго песка, часто и изъ болѣе крупныхъ твердыхъ матеріаловъ, какъ стеклянный бисеръ.

Въ настоящій способъ культуры этотъ родъ воспитанія растеній, употреблявшійся очень многими изслѣдователями для рѣшенія вопросовъ, для которыхъ достаточно короткихъ періодовъ произрастанія, какъ напр. вопросъ объ ассимилированіи свободнаго азота и т.

д., выработался только Сальмъ-Горстмаромъ \*) и Гелльригелемъ \*\*). Этими учеными, преслѣдовавшимъ этотъ способъ растительной культуры, во многихъ случаяхъ удалось получить нормально развившіяся растенія и довести до завершения всѣхъ вегетаціонныхъ явленій. Что этотъ способъ долженъ былъ представлять затрудненія, преодоленіе которыхъ, совершенно также, какъ и при водной культурѣ, должно было поглощать много времени и терпѣнія, слѣдуетъ изъ того часто приводимаго нами обстоятельства, что эта культура отличается отъ водной культуры только тѣмъ, что при ней воспроизведены нѣкоторыя немногія физическія свойства почвы; всѣ прочія же неудобства измененія концентраціи раствора и т. д., во время произрастанія, раздѣляются ею.

Если взвѣсить преимущества и недостатки способа Сальмъ-Горстмара и Гелльригеля и сравнить этотъ способъ со способомъ культуры въ чисто жидкой средѣ, то въ пользу перваго способа можно сказать, что при немъ, кромѣ того, что болѣе приближаются къ естественнымъ условіямъ обыкновенной почвы, еще также возможно производить наблюденія надъ вліемъ разныхъ количествъ воды, находящихся въ распоряженіи растеній, на развитіе послѣднихъ, безъ измененія при этомъ концентраціи доставленнаго раствора. Посредствомъ неполнаго увлаженія порошка, составляющаго остовъ почвы, причѣмъ часть промежутковъ его наполнена воздухомъ, можно достигнуть уменьшенія доставленія растенію воды, что, очевидно, невыполнимо въ этой формѣ при водной культурѣ. Недостатокъ этого способа, напротивъ, представляется въ меньшей «прозрачности», скрывающей нѣкоторыя явленія, имѣющія мѣсто въ питательной жидкости и корневой системѣ, которыя при чисто водной культурѣ являются совершенно открытыми передъ нами. Однако оба способа совершенно годны и въ главномъ между собою равноцѣнны.

Относительно выполненія способа культуры Сальмъ-Горстмара и Гелльригеля можно только еще мало прибавить къ предъидущему. Гелльригель до сихъ поръ употреблялъ, какъ твердую составную часть почвы, чистый, прокипяченный съ сѣрною кислотой, освобожденный прокаливаніемъ отъ всѣхъ органическихъ веществъ, кварцевый песокъ, который содержалъ еще только очень ничтожныя количества

---

\*) Journal für pr. Chem. T. 46 стр. 193; T. 52 стр. 1; T. 54 стр. 129; T. 61 стр. 149; T. 64 стр. 1; T. 73 стр. 790 и T. 84 стр. 140.

\*\*\*) Landw. Versuchstat. 1868; стр. 103 и 1869 стр. 136.

хлора и желѣза \*) \*\*). Къ этому песку примѣшивались затѣмъ питательные растворы. Сальмъ-Горстмаръ избралъ какъ твердую составную часть почвы, сахарный уголь \*\*\*) , очищенный кварцевый песокъ, измельченный въ тонкій порошокъ горный хрусталь и т. п. Сосуды, которые онъ употреблялъ для опытовъ надъ произрастаніемъ растеній, состояли изъ олова и были покрыты воскомъ, для того чтобы корни не были въ состояніи вліяніемъ на стеклянныя стѣнки усвоить минеральныя вещества.

О результатахъ способовъ культуры, сущность которыхъ только что показана, относительно необходимости и ненеобходимости въ отдѣльныхъ элементарныхъ тѣлахъ золы, получаемой послѣ сжиганія органическихъ частей растенія, мы будемъ говорить въ слѣдующей лекціи.

## ПЯТНАДЦАТАЯ ЛЕКЦІЯ.

### Зольныя составныя части растенія. — Металлоиды золы растенія.

Мы видѣли въ послѣдней лекціи, какой способъ одинъ только можетъ служить для рѣшенія поставленнаго нами вопроса о *необходимости или ненеобходимости отдѣльныхъ составныхъ частей золы*. Всякая необходимая для организма растенія минеральная составная часть должна быть находима въ золѣ этого растенія, но, наоборотъ, нельзя считать каждую составную часть этой золы за необходимое питательное вещество.

Способъ, слѣдовательно, который только одинъ можетъ вести къ цѣли, не можетъ быть аналитическій, но есть способъ искусственной культуры, который также назвали «синтетическимъ». Первый способъ

\*) Landw. Versuchst. 1868 стр. 104.

\*\*) Гелльригель, впрочемъ, вовсе неупотреблялъ этотъ способъ для рѣшенія болѣе элементарнаго прелестоящаго намъ вопроса, о потребности растенія въ отдѣльныхъ веществахъ.

\*\*\*) Journal f. pr. Chem. T. 64 стр. 193.

можетъ намъ дать только извѣстныя точки опоры и никогда не можетъ служить средствомъ для доказательства,—но, по своему только что указанному свойству, довольно важенъ. Цѣлесообразный путь, которому постоянно слѣдовали, имѣя въ виду рѣшеніе этого вопроса, и которому и мы будемъ слѣдовать въ нашемъ изложеніи, состоитъ въ томъ, что найденныя посредствомъ анализа составныя части золы испытываютъ культурнымъ способомъ относительно ихъ ненеобходимости, а не начинаютъ сразу безъ всякаго плана съ синтеза, пробуя всѣ возможныя извѣстныя въ химіи вещества, съ цѣлію опредѣленія ихъ значенія какъ питательныхъ веществъ. Искусственный культурный опытъ долженъ производиться затѣмъ далѣе, при всѣхъ обстоятельствахъ, по способу разностей (*Differenzmethode*), чтобы какъ можно скорѣе и вѣрнѣе придти къ цѣли, т. е. всякій отдѣльный вопросъ долженъ быть рѣшенъ опытами, производимыми попарно, такъ что постоянно одинъ опытъ отличается отъ другаго только недостаткомъ испытываемаго въ отношеніи къ питательности вещества, какъ это явствуетъ изъ извѣстныхъ основаній экспериментальнаго изслѣдованія. Такимъ образомъ планъ нашъ совершенно ясенъ и точно также ясно и то, что мы должны начать съ разсмотрѣнія химическихъ элементовъ, представляющихъ составныя части золы растеня чтобы затѣмъ видѣть, которая изъ этихъ составныхъ частей при опытѣ надъ произрастеніемъ оказывается необходимою, и которая ненужною.

Въ золѣ растеній вообще нашли уже приблизительно слѣдующіе элементы: \*).

Изъ *металлоидовъ*, кромѣ *кислорода*, который съ большинствомъ другихъ элементарныхъ составныхъ частей золы образуютъ соединенія въ ней, и о происхожденіи котораго мы получили достаточно свѣдѣній въ предъидущихъ разсмотрѣніяхъ:

---

\*) При этомъ нужно упомянуть, что не при каждомъ способѣ приготовленія золы возможно полученіе всѣхъ веществъ, входящихъ въ составъ ея. Такъ напр. при неосторожномъ сжиганіи растительныхъ органовъ, отличающихся такимъ большимъ содержаніемъ фосфора, въ сравненіи съ существующими основаніями, что при калильномъ жарѣ образуются кислые фосфаты, можетъ произойти потеря всей сѣры, чрезъ выдѣленіе ея въ видѣ свободной сѣрной кислоты. По этой причинѣ при сжиганіи предлагаются и наблюдаются всякаго рода предосторожности, для предупрежденія подобнаго рода потерь. И по этой причинѣ сѣра не всегда разсматривалась какъ составная часть золы. Сравни Ю. Сакса: *Handbuch der Expirim. Physiol. d. Pfl.* стр. 141.

*Спра, фосфоръ, кремній, боръ, хлоръ, бромъ, іодъ и фторъ*, слѣдовательно почти всѣ.

Изъ металловъ только ограниченное число, именно: *калій, натрій, литій, рубидій, магній, кальцій, барій, стронцій, желѣзо, алюминій, цинкъ, марганецъ, кобальтъ, никкель* и *мѣдь*.

Нѣкоторыя изъ этихъ веществъ находили только въ чрезвычайно рѣдкихъ случаяхъ; слѣдующія же, напротивъ, встрѣчаются при всѣхъ обстоятельствахъ, или по крайней мѣрѣ ихъ находили въ каждомъ растеніи и почти въ каждой части растенія: *спра, фосфоръ, кремній, хлоръ, калий, натрій, кальцій, магній* и *желѣзо*; далѣе весьма часто, но болѣе въ отдѣльныхъ видахъ растеній или въ извѣстныхъ органахъ, встрѣчаются: *іодъ, фторъ, алюминій* и *марганецъ*. Всѣ прочія вещества встрѣчаются чрезвычайно рѣдко или въ весьма ограниченномъ количествахъ.

Понятно, что при культурныхъ опытахъ исходили отъ наиболѣе общераспространенныхъ веществъ; изъ нихъ составляли питательные растворы и, исключая отдѣльныя вещества изъ этихъ растворовъ, испытывали ихъ значеніе для жизни растенія. Ненужность другихъ веществъ была уже доказана рѣдкимъ нахожденіемъ ихъ при анализахъ.

Однако необходимо было еще найти удобную химическую форму, въ которой только одной могли быть предложены вещества растенію. Анализъ золы не давалъ объ этомъ никакого понятія. Хотя при выборѣ химическихъ соединеній, въ которыхъ предлагали растенію указанная вещества, и старались нѣкоторымъ образомъ приблизиться къ природѣ, придерживаясь, насколько это было возможно, той химической формы, въ которой встрѣчаются составныя части золы въ плодородной почвѣ, гдѣ приходятъ въ соприкосновеніе съ корнемъ растенія; тѣмъ не менѣе въ отысканіи подходящихъ соединеній лежала большая часть затрудненій, которыя необходимо было побороть при выработкѣ культурныхъ способовъ. Такія затрудненія должны были особенно проявляться при способѣ разностей, который одинъ только и могъ быть избранъ для рѣшенія занимающихъ насъ вопросовъ, такъ какъ желая устранить какой нибудь элементъ изъ раствора, который въ состояніи былъ совершенно нормально питать растеніе, вмѣстѣ съ тѣмъ необходимо должны были нарушать и среднюю реакцію, которая по крайней мѣрѣ приблизительно требуется растеніемъ. Если напр. хотѣли устранить натрій изъ раствора, съ которымъ до тѣхъ поръ достигали хорошихъ результатовъ, то это было

невозможно безъ уменьшенія вмѣстѣ съ тѣмъ и количества металлоида, или увеличенія количества другого металла, если не желали чтобы питательный растворъ сдѣлался сильно кислымъ,—и наоборотъ.— Изъ этого обстоятельства явствуетъ, что совершенно точный способъ разностей, при которомъ два сравниваемыхъ между собою опыта не должны отличаться ничѣмъ, кромѣ одного момента, дѣйствіе котораго должно быть испытано, въ нашемъ случаѣ невозможно.

Вотъ почему при производствѣ рѣшающихъ экспериментовъ, часто принуждены были, кромѣ такихъ двухъ опытовъ, вводить еще третій классъ въ рядъ ихъ, въ которомъ доказывалась безвредность принятаго, вслѣдствіе необходимости, измѣненія въ отношеніяхъ другихъ и т. д. чтобы такимъ образомъ хотя косвенно возможно было сдѣлать заключеніе о необходимости устраненнаго вещества. Изъ этого же ясно, что приводимыя доказательства не всегда могли не возбуждать сомнѣнія и что значеніе ихъ иногда должно было оспариваться съ большою оживленностью.

Но не только вслѣдствіе приведенныхъ здѣсь причинъ, мы увидимъ, что о значеніи нѣкоторыхъ минеральныхъ составныхъ частей нельзя высказать еще окончательнаго сужденія, несмотря на большое число внимательно выполненныхъ опытовъ;—есть еще и другія причины тому, что въ отдѣльныхъ случаяхъ нельзя окончательно рѣшить, необходима или ненеобходима какая нибудь составная часть золы. Причины эти заключаются въ неравноцѣнности этихъ отдѣльныхъ составныхъ частей для растительнаго организма и въ чрезвычайно различныхъ количествахъ, въ которыхъ онъ нуждается въ этихъ веществахъ.

Я хотѣлъ бы здѣсь указать на то, что если какая нибудь минеральная составная часть растенія необходима для послѣдняго, и оно, слѣдовательно, умираетъ, какъ скоро не встрѣчаетъ этого вещества въ удобоусвояемой формѣ, то это можетъ зависѣть только отъ того, что такое вещество *играетъ роль при какомъ нибудь физиологическомъ процессѣ*, совершеніе котораго, вслѣдствіе какой бы то ни было глубоко лежащей, но для насъ пока не имѣющей значенія, причины *необходимо* для поддержанія жизни растенія, что такое вещество играетъ роль, въ которой не можетъ его замѣнить другое вещество. Если такой процессъ совершается только въ сравнительно малыхъ размѣрахъ, или, если участвующая въ этомъ процессѣ зольная составная часть только въ малыхъ количествахъ принимаетъ въ немъ

участіе, то количество такого вещества, вполне необходимаго для растенія, можетъ быть довольно мало и, пожалуй, даже находится въ предѣлахъ ошибокъ опыта; другими словами, мы можемъ не замѣчать его необходимости, такъ какъ количества его, которыя попадаютъ въ растеніе, служащее для опыта, ввидѣ не чистотъ употребляемыхъ матеріаловъ, ввидѣ содержимаго сѣмени, также посредствомъ пыли и т. д. достаточны для удовлетворенія малой потребности.

Теоретически также возможно представить себѣ, что нѣкоторые физиологическіе процессы, тѣсно связанные съ присутствіемъ одной изъ составныхъ частей золы, не необходимо должны совершаться при нормальномъ развитіи \*) растенія, но которые въ болѣе или менѣе значительной степени для него полезны, и можетъ быть только при совершенно опредѣленныхъ обстоятельствахъ питанія окажутся необходимыми. Въ такомъ случаѣ опытъ по способу разностей укажетъ на полезность прибавленія нѣкоторыхъ, болѣе или менѣе пенеобходимыхъ зольныхъ составныхъ частей.— Теоретически совершенно почти ясно, что кромѣ *необходимыхъ минеральныхъ веществъ* нужно будетъ принимать еще и *полезныя*.

Изъ сдѣланныхъ сообщеній очевидна вся трудность вѣрнаго толкованія нѣкоторыхъ результатовъ культурныхъ опытовъ, сдѣланныхъ въ указанномъ выше направленіи.— Тѣмъ не менѣе, однако, въ большинствѣ случаевъ удалось, энергически продолжая экспериментальную постановку вопросовъ, достигнуть совершенно положительныхъ результатовъ и можно сказать, значительная часть нашего ученія объ удобреніи основывается на результатахъ сдѣланныхъ въ этомъ направленіи работъ.

Если теперь въ нижеслѣдующемъ должны быть сообщены просто эти результаты, причемъ мы не будемъ входить въ лишніе подробности хода доказательства, то необходимо еще обратить вниманіе на то,—и это равнымъ образомъ явствуетъ изъ теоретическихъ взглядовъ на значеніе составныхъ частей золы,—что потребность въ минеральныхъ веществахъ одного растенія не можетъ служить мѣриломъ \*\*) потребности другаго, хотя и очень близкаго къ нему рас-

\*) У животныхъ, какъ извѣстно, встрѣчаются подобнаго рода процессы, какъ напр. отдѣленіе желчи въ кишечный каналъ, которое можетъ совершенно прекратиться, безъ того, чтобы животныя особенно страдали при цѣлесообразномъ питаніи.

\*\*) Послѣ того какъ собранъ уже большой рядъ результатовъ опытовъ, подобнаго рода заключенія, впрочемъ, возможны по аналогіи во многихъ случаяхъ.

тениа.— Въ различныхъ видахъ растеній, вообще, рядомъ съ физиологическими процессами, общими для обоихъ растеній, всегда могутъ совершаться отдѣльные процессы, имѣющіе значеніе только для одного или другаго изъ нихъ. Вѣдь мы часто видимъ въ нѣкоторыхъ видахъ растеній появленіе органическихъ соединеній, совершенно чуждыхъ другимъ, близко родственнымъ растеніямъ, и такимъ образомъ, слѣдовательно, совершеніе функций, свойственныхъ однимъ растеніямъ и несвойственныхъ другимъ и т. д. Такъ какъ мы должны полагать, что необходимыя и полезныя составныя части золы находятся въ связи съ такими отдѣльными процессами, то можно предвидѣть, что потребность въ золѣ для различныхъ формъ растеній должна быть различна, и различіе это должно быть тѣмъ больше, чѣмъ менѣе сходны между собою цѣлая организація и образъ жизни двухъ сравниваемыхъ формъ растеній.

Мы далѣе увидимъ, въ какой мѣрѣ это предположеніе подтверждается, пока же достаточно указать на то, какъ вообще неосновательно, по извѣстной потребности одного растенія, судить о потребности другаго. Скорѣй можно надѣяться, что современемъ экспериментальному изслѣдованію удастся указать на группы растеній, на которыя распространяется извѣстное однообразіе потребности въ минеральныхъ составныхъ частяхъ.

Въ нашемъ обзорѣ хода экспериментальнаго доказательства \*) мы будемъ исходить отъ поименованной группы веществъ, которыя среднимъ образомъ входятъ въ составъ золы высшихъ зеленыхъ растеній. Группа эта состоитъ изъ сѣры, фосфора, кремнія, хлора, калия, натрія, кальція, магнія и желѣза.

При всѣхъ опытахъ надъ произрастеніемъ высшихъ растеній, которые были предпринимаемы съ исключеніемъ сѣры, приходили всегда къ одному и тому же результату, именно къ полной необходимости этого элемента. Растенія, которыя воспитывались въ лишен-

---

\*) Сравни Сальмъ Горстмаръ: Journ. f. prakt. Chemie T. 46, стр. 193; T. 52, стр. 1; T. 54, стр. 129; T. 61, стр. 149; T. 84, стр. 1; T. 73, стр. 790; и T. 84, стр. 140; Ю. Саксъ: Landw. Versuchsst. 18 0 стр. 22 и 219; 1861 стр. 30; Кюль: Landw. Versuchsst. 1860 стр. 65 и 270; 1861 стр. 295; 1832 стр. 173; 1865 стр. 341, далѣе его руководство: der Kreislauf des Stoffs стр. 601—634; Стоманъ: Ann. d. Chemie u. Pharm. T. 121 стр. 323; Landw. Versuchsst. 1864 стр. 347; Ноббе и Зигертъ Landw. Versuchsst. 1862 стр. 348; 1864 стр. 19 и 108; 1865 стр. 371; Раугенбергъ и Г. Кюль Landw. Versuchsst. 1864 стр. 355; Дукалусъ тамъ же 1865 стр. 363 и т. п.

ныхъ сѣры растворахъ, всѣ раньше или позже оказывались въ высшей степени недостаточно развитыми и образованіе ими органическаго вещества никогда не достигало значительныхъ размѣровъ.

Что касается до химической формы, въ которой это вещество должно быть доставляемо корню растенія, то въ этомъ отношеніи можно совершенно опредѣленно сказать, что только сѣрнокислыя соли основаній, представляющихъ тоже необходимыя составныя части растенія, или которыя по крайней мѣрѣ оказались не вредными для послѣдняго, могутъ служить для него источникомъ сѣры, слѣдов. сѣрнокислыя амміакъ и кали, сѣрнокислая магнезія, сѣрнокислая известь, также, имѣющій болѣе второстепенное значеніе, сѣрнокислый натръ.—Свободная сѣра, сѣрнистые металлы, сѣрнистокислыя соли, сѣрноватистокислыя соли и всѣ другія соединенія сѣры, которыя бѣднѣ кислородомъ нежели сульфаты, не могутъ служить для питанія растенія, напротивъ, оказываются болѣе или менѣе *вредными* для жизни его. Только самыя богатыя кислородомъ соединенія, указанныя нами сѣрнокислыя соли, и именно среднія сѣрнокислыя соли представляютъ форму, въ которой сѣра должна быть доставлена корню высшаго зеленаго растенія \*).

Для того чтобы опредѣлить причину такой всеобщей потребности растительнаго міра въ сѣрѣ, нужно только вспомнить, что протеиновыя вещества, значеніе которыхъ для растительнаго организма намъ уже извѣстно изъ предъидущаго, заключаютъ въ себѣ сѣру и содержатъ ея 1% или немного менѣе. Количество этихъ протеиновыхъ веществъ необходимо увеличивается во все время произрастанія, начиная съ ростка и оканчивая вполне развитымъ растеніемъ, и какъ вслѣдствіе этого необходимо, во время развитія растенія, постоянное доставленіе ему азота, точно также въ него должны поступать и новыя количества сѣры. Послѣдняя принимается корнями ввидѣ сѣрнокислой соли и, при посредствѣ совершенно неизвѣстнаго намъ химическаго процесса, претерпѣваетъ въ растеніи возстановленіе, чтобы затѣмъ образовать составную часть бѣдныхъ кислородомъ протеиновыхъ веществъ.

Кромѣ протеиновыхъ веществъ есть еще нѣкоторыя содержащія сѣру органическія соединенія, встрѣчающіяся, впрочемъ, только въ отдѣльныхъ случаяхъ. Острыя эфирныя масла, придающія *горчичному*

---

\*) Шлейденъ нѣкоторое время считалъ сѣрнистый водородъ за источникъ сѣры для растенія.

сьмени, хрену, чесноку и другимъ растеніямъ или частямъ растеній \*) ихъ острый вкусъ, суть соединенія содержація сѣру, состава обыкновеннаго эфира, въ которомъ кислородъ замѣщенъ сѣрою \*\*). Сѣра, входящая въ составъ этихъ соединеній, указанными растеніями также должна быть принята извнѣ ввидѣ сѣрнокислыхъ солей.— Должна ли сѣра, кромѣ вступленія въ названныя вещества, исполнять другія функціи въ растительномъ организмѣ, неизвѣстно. Во всякомъ случаѣ выше указаннаго отношенія достаточно для объясненія необходимости сѣры и всеобщей потребности въ ней. Нѣкоторыя растенія, пменно морскія и хвоицы, содержатъ большія количества сѣрнокислыхъ солей, но до сихъ поръ не могла быть доказана полезность этихъ солей для тѣхъ растеній, въ которыхъ ихъ встрѣчаютъ. Мы увидимъ далѣе, при изученіи законовъ принятія веществъ, еще яснѣе, что такое накопленіе не необходимо обозначаетъ пользу, приносимую этими веществами растенію.

Также между всѣми другими организмами (которые въ этомъ направленіи довольно хорошо изслѣдованы, относительно ихъ питанія) врядъ ли существуютъ такіе, для которыхъ потребность въ сѣрѣ была бы сомнительна \*\*\*). Ни для одного растенія ненужность сѣры не была точно доказана. Но, кажется, нѣтъ надобности прибавлять, что принятіе сѣры у различныхъ организмовъ совершается въ весьма различной химической формѣ. Тѣ, которые, какъ животныя, не въ состояніи образовать въ себѣ протеиновыхъ веществъ, но необходимо должны получать ихъ извнѣ, разумѣется и принимаютъ въ этой формѣ свою сѣру и свой азотъ, и кажется, не нуждаются въ другомъ способѣ принятія этихъ элементовъ. Но и нисшіе, безхлорофиллыныя растительныя организмы, которые какъ спиртовыя дрожжи, могутъ образовать протеиновыя вещества и усвоить необходимую для этого сѣру въ формѣ сѣрнокислыхъ солей, можетъ быть въ состояніи принимать эту сѣру также ввидѣ азотъ содержащихъ сѣру содержащихъ органическихъ веществъ †) (впрочемъ не протеиновыхъ).

\*) Напр. асафетида, цѣлому ряду крестоцвѣтныхъ растеній.

\*\*\*) Масло чеснока есть сернистый аллилъ S  $\begin{cases} C_3H_5 \\ C_3H_5 \end{cases}$

Горчичное масло—роданистый аллилъ S  $\begin{cases} C_3H_5 \\ CN \end{cases}$

\*\*\*) Сравни впрочемъ мою статью: Landw. Versuchsst. 1869 стр. 443—61.

†) По моимъ опытамъ, (еще необнародованнымъ) въ сахарныхъ растворахъ

Вторая металлоидная составная часть золы растенія, *фосфоръ*, на основаніи всѣхъ опытовъ надъ произрастаніемъ растеній, также необходима для него какъ и сѣра. Еще никогда не удавалось возростить нормальнымъ образомъ не только высшее зеленое растеніе, но даже какой нибудь другой организмъ, если между веществами, которые доставлялись ему, не доставало фосфора.

Какъ сѣра должна быть доставляема высшимъ хлорофильнымъ растеніямъ только въ видѣ сѣрнокислыхъ солей, точно также и фосфоръ долженъ быть имъ доставляемъ въ соединеніяхъ его высшей степени окисленія, въ видѣ фосфорнокислыхъ \*) солей. Свободный фосфоръ, фосфористый водородъ, фосфористый металлъ, фосфористокислыя соли и фосфорноватистокислыя соли не могутъ служить для питанія растенія, но напротивъ, большею частью, суть сильныя яды для жизни растенія, какъ и соответствующія соединенія сѣры.

Способныя къ ассимиляціи фосфорнокислыя соли суть или сами по себѣ растворимы въ водѣ, какъ соли амміака, кали и натра, или тѣ, которыя могутъ быть переведены въ растворимое состояніе съ помощью угольной кислоты, или другихъ солей, какъ напр. азотнокислыхъ, амміачныхъ, \*\*) поваренной соли, или наконецъ растворяющею силою самаго корня, каковы: фосфорнокислая известь, фосфорнокислая магнезія и фосфорновислая окись или закись желѣза. Какъ кислыя соли трехъ-основной фосфорной кислоты могутъ служить питательнымъ веществомъ для растеній, такъ и такія, въ которыхъ насыщены двѣ или три основности, и кажется, что годность той или другой формы зависитъ главнымъ образомъ отъ свойствъ самаго основанія. Такъ кислое фосфорнокислое кали, соль, въ которой замѣщенъ только одинъ водородъ фосфорной кислоты, представляетъ превосходную форму для ассимилированія фосфора, по точно также удобнымъ средствомъ для питанія могутъ служить обыкновенный

---

можетъ быть вызвано интензивное броженіе и роскошное образованіе дрожжей минимальнымъ высѣваніемъ дрожжей, если кромѣ пепсина, весьма богатаго сѣрою, при обыкновенномъ способѣ приготовленія его, доставляютъ имъ несодержащія сѣры зольныя составныя части, такъ что условія питанія этихъ организмовъ весьма сложны.

\*) Разумѣется обыкновенной трехосновной фосфорной кислоты.

\*\*) Сравни напр. Ю. Либиха: *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Т. 61 стр. 208, и тамъ же Т. 106 стр. 185 и особенно стр. 193—195, гдѣ дѣйствіе этихъ солей, какъ удобрительныхъ средствъ, существенно приписывается ихъ растворяющей способности.

фосфорно-кислый натръ, въ которомъ замѣнены два водорода и трехъ-основная фосфорно-кислая известь \*), въ которой замѣнены всѣ три водорода фосфорной кислоты. Но, разумѣется, не всегда можно положительно сказать, въ какой формѣ происходитъ принятіе, такъ какъ въ сложно-составленномъ растворѣ возможны различныя измѣненія, и относительно такого раствора вообще нельзя говорить о ближайшей группировкѣ отдѣльныхъ кислотъ и основаній. Поэтому приведенныя данныя относятся болѣе къ формѣ, въ которой, на основаніи извѣстныхъ до сихъ поръ опытовъ, можно прибавлять фосфоръ къ раствору питательныхъ веществъ.

Мы можемъ также сказать кое-что о значеніи потребности организмовъ въ фосфорѣ. Изъ многихъ указаній видно, что протеиновыя вещества, рядомъ съ азотомъ и сѣрой, содержатъ часто незначительныя количества фосфора, и если бы даже и удалось искусственно такъ очистить протеиновыя вещества, что они совершенно лишились бы фосфора, ни сколько не измѣняясь при этомъ въ своихъ свойствахъ, такъ что, другими словами, фосфоръ не должно было бы разсматривать какъ составную часть протеиновыхъ соединений, то тѣмъ не менѣе изъ совершенно другихъ наблюденій вытекаетъ тѣсная связь фосфора съ протеиновыми веществами въ организмѣ. Не только въ животныхъ, но и въ растеніяхъ фосфоръ и бѣлковыя вещества показываютъ нѣкоторую обоюдную зависимость, которая позволяетъ заключить о химическомъ соединеніи этихъ веществъ, хотя при нашемъ добываніи въ чистомъ видѣ заключающихся въ нихъ веществъ и не удастся замѣтить чего нибудь въ родѣ такихъ соединеній.

Изъ подобныхъ наблюденій можно привести открытое В. Майеромъ отношеніе \*\*) между содержаніемъ азота (протеиновыхъ веществъ) и

\*) При принятіи фосфорной кислоты изъ фосфорнокислой окиси желѣза, прямою дѣятельностью корней—процессъ опять другого рода. Тутъ корень играетъ совершенно самостоятельную роль, и разлагаетъ доставляемое ему соединеніе, для ассимилированія изъ него преимущественно фосфорной кислоты, какъ это можно заключить изъ бурога окрашиванія соединенія, взмученнаго къ корнямъ при водной культурѣ.

\*\*) На 1 часть фосфорной кислоты было найдено азота: во ржи 2,0—2,4, въ пшеницѣ 1,8—2,2, въ овсѣ столько же, въ ячменѣ 1,8—2,1, въ полбѣ 2,1—2,3, въ горохѣ 3,3—4,1 (См. Jahresbericht für Chemie 1857 стр. 338). Однако, по причинѣ выводимыхъ отсюда заключеній, нельзя умолчать о томъ, что въ измѣленныхъ и обыкновенными способами раздѣленныхъ на отдѣльныя ткани зернахъ, были найдены весьма измѣненныя отношенія: такъ въ тонкой пшеничной

богатством фосфорной кислоты въ зернахъ злаковъ и другихъ сѣменахъ. Отношеніе это дѣлаетъ вѣроятною извѣстную зависимость между образованіемъ и накопленіемъ протеиновыхъ веществъ и содержаніемъ фосфорной кислоты въ сѣменахъ \*) хотя (смотри примѣчаніе) результаты изслѣдованій и не говорятъ въ пользу химическаго соединенія, въ которомъ бы находились еще эти вещества во время созрѣванія сѣменъ.

Подобныя наблюденія вообще часто были дѣлаемы для растений. Часто обращали вниманіе на то, что изъ органовъ растений, изъ которыхъ, напр., выходятъ протеиновые вещества \*\*),—также исчезаетъ и фосфорная кислота, такъ что ихъ обоихъ должно считать нераздѣльными спутниками въ организмѣ \*\*\*) , хотя точнаго постояннаго отношенія между ними и нельзя установить для каждаго отдѣльнаго случая \*\*\*\*). Всякій протоплазматическій клѣточный сокъ содержитъ также значительное количество фосфора, и болѣе старыя ткани, необладающія уже воспроизводительною способностью, изъ которыхъ протеиновые вещества исчезли, можно также разсматривать какъ обѣдѣвшія фосфоромъ, и во всякомъ случаѣ это отношеніе послужитъ когда нибудь для разъясненія функцій, влѣдствіе которыхъ этотъ элементъ необходимъ въ организмѣ.

Еще постояннѣе, кажется, отношеніе между фосфоромъ и протеиновыми веществами въ животныхъ, и поэтому необходимо упомянуть здѣсь объ этомъ фактѣ. Недавно однимъ ученикомъ Фойта †) было доказано, что въ тѣлѣ собаки, при кормленіи ея мясомъ, или въ состояніи голоданія (которое тоже есть кормленіе мясомъ

мукѣ 1 : 10, 1, въ пшеничныхъ отрубяхъ 1 : 1, 5, чѣмъ сдѣланный выводъ сильно потрясается.

Подобныя наблюденія были уже раньше сдѣланы Буссенго (Ann. de chim. et de phys. Т. 50 стр. 479).

\*) Также извѣстный опытъ практическаго сельскаго хозяйства, что всѣхъ и содержаніе клейковины въ хлѣбныхъ зернахъ могутъ быть возвышены отъ удобренія фосфатами, можетъ быть приведенъ здѣсь какъ доказательство въ томъ же направленіи.

\*\*) См. особенно Коренвиндера: Compt. rend. Т. 50 стр. 1135 и Jahresber. f. Agrikulturehem. 1860—61 стр. 30.

\*\*\*) См. также Кюпа: Kreislauf des Stoffs I стр. 677.

\*\*\*\*) См. тоже Шрёдера (Landw. Versuchsst. 1868 стр. 509), который нашелъ слѣдующія отношенія между фосфорной кислотой и азотомъ въ различныхъ частяхъ бобоваго ростка: отъ 1 : 1,73 до 1 : 4, 17.

†) Е. Бишофъ: Zeitschr. f. Biologie 1867 стр. 309—23.

только другого рода), были выдѣляемы въ мочѣ почти совершенно пропорціональны количества азота и фосфора и даже въ томъ же самомъ отношеніи, какъ они уже находились въ мясѣ, употребленномъ для корма, такъ что (при увеличеніи вѣса тѣла) можно заключить о равномерномъ приростѣ протеиновыхъ веществъ и содержащагося въ мясѣ фосфора.

Такимъ образомъ кажется фосфоръ (или, какъ обыкновенно говорить, фосфорная кислота), начиная съ самаго возникновенія протеиновыхъ веществъ, есть постоянный ихъ спутникъ въ растеніи \*)— (въ какой химической формѣ—конечно неизвѣстно), одновременно съ ними накопляется онъ въ хранилищахъ запасныхъ веществъ, вмѣстѣ съ ними въ тѣлѣ животныхъ откладывается въ видѣ мяса, наконецъ, при распаденіи веществъ животнаго тѣла находитъ общую могилу съ азотомъ \*\*). Содержаніе фосфора въ очищенныхъ протеиновыхъ веществахъ по отношенію къ азоту при всѣхъ обстоятельствахъ гораздо меньше, чѣмъ содержаніе его даже въ бѣднѣйшихъ фосфоромъ животныхъ и растительныхъ тканяхъ, содержащихъ протеиновыя вещества, такъ что фосфоръ въ первомъ случаѣ представляется болѣе какъ остатокъ, который еще не могъ быть удаленъ химическимъ очищеніемъ.

Какъ ни ясно можно было путемъ опыта доказать описанное отношеніе въ извѣстныхъ, заслуживающихъ полнаго вниманія, предѣлахъ, но все-таки этимъ далеко еще не объясняется собственная причина этого отношенія, и мы конечно долго еще будемъ ждать этого объясненія \*\*\*). Во всякомъ случаѣ, знаніе указаннаго отношенія можетъ быть плодотворно уже и теперь для сельскохозяйственной практики, потому что имъ выражается отношеніе одного отдѣльно

---

\*) О передвиженіи зольныхъ составныхъ частей въ растеніи, смотри особенно обстоятельный трудъ Арендта: *Landw. Versuchsst.* 1859 стр. 31—66.

\*\*) Несмотря на то отношеніе азота къ фосфору въ животныхъ и растительныхъ органахъ, содержащихъ протеинъ, весьма различно. Относительно растеній мы уже раньше сдѣлали нѣкоторыя показанія; числа были вычислены, какъ принято, по фосфорной кислотѣ. По тому же способу выраженія, отношеніе въ мясѣ и въ отдѣляемой, при кормленіи мясомъ, мочѣ, почти какъ 1: 8, следовательно фосфора меньше чѣмъ въ растительныхъ органахъ. Вотъ почему это отношеніе въ мочѣ собаки уменьшается при преобладающемъ кормленіи ея хлѣбомъ и должно бы еще болѣе уменьшиться при кормленіи отрубями.

\*\*\*) Указанное Рохледеромъ (см. его *Phytochemie* 1854 стр. 337) отношеніе, что протеиновыя вещества растворимы въ фосфорнокислыхъ щелочахъ, а также и въ свободныхъ щелочахъ—есть не болѣе какъ далекій намекъ.

взятого удобрительнаго вещества къ цѣнному продукту полеводства. Позже мы вернемся къ этому предмету.

Между тѣмъ эти данныя пока объясняютъ намъ столь необходимое для всякаго организма, безъ исключенія, присутствіе фосфора между его составными частями, такъ какъ всякій организмъ необходимо нуждается въ бѣлковыхъ веществахъ \*), а фосфоръ въ извѣстныхъ количествахъ есть неразлучный ихъ спутникъ. Также точно и относительно количества, въ которомъ фосфоръ долженъ встрѣчаться въ растеніи, изъ сказаннаго можно уже сдѣлать заключеніе, а именно, что этотъ элементъ входитъ въ составъ растенія въ количествахъ гораздо большихъ чѣмъ сѣра. Фосфоръ, связанный въ своемъ нахожденіи съ содержащими протениы растительными органами, находится (какъ это видно изъ данныхъ, сообщенныхъ въ одномъ изъ примѣчаній) въ гораздо высшемъ отношеніи къ азоту этихъ органовъ, чѣмъ сѣра, что уже видно изъ довольно незначительнаго содержанія сѣры въ протейиновыхъ веществахъ. Это же самое подтверждается также анализомъ золы во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда вслѣдствіе особенныхъ условій не представляется случая къ накопленію сѣрнокислыхъ солей сомнительной полезности. Чрезмѣрное накопленіе фосфорно-кислыхъ солей въ растеніяхъ, кажется, едва ли возможно по причинѣ весьма незначительнаго содержанія этого вещества въ почвѣ.

Другія отношенія фосфора къ опредѣленнымъ функціямъ въ растительномъ организмѣ не могли быть до сихъ поръ найдены. Надо было бы упомянуть еще о маслѣ, содержащемъ фосфоръ, которое найдено въ горохѣ \*\*) (и во многихъ другихъ растеніяхъ \*\*\*), но относительно роли, которую оно играетъ въ растеніяхъ, совершенно ничего неизвѣстно.

Какъ о третьемъ металлоидѣ, весьма распространенномъ въ высшихъ растительныхъ организмахъ, намъ слѣдуетъ говорить о *кремнѣ*. Но эта составная часть золы скопляется уже совершенно въ другихъ мѣстахъ, чѣмъ оба только что упомянутые элемента, и именно не въ тѣхъ мѣстахъ растительныхъ тканей, гдѣ находятся протейиновыя вещества, но отлагается въ клѣточной оболочкѣ (вѣроятно всегда въ формѣ кремневой кислоты). Этому подвергаются болѣе

\*) Прежде упомянутое, можетъ быть здѣсь имѣющее мѣсто, ограниченіе, не заслуживаетъ пока еще никакого вниманія.

\*\*) Кюль: Landw. Versuchsst. 1869 стр. 26.

\*\*\*) См. Теуплеръ Jahresber. f. Agrikulturchem. 1861—62 стр. 57.

старья клѣточные оболочки, которыя еще раньше, вслѣдствіе кутикуляризаціи (и одревесненія) испытали различныя измѣненія въ своихъ первоначальныхъ свойствахъ, когда они состояли почти изъ чистой клѣтчатки,—эти старья оболочки склонны главнымъ образомъ къ отложенію кремневой кислоты—къ окремненію \*). И такъ мы должны исать кремній преимущественно въ тѣхъ органахъ растений, въ которыхъ болѣе не поддерживается живой обмѣнъ веществъ, т. е. въ болѣе старыхъ листьяхъ и стебляхъ; далѣе мы находимъ кремній въ большихъ количествахъ въ такъ называемыхъ пленкахъ и остяхъ зерновыхъ хлѣбовъ, въ тканяхъ, которыя служатъ болѣе для защитѣ другихъ частей растений \*\*), но сами неспособны болѣе ни къ какому дальнѣйшему развитію, тогда какъ собственно въ хранилищахъ запасныхъ веществъ и вблизи зародыша, напр., въ очищенныхъ сѣменахъ, кремній находится всегда въ незначительномъ количествѣ.

Далѣе, нѣкоторыя семейства или роды растений преимущественно склонны къ накопленію кремневой кислоты въ ихъ тканяхъ. Такъ зола многихъ травъ отличается богатствомъ кремнія. Солома нашихъ зерновыхъ хлѣбовъ содержитъ среднимъ числомъ до 5% золы, половина которой состоитъ изъ кремневой кислоты, а мякина этихъ растений еще гораздо богаче кремнеземомъ. Еще больше кремнія содержатъ хвощи, приблизительно съ 20% золы, половину которой должно отнести на кремнеземъ \*\*\*). Но также нѣкоторыя нисшія хлорофильныя растенія—одноклѣточные водоросли, называемыя Діатомеями, содержатъ большія количества кремнезема, отложеннаго въ клѣточной оболочкѣ. Эти красивыя образованія, которыя обыкновенно употребляютъ какъ пробныя объекты для лучшихъ микроскоповъ, эти *Navicula*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Synedra* и другія, можно подвергать калильному жару и превращать въ золу, причемъ они суще-

\*) Кремневая кислота, кажется, только въ рѣдкихъ случаяхъ является въ растительныхъ тканяхъ внѣ клѣточныхъ оболочекъ. См. Ю. Сакса: *Handb. u. Experim. Phys. d. Pfl.* стр. 153.

\*\*) Кажется тѣ части тканей, которыя вообще склонны къ кутикуляризаціи и въ клѣточныхъ оболочкахъ которыхъ отлагается кремнеземъ, лежатъ болѣе кнаружи. Древесина нашихъ деревьевъ, кажется, вообще не очень богата кремніемъ. См. Либиха: *Die Chemie etc.*, 1862 I. стр. 342—419. Также слѣдуетъ обратить вниманіе на изслѣдованія Викае (*Jahresber. f. Agrikulturchem.* 1861—62 стр. 65).

\*\*\*) Поэтому самый обыкновенный хвощъ (*Equisetum hiemale*) употребляется для полировки.

ственно не измѣняютъ своей формы. При этомъ получается зольный скелетъ, который кажется почти вполне состоятъ изъ кремнезема \*) и еще до такой степени сходенъ съ разрушеннымъ организмомъ, что можно съ прежнею ясностью различить тонкій рисунокъ, который всегда характеризуетъ клѣточную оболочку такихъ Діатомей \*\*).

Наконецъ, кремневая кислота находится въ незначительныхъ количествахъ, но съ большою правильностью, также въ тѣняхъ почти всѣхъ остальныхъ растений, выросшихъ при обыкновенныхъ условіяхъ, и если судить только по одному анализу зола (по крайней мѣрѣ всѣхъ высшихъ растений), то безъ дальнѣйшихъ разсужденій приходится принимать необходимость этой составной части.

Когда же вопросъ о значеніи кремнезема для растений былъ подвергнутъ разработкѣ по синтетическому методу, тогда оказалось — чего никакъ не ожидали въ виду сообщенныхъ результатовъ анализа зола, — что кремнеземъ, который прибавляли къ питательному раствору, имѣетъ во всякомъ случаѣ только подчиненное значеніе. Тогда какъ прежде, кромѣ известковыхъ и калиевыхъ растений, говорили о *кремнеземныхъ растеніяхъ* и подразумѣвали подъ этимъ названіемъ растенія, для которыхъ необходимо въ почвѣ присутствіе значительнаго количества способныхъ къ ассимилированію силикатовъ \*\*\*); теперь нашли, что великолѣпно удается воспитывать различныя растенія, при обыкновенныхъ условіяхъ весьма богатыя кремніемъ, въ питательныхъ растворахъ, не содержащихъ даже и слѣда кремнезема, причемъ образованіе растений, выращенныхъ такимъ образомъ, не показывало совершенно никакой аномаліи. Хотя такимъ образомъ и не совершенно удалось исключить кремній, потому что незначительное количество его могло попасть въ развивающееся растеніе изъ высѣянныхъ сѣменъ и, большею частью, стеклянныхъ стѣнокъ сосуда, тѣмъ не менѣе уменьшеніе содержанія кремнія было такъ значительно, въ сравненіи съ тѣмъ, которое постоянно находится въ растеніяхъ того же вида, выросшихъ при обыкновенныхъ

---

\*) Обширныя отложенія кремнезема, называемыя кремнистою наждаю (Kieselguhr), трепеломъ и полировальнымъ сланцемъ, состоятъ существенно изъ негнивающихъ частей Діатомей, которыя прежде разсматривались какъ панцири инфузорій.

\*\*) Объ окремненія коры различныхъ древесныхъ породъ см. Вилке: Jahres Ber. f. Agrikulturchemie. 1862—63 стр. 68.

\*\*\*) Либихъ: Die Chemie in ihrer Anwendung etc. 1862. I. стр. 212 и слѣдъ особенно стр. 216.

условіяхъ, что можно заключить о пълнѣйшей нендобности кремнія для многихъ изъ нашихъ, самыхъ богатыхъ кремнеземомъ, высшихъ растений. Такъ съ помощью водной культуры удалось вырастить нормально развившуюся кукурузу, зола которой не содержала и одного процента кремнезема \*), хотя, при обыкновенныхъ условіяхъ питанія, въ золѣ названнаго растенія находится среднимъ числомъ до 20% кремнезема. Тѣ же самые результаты получились для злаковъ, еще болѣе богатыхъ кремніемъ: для пшеницы, овса и ячменя \*\*); и такимъ образомъ положеніе о нендобности кремнія кажется довольно всеобщемъ, по крайней мѣрѣ для высшихъ растений \*\*\*).

Пока думали, что кремній необходимъ для злаковъ, существовала цѣлая теорія его полезности, которая конечно должна была пасть послѣ того, какъ была доказана нендобность кремнія (весьма вѣроятная по крайней мѣрѣ для многихъ растений). По этой теоріи \*\*\*\*) кремнеземъ, отложенный въ тканяхъ стеблей, обуславливаетъ ихъ твердость такимъ образомъ, что, напр., недостатокъ этой минеральной составной части составляетъ причину полеганія хлѣбовъ.

Раньше я сказалъ, что искусственнымъ образомъ возвращенныя растенія, чрезвычайно бѣдныя кремнеземомъ, были нормально развиты. Это утвержденіе заключаетъ въ себѣ доказанную нормальную твердость стеблей, и отсюда явствуетъ, что названная теорія о значеніи кремнезема невѣрна. Напротивъ, мы теперь знаемъ съ болѣею опредѣленностью, — и это весьма важно для практики — что полеганіе зерновыхъ хлѣбовъ есть слѣдствіе извѣстнаго отучненія стеблевыхъ колѣнъ, которое происходитъ при слишкомъ густомъ стоянціи и роскошной (именно богатой азотомъ) пищѣ †), но можетъ явиться также и при богатствѣ стеблей кремнеземомъ.

\*) Ю. Саксъ: Handbuch d. Experim. Phys. d. Pfl. стр. 151.

\*\*) Кнопъ; Kreislauf des Stoffs I. стр. 221.

\*\*\*) Сомнительно — могутъ ли хвощи обходиться безъ кремнезема, и разумѣется довольно невѣроятно, что къ этому способны кремнистые панцири и Діатомеи; напротивъ, это вполне доказано для нѣкоторыхъ грибовъ, анализъ которыхъ часто показываетъ отсутствіе кремнія.

Другіе экспериментаторы пришли, впрочемъ, къ другимъ заключеніямъ. См. Раутенбергъ и Г. Кюнь: Landw. Versuchsst. 1864 стр. 359 и Гейдена ученіе объ удобреніи I, стр. 200.

\*\*\*\*) См. напр. Рохледера: Phytochemie 1854 стр. 338; также и во многихъ другихъ мѣстахъ.

†) Между тѣмъ одна только богатая пища не производитъ полеганія стеб-

Если мы на основаніи большаго ряда культурныхъ опытовъ имѣемъ право утверждать, что кремній *не необходимъ* для высшихъ растений, то изъ этого еще *не слѣдуетъ*, что названный элементъ *совершенно* для нихъ *безполезенъ*, хотя и полезность его до сихъ поръ не доказана. Впрочемъ, кажется, нѣкоторые растительные физиологи склонны признавать извѣстную полезность \*) за этимъ столь общераспространеннымъ въ растеніяхъ веществомъ. Во всякомъ случаѣ, клѣточные оболочки, содержащія много кремнія, показываютъ свойства, весьма отличныя отъ свойства оболочекъ, свободныхъ отъ этого отложенія, и на сколько возможно во многихъ случаяхъ признать извѣстную пользу измѣненія такихъ клѣточныхъ оболочекъ, вслѣдствіе отложенія органическихъ веществъ, отличныхъ отъ клѣтчатки (опробкованіе и одревесненіе), на столько это возможно и въроятно и въ отношенія къ измѣненію отъ кремнезема. Опытами надъ произрастеніемъ только доказано, что значеніе кремнезема не прости-

---

лей; одиноко стоящій стебель, или на достаточномъ разстояніи другъ отъ друга находящіяся стебли, при рядовой культурѣ, и при сильномъ удобреніи не ложатся. Но при болѣе густомъ стояніи отдѣльныя растенія получаютъ слишкомъ мало свѣта; вслѣдствіе чего происходитъ вытягиваніе отставшихъ въ ростѣ стеблей (отсюда одинаковая вышина тѣсно стоящихъ другъ возлѣ друга растеній); этому вытягиванію благоприятствуетъ богатая пища, и такимъ образомъ происходитъ недостатокъ въ необходимой твердости, какъ во всѣхъ чрезмѣрно вытянувшихся побѣгахъ. Средства противъ полеганія вытекаютъ отсюда сами собою.— Подобнымъ отношеніемъ (умѣренное этиолоированіе) при недостаткѣ свѣта, объясняется наблюденіе, что кормовая кукуруза при густомъ стояніи бываетъ нѣжнѣе и менѣе деревенѣетъ, чѣмъ при рѣдкомъ—фактъ чрезвычайной практической важности.

\*) Ю. Саксъ выражается объ этомъ предметѣ слѣдующимъ образомъ (Handb. d. Exper. Physiol. стр. 150): «что она (кремневая кислота), не принимая участія въ химическомъ процессѣ въ тканяхъ, отлагается въ веществѣ клѣточной оболочки совершенно такимъ же образомъ, какъ отлагаются и частицы клѣтчатки, что она, слѣдовательно, принимается растеніемъ въ видѣ готоваго образовательнаго вещества, причемъ однако нельзя сказать, что растеніе абсолютно нуждается въ ея содѣйствіи; повидимому, кремневая кислота только содѣйствуетъ молекулярному построенію клѣточной оболочки.»

«Этотъ способъ возрѣнія оправдывается и разсмотрѣніемъ молекулярныхъ свойствъ кремневой кислоты, которыя во многихъ отношеніяхъ тождественны со свойствами ассимилированнаго образовательнаго вещества, крахмала, клѣтковины и бѣлковыхъ веществъ. Такимъ образомъ можно сказать, что кремневая кислота полезна для растенія не по химическому средству, но по ея молекулярнымъ свойствамъ, по ея отношенію къ растворимости, къ агрегатному состоянію вообще, къ диффузіи и т. д.»

рается на жизненные отправления растений, которые слишком глубоко захватывают главнейшие жизненные процессы; но весьма возможна и обратная связь этого вещества съ какими нибудь свойствами растений, которые могут служить только при совершенно определенных обстоятельствах, случающихся не слишком часто, сильным оружием въ борьбѣ за существованіе, какъ напр. болѣе трудное прониканіе содержащихъ кремнеземъ клеточныхъ оболочекъ вѣтвямъ мицелія, что доставило бы измѣненнымъ такимъ образомъ частямъ тканей защиту противъ нападенія паразитныхъ грибовъ \*).

Принятіе кремнія растеніемъ происходитъ также, какъ принятіе уже разсмотрѣнныхъ металлоидовъ, всегда въ формѣ высшей степени окисленія, въ видѣ свободнаго кремнезема (?) (въ растворимомъ видѣ измѣненіи), или тоже въ видѣ кремнекислыхъ солей. Основаніями этихъ солей служатъ названныя уже основанія, насколько они способны образовать силикаты, растворимые въ чистой, или содержащей углекислоту, водѣ. Также и въ растеніи, кажется, не происходятъ измѣненія этой химической формы, по крайней мѣрѣ этого не принимаютъ. Въ виду доказаннаго впрочемъ, въ новѣйшее время, существованія соединений кремнія \*\*), относящихся точно также къ кремнезему, какъ, такъ называемыя, органическія соединенія относятся къ углекислотѣ, въ виду напр. кремнещавелевой кислоты  $Si_2H_2O_4$ , оставляющей при сотлѣваніи скелетъ кремнезема, подобно многимъ клетчатымъ оболочкамъ, можно сомнѣваться въ справедливости такого мнѣнія. Очень можетъ быть, что въ растительномъ организмѣ, кремнеземъ, подобно углекислотѣ, восстанавливается, если и не прямо, то при помощи уже образовавшагося органическаго вещества, или же онъ вмѣстѣ съ углеродомъ образуетъ сложныя органическія соединенія, по образу добытыхъ уже искусственно \*\*\*); по крайней мѣрѣ не существуетъ почти никакихъ экспериментальныхъ данныхъ или очень мало существуетъ \*\*\*\*), говорящихъ противъ послѣдняго предположенія, и до отысканія весьма характеристичныхъ

---

\*) Какъ это утверждаютъ (см. Кнопъ: Kreislauf d. Stoffe. I, стр. 221).

\*\*) См. Фридель и Ладенбургъ: Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch. 1869 и стр. 11 вып. I этого учебника.

\*\*\*) Какъ напр. кремне-пропионовая кислота.

\*\*\*\*) За такое, можетъ быть, можно было бы принять совершенное окремненіе нѣкоторыхъ частей растеній, которое доходить до настоящаго окамененія, причемъ имѣютъ дѣло съ настоящимъ кремнеземомъ. См. объ окремненіи коры Кауто у Сакса, въ Handb. d. Exp. Phys. стр. 153.

реакцій «органическихъ кремнистыхъ соединеній», *sit venia verbo*, и не будетъ возможнымъ такимъ даннымъ придавать значеніе.

Четвертый металлоидъ, встрѣчающійся съ большею правильностью въ высшемъ растительномъ мірѣ, есть *хлоръ*. Онъ встрѣчается въ растеніяхъ далеко не въ незначительныхъ количествахъ, превышающихъ въ среднемъ количества сѣры, но зато и болѣе подверженныхъ измѣненіямъ, чѣмъ количества послѣдней. Нѣкоторыя растенія, какъ напр. лукъ, и особенно нѣкоторыя отдѣльныя части растеній, весьма склонны накапливать въ себѣ этотъ элементъ.

Многіе изъ произведенныхъ культурныхъ опытовъ показали для хлора нѣчто совершенно подобное, какъ и для кремнія. Въ большинствѣ случаевъ, при исключеніи этого элемента изъ питательнаго раствора, не замѣчалось никакой значительной перемѣны въ образованіи выращиваемыхъ въ немъ растеній. Они выросли совершенно нормально, какъ и прежде.

Напротивъ, существуетъ цѣлый рядъ превосходныхъ, и вполне подтверждающихся въ своихъ результатахъ, изслѣдованій \*), по которымъ нѣкоторыя растенія—доказано это было для гречихи—не могутъ достигнуть полного образованія плодовъ, если въ питательномъ растворѣ недостаетъ хлора.

Но интересно въ этомъ соотношеніи то, что Ноббе \*\*) удалось съ извѣстною вѣроятностью объяснить при этомъ причины необходимости хлора, т. е., другими словами, открыть функцію, которую хлоръ выполняетъ въ растеніи. Названный изслѣдователь нашелъ зеленые органы гречишныхъ растеній, воспитанныхъ безъ хлора, до такой степени изобилующими крахмальными зернами, что взятые куски тканей можно было окрашивать растворомъ іода въ темносиній цвѣтъ, и это можно было замѣтить невооруженнымъ глазомъ, тогда какъ нормальныя зеленыя части растеній этимъ реактивомъ могутъ быть окрашены только въ желтоватый цвѣтъ (потому что при обыкновенныхъ условіяхъ крахмальныхъ зеренъ такъ немного, что окрашиванія ихъ іодомъ вовсе незамѣтно). Отсюда Ноббе выводилъ, что вслѣдствіе недостатка хлора крахмалъ почти совершенно теряетъ способность къ перемѣщенію \*\*\*) , что слѣд., только протоплазма, содер-

\*) Ноббе и Зигертъ: *Landw. Versuchsst.* 1863 стр. 116; 1864 стр. 108; Ноббе тамъ же 1865 стр. 371; Лейдгеръ тамъ же 1866 стр. 177.

\*\*) Тамъ же 1865 стр. 379—86.

\*\*\*) Необычайное образованіе крахмала въ табакѣ, принятіе хлора которымъ, вслѣдствіе остановки испаренія, весьма ограничено, вѣроятно можно подвести

жащая хлоръ, можетъ растворять крахмаль такимъ образомъ, какъ это необходимо для его передвиженія; Ноббе склоненъ принимать, что наблюдаемое имъ недоразвитіе цвѣтовъ есть вторичное явленіе, зависящее оттого, что они, при означенныхъ обстоятельствахъ, не получаютъ достаточныхъ количествъ ассимилированнаго листьями органическаго вещества.

Если бы подтвердилось это интересное отношеніе, которое, вслѣдствіе дальнѣйшихъ опытовъ Ноббе, стало еще вѣроятнѣе, то легко могла бы быть найдена причина, почему хлоръ оказался совершенно лишнимъ для многихъ высшихъ растений, и даже для гречихи, веществомъ, при опытахъ другихъ \*), изъ которыхъ слѣдуетъ, по крайней мѣрѣ, если принимать въ расчетъ незначительное количество хлора, содержащееся въ сѣменахъ, что иногда бываетъ достаточно самыхъ незначительныхъ слѣдовъ его. Легко можетъ быть, что растеніе только при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ нуждается въ помощи для перемѣщенія органическаго вещества, и что, напротивъ, многія растенія могутъ въ большинствѣ случаевъ обходиться, при передвиженіи пластическаго вещества, безъ этой помощи хлора. Самая смѣсь и химическая форма остальныхъ питательныхъ веществъ, а также многія другія обстоятельства, могутъ оказывать такое вліяніе, что эта помощь можетъ быть въ одномъ случаѣ излишней, въ другомъ же совершенно необходимой; и такимъ образомъ мыслимо, что результаты опытовъ, которые, кажется, противорѣчатъ другъ другу, можно привести въ согласіе.

Во всякомъ случаѣ, изъ предъидущаго вытекаетъ, что хлоръ не должно относить къ абсолютно необходимымъ составнымъ частямъ зольныхъ высшихъ растений, но только къ полезнымъ при извѣстныхъ обстоятельствахъ. Онъ, во всякомъ случаѣ, не находится въ абсолютно неизмѣнныхъ отношеніяхъ къ абсолютно необходимымъ физиологическимъ процессамъ, какъ это мы должны, согласно съ требованіями разума, принимать для каждаго, вполне необходимаго вещества. Тѣмъ не менѣе, однако, достовѣрно существованіе отношенія описываемой составной части зольныхъ высшихъ растений къ извѣстнымъ физиологическимъ функциямъ, которымъ она по крайней мѣрѣ содѣйствуетъ.

---

подъ ту же точку зрѣнія. См. Шлезингъ *Compt. rend.* Т. 69 стр. 353 или *Landw. Centralblatt* 1870 I стр. 145.

\*) См. Кнопъ: *Kreislauf des Stoffs* I. стр. 615 и 16: и особенно *Berichte der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch.* 1869. Separatab. стр. 14.

Мнѣ кажется, что я все еще недостаточно выяснилъ, къ чему въ концѣ концовъ сводится ненеобходимость и полезность составной части какого нибудь организма, на что, впрочемъ, уже въ предъидущемъ изложеніи кое-гдѣ было указано. Слишкомъ часто довольствовались тѣмъ, что механически говорили о составныхъ частяхъ абсолютно необходимыхъ, не необходимыхъ, но полезныхъ и наконецъ вовсе бесполезныхъ, не думая при этомъ о томъ, что какая нибудь вообще бесполезная составная часть, при особенныхъ условіяхъ питанія, можетъ сдѣлаться полезной, а можетъ быть даже и совершенно необходимой, и что точно также большею частью полезная составная часть, при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ, можетъ сдѣлаться совершенно необходимой. Ясно, что теорія дѣйствія составныхъ частей и специально зольныхъ составныхъ частей въ организмѣ, теорія, представляющаяся намъ неоспоримо единственно возможною,—побуждаетъ насъ оставить необдуманно установленныя группы, по крайней мѣрѣ въ такой узкой формѣ.—Разсужденіе о дѣйствіи хлора въ растительномъ организмѣ даетъ лучшій поводъ къ новому указанію на затронутыя отношенія.

То, что мы высказали объ общей ненеобходимости хлора для высшихъ хлорофильныхъ растений, относится, кажется, даже къ растеніямъ, растущимъ на морскихъ берегахъ, весьма богатыхъ хлоромъ\*) при обыкновенныхъ условіяхъ. Доказано это было, впрочемъ, относительно одного растенія, растущаго не исключительно на солонцоватой почвѣ, для морскаго овса (*Psamma arenaria*), сѣмена котораго, вромѣ того, можетъ быть содержать слишкомъ много хлора\*\*), чтобы допустить возможность достаточнаго уменьшенія его отъ культуры.

Для низшихъ растительныхъ организмовъ, именно для безхлорофильныхъ, хлоръ не имѣетъ, кажется, никакого значенія, какъ можно заключить изъ очень скуднаго, правда, запаса изслѣдованій; часто даже и вовсе не находили этого вещества въ зольѣ такихъ организмовъ. Напротивъ, для существованія высшихъ животныхъ необходимо принятіе питательныхъ веществъ, содержащихъ хлоръ (поваренной соли), хотя функція этихъ веществъ почти неизвѣстна.

Химическая форма, въ которой принимается хлоръ высшими хлорофильными растеніями, какъ и всѣми другими организмами, есть хлористыя соединенія какихъ нибудь раньше уже названныхъ метал-

\*) Смотри Кюна: *Berichte der Königl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch.* 1869 Separatabdr. стр. 19.

\*\*) См. тамъ же стр. 25.

ловъ, безвредныхъ для растений, такъ хлористый натрій, хлористый калий, хлористый аммоній, хлористый магній, хлористый кальцій. Однако оба послѣдніе въ нѣсколько значительныхъ количествахъ, также какъ и всѣ питательные растворы и почвы, въ которыхъ могутъ образоваться, эти соединенія, дѣйствуютъ вредно \*) на растенія, все равно, происходитъ ли этотъ вредъ отъ ихъ гигроскопичности, или оттого, что при ассимиляціи растеніемъ изъ этихъ солей основаній, легко отдѣляется большое количество соляной кислоты, которая легко вредитъ корнямъ, или отчего нибудь другаго. Растенія не могутъ выносить ни свободнаго хлора, ни кислородныхъ соединеній этого вещества, соединенныхъ или несоединенныхъ съ основаніями, и только первая стадія проростанія, которой хлоръ благоприятствуетъ \*\*) хотя вѣроятно и не прямымъ образомъ, составляетъ исключеніе изъ этого правила.

Кажется, что этотъ элементъ послѣ принятія его, удерживаетъ въ растеніи форму нейтральнаго хлорида, хотя связанный въ немъ металлъ конечно часто мѣняется. Переработка его, при какихъ бы то ни было обстоятельствахъ, въ органическое хлористое соединеніе во всякомъ случаѣ, весьма невѣроятно. На частяхъ растений, пресыщенныхъ солями, часто наблюдали вывѣтриваніе хлористыхъ металловъ (напр. хлористаго калия). Здѣсь можетъ быть заслуживаетъ вниманія только что упомянутое распаденіе хлоридовъ, напр. нашатыря, на основаніе, которое подвергается дальнѣйшей переработкѣ и на соляную кислоту, которая можетъ быть доказана у корней; но это распаденіе, какъ кажется, случается только при искусственныхъ условіяхъ питанія \*\*\*).—Собственно говоря, изложеннымъ въ предъидущемъ исчерпывается все главное относительно значенія хлора для жизни растенія, вызванное на свѣтъ культурными опытами. Однако существуетъ еще цѣлый рядъ наблюденій изъ сельскохозяйственной практики, которыя показываютъ еще дальнѣйшія, особенныя дѣйствія, производимыя хлоридами въ направленіи растительной производительности, и о которыхъ нельзя умолчать,

---

\*) Впрочемъ смотри нѣсколько разнящихся данныя: Landw. Versuchsst. 1863 стр. 119.

\*\*) Наблюденіе, которымъ мы обязаны А. фонъ-Гумбольдту (см. Буссенго Die Landwirthschaft. etc. deutsch von Gräger. I. стр. 32) и которое конечно должно быть объяснено способствованіемъ окисленію при проростаніи.

\*\*\*) См. слѣдующую лекцію.

какъ ни мало до сихъ поръ удалось разложить наблюденныя явленія на элементарныя физиологическіе процессы.

Для простоты выраженія обыкновенно говорятъ, что хотя хлористыя, удобренія увеличиваютъ количественно урожайъ нѣкоторыхъ культурныхъ растений, какъ напр. корнеплодовъ и картофеля, но въ то же время ухудшаютъ ихъ качество. Если мы пожелаемъ узнать ближе, въ чемъ состоитъ это ухудшеніе качества, то узнаемъ, что при болѣе богатомъ хлоромъ удобреніи корнеплоды оказываются бѣднѣе сахаромъ, а картофель крахмаломъ\*), что, однимъ словомъ, въ этомъ случаѣ хранилища запасныхъ веществъ бывають менѣе наполнены углеводами. Кромѣ того, хлористое удобреніе, которое доставляется или ввидѣ хлористаго кальція, или хлористаго магнія, или такъ, что эти вещества легко образуются въ пахатной землѣ вслѣдствіе двойнаго разложенія, можетъ, разумѣется, производить на жизнь растений упомянутое вредное дѣйствіе, которое при этихъ обстоятельствахъ ощущается на практикѣ, ввидѣ уменьшенія урожаявъ.

Приведенное отношеніе сильнаго доставленія хлора къ такому своеобразному направленію продуктивности растений, достаточно интересно, чтобы его не пройти молчаніемъ. Однако наши познанія о физиологическихъ свойствахъ хлора слишкомъ скудны, чтобы мы могли дать объясненіе этого явленія. Принятая нами, на основаніи опытныхъ изслѣдованій, способность хлористыхъ соединеній, благоприятствовать передвиженію образовавшагося органическаго вещества, могла бы на столько вліять на увеличеніе общей производительности, на сколько хлорофильная клѣточка, опорожненная вовремя отъ ассимилированнаго органическаго вещества, раньше дѣлается способною къ образованію новаго органическаго вещества (зерень крахмала), чѣмъ наполненная. Однако меньшее содержаніе углеводовъ въ хранилищахъ запасныхъ веществъ, не можетъ быть объяснено такимъ путемъ. Для этого было бы необходимо прибѣгнуть къ новой гипотезѣ, по которой хлориды должны были бы быть болѣе склонны вызывать употребленіе образовавшагося органическаго вещества для новообразованій (переходъ въ клѣтчатку), чѣмъ для отложенія его въ видѣ запасныхъ веществъ.—Но оставимъ, однако, этотъ заманчивый, но полный опасностей, путь гипотезъ.

---

\*) См. И. Несслеръ: *Düngerlehre* 1868 стр. 16, также, Корделя *Die Stassfuhrer Kalisalze etc.* 1868 стр. 9. и Гейдена *Düngerlehre*. Т. II. стр. 384. Впрочемъ другими это дѣйствіе не вполнѣ допускается. (См. Вирбаума: *Die Kalidüngung etc.* 1869 стр. 48 и Франка тамъ же).

На вредное дѣйствіе, которое, по весьма многимъ, согласнымъ между собою, наблюдениямъ \*), оказываютъ хлористыя соединенія удобренія и почвы на свойства табака, нужно смотрѣть отчасти съ другой точки зрѣнія. Табачное растеніе, выросшее на почвѣ богатой хлоромъ, почти всегда производитъ листья, обладающіе въ высшей степени нестерпимостью, или лучше—несотлѣваемостью (какъ извѣстно, весьма неохотно терпимое свойство курительнаго табака, особенно же идущаго на приготовленіе сигаръ). Доказано, что это дурное свойство часто бываетъ слѣдствіемъ большаго содержанія хлора \*\*) въ табачныхъ листьяхъ, и его можно также воспроизвести искусственно, посредствомъ напитыванія хлористыми соединеніями мертвыхъ листьевъ или даже обыкновенной бумаги \*\*\*). Это непріятное слѣдствіе содержанія хлора объясняется легкой плавкостью \*\*\*\*) хлористаго магнія и хлористаго кальція—солей, которыя должны находиться въ листьяхъ и которыя въ расплавленномъ состояніи окружаютъ частицы углерода и поэтому мѣшаютъ его полному сгаранію. Здѣсь мы не можемъ останавливаться на критикѣ этого вѣроятнаго объясненія, такъ какъ въ этомъ свойствѣ хлористыхъ солей мы имѣемъ дѣло не съ физиологическими дѣйствіями этого вещества.

Рядомъ съ этими дурными качествами, которыя влечетъ за собою богатое доставленіе хлористыхъ соединеній для культуры табака, и которыя, правда, совершенно другаго рода, чѣмъ ощущаемыя при воздѣлываніи корнеплодныхъ и картофеля, — кажется, что эти же хлористыя соединенія, при культурѣ табака (какъ и при культурѣ корнеплодныхъ) дѣйствуютъ на увеличеніе урожаявъ †). Это явленіе должно быть объяснено точно также, какъ выше это было сдѣлано для корнеплодныхъ и картофеля, такъ что и здѣсь вредныя и полезныя дѣйствія находятся между собою въ борьбѣ, которая въ

---

\*) См. Шлезинга: Compt. rend. 1860 I. стр. 642 и особенно у И. Несслера Der Tabak etc. 1867 стр. 41 и слѣд.

\*\*) Противоположно дѣйствуетъ растительно—кислое кали см. Несслера стр. 90.

\*\*\*) См. И. Несслера: тамъ же стр. 32 и Адольфа Майера: Deutsche Tabakszeitung 1869. № 18 стр. 1, № 20 стр. 2 и т. д.

\*\*\*\*) И. Несслеръ: стр. 41.

†) Тамъ же стр. 74, 78, 79 гдѣ видна, по крайней мѣрѣ, разница въ урожаяхъ, полученномъ при употребленіи хлористаго минеральнаго удобренія и въ урожаяхъ, полученномъ при дѣйствіи минеральнаго же, но свободнаго отъ хлора удобренія.

сельскохозяйственной практикѣ часто дѣлаеть сомнительнымъ \*) можно ли съ выгодною пользоваться хлористыми удобрительными средствами или нѣтъ.

Мы упомянули только вкратцѣ объ этихъ болѣе практическихъ данныхъ, касательно дѣйствія хлора какъ питательнаго вещества растений, и если эти замѣчательныя соотношенія до сихъ поръ не успѣли сдѣлаться предметомъ болѣе теоретической разработки, то во всякомъ случаѣ это предметъ весьма интересный, заслуживающій того, чтобы были приложены старанія къ розысканію неизвѣстныхъ еще физиологическихъ функций хлоридовъ, которыми онъ могъ бы быть разъясненъ.

## ШЕСТНАДЦАТАЯ ЛЕКЦІЯ.

### **Зольныя составныя части растений. — Металлы растительныхъ золь.**

Кромѣ металлоидовъ, значеніе которыхъ для жизни растений мы уже рассмотрѣли въ послѣдней лекціи, въ золахъ растений находятся также и металлы. Это вытекаетъ уже изъ того, что въ этихъ золахъ мы имѣемъ дѣло съ соляными смѣсями, слѣдовательно со смѣсью соединений, для которыхъ характерны металлическія и такъ называемыя металлоидныя составныя части. Изъ этого конечно не слѣдуетъ, чтобы зола всегда должна была имѣть нейтральный характеръ. Напротивъ, металлоидныя составныя части, какъ напр. въ золь нашихъ пшеничныхъ зеренъ, могутъ настолько преобладать, что получается весьма кислая реакція; и наоборотъ, металлы, какъ напр. въ виноградѣ, могутъ преобладать на столько, что получается весьма основная зола. Во всѣхъ золахъ, однако, находятся главнымъ образомъ соляныя

\*) Совѣты, которые одинъ за другимъ давались для составленія минеральныхъ удобреній подъ табакъ, могутъ служить этому превосходнымъ примѣромъ. См. И. Несслера: *Der Tabak* и его *Düngerlehre*, въ различныхъ изданіяхъ.

соединенія съ постоянными кислотами, такъ что всюду можно заключить о присутствіи какъ металловъ, такъ и металлоидовъ.

Какъ до сихъ поръ мы обращали наше вниманіе главнымъ образомъ на четыре металлоида, которые наиболѣе общераспространены въ золѣ растений, такъ теперь мы займемся пятью металлами, встрѣчающимися самымъ правильнымъ образомъ въ золѣ растений. При этомъ мы можемъ быть нѣсколько кратче, чѣмъ до сихъ поръ.

Какъ мы уже упоминали, въ золахъ различныхъ высихъ растений и растительныхъ частей почти безъ исключенія были находимы *калій, натрій, кальцій, магній* и *железо*.

До сихъ поръ еще не встрѣчали ни одной золы какого нибудь растенія, или какой нибудь части растенія, въ которой бы не было *калія* \*), хотя въ различныхъ растеніяхъ и органахъ онъ встрѣчается въ весьма различныхъ количествахъ. Тѣ полезныя сельско-хозяйственныя растенія, которыя обыкновенно скопляють въ себѣ *калій* въ большомъ количествѣ, отличали отъ другихъ названіемъ *каліевыхъ* \*\*) и обозначали имъ особенно корнеплоды и картофель. Желая удержать это обозначеніе, необходимо причислить къ *каліевымъ* растеніямъ, кромѣ названныхъ, также виноградную лозу, табакъ, хмѣль, и, можетъ быть, еще и нѣкоторыя другія сельско-хозяйственныя растенія.

Относительно распредѣленія *калія* въ растеніяхъ, можно указать на нѣкоторыя точки зрѣнія, съ которыхъ выясняется также отчасти особенное накопленіе его въ нѣкоторыхъ растеніяхъ. Но прежде чѣмъ мы займемся физиологическими отправлениями этой зольной составной части, къ которымъ мы, при этомъ разсмотрѣніи, должны были бы непременно придти, бросимъ взглядъ на результаты культурныхъ опытовъ, и посмотримъ, что они говорятъ о необходимости или не необходимости названнаго элемента.

Относительно необходимости *калія* для растеній, на основаніи многихъ культурныхъ опытовъ, которые всѣ дали одни и тѣ же результаты, не существуетъ разногласія, какъ и относительно фосфора. Ни при одномъ опытѣ, при которомъ исключались вполнѣ всѣ *каліевыя* соли, или только количество ихъ сильно уменьшалось, не получалось нормально развитаго растенія, или значительнаго обра-

\*) Противоположныя данныя относятся только къ нисшимъ растительнымъ формамъ и еще недостаточно доказаны.

\*\*) Либихъ: Die Chemie etc. 1862 I. стр. 212 и слѣд.

зованія органическаго вещества. Положеніе о необходимости калия, доказанное многими опытами, какъ кажется, распространяется и на нисшіе растительные организмы; что же касается животныхъ существъ, то достаточно извѣстно, что они не могутъ обойтись безъ этой элементарной составной части.

Если теперь поставить вопросъ о физиологическихъ отправленияхъ калия въ растеніи, вслѣдствіе которыхъ онъ оказался абсолютно необходимымъ веществомъ, то можно было бы вздумать здѣсь, какъ и въ прежде разсмотрѣнныхъ случаяхъ, выводить заключение объ этихъ отправленияхъ изъ уродливаго образования растенія, проявляющагося при устраненіи этого питательнаго вещества. Это тѣмъ скорѣе могло бы придти въ голову, что въ отношеніи къ одной изъ прежде разсмотрѣнныхъ металлоидныхъ составныхъ частей, именно хлору, путь этотъ кажется вестъ къ цѣли. Сравненіе наружнаго вида и состава двухъ экземпляровъ гречихи, воспитанныхъ при одинаковыхъ условіяхъ, съ той только разницей, что одно изъ нихъ содержало въ себѣ хлоръ, а другое—нѣтъ, дало намъ нѣкоторое представленіе о дѣйствіи хлора въ этомъ растеніи, совершенно оставляя безъ вниманія, что такого рода выводъ теоретически является понятнымъ самъ собою.

Однако въ нашихъ предъидущихъ разсмотрѣніяхъ надъ родомъ дѣйствія зольныхъ составныхъ частей, мы или вовсе не пользовались этимъ, какъ съ перваго раза кажется, самымъ прямымъ способомъ, или только въ весьма ограниченныхъ размѣрахъ. И это на слѣдующемъ основаніи.

*Тѣ составныя части золь, которыя способствуютъ только нѣкоторымъ отправлениямъ въ жизни растеній, но которыя не стоятъ въ неизмѣнномъ отношеніи къ необходимымъ жизненнымъ процессамъ, и слѣдовательно при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ могутъ быть излишними, отчего и получили названіе полезныхъ составныхъ частей, не могутъ имѣть слѣдствіемъ совершенное пораженіе растительности, при ихъ исключеніи. Растеніе, воспитанное безъ этихъ составныхъ частей, удается вообще хуже, но тѣмъ не менѣе достигаетъ извѣстнаго развитія, и такимъ образомъ все-таки возможно наблюдать результатъ такого исключенія.*

Если же, напротивъ, не доставлять растенію питательное вещество, которымъ обуславливаются жизненные процессы, происходящіе въ каждой клеточкѣ, и безъ совершенія которыхъ немислимо какое бы то ни было развитіе, въ какомъ бы ни было направленіи,—если

растение лишаютъ, такъ сказать, насущнаго хлѣба,—то, понятно, жизнь растенія угасаетъ въ такомъ раннемъ стадіи развитія, что послѣдствіе исключенія нельзя иначе выразить, какъ сказать, что имѣемъ дѣло съ веществомъ вполне необходимымъ, обуславливающимъ простѣйшія, ежедневно и ежечасно повторяющіеся жизненные процессы, *хотя о ближайшемъ отравленіи этого вещества ничего неизвѣстно* \*). Можно предвидѣть, что исключеніе одного изъ подобныхъ веществъ повлечетъ за собою столько вторичныхъ явленій аномальнаго характера, что обсужденіе способа дѣйствія такого вещества никакъ не можетъ быть допущено \*\*).

Изъ предъидущаго рассмотрѣнія ясно, почему при обработкѣ

\*) Смотри объ этомъ предметѣ предложенный недавно мною способъ изысканія отравленій дѣятельныхъ веществъ, сравнительными изслѣдованіями надъ весьма различными и именно нисшими группами организмовъ (Untersuchungen über die alkoholische Gährung etc. 1869 стр. 4).

\*\*) Новѣйшіе опыты Ноббе (см. Landw. Versuchsstat. T. 13. N 5), кажется, дѣлаютъ непримѣнными эти разсужденія, именно по отношенію къ калию. По крайней мѣрѣ при этихъ опытахъ прямо наблюдалось физиологическое отравленіе калия, которое состоитъ въ содѣйствіи этого металла образованію крахмала въ хлорофильныхъ зернахъ.

Если между необходимыми зольными составными частями недостаетъ калия, то ростъ растенія (японской гречихи) останавливается, причемъ *ни натрій, ни литій не могутъ заступить мѣсто калия*. Остановка развитія происходитъ отъ неспособности зеренъ хлорофилла, безъ содѣйствія калия, образовать новый крахмалъ. Вслѣдствіе этого весь запасный крахмалъ сѣмени постепенно исчезаетъ изъ организма, прозябаніе останавливается и растенія послѣ окончанія прорастанія остаются въ состояніи полной недѣятельности, которое и другія питательныя вещества дѣлаютъ недѣйствительными. Если, затѣмъ, вовремя доставить растенію калий (прибавленіемъ его ввидѣ какой нибудь соли въ растворѣ, въ которомъ находятся корни растенія—при опытахъ Ноббе растенія произрастали въ растворахъ питат. вещ.), то растенія тотчасъ пробуждаются, въ хлорофильныхъ органахъ образуется крахмалъ, движеніе вещества возобновляется и, какъ слѣдствіе всего этого, является нормальное развитіе вегетативныхъ органовъ. Природа калиевой соли при этомъ безразлична. Всѣ соли, подверженныя испытанію (KCl,  $SK_2O_4$ ,  $NKO_3$ ,  $PK_3O_4$ ) содѣйствовали обильному образованію крахмала въ хлорофильныхъ зернахъ. Въ растеніяхъ растворовъ, вообще содержащихъ калий, никогда не ощущался недостатокъ въ крахмалѣ, и только въ отсутствіи калия недостатокъ этотъ имѣлъ мѣсто. Ноббе выводитъ изъ всего этого слѣдующее: *хлорофильныя зерна листовъ только при содѣйствіи калия образуютъ крахмалъ и при этомъ все равно, какая изъ названныхъ солей калия доставляется растеніямъ*.

Тоже самое въ сущности подтвердилось опытами надъ яровою рожью, произведенными тѣмъ же изслѣдователемъ (l. c. N 6).

Примѣч. А. Г.

наиважнѣйшихъ составныхъ частей золы не могли проникнуть въ тайну ихъ дѣйствія просто посредствомъ культурныхъ опытовъ \*)— путь, который съ нѣкоторою пользою можетъ быть избранъ для менѣе важныхъ составныхъ частей. Поэтому-то этимъ путемъ, который, кажется, совершенно понятенъ самъ собою, нельзя было идти при изслѣдованіи функціи сѣры и фосфора въ растеніи. Напротивъ, объ этой послѣдней сдѣлано было заключеніе, на основаніи распредѣленія названныхъ веществъ въ растеніи и въ находящихся въ немъ составныхъ частяхъ, которое какъ для сѣры, такъ и для фосфора раскрыло отношеніе ихъ къ протеиновымъ веществамъ.

Этотъ путь есть также единственный и для калия \*\*). Мы уже упомянули раньше \*\*\*), что калий встрѣчается преимущественно въ кислореагирующихъ частяхъ тканей, по которымъ передвигаются углеводы—въ паренхиматической ткани коры и сердцевины высшихъ растеній, между тѣмъ какъ другія части тканей—вытянутыя клѣточки сосудистыхъ пучковъ, въ которыхъ происходитъ передвиженіе протеиновыхъ веществъ, содержатъ изъ зольныхъ составныхъ частей преимущественно фосфоръ. Отношеніе калия къ углеводамъ однако не ограничивается только тѣми углеводами, которые находятся въ передвиженіи, но мы встрѣчаемъ *углеводы вездѣ*, въ сообществѣ калия подобно тому какъ фосфоръ сопровождаетъ всегда бѣлковыя вещества \*\*\*\*).

Этимъ объясняется сообщенный выше фактъ, что нѣкоторыя растенія особенно богаты калиемъ. Растенія эти по большей части такія, въ которыхъ образуются и отлагаются углеводы въ большихъ количествахъ,—по крайней мѣрѣ это относится къ корнеплодамъ, картофелю и винограду. Тоже самое обстоятельство служитъ причиною накопленія калия въ нѣкоторыхъ частяхъ растеній.

---

\*) Наибольшую надежду на успѣхъ могли бы въ этомъ направленіи имѣть, во всякомъ случаѣ, сравнительные опыты съ доставленіемъ отдѣльныхъ веществъ, при которыхъ послѣдствіе неполнаго исключенія установилось бы химическимъ и анатомическимъ сравненіемъ возвращенныхъ растеній. Предпріятыя до сихъ поръ сравнительные опыты (смотри Гельригель Landw. Versuchsst. 1869 стр. 137 и Э. Вольфъ: Berichte über Vegetationsversuche etc. 1868 стр. 25—62) мало до сихъ поръ еще послужили этой цѣли.

\*\*) Не единственный, какъ это доказываютъ опыты Ноббе. А. Г.

\*\*\*) Смотри конецъ тринадцатой лекціи.

\*\*\*\*) На этотъ фактъ въ особенности, и насколько мнѣ извѣстно, впервые обратилъ вниманіе Либихъ. Смотри: Die Chemie in ihrer Anw. etc. 1862 II. стр. 26; также и въ прежнихъ изданіяхъ.

Вотъ почти все, что мы знаемъ о названномъ отношеніи. — Какимъ образомъ связаны другъ съ другомъ оба вещества, какого рода участіе принимаютъ калиевыя соединенія при перемѣщеніи и отложеніи углеводовъ—объ этомъ совершенно ничего неизвѣстно. Теорію (основанную на оставленныхъ давно уже возрѣніяхъ на образованіе органическаго вещества), по которой калий служитъ къ связыванію растительныхъ кислотъ, представляющихъ, по этому возрѣнію, генетическія переходныя ступени между неорганическимъ матеріаломъ высшей степени окисленія и углеводами \*), мы уже раньше, хотя признали «прекрасной идеей», но отвергли \*\*), какъ несоотвѣтствующую фактамъ \*\*\*).

Сомнительно, чтобы рядомъ съ этимъ отношеніемъ калия къ нѣкоторымъ растительнымъ процессамъ, надо было бы отличать еще другія отношенія. Соссюръ сдѣлалъ въ свое время \*\*\*\*) замѣчаніе что богатство какой нибудь части растенія калиемъ совпадаетъ съ энергіей ея роста. Это замѣчаніе вполне подтвердилось позднѣйшими анализами; однако можетъ быть фактъ, который выражаетъ это наблюденіе, приводится къ подобной же функціи, какъ и фактъ вышеуказанный. При новообразованіи органовъ, происходитъ, какъ извѣстно, главнымъ образомъ отложеніе клѣтчатки, которая есть нечто иное, какъ одинъ изъ углеводовъ, съ перемѣщеніемъ и выдѣленіемъ которыхъ калиевыя соединенія находятся въ тѣсной связи. Точно также можно было бы указать на богатство фосфоромъ молодыхъ развивающихся органовъ съ энергической вегетативной дѣятельностью; но содержаніе фосфора въ нихъ понятно само собою п. ч. въ такихъ органахъ всегда находится также живая протоплазма, богатая протенновыми веществами. Болѣе старые органы, жизненные процессы которыхъ утратили прежнюю энергію, всегда безъ исключенія бываютъ бѣдны и калиемъ и фосфоромъ.

Что касается химическихъ соединеній, въ которыхъ калий входитъ въ растенія, то можно просто сказать, что соединенія эти суть калиевыя соли тѣхъ кислотъ, которыя мы въ предъидущемъ уже признали безвредными, въ высокой степени полезными или необходимыми для растеній, именно: азотнокислое кали, сѣрнокислое, фосфорно-

\*) См. Либихъ: Die organ. Chem. и т. д. 1843 стр. 186—91.

\*\*) Болѣе старые, зеленые, но еще способные ассимилировать, листья довольно бѣдны калиемъ.

\*\*\*) См. смотри девятую (также четвертую) лекцію.

\*\*\*\*) Цитировано у Сакса «Recherches chim.» перев. Фойт. стр. 263.

кислосе, хлористый калий \*) и конечно также кремнекислосе кали. При опытахъ искусственнаго выращиванія, лучшіе результаты \*\*) получались при употребленіи азотнокислаго и фосфорнокислаго кали. Напротивъ, углекислосе кали, по причинѣ своихъ сильно щелочныхъ свойствъ, представляетъ совершенно негодную химическую форму принятія калия, какъ это достаточно доказано опытами надъ произрастаніемъ растеній \*\*\*).

Въ какихъ различныхъ химическихъ формахъ затѣмъ калий входитъ въ растеніе, и въ какой формѣ именно онъ выполняетъ свои функціи, о которыхъ мы только что упомянули,—объ этомъ еще весьма мало извѣстно. Органическія соли калия, преимущественно съ

---

\*) Для японской гречихи, при опытахъ Ноббе (1. с.) *хлористый калий оказался самой удобной формой доставленія калия*. Тогда какъ для образованія крахмала, какъ мы видѣли, необходимо только присутствіе калия въ какой бы то ни было формѣ, при передвиженіи крахмала къ мѣстамъ потребленія, играетъ важную роль соединеніе, въ которомъ находится калий. Растенія, которымъ калий доставлялся ввидѣ сѣрнокислаго кали и фосфорнокислаго кали, раньше или позже обнаруживали признаки болѣзненнаго состоянія, зависѣвшаго отъ ненормальнаго отношенія между образованіемъ и отведеніемъ и потребленіемъ крахмала. Вслѣдствіе послѣдняго обстоятельства крахмалъ скопился въ листьяхъ до такой степени, что все хлорофильное зерно переходило въ крахмалъ,—тогда какъ осевые органы, крахмалъ которыхъ былъ потребленъ, не получая новыхъ количествъ его изъ листьевъ, были совершенно лишены крахмала. Цвѣты появились только при одной культурѣ (всѣхъ было 3), но вскорѣ высохли, не давъ, разумѣется, плодовъ. Изъ употребленныхъ солей только азотнокислосе кали приближалось по своему дѣйствию къ хлористому калию, и давало растенія вполнѣ нормальныя до цвѣтенія, хотя для образованія плодовъ оказалось менѣе выгоднымъ, чѣмъ хлористый калий.

Нѣсколько уклоняются отсюда результаты, полученные при культурѣ яровой ржи (1. с. №6), хотя и здѣсь *наиболѣе удобною формой доставленія калия считается хлористый калий*. Именно при культурѣ яровой ржи, по годности для питанія послѣдней, за хлористымъ калиемъ слѣдуетъ фосфорнокислосе кали, за нимъ азотнокислосе кали и, наконецъ, сѣрнокислосе кали. Сѣрнокислосе кали дало, правда, наибольшую массу сухаго вещества, но отношеніе соломы къ зерну было самое неблагопріятное. Лучше это отношеніе оказалось у азотнокислаго кали, еще лучше у фосфорнокислаго кали, и, наконецъ, вполнѣ нормально оно было только у хлористаго калия. Во всѣхъ случаяхъ, какъ видно (въ противоположность гречихѣ) образовались зерна, что показываетъ, какъ несправедливо по даннымъ, полученнымъ для одного рода растенія, заключать объ отношеніяхъ другаго.

*Примѣч. А. Г.*

\*\*) См. Кнопа: Kreislauf des Stoffs I стр. 601 и 604—606; и слѣдующую лекцію.

\*\*\*) См. Кнопа тамъ же, стр. 602.

винной кислотой, щавелевой, яблочной и лимонной, представляют совершенно обыкновенную форму нахождения калия в растении. Рядомъ съ этими солями встрѣчаются также неорганическія калиевыя соли, именно, если онѣ доставляются растенію въ избыткѣ, какъ это можно заключить изъ наблюдаемаго вывѣтриванія этихъ солей.

Сопровождаетъ ли калий въ одной изъ этихъ формъ углеводы при ихъ различныхъ передвиженіяхъ чрезъ организмъ, и существуетъ ли въ этомъ случаѣ настоящее химическое соединеніе между этими двумя неразлучными веществами,—объ этомъ пока еще ничего не извѣстно.

Относительно свойствъ, которыя могутъ быть сообщены значительнымъ содержаніемъ калия отдѣльнымъ культурнымъ растеніямъ, упомяну здѣсь только объ увеличеніи сгораемости богатыхъ калиемъ табачныхъ листьевъ \*), особенно если калий въ нихъ находится въ соединеніи съ растительными кислотами \*\*); такъ что вещество это въ упомянутомъ отношеніи играетъ роль вполне противоположную роли хлора \*\*\*). Совершенно подобное обратное дѣйствіе явствуетъ изъ сказаннаго прежде относительно содержанія сахара и крахмала въ корнеплодахъ и картофелѣ, такъ что калий въ отношеніи ко многимъ совершенно различнымъ растеніямъ противодѣйствуетъ ухудшающему качеству дѣйствію хлора.

*Натрій*, сходный во многихъ свойствахъ съ калиемъ, находится почти съ такой же правильностью въ золахъ растений, выросшихъ при естественныхъ условіяхъ. Но существуетъ рѣзкая разница въ нахожденіи этихъ, близкихъ другъ къ другу въ химическомъ отношеніи, металловъ, сразу бросающаяся въ глаза. Натрій, распространенный въ почвѣ, въ среднемъ, едва ли меньше калия, въ золѣ растеній однако встрѣчается въ количествахъ гораздо меньшихъ, чѣмъ калий \*\*\*\*), и даже растенія, выросшія въ средѣ, содержаніе натрія которой во много разъ превышаетъ содержаніе калия, какъ

---

\*) И. Несслеръ: *Der Tabak etc.* 1867 стр. 33 и слѣд.; Шлезингъ: *Compt. rend.* 1860 I. стр. 642.

\*\*) Что можно заключить изъ щелочнаго титра табачной золы. См. тамъ же стр. 150.

\*\*\*) См. предыдущую лекцію.

\*\*\*\*) Сравни таблицы золы въ слѣдующей лекціи.

напр. въ морской водѣ \*) или на морскомъ берегу, все таки содержать почти одинаковыя количества калия и натрія, а въ нѣкоторыхъ органахъ этихъ растений калия содержится даже гораздо больше \*\*), чѣмъ натрія. — Этотъ фактъ довольно страненъ уже самъ по себѣ.

Къ тому же присоединяется еще, что въ отношеніи къ распредѣленію натрія по отдѣльнымъ органамъ растений, никогда не наблюдали скопленія этого элемента въ отдѣльныхъ мѣстахъ, но, напротивъ, наблюдали только довольно равномерное распредѣленіе его по всему растительному организму — отношеніе далеко не свойственное въ той же степени \*\*\*) калию и сильнѣе всего уклоняющееся отъ отношенія фосфора.

Это отношеніе натрія, напоминающее собою отчасти отношеніе хлора (которому впрочемъ нельзя придавать слишкомъ большаго значенія), сопоставленное съ фактомъ его столь незначительнаго нахожденія, можетъ послужить къ тому, чтобы, не зная даже еще результатовъ культурныхъ опытовъ, мы составили себѣ уже мнѣніе о роли, которую способенъ играть этотъ элементъ въ жизни высшихъ растений, — и притомъ мнѣніе не особенно высокое.

Результаты культурныхъ опытовъ, при совершенномъ исключеніи натра, вполне подтверждаютъ такое мнѣніе. Въ самыхъ разнообразныхъ *растворахъ, лишенныхъ натрія*, удавалось не только кое какъ выращивать цѣлый рядъ высшихъ растений и именно полезныхъ въ сельскохозяйственномъ отношеніи, но *культивировать* послѣднія, получая ихъ *нормально* и роскошно *развитыми*. Эти результаты должны служить тѣмъ болѣе сильнымъ доказательствомъ не необходимости натрія, какъ составной части этихъ растений, такъ какъ въ посѣянныхъ сѣменахъ болѣею частью находятся самыя незначительныя количества этого вещества (во первыхъ, по причинѣ его незначительнаго распространенія \*\*\*\*) въ растеніи вообще, а во вторыхъ, потому,

\*) Въ соляныхъ остаткахъ морской воды содержится среднимъ числомъ на 75% хлористаго натрія менѣе 4% хлористаго калия (кромя того незначительныя количества другихъ соединений натрія). Смотри Кюпа 1. с. стр. 138. Подобное же отношеніе видно у Фогта: *Geologie* 1854 I. стр. 60.

\*\*) Сравни анализъ очищенныхъ сѣменъ морскаго овса, сдѣланный однимъ ученикомъ Кюпа, гдѣ количество кали было почти въ 30 разъ болѣе. *Berichte der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch.* 1869. 6 Febr. стр. 22.

\*\*\*) Смотри J. Schröder: *Landw. Versuchsst.* 1868, стр. 507.

\*\*\*\*) Болѣе старые анализы показывали большія количества натра по причинѣ несовершенства метода этихъ анализовъ.

что накопленія его въ сѣменахъ не происходитъ). Правда, были дѣлаемы возраженія \*), что не всегда анализъ полученныхъ растений могъ служить доказательствомъ совершеннаго исключенія этой зольной составной части и что всегда возможно и вѣроятно случайное доставленіе послѣдней въ видѣ пыли и т. д. Но противъ этого опять-таки надо напомнить, что способъ съ *абсолютнымъ исключеніемъ* теоретически невозможенъ вообще, и невозможенъ ни для одного вещества, заключающагося въ сѣмени, что для того, чтобы достигнуть такого абсолютнаго исключенія въ требуемомъ смыслѣ слова, необходима культура въ абсолютно-чистомъ матеріалѣ въ продолженіе *безконечно долгаго времени* и съ постоянно новымъ употребленіемъ полученныхъ такимъ образомъ сѣменъ.—Единственное *возможное* доказательство относительно ненужности натрія для многихъ растений, приведено съ достаточною (если не со всею возможною) строгостію.

Впрочемъ, съ одной стороны \*\*) утверждали, что натрій необходимъ для образованія плодовъ пшеницы,—но это утверженіе до тѣхъ поръ, пока не будутъ представлены болѣе строгія доказательства, чѣмъ неудача нѣкоторыхъ культуръ, можно оставить безъ вниманія.

Для тѣхъ растений, которыя до сихъ поръ выращивали весьма роскошнымъ образомъ при достаточномъ исключеніи натрія, послѣдній, на основаніи имѣющихся сравнительныхъ опытовъ, не можетъ быть даже признанъ за *полезную составную часть*. Поэтому можно заключить, что для этихъ растений (именно кукурузы и гречихи) натрій не находится ни въ какомъ отношеніи въ какому нибудь болѣе существенному или не существенному физиологическому процессу въ растеніи.

Однакоже здѣсь опять я долженъ замѣтить, что совершенно невозможно *распространять это заключеніе въ областяхъ*, для которыхъ не существуетъ экспериментальныхъ данныхъ. Легко можетъ быть—и высокое содержаніе натрія въ нѣкоторыхъ растеніяхъ кажется указываетъ на это \*\*\*) , что нѣкоторыя растенія нуждаются въ натріѣ, или

\*) Ю. Саксъ: Handb. d. Exper. Phys. d. Pfl. стр. 149.

\*\*) Salm Horstmar: Versuche und Resultate über die Nahrung der Pflanzen. 1856 стр. 29.

\*\*\*) Кнопъ упоминаетъ о золѣ растенія *Crysanthemum*, содержащей 22,2% натрія (по анализу Бангерта). См. 1. с. стр. 238.

же хоть извлекають пользу изъ этого вещества, т. е., другими словами, въ растительныхъ организмахъ могутъ происходить жизненные процессы, необходимо или факультативно связанные съ соединеніями натрія \*).

Что же касается до ненеобходимости натрія для другихъ, безхлорофильныхъ организмовъ, то (для сравненія) я напому о томъ, что животныя, по крайней мѣрѣ, высшія, необходимо нуждаются въ этой составной части, почему и стараются добывать себѣ поваренную соль, если должны питаться бѣдною соединеніями натрія растительною пищею. Тоже самое происходитъ во многихъ случаяхъ и тогда, когда въ пищу употребляется болѣе богатый натріемъ животный кормъ.— Грибы, судя по опытамъ, могутъ казаться обходиться безъ натрія. Относительно функций, выполняемыхъ соединеніями натрія въ организмахъ, которые не могутъ обойтись безъ этого вещества—нельзя сообщить ничего, имѣющаго болѣе общее значеніе.

При изложенныхъ обстоятельствахъ форма, въ которой происходитъ принятіе натрія высшими растеніями, представляетъ для насъ весьма мало интереса; впрочемъ, на основаніи вышесказаннаго, она понятна сама собою. Это опять натровыя соли кислотъ, названныхъ при разсмотрѣніи ассимиляціи калия, которыя по законамъ, изложеніе которыхъ намъ скоро предстоитъ, переходятъ въ корни растеній и оттуда распространяются по всему растенію, вѣроятно не претерпѣвая никакой переработки, въ органическое вещество. Но разумѣется внутри растенія натрій этихъ солей, вслѣдствіе двойнаго разложенія, можетъ соединиться съ органическими кислотами, такъ что существованіе въ растеніи натровыхъ солей органическихъ кислотъ ни коимъ образомъ не исключено, не смотря на то что лежащій въ основаніи ихъ металлъ и не имѣетъ никакого физиологическаго значенія.—Преслѣдовать далѣе эти возможныя разложенія—безполезно.

Слѣдующая составная часть, входящая съ большою правильностью въ золь растеній, есть *кальцій*. При испытаніи высшихъ растеній

---

\*) Кромѣ высокаго содержанія натрія въ отдѣльныхъ растеніяхъ, въ пользу вѣроятности такого отношенія говорятъ еще многія наблюденія. Такъ въ Лейпцигской земледѣльческой лабораторіи Кнопъ произвелъ недавно опыты надъ питаніемъ водорослей, и такіе же опыты, совершенно независимо отъ Лейпцигскихъ, производятся также и здѣсь въ Гейдельбергѣ, по моему инициативѣ,—и какъ тѣ, такъ и другіе, на сколько можно судить до сихъ поръ, указываютъ на особенно благоприятное дѣйствіе солей натрія.

на это вещество, его всегда находили въ значительныхъ количествахъ. Однако распространеніе кальція въ природѣ и въ почвѣ такъ велико, и во многихъ случаяхъ даже преобладающее, что большое нахожденіе его въ растеніяхъ, по аналогіи съ натріемъ, легко приписать этому обстоятельству.

Но посмотримъ, нельзя ли замѣтить своеобразнаго распредѣленія кальція по отдѣльнымъ органамъ растенія. Достаточно одного взгляда на систематическія сопоставленія \*) такъихъ анализовъ, чтобы признать на самомъ дѣлѣ такое распредѣленіе и чтобы видѣть, что *богаты кальціемъ* именно *листовые органы*, а съ ними вмѣстѣ и всѣ растенія, у которыхъ эти органы преимущественно развиты; тогда какъ корни и клубни нашихъ растеній (съ подземными хранилищами запасныхъ веществъ) и особенно хлѣбныя зерна, въ меньшей степени масляныя сѣмена, даютъ *золу бѣдную известью*. Припомнимъ, что изъ прежнихъ нашихъ рассмотрѣній слѣдуетъ, что такое неравномѣрное распредѣленіе зольной составной части указываетъ на функцію ея. Мы тотчасъ увидимъ изъ результатовъ культурныхъ опытовъ, справедливо ли это заключеніе.

Только что было указано на то, что богатыя листьями растенія по преимуществу также суть и наиболѣе богатыя кальціемъ. Въ самомъ дѣлѣ богатство этимъ веществомъ отдѣльныхъ видовъ растеній, которое прежде служило поводомъ къ различенію *известковыхъ растеній* \*\*) отъ калиевыхъ и кремнеземныхъ, въ сущности приводится къ этой точкѣ зрѣнія. Различные виды клевера, гороха, табака и всѣ растенія, получившія названіе известковыхъ, суть въ то же время растенія съ весьма развитыми листовыми органами.—Но вѣроятно будетъ возможно отыскать еще и другія отношенія для нахожденія кальція. Мы сейчасъ возвратимся къ этому предмету.

Всѣ культурные опыты, произведенные съ цѣлью разрѣшенія вопроса о значеніи кальція, единогласно и несомнѣнно показали: что — какъ можно было предполагать изъ предъидущаго—*ни одно высшее растеніе не можетъ достигъ нѣскольکو значительнаго развитія*, если уже молодой *ростокъ не находитъ въ почвѣ кальціевыхъ соединений, способныхъ къ ассимиляціи*. Этотъ результатъ проявляется тѣмъ быстрѣе, что, какъ сказано, въ высѣянныхъ сѣменахъ за-

\*) Напр. Э. Вольфъ: *Düngerlehre* 1868 стр. 161—65 Подобныя сопоставленія находятъ въ слѣдующей лекціи.

\*\*) Либихъ; *Die Chemie in ihrer Anw. etc.* 1862. I. стр. 212 и слѣд.

ключается по большей части мало кальція. Послѣдній по этому, точно также какъ сѣра, фосфоръ и калий, долженъ быть признанъ *абсолютно необходимою составною частью* всякаго высшаго растенія, и дѣйствительно онъ представляетъ одну изъ тѣхъ трехъ составныхъ частей золь, необходимость которыхъ для растительнаго міра, въ первыхъ годахъ этого столѣтія, принималъ Соссюръ.

Однако и относительно этого необходимаго вещества наше знаніе не заходитъ дальше убѣжденія въ его абсолютной необходимости; и мы не знаемъ также и для кальція *физиологическаго* дѣйствія, которому онъ необходимо содѣйствуетъ \*) и ради котораго растеніе не можетъ безъ него обойтись. Впрочемъ, находеніе его въ листовомъ органѣ не только во время молодости послѣдняго, но еще въ большей степени въ осеннихъ листьяхъ, близкихъ къ опаденію, кажется можетъ служить здѣсь нѣкоторымъ указаніемъ, тѣмъ болѣе что мы знаемъ, что нисіе грибы, не обладающіе листовымъ органомъ, и неспособные производить органическое вещество, могутъ быть также выращены безъ кальція. Однакоже это указаніе еще очень неопредѣленно, и мы не знаемъ, должны ли мы прямо придти къ заключенію, что кальцій, въ видѣ какого нибудь соединенія, играетъ роль при образованіи органическаго вещества въ хлорофильной клѣткѣ, или мы должны отчасти приписать такія отложенія именно въ старѣющихъ хлорофильныхъ органахъ, подобному процессу, какъ и накопленіе кремневой кислоты, столь неважной для растительнаго организма. Вѣроятно, нѣсколько такихъ отношеній дѣйствуютъ вмѣстѣ и такимъ образомъ скрывается отъ насъ та законность, которую мы стараемся отыскать \*\*).

Относительно формы, въ которой происходитъ принятіе кальція и переработка принятыхъ кальціевыхъ соединеній, приходится только мало прибавить къ тому, что уже было сказано въ отношеніи къ калию. Всего обыкновеннѣе кальцій находится въ почвѣ въ видѣ углекислой извести (извести въ обыденной жизни), и это соединеніе, которое хотя само по себѣ нерастворимо въ водѣ, но растворимо, меж-

---

\*) Здѣсь по крайней мѣрѣ надо напомнить о сообщеніи В. Вольфомъ фактъ дѣйствія известковыхъ солей на развитіе корневой системы (срав. Landw. Versuchsst. 1871. стр. 218).

\*\*\*) Изученіе питанія и особенно потребности въ зольныхъ составныхъ частяхъ наипростѣйшихъ хлорофильныхъ водорослей, какъ вообще организмовъ съ несложными жизненными отправлениями, общааетъ здѣсь, какъ и во многихъ другихъ случаяхъ, объяснить весьма много важнаго.

ду прочимъ, въ почвенной водѣ, содержащей углекислоту, и въ кислыхъ выдѣленіяхъ корней, можетъ служить какъ таковое для питанія растений, такъ какъ оно не обладаетъ, подобно соответствующей соли калия, сильными щелочными свойствами, вредными для роста растений. Точно также нерастворима сама по себѣ и трехосновная фосфорнокислая известь, но растворима въ названныхъ и также нѣкоторыхъ другихъ средахъ, часто встрѣчающихся въ почвѣ. Эта форма также пригодна для принятія кальція, равно и кальціевыя соли, растворимыя сами по себѣ: азотнокислая \*) и сѣрнокислая известь. Напротивъ того, легко растворимый хлористый кальцій представляетъ соединеніе, вредное для растенія, и потому эта форма не годится для ассимиляціи кальція.

Въ растеніи, рядомъ съ неорганическими кальціевыми солями, затѣмъ встрѣчаются преимущественно органическія, какъ напр. щавелевокислая известь; о ближайшемъ вступленіи кальція въ сложное организованнаго соединенія ничего не извѣстно.

*Магній* также представляетъ постоянную составную часть золь всѣхъ растений, хотя встрѣчается и нѣсколько въ меньшихъ количествахъ. Только въ сѣменахъ (именно въ сѣменныхъ оболочкахъ отрубей) находится его больше чѣмъ кальція, такъ что нельзя говорить о равномерномъ распредѣленіи также и этого элемента въ растеніи.

Въ распредѣленіи своемъ по отдѣльнымъ органамъ растенія, магній почти не отстаетъ отъ фосфора, и слѣдовательно нѣкоторымъ образомъ соучаствуетъ протеиновымъ веществамъ при передвиженіи ихъ въ растеніи. Только болѣе старыя листовыя органы часто отличаются обиліемъ какъ кальція, такъ и магнія, такъ что въ нихъ значительно нарушается параллелизмъ съ фосфорнокислыми соединеніями, которыя все болѣе и болѣе убываютъ, при старѣніи листьевъ, вмѣстѣ съ растворимыми протеиновыми веществами.

Всѣ культурныя опыты совершенно согласно и вполне убѣдительно доказали, что *соединенія магнія*, на сколько они были предметомъ экспериментальнаго изслѣдованія, *необходимы для всѣхъ высшихъ растений*. Растенія, выращиваемыя изъ сѣменъ въ питательныхъ смѣсяхъ, лишенныхъ магнія, никогда не могли хорошо развиться и достигнуть значительнаго увеличенія вѣса сухаго ве-

---

\*) Азотно-кислая известь оказалась весьма пригодною, особенно при водной культурѣ; смотри слѣдующую лекцію.

щества сѣмени и далеко не достигали завершения ихъ нормальнаго кругооборота, но, напротивъ, неизбежно гибли (какой бы не былъ въ остальномъ составъ смѣсей) самымъ жалкимъ образомъ на ранней ступени развитія.

Поэтому *магній* долженъ считаться *необходимою составною частью золы этихъ растений и весьма впрямую всѣхъ высшихъ растений вообще.*

Кажется даже ниспие, безхлорофильные организмы, какъ напр. пивныя дрожжи\*), не могутъ обойтись безъ магнія, и во всякомъ случаѣ эта составная часть золы имѣетъ гораздо большее значеніе для этой группы организмовъ, чѣмъ кальцій,—фактъ, который будетъ имѣть значеніе въ будущемъ, при установленіи теоріи дѣйствія этихъ зольныхъ составныхъ частей.

Между тѣмъ эта теорія въ отношеніи къ магнію, также какъ въ отношеніи къ другимъ, рассмотрѣннымъ уже въ предыдущемъ, составнымъ частямъ, находится еще вполне въ колыбели. Распредѣленіе этого элемента въ различныхъ частяхъ растенія прежде всего не представляетъ достаточно твердаго основанія для пониманія его функций, тѣмъ не менѣе равномѣрное нахожденіе фосфора и магнія часто указываетъ на существованіе общаго обимъ соединенія—фосфорнокислой соли магнія. Но строить гипотезу о томъ, каковы могутъ быть функціи этой соли, въ настоящее время было бы совершенно бесплодно.

Принятіе растеніемъ магнія совершенно аналогично принятію кальція. Хлористый магній—очевидно по причинѣ подобныхъ же свойствъ его,—еще въ большей степени чѣмъ хлористый кальцій, представляетъ форму вполне вредную для принятія. Другія соли названныхъ уже кислотъ, кажется, всѣ годны для ассимиляціи, растворимы ли онѣ сами по себѣ, или получаютъ въ растворенномъ видѣ только съ помощью другихъ примѣсей. Сѣрнокислая соль магнія (обыкновенная горькая соль), въ надлежащей концентраціи оказалась самою удобною\*\*) для доставленія магнія. Что о переработкѣ принятыхъ соединеній магнія въ растеніи мы не имѣемъ никакихъ ближайшихъ свѣдѣній, объ этомъ нѣтъ надобности особенно и упоминать.

Наконецъ *железо* есть послѣдняя, *вполнѣ постоянная* металличе-

\*) Смотри мою статью: Landw. Versuchsst. 1869. Томъ 11 стр. 443 и особенно выводы стр. 461.

\*\*) Это, какъ кажется, относится и къ дрожжевымъ грибамъ; смотри мои изслѣдованія: I. с.

свая составная часть *всѣхъ высшихъ зеленыхъ растений*, хотя и находится въ нихъ въ самыхъ незначительныхъ количествахъ, такъ что его присутствіе можетъ быть доказано не во всякомъ произвольно маломъ количествѣ золы.

Относительно распредѣленія этой составной части по отдѣльнымъ органамъ можно сказать, что она постоянно находится *въ зеленыхъ органахъ*, во всѣхъ же остальныхъ частяхъ растенія не всегда можетъ быть доказана.

Культурные опыты хотя не непосредственно и иногда не безъ противорѣчій—показали, что *железо необходимо для высшихъ зеленыхъ растений*. Правда, легко удастся именно изъ сѣменъ (которыя сами содержатъ слѣды железа) выращивать въ средахъ, совершенно лишенныхъ железа, растенія, которыя до извѣстнаго времени развиваются совершенно нормально; но на дальнѣйшей ступени развитія, при образованіи позднѣйшихъ листьевъ, являются признаки, заставляющіе заключать о недостаточномъ питаніи, и съ этого момента растеніе начинаетъ хворать, и хотя увеличиваетъ количество (сухого вещества, но далеко не достигаетъ завершения своего нормального кругооборота.

Эти признаки, появляющіеся впервые вслѣдствіе исключенія железа, состоятъ въ *недостаточномъ образованіи зеренъ хлорофилла*, которыя въ такомъ случаѣ не получаютъ зеленого окрашиванія; зеленія при другихъ условіяхъ листья и невооруженному глазу представляются блѣдными и нѣсколько желтоватыми. Это явленіе получило названіе \*) хлорозы \*\*), и при немъ замѣчается состояніе, напоминающее блѣдную немочь (это то состояніе, въ которомъ находится зеленое при другихъ условіяхъ растеніе, когда отсутствіе свѣта мѣшаетъ ему нормально образовывать зерна хлорофилла \*\*\*), съ тою только разницею, что въ этомъ послѣднемъ случаѣ нѣкоторыя и еще другія измѣненія, касающіяся внѣшняго вида растенія, придаютъ ему характеръ также и другимъ образомъ отличный отъ нор-

\*) Кажется, впрочемъ, существуетъ цѣлый рядъ подобныхъ явленій, причиною которыхъ ни недостатокъ железа, ни недостатокъ свѣта. См. Кюна: Kreislauf des Stoffs I. стр. 610. Berichte der Königl. Sächs. Gesellsch. 1869. 6. Febr. стр. 5; В. Вольф: Landw. Versuchsst. T. 11. стр. 114. Ю. Сакса: Handb. d. Exper. Phys. d. Pfl. стр. 148. Также недостаточное образованіе хлорофилла на холоду представляетъ такой примѣръ.

\*\*) Кюнь употребляетъ названіе «хлороза» въ совершенно особенномъ смыслѣ, что весьма легко можетъ сбить съ толку.

\*\*\*) См. пятую лекцію стр. 80.

мально образовавшагося растенія. Хлорозное (или, какъ называется Кнопъ, желтушное) растеніе именно тѣмъ и отличается отъ этиолированного или блѣднаго, что зеленые при другихъ условіяхъ органы кажутся невооруженному глазу блѣдными или желтоватыми, во всемъ же остальномъ сходны съ нормально развитыми.

Результаты микроскопическаго изслѣдованія такихъ хлорозныхъ партій клѣточекъ вполне удовлетворительно доказываютъ несовершенное образованіе зеренъ хлорофилла. Всѣ другіе болѣзненные признаки, являющіеся позже въ растеніи выросшемъ въ растворѣ, несодержащемъ желѣза: остановка увеличенія растительной массы и проч., должны быть рассматриваемы какъ вторичныя явленія, которыя, какъ и слѣдуетъ ожидать, необходимо вытекаютъ изъ несовершеннаго образованія столь важнаго хлорофильнаго органа.

Въ весьма многихъ опытахъ надъ пропростаіемъ удавалось *вполнѣ избѣгнуть хлорозы, воспитывая растенія въ питательныхъ смѣсяхъ, отличающихся только содержаніемъ желѣза*, и даже удавалось *вылечивать* хлорозныя уже растенія, *прибавленіемъ какой нибудь желѣзной соли* къ растворамъ питательныхъ веществъ и въ этомъ направлеіи оказались дѣйствительными желѣзныя соли весьма различнаго состава: не только цѣлый рядъ солей окиси желѣза, но также и солей закиси желѣза, а также содержація желѣзо двойныя синеродистыя соединенія (напр. обыкновенное желтое синильное кали) \*) оказали весьма хорошіе результаты.

Удобнѣ всего прибавлять желѣзо къ питательнымъ растворамъ ввидѣ мелко раздѣленной фосфорнокислой окиси желѣза, причемъ ее взмучиваютъ такъ, чтобы часть ея пристала къ корнямъ; тогда растеніе силою этихъ органовъ растворяетъ желѣзо, принимаетъ въ себя и проводитъ его къ органамъ, нуждающимся въ этомъ веществѣ.

Многіе утверждаютъ, \*\*) что имъ удавалось вылечить вызванную недостаткомъ желѣза хлорозу, наружнымъ примѣненіемъ растворовъ желѣза къ тѣмъ органамъ, отъ недостаточнаго образованія хлорофилла которыхъ зависитъ блѣдность растенія. Между тѣмъ тотъ фактъ, что въ успѣшномъ излѣченіи этимъ способомъ (\*\*\*) другіе сомнѣваются, показываетъ по крайней мѣрѣ, что онъ удается не такъ

---

\*) Кнопъ: Berichte der Königl. Sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften 1869. 6 Febr. стр. 9 и слѣд.

\*\*) Смотри J. Sachs: Handbuch etc. стр. 143.

\*\*\*) Кнопъ I. с. стр. 14.

постоянно, какъ способъ нормальнаго доставленія желѣза помощью корней. Тѣмъ не менѣе и для этого замѣчательнаго способа доставленія питательныхъ веществъ удалось доказать \*), что безформенная безцвѣтная протоплазма клѣточекъ хлорознаго листа, именно въ мѣстахъ прикосновенія съ растворомъ желѣза, послѣ нѣкотораго времени, распадается на правильныя зерна и принимаетъ свой обыкновенный зеленый цвѣтъ.

И такъ *физиологическая функція* желѣза, а вмѣстѣ съ тѣмъ и причина его необходимости дознаны съ полнѣйшею ясностью. *Желѣзо необходимо для образованія хлорофильнаго органа нормальнаго цвѣта и свойствъ*, и, какъ кажется, оно необходимо только для этого процесса въ растеніи. Всѣ другіе болѣзненные признаки при недостаткѣ желѣза должно считать вторичными явленіями, происходящими вслѣдствіе недостаточнаго образованія хлорофилла.

Это отношеніе пріобрѣтаетъ еще болѣе достовѣрности и значенія, если присовокупить, что для цѣлаго ряда нисшихъ безхлорофильныхъ растеній желѣзо найдено совершенно ненужнымъ.

Другой, болѣе глубокой вопросъ, состоитъ въ томъ, какого рода та функція, которую выполняетъ желѣзо при образованіи хлорофилла. На этотъ вопросъ мы далеко не можемъ отвѣтить съ такою определенностью, какъ на предъидущій. Однако утверждали, что желѣзо составляетъ существенную составную часть хлорофильнаго красящаго вещества \*\*) и что химически очищенное зеленое красящее вещество листовыхъ органовъ всегда оставляетъ золу, богатую желѣзомъ. Если бы это данное подтвердилось, то глубже лежащая причина потребности въ желѣзѣ для хлорофильнаго снаряда была бы достаточно объяснена..

Относительно формы, въ которой происходитъ принятіе желѣза, уже выше были сдѣланы нѣкоторые замѣчанія. Корни могутъ принимать весьма различныя соединенія почти съ одинакимъ успѣхомъ. Соли закиси желѣза \*\*\*) , которыя прежде считались абсолютно вредными, могутъ въ достаточно разжиженныхъ растворахъ дѣйствовать такъ же какъ и соли окиси, и кажется упомянутый вредъ ихъ относится только къ концентрированнымъ растворамъ. При этомъ во всякомъ случаѣ возможно предположеніе (Кнопъ), что соли закиси

\*) Смотри Sachs. I. с.

\*\*) Verdeil u. Pfandler: Annal. d. Chem. u. Pharm. 115 стр. 37—45, смотри также четвертую лекцію стр. 63.

\*\*\*) Смотри Landw. Versuchsst. 1869. Томъ II стр. 114.

желѣза до вхожденія въ корни превращаются въ соли окиси желѣза.— Еще замѣчательнѣе способность къ питанію растеній двойныхъ синеродистыхъ соединеній желѣза, которыя по своимъ реакціямъ не относятся болѣе какъ желѣзные соли, но при этомъ, во всякомъ случаѣ \*), происходитъ разложеніе, при содѣйствіи корней растеній, такъ какъ въ питательномъ растворѣ выдѣляется берлинская лазурь.

Но въ какой формѣ вообще находится желѣзо въ растеніи (прежде чѣмъ сдѣлается принадлежностью хлорофильнаго снаряда) и странствуетъ изъ клѣточки въ клѣточку— неизвѣстно. Что желѣзисто-синеродистый калий, также и послѣ произведенныхъ вырыскиваній, никогда не встрѣчается какъ таковой въ живыхъ растительныхъ тканяхъ, Кнопъ \*\*) считаетъ доказаннымъ имъ. Степень разжиженія желѣзныхъ соединеній въ клѣточномъ сокѣ, впрочемъ, въ большинствѣ случаевъ, при чрезвычайно малой потребности растенія въ этихъ веществахъ, можетъ быть должна препятствовать намъ узнать это при помощи нашихъ обыкновенныхъ, если и чувствительныхъ реактивовъ \*\*\*).

Вотъ приблизительно все, что можетъ насъ здѣсь интересовать относительно значенія желѣза для высшихъ зеленыхъ растеній.

Этимъ мы окончили обзоръ веществъ, постоянно встрѣчающихся въ золѣ растеній, и, изслѣдовавши значеніе ихъ для растительной жизни, мы можемъ теперь раздѣлить эти составныя части, на условно необходимыя для жизни высшихъ растеній и на такія, безъ которыхъ послѣднія могутъ существовать. Мы имѣемъ право сказать теперь, что *углеродъ, водородъ, кислородъ и азотъ*, а также *фосфоръ и сера*, и изъ металловъ *калій, кальцій, магній и желѣзо* представляютъ *существенныя* составныя части всякаго высшаго хлорофильнаго растенія (по крайней мѣрѣ судя по произведеннымъ до сихъ поръ опытамъ). Тотъ же результатъ можно (принимая во вниманіе форму, въ которой эти вещества поступаютъ въ растительный

---

\*) Смори Кнопъ I. с. стр. 10.

\*\*) См. I. с. стр. 13. Миѣ кажется, что его опыты не могутъ служить доказательствомъ ненахожденія солей окиси или закиси желѣза.

\*\*\*). Впрочемъ, желѣзо въ некоторыхъ растеніяхъ играетъ, кажется, совершенно особенную роль; по крайней мѣрѣ болотное растеніе, *Typha patans* содержитъ въ себѣ громаднаго количества этого вещества, и въ золѣ отпавшихъ плодовъ найдено было до 68,6% окиси желѣза. Смори объ этомъ Goussier—Besancon: Jahresber. d. Agriculturchem. 1861—62 стр. 59 и Ann. d. Chem. u. Pharm. T. 118 стр. 220 и особенно стр. 224.

организмъ) выразить иначе, сказавъ, что для существованія всякаго такого растенія необходимы слѣдующія вещества:

*свободный кислородъ* (для поддержанія дыханія),  
*вода*,

далѣе 4 кислоты:

*угольная, азотная \*)*, *серная* и *фосфорная*,

и 4 основанія:

*калій, кальцій, магній* и *железо*.

Въ такомъ видѣ легко удержать въ памяти вещества, необходимыя для жизни высшаго растенія.

Другія вещества, постоянно встрѣчаемыя въ растительной золѣ, *кремній, хлоръ* и *натрій*, ни въ какомъ случаѣ не могутъ считаться безусловно необходимыми для всѣхъ этихъ растеній. Ихъ постоянное присутствіе въ растительной золѣ слѣдуетъ приписать, главнѣйшимъ образомъ, повсемѣстному распространенію соединеній этихъ элементовъ въ природѣ, а слѣдовательно и въ той средѣ, въ которой произрастаютъ растенія при обыкновенныхъ условіяхъ. Изъ этого однако не слѣдуетъ, чтобы нѣкоторыя изъ означенныхъ веществъ не принимали извѣстнаго, даже немаловажнаго участія въ растительныхъ процессахъ—они только не представляютъ непремѣннаго условія для существованія всѣхъ растеній вообще (или только нѣкоторыхъ видовъ въ частности). Для хлора и кремнія такое второстепенное значеніе даже весьма вѣроятно. Кромѣ составныхъ частей золы, встрѣчающихся постоянно во всемъ ряду растительныхъ семействъ, есть еще и такія, которыя, какъ было уже замѣчено, попадаютъ только въ нѣкоторыхъ растеніяхъ. Очевидно нужно было изслѣдовать необходимость или полезность и этихъ веществъ (по крайней мѣрѣ тамъ, гдѣ они встрѣчаются), хотя разрѣшеніе этого вопроса въ утвердительномъ смыслѣ не могло считаться особенно вѣроятнымъ.

Единственно возможная теорія значенія составныхъ частей золы не позволяеть изъ того обстоятельства, что какое нибудь вещество оказалось излишнимъ для одного организма, заключать, что оно излишне и для другого, хотя бы сходнаго съ первымъ въ морфологическомъ отношеніи; нѣкоторыя вышеприведенныя данныя вполне подтверждаютъ справедливость этого воззрѣнія.—Подобный выводъ былъ бы позволителенъ только въ случаѣ, если бы удалось предварительно установить полную аналогію физиологическихъ отравленій, —а это при настоящемъ состояніи нашихъ познаній невозможно.

\*) Или вмѣсто того амміакъ.

Поэтому мы должны снова приняться за работу,—хотя я и могу обобщать, что она будет непродолжительна,—должны ознакомиться съ выводами изъ опытовъ искусственнаго выращиванія, предпринятыхъ съ цѣлью выяснитъ значеніе веществъ, встрѣчающихся въ золѣ только нѣкоторыхъ растений.

Къ болѣе рѣдкимъ веществамъ, которыя однако же встрѣчаются постоянно въ золѣ нѣкоторыхъ растительныхъ видовъ, должно отнести, какъ мы уже видѣли, изъ металлондовъ, *іодъ* и *фторъ*, и изъ металловъ *аллюминій* и *марганецъ*.

*Іодъ* встрѣчается въ значительномъ количествѣ въ золѣ нѣкоторыхъ морскихъ водорослей \*) \*\*) и приморскихъ растений, а также ввидѣ слѣдовъ, въ золѣ нѣкоторыхъ болотныхъ растений. Въ морской водѣ *іодъ* содержится въ такомъ ничтожномъ количествѣ, что во многихъ случаяхъ присутствія его не удалось обнаружить. Слѣдовательно растения обладаютъ способностью концентрировать въ себѣ этотъ элементъ, откуда уже можно съ большою вѣроятностью заключить о его необходимости \*\*\*). Впрочемъ еще не было произведено ни одного опыта съ морскими растеніями, содержащими въ себѣ *іодъ*, а при искусственномъ выращиваніи другихъ растений найдено, что присутствіе его ни коимъ образомъ не представляется существенно необходимымъ. Во всякомъ случаѣ, для растений, воздѣлываемыхъ съ сельскохозяйственной цѣлью, этотъ элементъ, кажется, не имѣетъ никакого значенія.

*Фторъ* въ большинствѣ случаевъ вовсе не былъ замѣченъ при анализахъ сухопутныхъ растений. Несмотря на то, есть основанія считать его весьма распространеннымъ, хотя и въ незначительномъ количествѣ, такъ какъ *фторъ* представляетъ постоянную и, безъ сомнѣнія, существенную составную часть тѣла высшихъ животныхъ: —вспомнимъ только, что *фторъ* постоянно содержится въ костяхъ и особенно въ зубной глазури. Въ минеральномъ царствѣ, а слѣдовательно и въ почвѣ *фторъ* встрѣчается повсемѣстно, хотя и въ незначительныхъ количествахъ. Обыкновенный *плавиковый шпатъ* и

\*) Въ *Fucus saccharinus* найдено *іоду* 0,23% (въ отношеніи къ сухому веществу растенія). См. L. Gmelin: Chemistry etc. translated by Watts. 1849 II. p. 248, тамъ же указаны и другія растенія содержащія въ себѣ *іодъ*.

\*\*) Обыкновенный способъ добыванія *іода* состоитъ въ обработкѣ остатковъ золы морскихъ водорослей, служившей предварительно для добыванія соды. Таковую золу называютъ *варекъ* или *кельцъ*.

\*\*\*) См. лекціи о принятіи веществъ, въ особенности лекцію 21.

*апатитъ* суть минералы, содержащiе въ себѣ фторъ. Въ послѣднее время, правда, фторъ найденъ *Викке* \*) и въ растительномъ царствѣ, именно въ оболочкахъ хлѣбныхъ зеренъ, а *Сальмъ Горстмаръ* \*\*), утверждаетъ, основываясь на нѣкоторыхъ опытахъ искусственнаго выращивания, что фторъ необходимъ для развитiя нѣкоторыхъ высшихъ растений. Но это мнѣнiе, въ виду многихъ противорѣчащихъ ему результатовъ другихъ опытовъ искусственнаго выращивания, производившагося въ питательной смѣси, повидимому, совершенно лишенной фтора, не можетъ считаться достаточно доказаннымъ.

Такимъ образомъ вопросъ о значенiи фтора для растений, какъ питательнаго вещества, требуетъ новыхъ изслѣдованiй. Но мы можемъ считать уже и теперь совершенно достовѣрнымъ, что для практическаго сельскаго хозяйства вопросъ этотъ столь же мало важенъ относительно фтора, какъ и относительно другихъ, еще не разсмотрѣнныхъ веществъ, за которыми слѣдуетъ признать по крайней мѣрѣ возможность второстепенной физиологической роли.

Въ этомъ отношенiи можно высказать, какъ общее правило, что питательныя вещества, необходимость которыхъ можно доказать опытнымъ путемъ только съ большими затрудненiями, въ практическомъ отношенiи могутъ быть пренебрегаемы, хотя въ то же время нельзя не признать за подобными вопросами извѣстнаго теоретическаго интереса. Это зависитъ отъ того, что вещества, необходимость которыхъ не выясняется тотчасъ же изъ первыхъ опытовъ, встрѣчаются въ столь незначительныхъ количествахъ, что не могутъ имѣть никакого значенiя въ сельскохозяйственномъ производствѣ. Въ самомъ дѣлѣ, въ послѣдствiи, въ теорiи удобренiя, мы увидимъ, что значенiя удобрительныхъ средствъ достигли только тѣ вещества, необходимость которыхъ обнаружилась при первыхъ опытахъ и считалась весьма вѣроятною даже раньше того, на основанiи анализовъ золы и нѣкоторыхъ указанiй практики. Это послужитъ оправданiемъ поверхностнаго разсмотрѣнiя тѣхъ составныхъ частей золы, которыя функционируютъ только въ отдѣльныхъ растительныхъ группахъ, такъ какъ теоретическiй интересъ подобныхъ фактовъ, вслѣдствiе незнакомства нашего съ значенiемъ этихъ веществъ, пока совершенно ничтоженъ.

*Алюминiй*, несмотря на его чрезвычайно большое распространенiе

\*) Сообщено словесно.

\*\*\*) Journ. für. pract. Chem. B. 40 p. 302.

ніе въ средѣ, изъ которой растенія заимствуютъ себѣ питательныя вещества, встрѣчается въ золѣ растеній, какъ составная часть ея, сравнительно рѣдко; если въ анализахъ золы какого-нибудь обыкновеннаго растенія приводится между прочимъ и глиноземъ, то въ большинствѣ случаевъ есть основанія приписать присутствіе его землянымъ частичкамъ, механически приставшимъ къ собраннымъ для анализа экземплярамъ, а не самому растенію.

Однако же алюминій встрѣчается въ нѣкоторыхъ растеніяхъ, какъ непремѣнная составная часть золы и часто въ незначительномъ количествѣ. Такъ въ растеніи *Lycopodium complanatum* \*) содержится такъ много уксусновислого глинозема, что щелокъ этого растенія можетъ прямо служить протравой въ красильномъ искусствѣ. Та же самая соль найдена въ виноградныхъ ягодахъ; вполне доказано также, что зола различныхъ частей виноградной лозы содержитъ въ себѣ алюминіевыя соединенія. *Вокеленъ* (Vauquelin) \*\*) сверхъ того нашель уксуснокислый глиноземъ въ березовомъ сокѣ, на что однако должно смотрѣть какъ на аномалію.

До сихъ поръ, впрочемъ, надъ этими растеніями не было предпринято опытовъ искусственнаго выращиванія, а потому вопросъ о значеніи алюминія нельзя считать рѣшеннымъ; однако же постоянное нахожденіе этого элемента въ плаунѣ \*\*\*) заставляетъ считать его для послѣдняго необходимымъ.

*Марганецъ*, въ противоположность алюминію, есть весьма распространенная составная часть растительной золы, но встрѣчается лишь въ незначительныхъ количествахъ \*\*\*\*). Присутствіе этого элемента

---

\*) Глиноземъ встрѣчается также въ золѣ другихъ плауновъ и многихъ лишайевъ. См. Кнопъ: *Kreisl. d. Stoffe*. I. стр. 263.

\*\*) См. Вуссенго: *Сельское хозяйство и пр.*, нѣм. перев. Грегера. 1844. I., стр. 81.

\*\*\*) Кнопъ (I. c.), кажется, напротивъ того, полагаетъ, что глиноземъ принимаютъ въ себя только тѣ растенія, которыя въ корняхъ (или въ соответствующихъ имъ органахъ) содержатъ *сильныя кислоты*, и что всетаки присутствіе въ этихъ случаяхъ, алюминія нужно считать въ извѣстномъ смыслѣ случайнымъ. — О кислотахъ лишайевъ ср. Рохледера: *Phytochemie* 1854. стр. 305.

\*\*\*\*) Въ нѣкоторыхъ исключительныхъ случаяхъ онъ содержится большими количествами. *Radina raconia* (морская водоросль) содержитъ его 8% (?) относительно всего вѣса высушеннаго растенія, хотя въ морской водѣ едва удается открыть слѣды марганца; см. Либихъ: *химія и пр.* 1862. II. стр. 55; сверхъ того марганецъ найденъ въ растеніи *Trapa natans*; см. Горупъ-Безанецъ (*Gorup-Besanez*) въ *Jahresber. f. Agrikulturchemie*. 1861—62. стр. 59.

объясняется значительнымъ распространеніемъ его въ природѣ. Необходимость или полезность его для какого либо растенія до сихъ поръ не доказана.

Къ этимъ веществамъ, иногда встрѣчающимся въ растительной золѣ, примыкаютъ остальные, еще болѣе рѣдкія, къ которымъ отчасти примѣняется сказанное выше относительно глинозема и марганца.

*Литій* \*) есть элементъ, часо встрѣчающійся въ весьма ничтожныхъ количествахъ, что объясняется подобнымъ же распространеніемъ въ почвѣ литіоновой слюды. Впрочемъ, растенія, кажется, обладаютъ свойствомъ концентрировать въ себѣ литій.

Нѣчто подобное имѣетъ мѣсто по отношенію къ *рубидію*, незначительные слѣды котораго также вѣрно открываются спектральнымъ анализомъ. Посредствомъ этого способа, черезчуръ тонкаго для цѣлей земледѣльческой химіи, многократно было обнаружено присутствіе рубидія въ растеніяхъ \*\*).

То же можно сказать и относительно *мѣди*, которая найдена въ очень многихъ растеніяхъ, хотя и въ весьма незначительныхъ количествахъ \*\*\*) \*\*\*\*).

*Бромъ*, подобно *йоду*, былъ найденъ въ морскихъ водоросляхъ и въ нѣкоторыхъ другихъ растеніяхъ.

Относительно присутствія въ растеніяхъ *бора*, *стронція*, *барія*, существуютъ лишь отрывочныя наблюденія. Ни одно изъ названныхъ веществъ не призвано до сихъ поръ необходимымъ или полезнымъ.

Только одно изъ весьма рѣдко встрѣчающихся въ растительной золѣ веществъ, именно *цинкъ*, нужно считать существенно важнымъ для жизненныхъ отправленій тѣхъ растеній, въ которыхъ онъ встрѣчается. Этотъ металлъ содержится въ значительныхъ количествахъ (слѣды его найдены въ корѣ нѣкоторыхъ деревьевъ) въ одной породѣ фіалокъ, именно, въ такъ называемой *галмеевой фіалкѣ*, которая встрѣчается только на почвѣ содержащей *цинкъ*, вблизи цинко-

\*) При водной культурѣ японской гречихи (Ноббе I. с.) литій оказался положительно вреднымъ для этого растенія веществомъ. Прим. А. Г.

\*\*) Grandea: Compt. rend. T. 54 стр. 1057.

\*\*\*) Ср. Гейдена: Ученіе объ удобреніи I. стр. 202.

\*\*\*\*) При указаніяхъ на присутствіе мѣди, которая простирается чуть ли не на всѣ организмы, слѣдуетъ принимать въ соображеніе то обстоятельство, что и въ веществахъ не заключающихъ мѣди, открываютъ ее, если при возстановленіи металла предъ напаяною трубкою употребляются латунная горѣлка или латунная напаянная трубка. Ср. Н. Lossen. Chem. Centralbl. 1866. стр. 136.

выхъ заводовъ, рудниковъ и т. п., а также въ *соответствующихъ разновидностяхъ* другихъ растений, напр. *Thlaspi alpestre*. Въ менѣе значительныхъ количествахъ цинкъ былъ найденъ и во многихъ другихъ растеніяхъ, выросшихъ на почвѣ содержащей цинкъ \*). *Питаніе веществами, содержащими цинкъ, и тѣмъ уклоняющееся отъ нормальнаго питанія, очевидно вызвало въ названныхъ растеніяхъ постепенное наследственное измѣненіе видоваго характера.*

Это весьма интересный въ теоретическомъ отношеніи примѣръ вліянія составныхъ частей золы на извѣстныя вегетативныя отправления растенія, доказывающій вмѣстѣ съ тѣмъ способность послѣдняго мало по малу приспособляться (безъ сомнѣнія путемъ естественнаго подбора) къ даннымъ обстоятельствамъ.

Этимъ можно и закончить обзоръ значенія отдѣльныхъ составныхъ частей растительной золы, такъ какъ онъ совершенно достаточно для преслѣдуемой нами цѣли.

---

## СЕМНАДЦАТАЯ ЛЕКЦІЯ.

**Составныя части золы растеній.—Общія заключенія.—  
Анализъ золы.—Таблицы анализовъ золы.**

Изъ послѣдней лекціи мы знаемъ вполне потребности болѣе извѣстныхъ намъ растеній въ несгораемыхъ веществахъ; а такъ какъ еще раньше были опредѣлены тѣ питательныя вещества, чрезъ ассимиляцію и переработку которыхъ получается органическое вещество, то мы могли высказать окончательно, изъ соединенія какихъ веществъ строится тѣло растеній. Мы видѣли, что кромѣ *кислорода*, который, собственно, не можетъ считаться питательнымъ веществомъ, такъ какъ вступленіе его въ организмъ уменьшаетъ количество органическаго вещества растенія (или, вѣрнѣе, запасъ химической энергіи), въ построеніи тѣла растенія участвуютъ вообще слѣдующія питательныя, въ полномъ смыслѣ этого слова, вещества: *вода*, затѣмъ

---

\*) Ср. Руссе у Сакса: Handb. d. Experm. Phys. d. Pfl. стр. 153.

четыре минеральныя кислоты: угольная, азотная, серная и фосфорная, и четыре основанія: кали, известь, магнезія, желѣзо.

Такой способъ выраженія, правда, не вполнѣ точенъ, потому что въ природѣ никогда не приходится имѣть дѣло съ кислотами и основаніями какъ таковыми, а съ солями, которыя только теоретически могутъ считаться состоящими изъ основаній и кислотъ. Кромѣ того, азотная кислота часто замѣняется амміакомъ или нѣкоторыми другими азотистыми соединеніями, а углекислота (для нѣкоторыхъ зеленыхъ растений) можетъ быть отчасти замѣнена уже готовымъ органическимъ веществомъ. Несмотря на то, избранный нами способъ выраженія весьма удобенъ и, послѣ сдѣланной выше оговорки, исключаетъ возможность какихъ либо недоразумѣній.

Зная сырой матеріалъ, изъ котораго строится тѣло растенія, мы можемъ теперь познакомиться съ составомъ *тѣхъ питательныхъ растворовъ*, въ которыхъ легко удастся выращивать растенія.

Весьма простой растворъ, оказывающійся вполнѣ питательнымъ для большинства растений, состоитъ изъ одного пая кислаго фосфорнокислаго кали, одного пая сѣрнокислой магнезии и двухъ павъ азотнокислой извести на такое количество воды, чтобы концентрація всего раствора доходила до 2 или 3 тысячныхъ; ко всему этому еще прибавляется нѣсколько фосфорнокислаго желѣза, которое облѣпляетъ корни растенія. Растворъ этотъ даетъ, кажется, еще лучшіе результаты, если къ нему прибавить одинъ пай азотнокислаго кали. Впрочемъ, относительныя количества отдѣльныхъ солей допускаютъ нѣкоторыя колебанія. Такъ Кюпъ \*) рекомендуетъ для культуры большинства растений слѣдующую смѣсь: берется по вѣсу одна часть азотнокислой извести и по  $\frac{1}{4}$  части азотнокислаго кали, кислаго фосфорнокислаго кали и горькой соли на 1000 или нѣсколько болѣе частей (т. е. граммовъ на литръ воды). Въ одномъ литрѣ этой жидкости распускаютъ еще 2 децигр. фосфорнокислаго желѣза.

Подобные растворы, нѣсколько измѣняющіеся, впрочемъ, въ рукахъ различныхъ экспериментаторовъ, заключаютъ въ себѣ всѣ питательныя для растений вещества, за исключеніемъ только угольной кислоты. Последняя находится въ достаточномъ (для цѣлей такого выращиванія) количествѣ въ атмосферномъ воздухѣ, окружающемъ надземныя части растеній.

Концентрація такихъ растворовъ можетъ измѣняться отъ 0,5 до

---

\*) См. его Kreisl. d. Stoffe. I. стр. 604—606.

5 тысячныхъ \*) \*\*). Многіе изъ предпринятыхъ вначалѣ опытовъ выращиванія не удалсь, вслѣдствіе слишкомъ высокой концентраціи растворовъ. Впрочемъ, сказать вообще, какова наивыгоднѣйшая концентрація нельзя, такъ какъ при этомъ слѣдуетъ соображаться не только со взятыми солями, но и со свойствами выращиваемыхъ растений. *Кнопъ* утверждаетъ \*\*\*) , что при выращиваніи однолѣтнихъ растений лучше всего для первыхъ стадій развитія брать растворъ, содержащій въ себѣ отъ 0,5 до 1 тысячной солей; потомъ, концентрацію раствора слѣдуетъ мало по малу увеличивать до самаго цвѣтенія; послѣ же этого періода растение развивается совершенно нормально даже въ чистой дистиллированной водѣ. — Для многолѣтнихъ растений, особенно для деревьевъ, рекомендуется въ теченіе всего лѣтнаго вегетативнаго періода концентрація въ 0,5—1 тысячной; послѣ же опаденія листьевъ предлагается замѣнить растворъ чистой водой. Далѣе экспериментаторъ, кажется, долженъ также измѣнять свои растворы, соображаясь съ состояніемъ погоды. Въ жаркую погоду, при сильномъ испареніи воды листьями, кажется, выгоднѣе брать болѣе слабые растворы, въ холодное же лѣто—болѣе концентрированные \*\*\*\*).

Но этимъ еще далеко не исчерпаны всѣ правила, которыя долженъ соблюдать экспериментаторъ при выращиваніи растений въ водныхъ растворахъ. То же относится и къ выращиванію въ чистомъ пескѣ и тому подобныхъ веществахъ. Мы уже видѣли выше, что растения производятъ собственною своею ассимиляціею измѣненія въ составѣ предложенной имъ питательной смѣси, и притомъ измѣненія отчасти очень глубокія, дѣлающія эти растворы современемъ весьма вредными для жизни растенія. Обыкновенная почва обладаетъ способностью предотвращать этотъ вредъ посредствомъ различныхъ реакцій, которыя возможны, благодаря присутствію въ ней большого коли-

---

\*) См. тамъ же.

\*\*) При выращиваніи растений въ пескѣ можно употреблять значительно высшую концентрацію (см. у Гельригеля: Jahresber. d. Agrikulturchem. 1861—62 стр. 115). Это обстоятельство до сихъ поръ еще не объяснено удовлетворительно.

\*\*\*) Тамъ же стр. 607.

\*\*\*\*) До сихъ поръ не разъяснено, почему при выращиваніи растений въ питательныхъ растворахъ полезно измѣненіе концентраціи (или даже состава) раствора сообразно съ періодами вегетаціи, тогда какъ въ природѣ нѣтъ подобныхъ приспособленій, по крайней мѣрѣ такихъ, которыя бы дѣйствовали въ томъ же смыслѣ. Сравни двадцать девятую лекцію, гдѣ разсматривается съ этой точки зрѣнія почва.

чества непитательныхъ веществъ. Въ искусственномъ растворѣ этого, конечно, не бываетъ.

Если, напр., выращиваемое въ водномъ растворѣ растение получаетъ питательныя вещества въ такомъ видѣ, что отдѣльныя составныя части избранныхъ солей ассимилируются въ весьма различной степени, то весьма естественно изменение реакціи раствора. Пусть, напр., потребный для растенія азотъ доставляется ему въ видѣ нитрата; амміакъ этой соли быстро усваивается и перерабатывается растеніемъ, соляная же кислота, не находя себѣ потребленія въ растеніи, выдѣляется (осмотически) корнями. При такихъ обстоятельствахъ, растворъ,—особенно если питаніе культивируемаго растенія идетъ энергично,—дѣлается все кислѣе и кислѣе\*). Но сильно кислый растворъ вреденъ для корней, и если экспериментаторъ быстрымъ прибавленіемъ щелочныхъ веществъ не уничтожитъ этого вреда, то растеніе окончательно гибнетъ въ исполнѣ удовлетворительной вначалѣ питательной смѣси, вслѣдствіе собственной своей дѣятельности.

Наоборотъ, если въ среднемъ или весьма слабо кисломъ растворѣ, который переносится растеніемъ, заключаются азотнокислыя соли, основаніе которыхъ усваивается растеніемъ въ менѣе значительномъ количествѣ, нежели азотная кислота, то корни очень скоро снова выдѣляютъ неувоенную часть основанія въ соединеніи съ углекислотою\*\*) (последняя, вслѣдствіе дыханія, образуется повсемѣстно въ тканяхъ растенія и, особенно, тамъ, гдѣ азотная кислота перерабатывается въ протеиновыя соединенія\*\*\*). Такимъ образомъ питательный растворъ дѣлается щелочнымъ и вмѣстѣ съ тѣмъ чрезвычайно вреднымъ для корней. Весьма скоро замѣчаются явленія, обнаруживающія этотъ вредъ. Корни мало по малу отмираютъ и гниваютъ; мертвое органическое вещество, окисляясь, вызываетъ процессъ возстановленія, именно вслѣдствіе послѣдняго образуется изъ содержащихся въ раст-

---

\*) Этимъ свойствомъ нѣкоторыхъ соединеній хлора—способствовать при извѣстныхъ обстоятельствахъ окисленію питательныхъ растворовъ,—объясняется полезность этихъ соединеній въ извѣстныхъ случаяхъ для растений. Присутствіе ихъ устраняетъ возможность появленія щелочной реакціи раствора, о чемъ сей часъ будетъ рѣчь.

\*\*) Ср. у Кнопа тамъ же стр. 604 и Стомана: Landw. Versuchsst. 1862 стр. 66.

\*\*\*) Ср. десятую лекцію, вып. 1 стр. 189.

воръ сѣрной кислоты и желѣзной окиси сѣрнистое желѣзо \*) или, по крайней мѣрѣ, желѣзный купоросъ, который въ свою очередь вредно дѣйствуетъ на оставшіеся въ живыхъ корни. Если экспериментаторъ не слѣдитъ зорко за этими измѣненіями, не испытываетъ отъ времени до времени своего раствора лакмусовой бумажкой, и не уничтожаетъ своевременно щелочную реакцію прибавленіемъ нѣсколькихъ капель фосфорной кислоты, то растение, вслѣдствіе своей вегетативной дѣятельности, очень скоро умираетъ.

Не трудно оцѣнить теперь заслугу тѣхъ, которые принимали участіе въ развитіи этого метода выращиванія растений въ водныхъ растворахъ. Стоитъ только сообразить, сколько затрудненій нужно было преодолѣть, прежде чѣмъ можно было думать о примѣненіи этого метода къ научнымъ цѣлямъ.

Характеръ вредныхъ пзмѣненій, вызываемыхъ въ питательномъ растворѣ одностороннею ассимиляціею растенія, вполне объясняетъ пѣлесообразность и другихъ приѣмовъ, состоящихъ въ частомъ возобновленіи питательнаго раствора или въ употребленіи большихъ количествъ его.

Для сравненія скажемъ и здѣсь нѣсколько словъ относительно того, въ какомъ видѣ низшіе безхлорофильные организмы принимаютъ въ себя составныя части золь. Для нѣсколькихъ организмовъ этого класса существуютъ въ этомъ отношеніи нѣкоторыя указанія. Обыкновенныя пивныя дрожжи, *Cryptococcus cerevisiae*, развиваются очень хорошо \*\*), получая, за исключеніемъ сахара, одни только неорганическія вещества, напр. въ 15 — 22% растворѣ сахара, къ которому прибавлено 5 тысячныхъ кислаго фосфорнокислаго кали, 2½ тысячныхъ сѣрнокислой магnezіи (кристаллической горькой соли) и ½ тысячной трехосновной фосфорнокислой извести и, сверхъ того, еще 7½ тысячныхъ азотнокислаго амміака. Азотную кислоту безъ сомнѣнія не слѣдуетъ считать здѣсь веществомъ питательнымъ въ полномъ смыслѣ этого слова, а лишь такимъ, которое сообщаетъ питательной смѣси удоб-

---

\*) Подобныя явленія возстановленія, связанныя съ образованіемъ чернаго сѣрнистаго желѣза, наступаютъ и въ томъ случаѣ, когда сосудъ, въ которомъ производится выращиваніе, такъ сильно наполненъ корнями, что доступъ туда кислорода, сравнительно, ничтоженъ. Гниеніе нѣкоторыхъ мертвыхъ корней происходитъ тогда на счетъ кислорода самыхъ солей (Ср. Ю. Сакса: Landw. Versuchsst. 1866, стр. 266). Образованіе сѣрнистаго желѣза иногда происходитъ и въ кислыхъ растворахъ. Ср. Кюнг: Ann. d. Chem. u. Pharm. V. 129 p. 130.

\*\*) Ср. мои: «Untersuchungen über die alkoholische Gährung etc.», 1869.

ную химическую форму; такое же значеніе имѣетъ, вѣроятно, и известъ. Если же азотъ доставляется въ видѣ органическаго вещества, напр. въ видѣ пепсина, который (при обыкновенномъ способѣ приготовления) всегда содержитъ въ себѣ сѣру, то можно ограничиться тѣмъ же количествомъ кислаго фосфорнокислаго кали и сѣрнокислой магнезій, но безъ фосфорнокислой извести, или также фосфорнокислымъ кали съ 3 тысячными фосфорнокислой амміачно-магнезіальной соли, хотя послѣдняя смѣсь оказывается нѣсколько менѣе выгодной. Нерастворимыя сами по себѣ фосфорнокислыя соли щелочныхъ земель мало по малу растворяются при этомъ отъ дѣйствія развивающейся при броженіи углекислоты, а также отъ дѣйствія кислыхъ солей калия и т. п.

Изъ этихъ отрывочныхъ данныхъ видно, что хотя высшія растенія съ одной и дрожжевой грибъ съ другой стороны требуютъ для своего питанія не однихъ и тѣхъ же веществъ, однако химическая форма, въ которой доставляются нѣкоторыя вещества, въ обоихъ случаяхъ тождественна, особенно если сравнить другъ съ другомъ питательныя смѣси, оказавшіяся наиболѣе пригодными.

Что же касается концентраціи растворовъ, годныхъ для питанія указаннаго выше представителя низшихъ организмовъ, то въ этомъ отношеніи замѣчается рѣзкое отличіе, сравнительно съ тѣмъ, что пзвѣстно для высшихъ зеленыхъ растеній. Отличіе это заключается въ томъ, что пивныя дрожжи могутъ переносить гораздо болѣе высокую концентрацію растворовъ, что ясно видно изъ приведенныхъ выше числъ. Я могу присовокупить, что рука объ руку съ этимъ свойствомъ идетъ значительная нечувствительность грибка къ примѣсамъ постороннихъ солей.

Этихъ указаній, относительно наиболѣе цѣлесообразныхъ способовъ воздѣлыванія растеній въ водныхъ растворахъ, совершенно достаточно. Впослѣдствіи мы увидимъ \*), что въ природѣ растенія находятся въ совершенно другихъ условіяхъ, которыхъ мы до сихъ поръ держались. Тамъ корни погружены не просто въ растворы, но въ жидкости, которыя претерпѣваютъ различныя измѣненія отъ дѣйствія твердыхъ частицъ почвы; сверхъ того, корни сами приходятъ въ непосредственное соприкосновеніе и дѣйствуютъ измѣняющимъ образомъ на частички, которыя не представляютъ индифферентную массу, какъ въ опытахъ, производимыхъ по методѣ Сальмъ-Горстмара и Гель-

\*) Ср. особенно лекцію двадцать девятую.

ригеля, а состоятъ отчасти изъ веществъ, сравнительно легко переходящихъ въ растворъ. Изъ этого мы можемъ уже заключить, что принятіе питательныхъ веществъ при естественныхъ условіяхъ происходитъ нѣсколько иначе.

Прежде чѣмъ покончить съ главою о составныхъ частяхъ растительной золы, мы должны еще упомянуть объ одномъ способѣ выраженія, прилагавшемся преимущественно къ питанію растений посредствомъ минеральныхъ веществъ. Мысль, лежащую въ основѣ этого способа выраженія, нельзя было не привѣтствовать какъ счастливую при первыхъ опытахъ надъ этимъ питаніемъ. Но, къ сожалѣнію, гипотеза, заключающаяся въ этой мысли, съ самаго же начала оказалась несостоятельною. Если и теперь еще эта гипотеза считается осуществимою можетъ быть въ извѣстныхъ предѣлахъ, если даже принимается за теорію, согласную съ фактами, вслѣдствіе чего все еще удерживается прежній способъ выраженія, то это указываетъ, какъ мы тотчасъ увидимъ, на извѣстную неясность въ воззрѣніяхъ.

Я разумѣю здѣсь такъ называемое *замѣщеніе* растительныхъ питательныхъ веществъ, т. е. способность веществъ заступать мѣсто другаго химически сходнаго (обыкновенно изоморфнаго) вещества въ организмѣ, и играть тамъ роль, нормально свойственную замѣщенной составной части.

Первоначальная обратка этого вопроса, безъ сомнѣнія, имѣла большую важность. Для теоріи питанія растений необходимо было рѣшить, возможно ли такое замѣщеніе отдѣльныхъ питательныхъ веществъ, могутъ ли изоморфныя основанія и кислоты замѣщать другъ друга безъ нарушенія физиологическихъ отправленій.

Но какъ скоро было доказано, что для существованія организма или для извѣстнаго отправленія его *абсолютно необходимы извѣстныя питательныя вещества*, то совершенно нелогично было говорить о замѣщаемости такого вещества другимъ; въ такомъ случаѣ, при достаточномъ видоизмѣненіи питательныхъ растворовъ, вещество это оказалось бы при извѣстныхъ условіяхъ *излишнимъ*.

Такъ какъ опыты показали, что это невозможно, что истинно питательныя вещества, относительно которыхъ, собственно, и былъ поднятъ вопросъ о замѣщаемости, всѣ безъ исключенія абсолютно необходимы, то стали говорить—здѣсь и начинается ошибка—о *частномъ замѣщеніи* этихъ веществъ. При этомъ упустили изъ виду (не говоря уже о невѣроятности предположенія, по которому замѣщающее вещество лишь до извѣстной степени способно принять на себя отправле-

нія другого вещества), что въ дѣйствительности мы не имѣемъ никакого средства, для того чтобы подмѣнить неполное замѣщеніе. Намъ уже извѣстно, что растенія принимаютъ въ себя изъ окружающей среды не только вещества, въ которыхъ они нуждаются, но и цѣлый рядъ другихъ веществъ, даже ядовитыхъ \*), случайно попадающихся на ихъ пути, и поглощаютъ ихъ до извѣстной степени тѣмъ больше, чѣмъ больше ихъ находится въ окружающей средѣ. Если теперь, при опытѣ искусственнаго выращивания, въ питательной смѣси предпринимается такъ-называемое замѣщеніе, одно вещество замѣняютъ отчасти другимъ, химически сходнымъ, то совершенно естественно, что питательное вещество оказывается въ органахъ растенія вообще въ меньшемъ, а «замѣщающее вещество» — въ большемъ противъ прежняго количествѣ. Совершенно нелогично видѣть въ этомъ частное замѣщеніе, даже если въ одномъ какомъ-нибудь опытѣ это замѣщеніе произошло въ эквивалентномъ отношеніи. Чтобы утверждать это, необходимо выработать сначала такой методъ культуры, который позволялъ бы взмѣрять вліяніе какого-либо питательнаго вещества на организмъ \*\*). Только при такомъ условіи можно будетъ, оставаясь на чисто научной почвѣ, снова возбудить вопросъ о частномъ замѣщеніи питательнаго вещества.

Все сказанное выше прилагается, впрочемъ, только къ *необходимымъ, а не къ полезнымъ питательнымъ веществамъ*. Такъ мы имѣемъ полное основаніе для растеній, въ которыхъ наблюдалось полезное дѣйствіе хлористыхъ металловъ, ставить вопросъ о возможности замѣщенія послѣднихъ въ растенія бромистыми металами, хотя надежда на успѣхъ весьма незначительна, судя по добытымъ до сихъ поръ свѣдѣніямъ, касательно специфическаго дѣйствія отдѣльныхъ составныхъ частей золы.

Этими замѣчаніями, собственно говоря, исчерпано все, что можно сказать общаго о взаимномъ замѣщеніи питательныхъ веществъ. Однако мы коснемся еще нѣкоторыхъ подробностей этого вопроса, такъ какъ связанныя съ нимъ ошибки играли и еще до сихъ поръ играютъ значительную роль въ исторіи нашей науки.

\*) См. 21 лекцію.

\*\*) Только способъ, указанный Гельригелемъ (см. Landwirtsch. Versuchsst. 1869, стр. 137), можетъ быть, современемъ пополнить этотъ пробѣлъ, такъ какъ онъ стремится, при употребленіи возможно меньшихъ количествъ зольныхъ составныхъ частей, достигнуть возможно наибольшаго результата; такимъ образомъ получается по крайней мѣрѣ точка опоры для того, чтобы судить о дѣйствіи питательныхъ веществъ на организмъ.

*Либихъ* первый заговорилъ о взаимномъ замѣщеніи питательныхъ веществъ, полагая, что опирается при этомъ на факты. Мнѣніе это онъ высказалъ въ извѣстномъ своемъ сочиненіи въ 1840 г. \*), слѣдовательно въ то время, когда еще не была доказана, а многимъ даже и не подозрѣвалась необходимость для растений извѣстныхъ веществъ, входящихъ въ составъ золы. Въ то время постановка такого вопроса была вполне своевременна и не находилась въ разладѣ ни съ однимъ изъ извѣстныхъ фактовъ \*\*). Гипотеза о взаимномъ замѣщеніи неорганическихъ основаній, которую развивалъ *Либихъ*, находилась даже въ связи съ попыткой рациональнаго объясненія значенія составныхъ частей золы. Вотъ сущность его выводовъ.

Онъ сравнилъ между собою два анализа сосновой золы и два анализа еловой золы \*\*\*), при чемъ оказалось, что въ 100 частяхъ золы въ обоихъ случаяхъ основанія, связанные углекислою и выраженные въ процентахъ всей золы, заключали почти одинаковое количество кислорода, т. е. что, на одинаковое количество минеральныхъ составныхъ частей, въ золѣ одного и того же растения приходились эквивалентныя количества основаній, соединенныхъ съ углекислою \*\*\*\*). Изъ этого совершенно одинокого и точно недоказаннаго факта, онъ вывелъ, какъ общее положеніе, что въ золѣ каждаго растения содержится совершенно опредѣленное, измѣряемое эквивалентами количество основаній, и что въ этихъ предѣлахъ одно основаніе можетъ замѣщаться другимъ.

Если уяснить себѣ истинный смыслъ этого положенія, столь быстро обобщеннаго, не смотря на то, что оно покоится на совершенно отрывочныхъ и къ тому же не вполне достовѣрныхъ фактахъ, то слѣдуетъ прежде всего замѣтить, что для такой золы, какъ древесная, гдѣ количество нелетучихъ кислотъ весьма незначительно, вслѣдствіе чего зола эта состоитъ преимущественно изъ углекислыхъ солей, уже само по себѣ весьма вѣроятно встрѣтить основанія, соединенныя съ углекислою, приблизительно въ одинаковыхъ процентныхъ количествахъ,

---

\*) Стр. 87 и сл.

\*\*) Тѣмъ несвоевременнѣе она въ новѣйшихъ изданіяхъ сочиненія *Либиха*, откуда она не исключена, безъ сомнѣнія, лишь изъ нѣкотораго уваженія къ тому, что уже разъ написано.

\*\*\*) Въ одномъ изъ нихъ, сдѣланномъ еще *Соссюромъ*, не показано даже магнѣзій, — вслѣдствіе чего этотъ анализъ, очевидно, не вѣренъ, на что уже указывалъ *Читремель*.

\*\*\*\*) См. также разсужденія *Либиха* въ *Annal. d. Chem. u. Pharm.* В. 38, стр. 249.

а вмѣстѣ съ тѣмъ (принимая въ соображеніе незначительное различіе эквивалентнаго вѣса наиболѣе измѣчивыхъ основаній—извести и натра) и въ приблизительно одинаковыхъ эквивалентныхъ количествахъ. Далѣе ясно, что основанія, соединенныя въ золѣ съ углекислотой, могутъ далеко не соответствовать основаніямъ, соединеннымъ въ живомъ растеніи съ органическими кислотами: кремневая кислота, которая находится въ растеніи свободно въ клѣточныхъ оболочкахъ, въ золѣ оказывается соединенною съ основаніями, далѣе уже въ живомъ растеніи могли заключаться углекислыя соли и т. д.—все это обстоятельства, которыя слѣдуетъ имѣть въ виду, разбирая аргументацію *Либиха*.

Очевидно также, что *Либихъ* самъ сильно поколебалъ свою теорію, построенную на крайне шаткомъ фундаментѣ. На основаніи новой гипотезы, онъ принимаетъ, что растительныя алкалоиды могутъ замѣщать неорганическія основанія, постоянное присутствіе которыхъ въ золѣ онъ только что доказалъ \*). Нечего и говорить, что многочисленные позднѣйшіе анализы золы отнюдь не подтвердили положенія *Либиха*. Тому, кто считаетъ нужнымъ вполне въ этомъ убѣдиться, я предлагаю взять на выдержку нѣсколько анализовъ золы изъ тѣхъ, которые приведены въ изданіи 1862 года сочиненія *Либиха*, и на этихъ примѣрахъ провѣрить его положеніе. Часто окажется дѣйствительно приблизительно одинаковое содержаніе кислорода въ основаніяхъ, соединенныхъ съ угольною кислотою, но не чаще, чѣмъ того требуетъ простая вѣроятность. Часто также (для чего я рекомендую

---

\*) Дѣйствительно, во всѣхъ многочисленныхъ изданіяхъ сочиненія *Либиха* на одной и той же страницѣ (92 изд. 1840) высказываются относительно этого предмета возрѣнія, другъ другу очевидно противорѣчащія. Тамъ говорится: «Если образованіе опредѣленнаго, постояннаго количества растительнокислыхъ солей обуславливается особенностью самихъ органовъ растенія, если эти соли въ извѣстномъ смыслѣ необходимы для жизни растенія, то недостатокъ извѣстныхъ основаній, очевидно, будетъ восполняться другими щелочными основаніями, одинаковаго съ ними дѣйствія; если же растеніе не будетъ имѣть въ своемъ распоряженіи ни одного изъ этихъ основаній, то оно и не разовьется». Но черезъ нѣсколько строкъ встрѣчаемъ новую теорію, по которой оказывается, что растеніе при полномъ отсутствіи этихъ основаній, само приготовляетъ себѣ основанія органическія: «Если, напр., при развитіи картофеля устранить почву, какъ магазинъ неорганическихъ основаній, заставляя, напр., картофель расти въ погребкахъ, то въ побѣгахъ его образуется весьма ядовитое вещество, обладающее несомнѣнными щелочными свойствами и т. д.». Такія противорѣчія встрѣчаются въ сочиненіи *Либиха* не рѣдко.

въ особенноти анализы табачной зола, стр. 410) \*) окажется полнѣйшее несовпаденіе; да иначе и быть не можетъ, если принять въ соображеніе способность растеній поглощать не только вещества, въ которыхъ они нуждаются, но и вещества безполезныя, случайно попадающіяся имъ на пути. А между тѣмъ очевидно, что случайное поглощеніе незначительнаго избытка сѣрноиспелаго кали или хлористаго натрія, кислоты которыхъ остаются въ такомъ случаѣ въ растеніи переработанными, отнимаетъ у вычисленія всякое значеніе \*\*).

Я замѣчу еще разъ, что, въ виду непостоянства состава зола, первоначальная мысль о взаимной замѣщаемости минеральныхъ веществъ имѣла полное основаніе. Но послѣ того, какъ была доказана безусловная необходимость обыкновенныхъ питательныхъ веществъ, полное замѣщеніе одного изъ этихъ веществъ другимъ слѣдовало признать невозможнымъ; а когда, вслѣдъ за тѣмъ оказалось, что въ растительномъ организмѣ накаплиются и минеральныя вещества, которыя ни

\*) Сравни анализы 5 и 6, которые произведены надъ табакомъ изъ Фюпф-вирхена учеными, заслуживающими полное довѣріе (*Виллемъ и Фрезениусомъ*).

	№ 5	№ 6
Кали . . . . .	8,20 % . . . . .	19,55 %
Натра . . . . .	0 „ . . . . .	0,27 %
Магнезіи . . . . .	13,63 „ . . . . .	11,07 „
Извести . . . . .	46,08 „ . . . . .	48,68 „

Количества показанныхъ, кромѣ того, постоянныхъ кислотъ такъ незначительны и вмѣстѣ съ тѣмъ такъ приблизительно эквивалентны, что сообщаемыми числами можно прямо воспользоваться для обсужденія разсматриваемаго вопроса. Неэквивалентность основаній здѣсь очевидна; къ тому же табакъ не представляеть въ этомъ отношеніи единственнаго примѣра.

\*\*) Это обстоятельство, безъ сомнѣнія, не помѣшало *Либиху* помѣстить и въ новѣйшихъ изданіяхъ своего сочиненія тѣ же теоріи, какъ и въ 1840 г., когда онъ еще имѣлъ нѣкоторое основаніе, рядомъ съ противорѣчающими имъ анализами. Благосклонный читатель, увлеченный краснорѣчіемъ великаго писателя, конечно не станетъ впадать въ такія мелочи. Вмѣстѣ съ тѣмъ нельзя же требовать отъ автора, чтобы онъ удостоилъ хоть единымъ взглядомъ результаты, добытые мелкими его современниками, къ тому же наперерывъ распылявшимися передъ нимъ въ самыхъ подобострастныхъ выраженіяхъ; стоило ли изъ за этихъ противорѣчій передѣлывать устарѣвшія главы сочиненія или снабжать ихъ примѣчаніями.

Конечно, не стоило бы воскрешать и разсматривать, насколько справедливы эти случайныя, прихотливыя идеи такого изслѣдователя; и я самъ приписалъ бы подобную выходку лишь мелочному озлобленію критики, если бы въ связи съ этими именно идеями не находилась *вся теорія замѣщаемости* съ ея неясными представленіями.

какъ не могутъ считаться питательными, то, подѣ страхомъ просить совершенно нелогичнымъ, слѣдовало сознаться, что до сихъ поръ мы не имѣемъ еще никакихъ средствъ судить о возможности частнаго замѣщенія; если, не смотря на это, дѣлались подобныя попытки обличившія неясность воззрѣній, то виною тому слѣбая вѣра въ авторитетъ, на каждомъ шагу встрѣчающаяся въ нашей наукѣ.

Я не намѣренъ входить въ болѣе подробный разборъ тамъ и сямъ высказываемыхъ воззрѣній на замѣщаемость питательныхъ веществъ\*). Для критической оцѣнки ихъ достаточно и того, что уже сказано.

Я только напиралъ на то, что всѣ попытки произвести полное замѣщеніе одного изъ минеральныхъ питательныхъ (въ тѣсномъ смыслѣ) веществъ другимъ, оказались совершенно безуспѣшными, что, впрочемъ, вытекаетъ прямо изъ безусловной необходимости этихъ веществъ для жизни растений; что же касается такъ называемыхъ полезныхъ составныхъ частей земли, то въ настоящее время нѣтъ и, конечно, еще долго не будетъ никакой точки опоры для того, чтобы судить о возможности ихъ замѣщенія. Допуская эту возможность для какаго либо питательнаго вещества, мы, очевидно, уже не имѣемъ права говорить о необходимости этого вещества, а развѣ только о необходимости цѣлой группы веществъ. Поэтому едва ли нужно упоминать о томъ, что при искусственномъ выращиваніи не удалось замѣстить въ растеніяхъ:

*Калиевыя* соединенія *натровыми*, *рубидиевыми*, *литіевыми* и *цезіевыми* соединеніями, *кальціевыя* соединенія *баріевыми*, *стронціевыми* и т. п. соединеніями, *магніевыя* соединенія *литіевыми*, *кальціевыми* и т. п., *железные* соединенія *марганцовыми*, *никкелевыми* или *кобальтовыми*, *спирнокислыя соли селенокислыми* и др. солями, или угольную кислоту кремневою кислотой.

Этимъ можно и покончить съ даннымъ вопросомъ.

Но, изложивъ потребности растенія въ минеральныхъ веществахъ, необходимо привести еще нѣкоторыя общія соображенія, которыми намъ придется воспользоваться впоследствии для практическихъ выводовъ изъ теоріи питанія.

Мы видѣли, что известное число веществъ безусловно необходимо

\*) Однимъ изъ многочисленныхъ примѣровъ могутъ служить неясные выводы Г. Вилля касательно замѣщаемости (см. Compt. rend. T. 51. 437, въ извлеченіи: Jahresber. f. Agriculturch. 1860—61. стр. 74).

для развитія растенія. Правда, эти вещества принимаются растеніемъ въ весьма различныхъ количествахъ; по послѣднія должны считаться въ пзвѣстномъ смыслѣ равнозначущими для питанія, т. е. полное отсутствіе или недостаточное количество одного изъ нихъ вредитъ развитію растенія. Если, слѣд., въ окружающей средѣ, откуда растенія берутъ для себя питательныя вещества, какое нибудь изъ этихъ послѣднихъ находится въ недостаточномъ количествѣ, то этотъ недостатокъ не можетъ быть пополненъ излишкомъ другого питательнаго вещества, потому что ни одно изъ нихъ не въ состояніи, по отношенію къ своему дѣйствію на организмъ, замѣнить собою другое вещество. Поэтому *ростъ* организма и *увеличеніе растительной массы регулируется* тѣмъ *питательнымъ веществомъ*, которое *содержится въ сравнительно наибольшемъ недостаточномъ количествѣ*.

Это положеніе, представляющее не болѣе какъ логическій выводъ изъ того факта, что нѣкоторыя питательныя вещества безусловно необходимы для жизни растенія, было высказано въ первый разъ, хотя въ нѣсколько иной формѣ, *Либихомъ* \*), п \*\*) съ тѣхъ поръ часто примѣнялось въ теоріи удобренія подъ именемъ закона наименьшихъ количествъ. Часто его формулируютъ такъ: *Величина производства определяется питательнымъ веществомъ, находящимся въ наименьшемъ количествѣ* (по отношенію къ тѣмъ количествамъ отдѣльныхъ питательныхъ веществъ, взаимнодѣйствіе которыхъ необходимо для достиженія вполнѣ нормальнаго развитія). Прибавленіе одного какого либо удобрительнаго вещества вообще не можетъ имѣть никакихъ послѣдствій. Результатъ можетъ измѣниться только отъ прибавленія вещества, содержащагося въ наименьшемъ количествѣ, или же отъ одновременнаго прибавленія всѣхъ веществъ, если прежде уже существовало между ними правильное соотношеніе.

Здѣсь, кстати, слѣдуетъ замѣтить, что такъ называемый законъ наименьшихъ количествъ прилагается не только къ неорганическимъ и не только къ питательнымъ веществамъ вообще, но распространяется и на всѣ прочія необходимыя условія произрастанія \*\*\*).

---

\*) Исаѣе всего это объяснено въ: Die Chemie etc. 1862. II. стр. 133 и слѣд.

\*\*) Впрочемъ подобное воззрѣніе высказалъ уже *Шпрегель*. См. Die Lehre vom Dünger 1839. стр. 53.

\*\*\*) Въ этомъ, болѣе широкомъ смыслѣ, *Либихъ* неоднократно грѣшилъ противъ закона наименьшихъ количествъ; это-то отчасти и привело его къ той цѣльной политикѣ удобренія, съ которою мы познакомимся впоследствии, ср. впрочемъ мою статью: Das Düngerkapital und der Raubbau 1869. стр. 13 и 14.

Мы видѣли выше, что свѣтъ и извѣстная температура суть необходимые условия произрастанія. Очевидно, слѣд., что избытокъ питательныхъ веществъ ни мало не будетъ способствовать успешному произрастанію организма, если только послѣдній пользуется наименьшимъ (въ разъясненномъ выше смыслѣ) количествомъ свѣта; впоследствии мы извлечемъ изъ этого факта весьма важные для земледѣлія выводы. Точно также совокупное избытокъ солнечнаго свѣта и питательныхъ веществъ не принесетъ никакой пользы, если температура будетъ слишкомъ низка для развитія растенія и проч. Все это положенія, въ сущности сами собою понятныя, а между тѣмъ, какъ будетъ показано ниже, ихъ часто совершенно упускали изъ виду.

Въ заключеніе я изложу вкратцѣ общій ходъ анализа золы. Въ этомъ отношеніи лучше всего сослаться на новѣйшія сообщенія *Бунзена*, опубликованныя въ «*Annalen der Oenologie*» (ч. 1 стр. 1). Я ограничиваюсь буквальной выпискою изъ этой статьи, не считая нужнымъ прибавить къ ней что либо отъ себя.

#### ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЯ ДѢЙСТВІЯ.

Для анализа берется отъ 7 до 10 граммовъ золы, хорошо перемѣшанной и превращенной въ тонкій порошокъ. Зола высыпается въ стеклянный цилиндръ съ притертой пробкой, вмѣстимостью около 300 куб. сант. Затѣмъ въ цилиндръ наливаютъ около 20 к. с. воды и въ находящееся надъ жидкостью пространство пропускаютъ углекислоту до тѣхъ поръ, пока не прекратится поглощеніе, т. е. до полного насыщенія жидкости. Для этого необходимо закрытый пробкою сосудъ время отъ времени встряхивать; послѣ чего всю жидкость выливаютъ въ фарфоровую чашку. Если къ стеклу цилиндра крѣпко пристали кристаллы углекислой извести, то ихъ необходимо отдѣлить, для чего, наливъ въ цилиндръ немного воды, снова пропускаютъ въ него нѣсколько разъ углекислоту и встряхиваютъ сосудъ, пока не произойдетъ совершенное раствореніе: полученную жидкость вливаютъ въ ту же чашку. Затѣмъ вся масса выпаривается досуха на водяной банѣ съ цѣлью выдѣлить по возможности больше гипса, который отфильтровываютъ чрезъ очень маленькую фильтру, заставляя жидкость стекать прямо въ колбочку, въѣсъ которой опредѣленъ. При этомъ кончикъ воронки не долженъ касаться фильтрата, а также не должно быть брызгъ на внутреннихъ стѣнкахъ сосуда.

Жидкость, содержащая въ растворѣ хлористые металлы, углекислыя, сѣрнокислыя, а въ болѣе рѣдкихъ случаяхъ и фосфорнокислыя соли, обрабатывается слѣдующимъ образомъ:

#### АНАЛИЗЪ ВЕЩЕСТВЪ, РАСТВОРИМЫХЪ ВЪ ВОДѢ.

Находящуюся въ колбѣ жидкость смѣшиваютъ съ промывными водами, а затѣмъ жидкость быстрымъ отвѣшиваніемъ (во избѣжаніе возможнаго образованія осадковъ при стояніи) раздѣляютъ на пять порцій, которыя служатъ для слѣдующихъ опредѣленій (изъ остатка, который оставляютъ въ колбѣ на всякій случай, берется нѣсколько капель для испытанія на фосфорную кислоту).

##### 1) *Опредѣленіе хлора.*

Производится по извѣстному способу, посредствомъ осажденія изъ кипящей жидкости подкисленнымъ растворомъ азотнокислаго серебра.

##### 2) *Опредѣленіе сѣрной кислоты.*

Подкисляютъ соляною кислотою, кипятятъ и приливаютъ хлористаго барія.

##### 3) *Опредѣленіе щелочей.*

Для удаленія сѣрной кислоты и магnezіи, а также фосфорной кислоты, приливаютъ баритовой воды, пока не прекратится образованіе осадка, затѣмъ выпариваютъ досуха и выщелачиваютъ возможно меньшимъ количествомъ воды. Отфильтровавъ, осаждаютъ углекислымъ амміакомъ и амміакомъ, процѣживаютъ, подкисляютъ соляною кислотою, выпариваютъ и наконецъ слегка прокалываютъ. Обработку углекислымъ амміакомъ, выпариваніе и удаленіе образовавшагося нашатыря посредствомъ нагрѣванія повторяютъ до тѣхъ поръ, пока не выдѣлится весь баритъ. Наконецъ взвѣшиваютъ хлористыя щелочи, для чего предварительно возвышаютъ температуру до темнокраснаго каленія, и затѣмъ тотчасъ осаждаютъ хлористый калий хлористою платиною.

##### 4) *Опредѣленіе фосфорной кислоты, извести и магnezіи.*

Если качественный анализъ указалъ на присутствіе фосфорной кислоты, то сначала кипятятъ растворъ съ соляною кислотою для уда-

ленія углекислоты, по охлажденіи осаждаютъ амміакомъ небольшое количество фосфорно-амміачно-магнезіальной соли, а затѣмъ опредѣляютъ фосфорную кислоту посредствомъ осажденія хлористымъ магніемъ, нашатыремъ и амміакомъ; въ случаѣ же отсутствія фосфорной кислоты, отдѣляютъ известь щавелевокислымъ амміакомъ и осаждаютъ магнезію, прибавляя фосфорнокислаго натра и амміака.

#### 5) *Опредѣленіе углекислоты.*

Опредѣляютъ въ особомъ приборѣ \*) потерю въ вѣсѣ, претерпѣваемую жидкостью при нагреваніи съ кислотой.

#### АНАЛИЗЪ ВЕЩЕСТВЪ, НЕРАСТВОРИМЫХЪ ВЪ ВОДѢ.

Нерастворимую часть, а также соли земель, выдѣлившіяся при вторичномъ выпариваніи, снимаютъ съ фильтрѣ, высушиваютъ при 100° вмѣстѣ съ золою фильтрѣ (?) и взвѣшиваютъ. Фильтру сожигаютъ отдѣльно и золу ея еще разъ выпариваютъ съ углекислой водой въ водяной банѣ и присоединяютъ къ главной массѣ. Затѣмъ, послѣ тщательнаго перемѣшиванія, отвѣшиваютъ двѣ порціи.

1 порція (не болѣе 2 гр.).

Вещество обливаютъ азотной кислотой, которая насыщена азотистой, образующеюся при дѣйствіи азотной кислоты на мѣдь (съ цѣлью перевести въ растворъ высшія степени окисленія марганца) и нагреваютъ въ водяной банѣ до тѣхъ поръ, пока не растворятся всѣ основанія, вмѣстѣ съ фосфорной кислотой, и не улетучится углекислота. Для отдѣленія кремнезема растворъ выпариваютъ досуха и посредствомъ обработки азотной кислотой и горячею водою, отдѣляютъ кремнеземъ отъ растворимыхъ веществъ.

#### 1) *Опредѣленіе фосфорной кислоты.*

Отдѣленіе фосфорной кислоты посредствомъ окиси желѣза такъ же совершенно, что кажется, лучше, вмѣсто основаннаго на немъ способа: опредѣленія основаній въ одной порціи и фосфорной кислоты помощью молибденовой кислоты въ другой порціи, производить *прямое отдѣленіе*. Для этого отфильтрованную отъ кремнезема жидкость обрабатываютъ дымящеюся азотной кислотой, прибавляютъ къ ней 2—3 гр. олова и послѣ образованія окиси олова выпариваютъ для удаленія азотистой кислоты до тѣхъ поръ, пока не получится тѣстообразная масса (слѣд. не досуха). Смѣсь фосфорнокислаго олова съ избыткомъ окиси олова промываютъ на фильтрѣ, затѣмъ посредствомъ

\*) Обыкновенный приборъ для опредѣленія углекислоты.

пера переносятъ въ чашку—и растворяютъ въ чистомъ ѣдкомъ кали. При этомъ надо быть осторожнымъ, такъ какъ избытокъ ѣдкаго кали производитъ нерастворимый осадокъ. Черезъ фильтръ, съ которой снятъ осадокъ, нѣсколько разъ пропускаютъ небольшое количество ѣдкаго кали, чтобы перевести въ растворъ все оставшееся на фильтрѣ. Щелочной растворъ сливаютъ въ большой, предварительно взвѣшенный стеклянный стаканъ и насыщаютъ сѣрнистымъ водородомъ. По прибавленіи сѣрной кислоты все олово осаждается въ видѣ двухсѣрнастаго соединенія. Когда жидкость совершенно отстоится, производятъ взвѣшиваніе, а затѣмъ прозрачную жидкость, находящуюся надъ осадкомъ, процеживаютъ сквозь взвѣшенную и предварительно не смоченную водою складчатую фильтру въ колбу, вѣсъ которой опредѣленъ заранее, и снова взвѣшиваютъ. Только эта часть служитъ для опредѣленія фосфорной кислоты. Жидкость подвергается сильному выпариванію и осаждаютъ амміакомъ и хлористымъ магніемъ, содержащимъ нашатырь. Сѣрнистое олово собираютъ на взвѣшенной фильтрѣ: промываютъ, высушиваютъ и взвѣшиваютъ, причемъ не гонятся за точностью. Полученный вѣсъ вычитаютъ изъ общаго вѣса съ цѣлью узнать вѣсъ жидкости и произвольной части, употребляемой для опредѣленія.

## 2) *Опредѣленіе желѣза и глинозема.*

Отдѣженную отъ оловяннаго осадка жидкость насыщаютъ сѣрнистымъ водородомъ для удаленія примѣсей, введенныхъ вмѣстѣ съ оловомъ \*). Образующіеся при этомъ сѣрнистые металлы фильтруютъ и промываютъ. Фильтратъ выпариваютъ для удаленія избытка сѣрнистаго водорода, а затѣмъ кипящую жидкость осаждаютъ амміакомъ. Осадокъ глинозема и желѣза помѣщаютъ подъ колпакъ, заменутый амміакомъ, во избѣжаніе выдѣленія углекислыхъ солей, даютъ ему отстояться, процеживаютъ и промываютъ. Съ помощью пера осадокъ переносятъ съ фильтры въ стеклянный стаканъ и, вмѣстѣ съ при- ставшими къ фильтру частицами, растворяютъ въ слабой, теплой соляной кислотѣ. Далѣе, растворъ почти насыщаютъ углекислымъ натромъ и въ платиновой чашкѣ осаждаютъ желѣзо посредствомъ ѣдкаго кали; глиноземъ же осаждается изъ профильтрованной жидкости, подкисленной соляной кислотой посредствомъ сѣрнистоводороднаго сѣрнистаго аммонія. Если вещество заключало много марганца, то его отдѣляютъ отъ окиси желѣза посредствомъ вторичнаго осажденія амміакомъ.

\*) Свинець и т. п.

3) *Опредѣленіе извести и магнезій.*

Жидкость, отдѣленную отъ осадка, образовавшагося отъ дѣйствія амміака, нагревають и посредствомъ нѣсколькихъ капель сѣрнистаго аммонія осаждаютъ марганецъ. Затѣмъ кипяченіемъ съ кислотой удаляютъ сѣру, уравниваютъ растворъ амміакомъ и посредствомъ щавелевокислаго амміака осаждаютъ известь, а изъ фильтрата посредствомъ фосфорнобислаго натра, смѣшаннаго съ амміакомъ, — магнезію.

II порція.

Опредѣленіе углекислоты, сѣрной кислоты и кремнезема.

Посредствомъ 17<sup>o</sup>/о раствора соляной кислоты опредѣляютъ во второй порціи углекислоту по потерѣ въ вѣсѣ жидкости, затѣмъ выпариваніемъ осаждаютъ кремнеземъ, а отфильтрованную отъ него жидкость употребляютъ для опредѣленія сѣрной кислоты. Посредствомъ ѣдкаго калп отдѣляютъ аморфный кремнеземъ отъ кварцеваго песку, взвѣшиваютъ послѣдній и чрезъ вычитаніе получаютъ вѣсѣ кремнезема \*).

Какъ производятся самыя вычисленія, безъ сомнѣнія, объяснять нечего. Надо однако замѣтить, что все новѣйшія указанія относятся не къ «сырой золѣ», т. е. веществу, полученному чрезъ сожиганіе, а къ «чистой золѣ», представляющей совокупность тѣхъ только составныхъ частей, которыя съ достовѣрностью могутъ считаться находившимися въ организмѣ до сожженія; это слѣдовательно сырая зола минусъ пепелъ, углекислота, частички угля и пр. \*\*). Подобный приѣмъ вполне рационаленъ, такъ какъ эти составныя части сырой золы представляютъ отчасти постороннія, непринлежащія организму вещества, отчасти остатки органическаго вещества, количество же углекислоты, встрѣчаемое въ сырой золѣ, весьма непостоянно (оно зависить отъ основности прочихъ составныхъ частей золы, отъ температуры, при которой произведено сожженіе и проч.).

Въ заключеніе я привожу рядъ чиселъ, показывающихъ общее количество и составъ золы нашихъ культурныхъ растений (или ихъ частей). Этими кропотливыми изысканіями мы обязаны почти исключительно Э. *Вольфу* \*\*\*).

\*) Относительно другихъ методовъ анализа золы см. у *Фрезенюса*: Quantit. Analyse.

\*\*) Все приведенныя ниже числа получены этимъ путемъ, т. е. относятся къ чистой золѣ.

\*\*\*) А также нѣкоторыя числа заимствованы изъ соч. Мозера: *Lehrbuch der Chemie etc.* 1870.

**Въ 1000 частяхъ свѣжей растительной массы содер-  
жится:**

	Сѣрная ки- слота.	Фосфорная кислота.	Кремнеземъ.	Хлоръ.	Кали.	Натрй.	Известь.	Магнезйя.	Общее коли- чество соли.
<b>I. Зеленый кормъ.</b>									
Молодая трава . . . . .	0,8	2,2	2,1	—	11,6	0,4	2,2	0,6	20,7
Дуговая трава (цвѣтене) . .	1,2	1,5	6,9	0,6	6,0	1,6	2,7	1,1	23,3
Красный клеверъ . . . . .	0,4	1,3	0,4	0,5	4,6	0,2	4,6	1,6	13,4
Бѣлый клеверъ . . . . .	1,2	2,0	0,6	0,6	2,4	1,1	4,4	1,4	13,6
Шведскй клеверъ (Trifolium hybridum) . . . . .	0,4	1,0	0,1	—	3,5	0,2	3,2	1,6	10,2
Желтый заячй клеверъ (Anthyllis vulneraria) . .	0,2	0,9	0,4	—	1,3	0,5	8,5	0,6	12,3
Люцерна . . . . .	1,1	1,5	0,4	0,3	4,5	0,2	8,5	1,6	17,6
Эспартець . . . . .	0,4	1,2	0,5	0,3	4,6	0,2	3,7	0,7	11,6
Кормовая вика . . . . .	0,6	2,0	0,3	0,5	6,6	0,5	4,1	1,1	15,7
Кормовой горохъ . . . . .	0,5	1,8	0,4	0,2	5,6	—	0,9	1,1	13,7
Кормовой овесъ . . . . .	0,2	2,4	5,2	0,8	7,1	0,8	1,2	0,6	17,0
Кормовая рожь . . . . .	0,2	2,4	5,2	—	6,3	0,1	1,2	0,5	16,3
Гречиха . . . . .	0,5	1,1	0,4	0,1	4,3	0,2	6,6	3,7	17,6
Зеленый рапсъ . . . . .	2,2	1,2	0,4	1,0	4,4	0,5	3,1	0,6	13,5
Зеленый маисъ . . . . .	0,3	0,7	0,1	0,4	2,8	0,2	1,2	1,1	8,2
<b>II. Зерна и стѣны.</b>									
Пшеница . . . . .	0,4	8,2	0,3	—	5,5	0,6	0,6	2,2	17,1
Рожь . . . . .	0,4	8,2	0,3	—	5,4	0,3	0,5	1,9	17,3
Ячмень . . . . .	0,5	7,2	5,9	—	4,8	0,6	0,5	1,8	21,8
Овесъ . . . . .	0,4	5,5	12,3	—	4,2	1,0	1,0	1,8	26,4
Полба (съ пленками) . . . .	0,6	7,2	15,8	—	6,2	0,6	0,9	2,1	35,8
Маисъ . . . . .	0,1	5,5	0,3	0,6	3,3	0,2	0,3	1,8	12,3
Просо . . . . .	0,1	9,1	20,5	—	4,7	0,4	0,4	3,3	39,1
Сорго . . . . .	—	8,1	1,2	—	4,2	0,5	0,2	2,4	16,0
Гречиха . . . . .	0,2	4,4	—	—	2,1	0,6	0,3	1,2	9,2
Рисъ (неочищенный) . . . . .	0,4	32,6	0,4	—	12,7	3,1	3,5	5,9	69,0
Рисъ (очищенный) . . . . .	—	1,7	0,1	—	0,8	0,2	0,1	0,5	3,4
Раисъ . . . . .	1,3	16,4	0,4	0,1	8,8	0,4	5,2	4,6	37,3
Ленъ . . . . .	0,4	13,0	0,4	—	10,4	0,6	2,7	4,2	32,2
Конопля . . . . .	0,1	17,5	5,7	0,1	9,7	0,4	11,3	2,7	48,1
Маисъ . . . . .	1,0	16,4	1,7	2,3	7,1	0,5	18,5	5,0	51,2
Кормовая свекла . . . . .	2,0	7,6	1,0	—	9,1	8,4	7,6	9,2	48,7
Сахарная свекловича . . . .	2,0	7,5	0,8	—	11,1	—	10,4	7,3	45,3
Рѣпа . . . . .	2,5	14,1	0,2	—	7,7	0,3	6,1	3,0	35,0
Морковь . . . . .	4,2	11,8	4,0	2,5	14,3	3,6	29,0	5,0	74,8
Горохъ . . . . .	0,8	8,8	0,2	0,6	9,8	0,9	1,2	1,8	24,2
Вика . . . . .	0,9	7,9	0,4	0,2	6,3	2,2	0,6	1,9	20,7
Русскйе бобы . . . . .	1,5	11,6	0,4	0,8	12,0	0,4	1,5	2,0	29,6
Чечевица . . . . .	—	5,2	0,2	0,6	7,7	1,8	0,9	0,4	17,8
Душнй . . . . .	2,3	8,7	0,3	0,6	11,4	6,0	2,7	2,1	34,0

	Стрняя кн-слота.	Фосфорная кислота.	Кремнеземъ.	Хлоръ.	Кали.	Натръ.	Известь.	Магнезія.	Общее коли-чество зол.
Клеверъ . . . . .	1,7	12,4	0,9	0,5	13,8	0,2	2,3	4,5	36,9
Эспарцетъ . . . . .	1,2	9,0	0,3	0,4	10,8	1,1	11,9	2,5	37,6
Горчица . . . . .	1,3	14,7	0,9	0,2	6,0	2,2	7,1	3,9	38,0
Желуди . . . . .	0,2	1,6	—	0,8	6,2	0,1	0,7	0,5	10,0
Ковскій каштанъ . . . . .	0,2	2,7	—	0,8	7,1	—	1,4	0,1	12,0
Буковый орѣхъ . . . . .	0,6	5,6	0,5	0,1	6,2	2,7	6,7	3,1	27,9
Ольховое сѣмя . . . . .	1,5	5,7	1,4	—	16,6	0,7	13,6	3,5	44,9
Зерна винограда . . . . .	0,6	5,9	0,3	0,1	7,1	—	8,4	2,1	25,0
<b>III. Плоды.</b>									
Яблоко . . . . .	0,3	0,6	0,1	—	1,4	0,9	0,1	0,3	3,4
Груша . . . . .	0,2	0,5	0,1	—	1,6	0,3	0,3	0,2	3,4
Вишня . . . . .	0,3	1,1	0,6	0,2	3,5	0,2	0,5	0,3	6,8
Слива . . . . .	0,3	0,8	0,1	—	3,1	—	0,5	0,3	5,2
Крыжовникъ . . . . .	0,2	0,7	0,1	—	1,5	0,4	0,5	0,2	3,8
Земляника . . . . .	0,2	0,8	0,7	—	1,3	1,6	0,8	—	6,0
<b>IV. Корни и клубни.</b>									
Картофель . . . . .	0,6	1,8	0,2	0,3	5,6	0,1	0,2	0,4	9,4
Земляная груша . . . . .	0,3	1,6	—	0,2	6,7	—	0,4	0,3	10,3
Кормовая свекла . . . . .	0,3	0,8	0,2	0,5	4,3	1,2	0,4	0,4	8,0
Сахарная свекловица . . . . .	0,4	1,1	0,3	0,2	4,0	0,8	0,5	0,7	8,0
Турнипъ . . . . .	1,1	1,0	0,2	0,3	3,0	0,8	0,8	0,3	7,5
Рѣпа . . . . .	0,4	1,1	0,1	0,4	3,1	0,2	0,8	0,1	6,1
Брюква . . . . .	0,8	1,4	0,1	—	4,9	0,6	0,9	0,2	9,5
Морковь . . . . .	0,6	1,1	0,2	0,3	3,2	1,9	0,9	0,5	8,8
Цикорій . . . . .	1,0	1,5	0,8	0,4	4,2	0,8	0,9	0,7	10,4
<b>V. Листья корнеплодныхъ растений.</b>									
Картофель (въ концѣ авг.) . . . . .	0,9	1,0	1,2	0,7	2,3	0,4	5,1	2,6	15,6
(въ концѣ окт.) . . . . .	0,0	0,6	0,5	0,4	0,7	0,1	5,5	2,7	11,8
Кормовая свекла . . . . .	1,1	0,8	0,7	1,7	4,3	3,1	1,7	1,4	14,8
Сахарная свекловица . . . . .	1,4	1,3	0,6	1,0	4,0	3,0	3,6	3,3	18,0
Кольраби . . . . .	3,0	2,6	2,6	1,0	3,6	1,1	8,4	1,0	25,3
Турнипъ . . . . .	1,4	1,3	0,5	1,2	3,2	1,0	4,5	0,6	14,9
Морковь . . . . .	1,5	2,1	1,9	1,9	3,7	6,0	8,6	1,2	26,1
Капуста . . . . .	1,1	2,0	0,1	0,3	6,0	0,5	1,9	0,4	12,4
<b>VI. Различныя травяныя растения.</b>									
Ленъ (все растеніе) . . . . .	1,6	7,4	0,8	1,9	11,3	1,5	5,0	2,9	32,3
Конопля (все растеніе) . . . . .	0,8	3,3	2,1	0,7	5,2	0,9	12,2	2,7	28,2
Хмель (все растеніе) . . . . .	3,8	9,0	15,9	3,4	19,4	2,8	11,8	4,3	74,0
Хмельявыя шишки . . . . .	1,6	9,0	9,2	0,2	22,3	1,3	10,1	2,1	59,8
Табакъ . . . . .	7,7	7,1	19,0	8,8	54,1	7,3	73,1	20,7	197,5
Марева . . . . .	1,7	3,0	2,1	5,4	17,1	8,7	19,5	2,3	60,0

	Сырая ки- слога.	Фосфорная кислота.	Кремнезёмъ.	Хлоръ.	Кали.	Натръ.	Известь.	Магнези.	Общее коли- чество золы.
<i>VII. Материалы для под- стилки.</i>									
Верескъ . . . . .	1,6	1,8	12,7	0,8	4,8	1,9	6,8	3,0	36,1
Палоротникъ . . . . .	3,0	5,7	3,6	6,0	25,2	2,7	8,3	4,5	58,9
Дереза (Spartium scora- gium). . . . .	0,7	1,6	1,9	0,5	6,9	0,5	3,2	2,8	18,9
Хвощъ . . . . .	12,9	4,1	110,0	11,7	27,0	1,0	25,6	4,7	204,4
Морская трава (Zostera marina). . . . .	28,3	3,7	2,0	11,9	17,1	28,3	16,4	11,2	118,0
Тростникъ . . . . .	1,1	0,8	27,5	—	3,3	0,1	2,3	0,5	38,5
Осока . . . . .	2,3	4,7	21,8	3,9	23,1	5,1	3,7	2,9	69,5
Ситникъ . . . . .	4,2	4,8	32,2	3,9	7,2	7,7	5,4	2,2	74,4
(Simse) . . . . .									
<i>VIII. Солома.</i>									
Озимая пшеница . . . . .	1,2	2,3	28,2	—	4,9	1,2	4,6	1,1	42,6
„ рожь . . . . .	0,8	1,9	23,7	—	7,6	1,3	3,1	1,3	40,7
„ полба . . . . .	0,9	3,0	34,1	—	5,3	0,2	2,3	0,4	47,7
Яровая рожь . . . . .	1,2	3,1	26,6	—	11,1	—	4,4	1,3	47,6
Ячмень . . . . .	1,6	1,9	23,6	—	9,3	2,0	3,3	1,1	43,9
Овесь . . . . .	1,5	1,8	21,2	—	9,7	2,3	3,6	1,8	44,0
Маисъ . . . . .	2,5	3,8	17,9	—	16,6	0,5	5,0	2,6	47,2
Горохъ . . . . .	2,8	3,8	2,8	—	10,7	2,6	18,6	3,8	49,2
Русскіе бобы . . . . .	0,1	4,1	3,1	8,1	25,9	2,2	13,5	4,6	58,2
Гречиха . . . . .	2,7	6,1	2,8	4,0	24,1	1,1	9,5	1,9	51,7
Рапсъ . . . . .	2,7	2,7	2,6	4,7	9,7	3,9	10,1	2,1	38,0
Макъ . . . . .	3,4	2,3	7,5	1,7	25,1	0,9	19,9	4,3	66,0
Фасоль . . . . .	1,8	4,1	2,4	2,7	19,1	3,1	14,1	2,7	51,0
<i>IX. Древесные листья.</i>									
Букъ . . . . .	0,7	0,8	6,8	0,7	1,0	0,1	9,0	1,2	20,0
„ (осенью) . . . . .	2,1	2,4	19,5	—	3,0	0,3	25,8	3,4	57,4
Тутовое дерево . . . . .	0,1	1,2	4,1	—	2,3	—	0,3	0,6	11,7
Конскій каштанъ (весною).	1,3	5,0	0,6	0,8	8,3	—	4,6	0,8	21,0
„ (осенью) . . . . .	0,5	2,5	4,2	1,2	5,9	—	12,2	2,4	30,0
Орѣшникъ (весною) . . . . .	0,6	4,9	0,3	0,1	9,9	—	6,2	1,1	23,0
„ (осенью) . . . . .	0,8	1,1	0,6	0,2	7,6	—	15,3	2,8	23,0
Олива . . . . .	0,8	0,9	0,9	—	6,4	—	14,6	1,3	26,0
Хвои сосны (осенью) . . . . .	0,3	1,3	0,8	0,3	0,6	—	2,6	0,6	6,3
Хвои ели (осенью) . . . . .	0,7	2,1	18,4	—	0,4	—	6,4	0,6	26,3
<i>X. Древесина (въ сухомъ видѣ).</i>									
Яблоня . . . . .	0,3	0,5	6,2	—	1,3	0,2	7,8	0,6	11,0
Лѣсная вишня . . . . .	0,1	0,2	—	—	0,5	0,2	0,6	0,2	2,4
Кислая вишня . . . . .	0,2	0,9	1,0	1,3	0,6		3,7	1,0	14,0

	Сѣрная кислота.	Фосфорная кислота.	Кремнеземъ.	Хлоръ.	Кали.	Натръ.	Известь.	Магнезiя.	Общее количество золы.
Орѣшникъ . . . . .	0,8	3,1	0,7	0,1	3,9	—	14,2	2,0	25,0
Конскій каштанъ . . . . .	—	5,9	0,2	0,4	5,5	—	14,3	1,5	28,0
Оливковое дерево . . . . .	0,1	0,3	0,2	—	1,0	—	3,1	0,1	5,0
Туговое дерево . . . . .	1,4	0,3	0,5	0,6	0,9	2,0	7,8	0,8	14,0
Букъ . . . . .	0,1	0,3	0,3	—	0,9	0,2	3,1	0,6	5,0
Дубъ . . . . .	0,1	0,3	0,1	—	0,5	0,2	3,7	0,2	5,0
Береза . . . . .	—	0,2	0,1	—	0,3	0,2	1,5	0,2	2,6
Пихта . . . . .	0,1	0,1	0,2	—	0,4	0,2	1,2	0,1	2,4
Ель . . . . .	0,1	0,1	0,1	—	0,1	0,6	1,0	0,1	2,1
Сосна . . . . .	0,1	0,2	0,4	—	0,3	0,1	1,3	0,2	2,6
Лиственница . . . . .	0,1	0,1	0,1	—	0,4	0,2	0,7	0,7	2,7
<b>XI. Кора.</b>									
Лѣсная вишня . . . . .	0,7	2,8	17,6	—	6,5	12,8	37,0	4,4	88,0
Кислая вишня . . . . .	—	0,2	0,8	—	0,4	—	46,7	3,2	95,0
Орѣшникъ . . . . .	0,6	3,2	0,6	0,2	6,3	—	38,1	5,8	54,4
Конскій каштанъ . . . . .	0,1	3,9	0,4	0,5	13,5	—	34,3	2,2	55,9
Береза . . . . .	0,2	0,8	2,3	0,2	0,4	0,6	5,2	0,9	11,3
Пихта . . . . .	0,5	0,7	2,3	0,3	2,3	0,9	19,6	0,8	28,1
Ель . . . . .	0,2	0,6	3,8	0,1	1,3	1,0	11,9	1,1	23,9
Сосна . . . . .	0,1	1,4	5,3	—	0,5	0,2	7,5	0,2	17,1

Всѣ наиболѣе замѣчательные факты, съ которыми мы познакомились въ послѣднихъ четырехъ лекцiяхъ, можно выразить въ слѣдующихъ положенiяхъ:

1) Всѣ растенiя содержатъ, кромѣ углерода, водорода, кислорода и азота, еще другiе элементы, присутствiе которыхъ обнаруживается сжиганiемъ организма.

2) Успѣшное развитiе растенiй немыслимо безъ этихъ летучихъ элементовъ.—Составныя части золы необходимы.

3) Различныя растенiя и различныя части растенiй пуждаются какъ качественно, такъ и количественно въ различныхъ элементахъ золы.

4) Потребность въ той или другой изъ составныхъ частей золы обуславливается, надо полагать, физиологическимъ ихъ отпращиванiемъ въ организмѣ.

5) Безусловно необходимыя составныя части золы вышихъ хлорофильныхъ растений суть: фосфоръ, сѣра, калий, кальцій, магній, желѣзо.

6) Присутствіе нѣкоторыхъ другихъ веществъ, повидимому, необходимо для извѣстныхъ растений, а для многихъ полезно.

7) Нѣкоторыя вещества, постоянно встрѣчаемыя въ золѣ растений, развѣвшихся при условіяхъ вполне нормальныхъ, должны считаться случайными составными частями ихъ.

8) Всѣ элементы золы принимаются растениями лишь въ видѣ высокоокисленныхъ соединений, а именно въ видѣ среднихъ или слабо кислыхъ солей.

9) Взаимное замѣщеніе необходимыхъ элементовъ золы представляетъ въ тѣсномъ смыслѣ *contradictio in adjecto*, а въ болѣе обширномъ смыслѣ не доказано, не только для необходимыхъ, но и для несущественныхъ элементовъ золы.

10) Значеніе необходимыхъ элементовъ золы одно и то же для всѣхъ растений, такъ что при избыткѣ прочихъ условій произрастаніе регулируется тѣмъ изъ элементовъ, который по отношенію къ эквиваленту своего дѣйствія находится въ наименьшемъ количествѣ.

## ОТДѢЛЪ IV.

# ЗАКОНЫ ПРИНЯТІЯ ВЕЩЕСТВЪ.

### ВОСЕМНАДЦАТАЯ ЛЕКЦІЯ.

#### Принятіе веществъ растеніемъ. — Теорія перепоночной диффузіи.

Въ предъидущихъ лекціяхъ мы узнали всѣ тѣ элементы, изъ которыхъ строится тѣло растеній, и вмѣстѣ съ тѣмъ видѣли, въ какихъ химическихъ соединеніяхъ происходитъ ассимиляція этихъ отдѣльныхъ веществъ. Сегодня мы переходимъ къ новому предмету, — къ разсмотрѣнію акта принятія этихъ соединеній растеніемъ. Также изученіе и этихъ процессовъ необходимо для составленія понятія о зависимости растенія въ его питаніи отъ окружающихъ его въ природѣ средъ, отъ этого же понятія, въ свою очередь, зависитъ, можетъ ли быть извѣчена польза для сельскохозяйственной практики полеводства изъ теоретической обработки питанія растеній, или не можетъ.

Во главѣ этихъ новыхъ разсмотрѣній можно поставить основное положеніе, игравшее большую роль въ средневѣковой Химіи: *Corpora non agunt nisi fluida*, т. е. только въ жидкомъ состояніи тѣла могутъ производить химическое дѣйствіе. Для принятія питательныхъ веществъ растеній справедливо тоже самое; и здѣсь также можно высказать, что *только въ жидкой формѣ могутъ новыя вещества приниматься и ассимилироваться растеніями*. Дѣйствительно, этотъ законъ не претерпѣваетъ никакихъ ограниченій во всей области принятія вещества чрезъ все обширное царство міра организмовъ.

- Сказанное вполнѣ объясняется (прежде всего для высшихъ растеній, которыя главнымъ образомъ и составляютъ предметъ нашего изученія), если прибавить, что — какъ это вытекаетъ съ совершенною ясностію изъ простаго обзора анатомическихъ условій — всѣ полости

въ растеніи, въ которыхъ совершаются дѣйствительныя фізіологическіе процессы, отдѣлены отъ вѣшняго міра перепонкою, или рядомъ перепонокъ \*).

Вслѣдствіе этого - то обстоятельства, для вступленія каждаго вещества внутрь растенія, гдѣ оно только и можетъ принять участіе въ дѣйствительныхъ жизненныхъ процессахъ, *принятіе жидкаго состоянія неизбѣжно необходимо*, будетъ ли это капельно- или упруго-жидкое состояніе. Такъ какъ никакое вещество не можетъ быть питательнымъ, не принявъ участія въ жизненныхъ процессахъ, то отсюда понятна необходимость принятія жидкой формы для каждаго питательнаго вещества \*\*).

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что для составленія представленія объ условіяхъ принятія веществъ, намъ предстоитъ изучить законы прохожденія различнаго рода жидкостей черезъ перепонки, именно растительныя перепонки. Однако, прежде посмотримъ нѣсколько ближе на отношенія, представляемыя растеніемъ, чтобы имѣть точку опоры относительно того, на какого рода прохожденіе черезъ перепонки мы должны особенно обращать наше вниманіе.

*Всѣ фізіолого-химическіе процессы въ растеніи (въ которыхъ участвуютъ вступающія питательныя вещества), совершаются въ жидкомъ содержимомъ элементарнаго органа, растительной клеточки.* При входеніи въ такую, заключенную въ перепонку, массу жидкости поваго вещества, возможны только два случая: или перепонка граничитъ пзвнѣ съ газообразной, или съ капельно-жидкой средой. Эти два случая существенно важны при разсмотрѣніи прохожденія жидкихъ тѣлъ черезъ перепонки въ растенія, и на нихъ мы особенно обратимъ наше вниманіе при изученіи этихъ замѣчательныхъ явленій.

---

\*) Во внутреннихъ полостяхъ въ растеніи, не отдѣленныхъ отъ вѣшняго міра перепонками, но сообщающихся съ окружающей средой, каковы воздушныя полости, межклеточныя пространства, никогда не происходятъ явленія, которыя не могли бы повторяться и въ какомъ нибудь другомъ неорганизованномъ мѣстѣ, но только такія, которыя (по старому способу выраженія) стоятъ внѣ вліянія жизненной силы. Эти полости довольно аналогичны внутреннимъ полостямъ у высшихъ животныхъ, пищеварительному каналу и т. под., точно также сообщающимся съ вѣшнимъ міромъ, и въ которыхъ также совершаются химически легко объяснимые процессы.

\*\*) Это не значитъ, что каждое питательное вещество уже въ жидкой формѣ должно быть предлагаемо растенію. Мы впоследствии изучимъ обстоятельства, при которыхъ растеніе принимаетъ дѣятельное участіе въ превращеніи въ жидкое состояніе подлежащихъ ассимиляціи веществъ.

Для того, чтобы какая нибудь жидкость могла проходить через пористую перегородку или перепонку \*), т. е. через вставленное твердое тѣло сравнительно тонкаго поперечнаго разрѣза, обладающее порами, которыя во всякомъ случаѣ слишкомъ малы, чтобы допускать простое фильтрованіе \*\*) капельной жидкости, то при этомъ во всѣхъ случаяхъ должна существовать причина для движенія. Такая причина для движенія, при одинаковой температурѣ и одинаковомъ давленіи, можетъ состоять только въ *неодинаковости химическаго состава* по ту и по другую сторону перепонки. Эта послѣдняя не можетъ служить поводомъ, для наступающаго движенія, и движеніе имѣло бы мѣсто и безъ вставки перепонки, хотя вслѣдствіе такой вставки, во всякомъ случаѣ, родъ движенія измѣняется. Поэтому для внимательнаго изученія прохожденія жидкостей черезъ перепонки, необходимо прежде всего обратить вниманіе на движеніе, которое, въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, будетъ происходить безъ вставленія перепонки, чтобы такимъ образомъ опредѣлить различіе, производимое этимъ вставленіемъ. И такъ мы зададимъ себѣ вопросъ, *что произойдетъ въ двухъ соприкасающихся жидкостяхъ, нераздѣленныхъ перепонкою, когда онѣ химически различны?*

Попробуемъ отвѣтить на этотъ вопросъ прежде всего относительно двухъ *газовъ*. Газообразное состояніе (по механической теоріи теплоты, теоріи, съ которой вполне согласуются всѣ относящіяся сюда факты), есть состояніе, при которомъ отдѣльныя частицы газообразнаго тѣла столь далеко удалены другъ отъ друга и совершаютъ столь большія движенія, что путь, который онѣ описываютъ, не находится подъ вліяніемъ притяженія остальныхъ частицъ. Отсюда слѣдуетъ, что частицы упругожидкаго тѣла производятъ движенія, которыя ничѣмъ \*\*\*) не могутъ быть сдерживаемы, какъ только сопротивленіемъ, противопоставляемымъ имъ твердыми и капельножидкими тѣлами, въ которыхъ проявляются частичныя притяженія. Обыкновенно выражаютъ это такимъ образомъ: газы наполняютъ равномерно предоставленное имъ пространство и способны вполне смѣшиваться между собою.

\*) Точное объясненіе свойствъ перепонки слѣдуетъ поздиѣ на стр. 104.

\*\*) Подъ фильтраціею капельной жидкости черезъ пористое твердое дѣло понимается прохожденіе ея безъ измѣненія состава, подъ вліяніемъ односторонняго гидростатическаго давленія.

\*\*\*) Если пренебречь силой тяготѣнія, которая, во всякомъ случаѣ, также и разсѣяно до безконечности газовыхъ частицъ полагаетъ извѣстный предѣлъ, но въ нашихъ разсмотрѣніяхъ можетъ быть оставлена безъ вниманія.

Отсюда вытекает, отношеніе соприкасающихся газовъ, не отдѣленныхъ никакой сѣткою, другъ къ другу. Если между двумя такими газами существуетъ химическое различіе, то, на основаніи только что даннаго объясненія упругожидкаго состоянія, частицы одного газа не представляютъ препятствія для движенія частицъ другаго. Послѣ нѣкотораго времени наступаетъ совершенное смѣшеніе обоихъ газовъ.

Если между такими двумя газами, неотдѣленными никакой перегородкой, существуетъ разность давленій, то, при безпрепятственныхъ движеніяхъ газовыхъ частицъ внутри общаго имъ обоимъ пространства, точно также должно наступить полное уравновѣшеніе. Газъ, находящійся подъ высшимъ давленіемъ, содержитъ, при одинаковыхъ объемахъ (какъ это слѣдуетъ изъ закона Маріотта), больше частицъ, чѣмъ газъ, находящійся подъ меньшимъ давленіемъ, и такимъ образомъ, при движеніи отдѣльныхъ частицъ во всѣхъ возможныхъ направленіяхъ, въ одно и то же время, будетъ высылать въ часть пространства, наполненную болѣе разжиженнымъ газомъ, больше частицъ, чѣмъ болѣе разжиженный будетъ высылать въ обратномъ направленіи; и это должно необходимо продолжаться до тѣхъ поръ, пока число частицъ въ каждой части пространства не сдѣлается одинаковымъ, или, по обыкновенному способу выраженія, пока разность давленій не уравновѣсится вполне \*).

Чтобы понять то измѣненіе, которое причиняетъ въ этихъ взаимныхъ отношеніяхъ двухъ газовъ вставленіе между ними не абсолютно-непроницаемой перегородки, мы должны еще говорить о *скоростяхъ*, свойственныхъ частицамъ химически различныхъ, различно нагрѣтыхъ и т. д. газовъ.

По теоріи газовъ (составляющей часть такъ называемой механической теоріи теплоты), *равенство температуръ* двухъ газовъ состоитъ въ равенствѣ живыхъ силъ частицъ, содержащихся въ единицѣ объема. Но по той же теоріи, въ единицѣ объема газа заключается, при одинаковой температурѣ и одинаковомъ давленіи, *одинаковое число частицъ*, такъ что, какъ извѣстно, отношеніе между удѣльными вѣсами совершенныхъ газовъ выражаетъ вмѣстѣ съ тѣмъ и отношеніе между ихъ частичными вѣсами. Но отсюда слѣдуетъ \*\*),

\*) На самомъ дѣлѣ, впрочемъ уравновѣшеніе давленія происходитъ не помощью движенія частицъ, но помощью движенія массы, какъ это уже слѣдуетъ изъ относительной быстроты этого уравновѣшенія.

\*\*\*) Собственно говоря слѣдствіе обратно.

что каждая *частица* газа, какова бы ни была химическая природа его, обладает, при одинаковой температурѣ, одною и тою же живою силой. Между тѣмъ, такъ какъ эти частицы, вслѣдствіе ихъ химическаго состава, весьма *различно тяжелы*, такъ что одинаковый объемъ различныхъ газовъ заключаетъ при однихъ и тѣхъ же температурѣ и давленіи *различныя массы*, и такъ какъ живая сила какаго нибудь движущагося тѣла, при всѣхъ обстоятельствахъ, можетъ быть измѣрена его массою и квадратомъ скорости, то изъ равенства живыхъ силъ двухъ газовыхъ частицъ

$$m c^2 = M C^2$$

(гдѣ  $m$ ,  $M$  выражаютъ массы частицъ различныхъ газовъ,  $c$ ,  $C$ —среднюю скорость этихъ частицъ), вытекаетъ, что

$$c = C \sqrt{\frac{M}{m}}$$

т. е. что скорость какаой нибудь газовой частицы равняется скорости какаой нибудь частицы любаго другаго газа, умноженной на квадратный корень отношенія ихъ массъ, т. е. удѣльных вѣсовъ обоихъ газовъ \*).

Это важное положеніе можно выразить еще проще такимъ образомъ: *молекулярныя скорости совершенныхъ газовъ одинаковой температуры обратно пропорціональны квадратнымъ корнямъ изъ ихъ удѣльных вѣсовъ или ихъ частичныхъ вѣсовъ.*

Чтобы представить примѣръ этого отношенія, рассмотримъ частичныя скорости двухъ наиболѣе извѣстныхъ газовъ. Только что сообщенное положеніе говоритъ, что эти скорости должны быть обратно пропорціональны квадратнымъ корнямъ изъ удѣльных или молекулярныхъ вѣсовъ разсматриваемыхъ газовъ. Принявъ молекулярный вѣсъ водорода за 1, вѣсъ частицы кислорода будетъ равняться 16. Отсюда слѣдуетъ, что скорость частицы кислорода должна быть въ  $\sqrt{16} = 4$  раза менѣе, чѣмъ частицы водорода (подразумѣвая всегда равенство температуръ). Вычисленіе \*\*) даетъ для молекулярной скорости при 0° для одной секунды

для кислорода = 461 метръ

» водорода = 1844 »

откуда высказанное видно еще яснѣе.

\*) Строго говоря, ихъ плотностей, однако мы можемъ замѣнить плотности ихъ удѣльными вѣсами, такъ какъ ускореніе вслѣдствіе тяжести не причиняетъ никакаго различія.

\*\*) Сравни Naumann: Thermochemie стр. 34—35.

Прямая экспериментальная определѣнія относительныхъ молекулярныхъ скоростей газовъ, которыя, напр., могутъ быть определѣны такимъ образомъ, что газы различнаго удѣльнаго вѣса, подъ давленіемъ заставляютъ проходить чрезъ пористыя тѣла особенныхъ свойствъ, даютъ почти тѣ же самыя относительныя числа. О веществахъ, которыя могутъ быть употребляемы при этихъ опытахъ, мы скоро будемъ говорить.

Температура, возвышающая живыя силы газовъ, конечно увеличиваетъ ихъ молекулярныя скорости, такъ какъ она не въ состояніи увеличить массу.

Безъ знанія выведеннаго выше положенія о зависимости молекулярныхъ скоростей отъ удѣльнаго вѣса газовъ, нельзя уразумѣть въ связи явленія, происходящаго при прохожденіи газовъ чрезъ пористыя перегородки.

Возвращаясь снова къ разсмотрѣнію смѣшиванья химически различныхъ газовъ, представимъ себѣ однако, что между обоими газами вставлена перегородка. Эта перегородка должна состоять изъ сухаго пористаго тѣла, котораго вещество не проявляетъ специфическихъ силъ притяженія, относительно употребляемыхъ газовъ. Пory должны быть такъ мелки, чтобы чрезъ нихъ могли только проходить газы частица за частицею, и никоимъ образомъ не могли бы проходить одновременно большія газовыя массы. Что при этомъ произойдетъ? Частицы обоихъ газовъ будутъ входить въ поры съ обѣихъ сторонъ, со свойственными имъ скоростями, слѣдовательно, частицы болѣе легкаго газа съ большей скоростью, чѣмъ тяжелѣйшаго (хотя и съ тою же живою силою) и будутъ проникать въ пространство по другую сторону перегородки съ большей быстротой, чѣмъ частицы тяжелѣйшаго газа въ противоположномъ направленіи, такъ что для частицъ, входящихъ изъ пространства, наполненнаго при началѣ процесса только болѣе легкимъ газомъ, произойдетъ неполное замѣщеніе.

Послѣдствія этого очевидны. По ту сторону перепонки, гдѣ, до начала процесса диффузіи, находился тяжелѣйшій газъ, неизбежно произойдетъ накопленіе частицъ, *сущеніе газовыхъ массъ, увеличеніе давленія*, на противоположной сторонѣ произойдетъ *уменьшеніе давленія*. Однако, чтобы видѣть, можетъ ли такая разность давленій, которая собственно должна бы была также наступить въ первый моментъ и при свободномъ смѣшеніи различныхъ газовъ, достигнуть замѣтной величины, необходимо ближе всмотрѣться въ отношеніе двухъ газовъ,

отдѣленныхъ другъ отъ друга пористою перегородкою указанныхъ свойствъ, и подверженныхъ различнымъ давленіямъ.

Мы принимали, и необходимость этого мы скоро увидимъ, что поры перегородки столь узки, что чрезъ нихъ въ состояніи проходить только отдѣльныя частицы, но не массы газа. Не будемъ упускать это изъ виду и обдумаемъ, какимъ образомъ будетъ относиться такая перегородка къ неодинаковому давленію одного и того же газа съ обѣихъ ея сторонъ. Прежде всего мы должны вспомнить о томъ, что чрезъ возвышеніе давленія газа молекулярныя скорости его нисколько не увеличиваются, но что при этомъ увеличивается только живая сила молекулярнаго движенія для единицы объема тѣмъ, что число частицъ движущихся съ прежнею скоростію, дѣлается больше на единицу пространства. Конечно, если бы каналы, чрезъ которые сообщаются другъ съ другомъ оба газа, различно плотные, но химически одинаковые, были большей ширины, напр. капиллярными трубками замѣтнаго просвѣта, то чрезъ такіе каналы произошли бы массовыя движенія газовъ и скоро наступило бы уравновѣшеніе давленій.

Но въ перегородкѣ мы имѣемъ дѣло съ порами столь узкими, что чрезъ нихъ могутъ проходить только отдѣльныя частицы, и мы легко можемъ составить себѣ представленіе объ явленіи, долженствующемъ наступить. Для газа, находящагося подъ высшимъ давленіемъ, существуетъ большая вѣроятность, что его частицы попадутъ въ узкіе каналы, чѣмъ для газа, находящагося подъ нисшимъ давленіемъ, а именно пропорціонально большому числу содержащихся въ немъ частицъ. Такимъ образомъ, при равенствѣ прочихъ условій, *прохождение газовъ чрезъ пористыя перегородки пропорціонально дѣйствующимъ на нихъ давленіямъ.*

Это положеніе, вполне подтвержденное опытомъ, важно для насъ тѣмъ, что имъ значительно видоизмѣняются явленія диффузии вслѣдствіе химическаго различія находящихся по обѣимъ сторонамъ перегородки газовъ. Мы только что видѣли, что эти явленія въ состояніи вызвать разность давленій, и такъ какъ естественно, что по ту сторону пористой стѣнки должно наступить высшее давленіе, гдѣ первоначально находился газъ менѣе способный диффундировать, то отсюда ясно, что это давленіе должно произвести диффузію въ прямо противоположномъ направленіи, т. е. что разность давленій можетъ достигнуть только до извѣстной величины, но затѣмъ должна снова уменьшаться. Не совершенно бесполезно принять это во вниманіе, такъ какъ ниже для капельныхъ жидкостей, несмотря на всю ана-

логию въ остальномъ, мы увидимъ уклонёніе, просто потому, что тамъ болѣе высокое давленіе не производитъ пропорціональнаго увеличенія частицъ въ единицѣ объема, а между тѣмъ на основаніи добытаго нами и вполне оправдавагося представленія, это дѣйствіе зависитъ только отъ большаго числа попадающихъ на перегородку частицъ.

Въ самомъ дѣлѣ отыскали цѣлый рядъ тонкопористыхъ веществъ, которыя, кажется, вполне обладаютъ упомянутыми свойствами, такъ какъ они выполняютъ на дѣлѣ то, что, на основаніи принятаго положенія, теорія позволяетъ предвидѣть. Искусственно прессованный графитъ, неглазурованный фарфоръ \*) и т. под., слѣдовательно совершенно различныя вещества, употребленныя, какъ перегородки, пропускали отдѣльныя газы въ обратномъ отношеніи квадратныхъ корней изъ ихъ удѣльныхъ вѣсовъ. Подобнымъ же образомъ дѣйствуютъ и гипсовые пластинки\*\*), хотя здѣсь явленіе нѣсколько затемняется другими побочными процессами\*\*\*). Обмѣнъ газовъ чрезъ такія перегородки совершается болѣе или менѣе приблизительно обратно пропорціонально квадратному корню изъ ихъ удѣльныхъ вѣсовъ, и въ то же время перегородки, вслѣдствіе узкости ихъ поръ, представляютъ столь значительное сопротивленіе давленію газа, что, происходящія вслѣдствіе неравнаго обмѣна, разности въ давленіи достигаютъ большой величины и могутъ быть сдѣланы весьма ясно замѣтными.

Попробуемъ уяснить это отношеніе съ помощью небольшого опыта. У меня здѣсь стеклянная трубка, заткнутая сверху толстой гипсовой пробкой. Впрочемъ, пробка удалена нѣсколько отъ конца стеклянной трубки, такъ что ее можно еще плотно закрыть совершенно непористымъ тѣломъ, притертою и смазанною жиромъ стеклянною пробкой. Я вкладываю эту пробку и затѣмъ изъ газометра, наполненнаго водородомъ, съ помощью изогнутой стеклянной трубки, которую я вставляю въ мою вертикально поставленную заткнутую трубку, провожу быстрый токъ водороднаго газа, который (конечно незамѣтно для насъ), въ силу своей удѣльной легкости, быстро вытѣсняетъ болѣе тяжелый воздухъ. Я затыкаю снизу большимъ пальцемъ трубку, наполненную водородомъ, и вставляю ее нижнимъ концомъ въ этотъ наполненный

\*) Сравни Graham: Jahresber. f. Chem. 1863. стр. 20, 21.

\*\*) Именно сравни Вунзен: Gasometr. Methoden. стр. 209—242 и Graham: I. с. стр. 21.

\*\*\*) Такъ называемую транспирацію, о которой скоро будетъ кратко сказано. Ср. выноски на стр. 106.

исходить въ смыслѣ вышеизложеннаго простаго закона. Если взять вмѣсто пористаго тѣла описанныхъ свойствъ какое-нибудь непористое, но способное вбирать въ себя частички газа, поглощать или по-жалуй растворять ихъ, что легко можетъ произойти посредствомъ специфическихъ притягательныхъ силъ, то при этомъ относительныя числа скоростей прохожденія отдѣльныхъ газовъ тотчасъ же будутъ другія.

*Перегородка* непористая (въ болѣе грубомъ смыслѣ этого слова), но *вслѣдствіе* такихъ *специфическихъ притягательныхъ силъ*, *допускающая* однако, при извѣстныхъ обстоятельствахъ, *прохожденіе жидкихъ тѣлъ*, называется *перепонкой*. На прохожденіе газовъ черезъ такія перепонки конечно *влияютъ гораздо меньше молекулярная скорости* этихъ газовъ, которыя при такихъ условіяхъ могутъ имѣть только малое значеніе, но болѣе тѣ *специфическія притягательныя силы* между газомъ и перепонкой, которыя однѣ способствуютъ вступленію газовъ въ перепонки и этимъ доставляютъ возможность прохожденія черезъ нихъ, если только на противоположной поверхности перепонки присутствуютъ условія благопріятныя для диффузіи. Такимъ образомъ при этихъ обстоятельствахъ—и совершенно подобныя же отношенія мы найдемъ при диффузіи капельныхъ жидкостей—явленіе будетъ гораздо болѣе сложное. Въ этомъ случаѣ, не изучивъ сначала подробно специфическихъ притягательныхъ силъ каждой перепонки, нельзя до сихъ поръ при примѣненіи какой-нибудь *новой* перегородки, теоретически предсказать ни для какого отдѣльнаго случая родъ и способъ воспослѣдующаго обмѣна газовъ.

Если, напримѣръ, пропускать газы черезъ каучуковую перепонку, то прохожденіе, которое въ этомъ случаѣ, въ отличіе отъ явленій чистой диффузіи называютъ *газовымъ діализомъ*, происходитъ для различныхъ газовъ съ весьма различной скоростью, но въ совершенно другихъ отношеніяхъ, чѣмъ при диффузіи черезъ упомянутыя тонкопористыя тѣла. Между тѣмъ какъ при нихъ азотъ, какъ нѣсколько болѣе легкій газъ, превосходитъ кислородъ относительно скорости прохожденія, при газовомъ діализѣ черезъ каучуковую перепонку, происходятъ прямо противоположное. Этимъ путемъ (продавливаніемъ черезъ каучуковую перепонку въ безвоздушное пространство), можно, напр., атмосферный воздухъ настолько обогатить кислородомъ уже однократнымъ діализомъ, что онъ дастъ обыкновенныя реакціи этого газа, напр., тлѣющая лучина, внесенная въ діализированную смѣсь, загорается пламе-

немъ ослѣпительнаго блеска.— Углекислота, представляющая при чистой диффузіи, вслѣдствіе своей удѣльной тяжести, одинъ изъ наиболѣе медленно' проходящихъ газовъ, проходитъ черезъ каучуковую перепонку значительно скорѣе всѣхъ до сихъ поръ изслѣдованныхъ газовъ, даже гораздо скорѣе водорода, который по молекулярной скорости превосходитъ ее въ  $\sqrt{22}$  раза; — явленіе, которое можно объяснить только сравнительно большою специфическою силою притяженія разсматриваемой перепонки къ частицамъ углекислоты, чѣмъ облегчается этотъ переходъ.

Разность давленій, которая произошла бы при такомъ діализѣ газа черезъ каучукъ, напр. для кислорода и азота или, еще лучше, для водорода и углекислоты, естественно должна бы быть прямо обратною той, которая произошла бы при чистой диффузіи этихъ газовъ, такъ какъ эти перепонкообразныя вещества тоже способны въ высшей степени оказывать сопротивленіе разностямъ давленій и напр. весьма легко заставить лопнуть небольшой каучуковый пузырь, наполненный водородомъ, въ атмосферѣ углекислоты, вслѣдствіе сравнительно гораздо быстрѣйшаго прохожденія въ него этого послѣдняго газа, между тѣмъ какъ по законамъ чистой диффузіи должно бы произойти обратное (сжатіе пузыря).

Совершенно подобно каучуку относятся къ газамъ нѣкоторые раскаленные металлы. При проведеніи газовыхъ смѣсей чрезъ раскаленные платиновыя трубки можно, какъ показалъ Граамъ \*) въ своихъ превосходныхъ изслѣдованіяхъ, какъ бы просѣять, помощью діализа, отдѣльные газы (именно водородъ), и это особенное дѣйствіе, мы должны объяснить себѣ точно также какъ и прохожденіе газовъ черезъ каучуковую перепонку, т. е. специфическими силами притяженія непористаго раскаленнаго металла, который вбираетъ въ себя частицы газа, пожалуй сплавляется съ ними и такимъ образомъ даетъ имъ возможность проникать чрезъ совершенно плотную массу, такъ какъ дѣйствительно уже получены такія соединенія, какъ напр. палладія и водорода \*\*).

Нужно еще упомянуть о дѣйствіи влажныхъ перепонокъ или влажныхъ пористыхъ тѣлъ, какъ объ относящемся сюда. Въ этомъ случаѣ

---

\*) Сравни. Jahresber. d. Chem. 1866 p. 48 и сл.

\*\*) Сравни. тамъ же стр. 49. Утверждаемое Граамомъ приготовленіе сплава палладія и водорода, слѣдовательно приготовленіе водорода въ твердой формѣ, недавно дало поводъ къ сказкѣ о полученіи свободнаго водорода въ металлически твердомъ видѣ.

конечно будетъ имѣть значеніе и видоизмѣнять явленіе, специфическая сила притяженія воды къ газу, или способность этого послѣдняго поглощаться водой.—Это содѣйствіе воды при диффузіи газовъ имѣетъ особенное значеніе при обмѣнѣ газовъ въ организмахъ, которыхъ перепонки при всѣхъ обстоятельствахъ болѣе или менѣе богаты водой \*).

Эти явленія діализа газовъ, отступающія отъ законовъ чистой диффузіи и имѣющія весьма высокое значеніе, насколько для растительныхъ, настолько же и для животныхъ организмовъ \*\*), представляютъ для насъ большой интересъ еще потому, что они составляютъ основаніе для разсмотрѣнія не менѣе важныхъ явленій диффузіи *капельныхъ жидкостей* черезъ перепонки—предмета, къ которому мы теперь обращаемся.

Значительно большая часть питательныхъ веществъ растеній (для нѣкоторыхъ группъ растительныхъ организмовъ, даже вся совокупность ихъ) принимается внутрь растеній *посредствомъ диффузіи жидкости*. Явленія, имѣющія мѣсто при этихъ процессахъ, хотя нѣсколько болѣе сложныя, чѣмъ разсмотрѣнныя до сихъ поръ, сдѣлаются скоро для насъ понятнымъ, такъ какъ мы въ состояніи будемъ ссылаться во многихъ случаяхъ на простые процессы чистой диффузіи газовъ.

Изложеніе прохожденія капельныхъ жидкостей черезъ перепонкообразныя перегородки, естественно опять предполагаетъ нѣкоторое поверхностное знакомство съ теоріею сущности этихъ жидкостей, равно какъ съ явленіями смѣшенія ихъ, безъ вставленія перегородокъ.

Мы называемъ *капельною жидкостью* агрегатъ частицъ, *живая сила которыхъ въ состояніи преодолѣть притяженіе ближайшихъ соседнихъ частицъ, однако менѣе, чѣмъ притяженіе совокупности всѣхъ другихъ частицъ* относительно ея \*\*\*), между тѣмъ какъ въ газахъ жи-

\*) Другой примѣръ прохожденія газовъ черезъ перегородки, въ иномъ отношеніи, чѣмъ въ отношеніи ихъ молекулярныхъ скоростей, о которомъ мы не намѣрены здѣсь распространяться, такъ какъ онъ мало касается нашихъ позднѣйшихъ разсмотрѣній, представляетъ (названная такъ Граамомъ) транспирація, т. е. прохожденіе газовъ черезъ пористыя перегородки, которыхъ поры нѣсколько болѣе широки (система капиллярныхъ трубочекъ). Черезъ такіе болѣе широкіе каналыцды проходитъ не частица за частицею отдѣльно, но одновременно большія массы газа, и потому происходитъ треніе между этими массами газа, сила котораго зависитъ отъ объема, занимаемаго отдѣльными частицами, и такимъ образомъ скорость совершенно измѣняется.

\*\*) Напримѣръ для дыханія, гдѣ происходитъ проникновеніе черезъ животныя перепонки.

\*\*\*) L. Dossios: Theorie der Lösungen. Separatabdruck p. 6.

вая сила отдѣльной частицы преодолеваетъ и притяженіе всѣхъ другихъ.

На основаніи этого опредѣленія тотчасъ же дѣлается понятнымъ, почему газы могутъ быть переведены въ капельныя жидкости пониженіемъ температуры или увеличеніемъ давленія.

Двѣ химически различныя капельныя жидкости будутъ смѣшиваться между собою въ любомъ отношеніи, если частицы одной жидкости будутъ сильнѣе притягиваться частіцами другой, чѣмъ своими собственными \*). Для нашей цѣли будетъ достаточно, если мы, при разсмотрѣніи явленій диффузіи жидкостей, ограничимся этимъ случаемъ, который къ тому же имѣетъ и наибольшее значеніе, хотя полноты ради было бы заманчивѣе войти въ ближайшее разсмотрѣніе теоріи смѣшенія жидкостей въ совершенно опредѣленныхъ отношеніяхъ, а также и теоріи растворенія твердыхъ тѣлъ.

И такъ, если двѣ такія жидкости, смѣшивающіяся между собою, какъ вода и алкоголь, во всѣхъ возможныхъ отношеніяхъ, расположены одна возлѣ другой или одна надъ другой, такъ что обладаютъ плоскостью соприкосновенія, то съ этой плоскости начнетъ происходить смѣшеніе. Процессъ совершенно походитъ на аналогичный ему процессъ у газовъ, но обусловливается отчасти другими причинами. Тамъ диффузія происходила не вслѣдствіе притягательной силы, но только вслѣдствіе молекулярной скорости газа, передъ которой исчезало притяженіе между собою частицъ одного и того же газа; здѣсь же у капельныхъ жидкостей живая сила частицы не достаточно велика, чтобы совершенно преодолѣть силу притяженія ей подобныхъ, — и потому-то эти жидкости наполняютъ равномерно не каждое предоставленное имъ пространство; здѣсь живой силѣ частицъ должна помочь притягательная сила инородныхъ частицъ, и только тогда, когда имѣется другая жидкость, способная смѣшиваться съ первой, удается распредѣлить частицы этой первой жидкости по ограниченному объему второй жидкости пространству. Не смотря на эту разницу въ причинахъ, результатъ будетъ приблизительно тотъ же самый; во слѣдствіе силы притяженія при смѣшиваніи жидкостей обнаруживается вполне ясно тѣмъ, что при этомъ происходитъ образованіе теплоты \*\*),

\*) Сравни. Naumann: Thermochemie 1869 p. 102.

\*\*) По теоріи растворовъ тоже должно произойти при каждомъ происходящемъ во всѣхъ возможныхъ отношеніяхъ, смѣшеніи, и дѣйствительно вездѣ, гдѣ въ этомъ случаѣ замѣчается пониженіе температуры, удается объяснить его измѣненіемъ удѣльной теплоты. Сравни. Naumann l. c. p. 107. Правда, онъ самъ

переходъ (химическаго?) напряженія въ живую силу, — явление, которое, само собой разумѣется, никогда не происходитъ при чистой диффузиі газовъ, гдѣ притяженіе, не принимая участія, не можетъ и перейти въ живую силу.

Въ остальномъ оба явленія показываютъ полную аналогію. И при диффузиі жидкостей участвуетъ также молекулярная скорость частицъ, а потому и диффузія жидкостей, точно также какъ диффузія газовъ, значительно усиливается вслѣдствіе возвышенія температуры, которое состоитъ ни въ чемъ другомъ, какъ въ увеличеніи скорости движущихся частицъ.

Представимъ себѣ опять, что вставлено твердое тѣло сравнительно тонкаго поперечнаго разрѣза, промежутки котораго на столько малы, что черезъ нихъ не можетъ происходить фильтрація. Процессъ, который мы теперь наблюдаемъ, весьма схожъ съ тѣмъ, который мы наблюдали у газовъ, и во всѣхъ отношеніяхъ можетъ быть поставленъ рядомъ съ діализомъ газовъ. Диффузія жидкостей чрезъ перепонки, процессъ, который мы теперь обозначимъ особымъ названіемъ *осмоса* \*), зависить не только отъ *молекулярныхъ скоростей обихъ диффундирующихъ жидкостей*, но, какъ это вытекаетъ изъ данной теоріи процесса, также отъ *взаимныхъ частичныхъ притяженій этихъ жидкостей*. Однако и эти оба момента не вполне еще опредѣляютъ явленіе осмоса \*\*); кромѣ нихъ дѣйствуетъ еще *вещество перепонки съ его специфическими притяженіями*, и это обстоятель-

---

лишаетъ силы свой способъ объясненія заключительнымъ замѣчаніемъ этого мѣста. При всѣхъ смѣшеніяхъ, которыя не могутъ происходить въ каждомъ любомъ отношеніи, происходитъ, напротивъ, связываніе теплоты, если только имѣютъ дѣло съ явленіемъ настоящаго смѣшенія.

\*) Прежде, вслѣдствіе односторонняго способа выраженія, говорили объ экзосмосѣ и эндосмосѣ, которыми выражали увеличеніе или уменьшеніе объема какой нибудь жидкости, перепоночную диффузію которой хотѣли изучить.

\*\*) Они одни опредѣляли бы его, если бы вставленная перегородка не обладала никакими специфическими притягательными силами, еслибы она относилась къ жидкостямъ такъ, какъ пластинки графита и неглазурованного фарфора къ газамъ. Такой процессъ, какъ аналогичный чистой диффузиі газовъ (при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ также трансираціи) слѣдовало бы отличать отъ осмоса, аналогичнаго діализу газовъ и о которомъ мы только и будемъ говорить въ текстѣ. Выполнены ли эти условія (отсутствіе специфическихъ притягательныхъ силъ перегородки) при диффузиі жидкостей черезъ пористые глиняные цилиндры — еще не опредѣлено, хотя это легко могло бы быть сдѣлано черезъ показаніе независимости явленія отъ выбора матеріала служащаго перегородкой.

ство дѣлаетъ разсматриваемое явленіе столь сходнымъ съ діализомъ газа.

Что это такъ—легко показать. Если бы осмотическое движеніе зависѣло единственно отъ частичныхъ силъ жидкостей, то выборъ перепонки точно также не вліялъ бы на теченіе процесса, какъ не вліяетъ выборъ пористаго тѣла на чистую диффузію газа (процессъ прохожденія черезъ тѣло со столь узкими пораами, что черезъ нихъ могутъ проходить только отдѣльныя частицы, но не массы газа). Но мы сейчасъ увидимъ, что выборъ перепонки въ высшей степени измѣняетъ явленіе, точно также какъ діализъ газа, о которомъ мы говорили, совершается различнымъ образомъ, смотря по тому, возьмемъ ли мы каучуковую перепонку, раскаленную платиновую пластинку, или какое нибудь другое годное для діализа твердое тѣло.

Далѣе здѣсь снова слѣдуетъ замѣтить, что уже безъ употребленія перепонки, какъ и у газовъ вообще, диффузионное движеніе обѣихъ смѣшивающихся жидкостей должно совершаться въ обоихъ направленіяхъ съ весьма различною скоростью, такъ какъ частичная скорость каждой отдѣльной жидкости (составляющая одинъ изъ моментовъ участвующихъ въ явленіи) вообще бываетъ различна. Однако и здѣсь, какъ при диффузиі газовъ безъ перепонокъ, не можетъ произойти дѣйствительно замѣтной разницы въ давленіяхъ, такъ какъ она сейчасъ же произведетъ обратное дѣйствіе и такимъ образомъ уничтожится при самомъ началѣ. Но если при этомъ есть перегородка, представляющая сильное сопротивленіе давленію съ одной стороны, то, какъ при диффузиі газовъ, такъ и при осмотическомъ движеніи капельныхъ жидкостей, можетъ произойти неравномѣрный переходъ частицъ по одну сторону перепонки, т. е. значительная разность давленій. Перепонкообразныя перегородки, раздѣляющія обѣ жидкости при осмозѣ, въ отношеніи къ ихъ проницаемости для частицъ жидкости, гораздо болѣе способны сопротивляться высокому гидростатическому давленію, чѣмъ пористыя тѣла и (допускающія діализъ) перепонки относительно частицъ газовъ—это явствуетъ отчасти изъ сопротивленія, которое онѣ оказываютъ фильтраціи, и, дѣйствительно, о причинѣ этого явленія можно составить столь же вѣроятное представленіе, какъ и о нѣсколько отличномъ отношеніи къ газамъ узкопористыхъ перегородокъ.

Способность перепонокъ не уступать одностороннему давленію жидкости, но допускать диффузію жидкостей по обѣимъ граничащимъ съ жидкостями сторонамъ, мы можемъ объяснить себѣ слѣдующимъ

образомъ \*). Частицы перепонки по нашему предположенію притягиваютъ къ себѣ частицы обѣихъ жидкостей и помѣщаютъ ихъ между собою. Такимъ образомъ частицы жидкостей достигаютъ противоположной внѣшней поверхности перепонки, гдѣ уже затѣмъ начинается собственное диффузионное дѣйствіе. Если одна изъ жидкостей находится подъ высшимъ давленіемъ, чѣмъ находящаяся по другую сторону перепонки, то все же на первой сторонѣ находится лишь небольшой избытокъ частицъ, такъ какъ капельныя жидкости не способны значительно сжиматься. Молекулярныя же скорости жидкостей, по предположенію, одинаково теплыхъ, по находящихся подъ различными давленіями, совершенно равны между собой, такъ что частицы сжатой жидкости не имѣютъ никакого значительнаго преимущества при прохожденіи черезъ перепонки. И такъ мы легко приходимъ къ тому результату, что осмосъ гораздо болѣе, чѣмъ диффузія газовъ, долженъ происходить противоположно давленію.

Такимъ образомъ (слѣдовательно не вполне аналогично объясненію происхожденія давленія газа при диффузіи упругихъ жидкостей чрезъ узкопористыя перегородки) легко можетъ быть объяснено происхожденіе гидростатическаго давленія, вслѣдствіе диффузіи капельныхъ жидкостей.

Попробуемъ сдѣлать очевиднымъ съ помощью эксперимента и этотъ процессъ происхожденія гидростатическаго давленія вслѣдствіе осмоса. У меня здѣсь цилиндръ, наполненный водой. Въ эту воду все время была погружена стеклянная трубка, закрытая снизу перепонкой изъ такъ называемаго растительнаго пергамента \*\*). Я вынимаю на мгновеніе стеклянную трубку;—она совершенно пуста. Уже это обстоятельство указываетъ на значительное сопротивленіе фильтраціи, которое въ состояніи оказать перепонка, такъ какъ она все время находилась въ соприкосновеніи съ водой подъ довольно значительнымъ гидростатическимъ давленіемъ, соотвѣтствующимъ длинѣ трубки подъ водой, и тѣмъ не менѣе не пропустила ни одной капли.

Я помѣщаю трубку опять въ воду и наполняю ее точно до той высоты, до которой снаружи стоитъ вода, растворомъ мѣднаго купороса. Находящаяся въ стеклянной трубкѣ жидкость, какъ концентри-

\*) О теоріи осмоса (или діосмоса) сравн. историческій сводъ у Schumacher'a Physik der Pflanze 1867 p. 138. Литературу изслѣдованій надъ осмосомъ у W. Schmidt: Pogg. Ann. V. 99 p. 340.

\*\*) Бумага, измѣненная концентрированной сѣрной кислотою и лишенная своей способности къ фильтраціи.

рованный растворъ соли, тяжелѣе воды, и поэтому мы знаемъ, что на перепонку, закрывающую снизу стеклянную трубку, производится большее гидростатическое давленіе изнутри чѣмъ снаружи. Не смотря на то, однако, спустя короткое время—и въ концѣ этой лекціи это сдѣлается уже вполне очевиднымъ \*), жидкость въ трубкѣ увеличится въ объемѣ, слѣдовательно гидростатическое давленіе будетъ еще болѣе одностороннимъ.

Объясненіе этого факта, на основаніи вышесказаннаго, весьма просто. Сила, влекущая частицы воды черезъ перепонку въ растворъ и которая составляется изъ скорости движенія водяныхъ частицъ, изъ специфической силы притяженія перепонки къ этимъ частицамъ и изъ силы притяженія этихъ послѣднихъ къ частицамъ раствора, находящагося внутри трубки, болѣе той силы, которая влечетъ, наоборотъ, частицы раствора \*\*) черезъ перепонку наружу, и которая совершенно подобнымъ же образомъ слагается изъ трехъ моментовъ.

Уже съ помощью этого простаго опыта, который я только что произвелъ и результатъ котораго скоро начнетъ дѣлаться замѣтнымъ, и изъ сходства его съ другимъ, произведеннымъ для обнаруженія диффузіи газовъ, ясно видно, что явленія диффузіи въ обширнѣйшемъ смыслѣ этого слова) въ капельныхъ жидкостяхъ, производятъ совершенно подобные же эффекты, какъ и въ газахъ, хотя причина осмотическихъ явленій существенно отличается отъ причины явленій прохожденія газовъ чрезъ пористыя перегородки. Относительно ихъ способности проходить чрезъ обыкновенныя, употребляемыя при осмосѣ перепонки, жидкости показываютъ болѣе общія различія, на которыя уже здѣсь слѣдуетъ вкратцѣ указать. Существуетъ рядъ веществъ, которыя въ водныхъ растворахъ легко проходятъ черезъ всѣ роды перепонокъ или, какъ выражаются также, обладаютъ малымъ осмотическимъ эквивалентомъ \*\*\*); это суть боль-

\*) Если желаютъ сдѣлать опытъ очевиднымъ въ столь короткое время съ данными растворомъ и перепонкой, то трубка сверху, гдѣ жидкость должна подниматься, должна быть взята сравнительно очень узкая.

\*\*) Говоря точнѣе, частицы раствореннаго вещества, которыми растворъ отличается отъ воды.—Впрочемъ, при этомъ изложеніи дѣло вовсе не въ строгости выраженія.

\*\*\*) Подъ выраженіемъ «осмотическій эквивалентъ» понимается такое количество воды, какое проходитъ на одну (вѣсовую?) частицу диффундирующаго чрезъ перепонку раствореннаго вещества. Абсолютно-коллоидальнымъ веществомъ называлось бы вещество съ безконечно-большимъ осмотическимъ эквивалентомъ (сравни Schumacher: Physik der Pflanze 1867 p. 124), опредѣлительнѣе было бы названіе эндосмотическій коэффициентъ въ обратномъ смыслѣ.

шею частью вещества, которыя какъ наши обыкновенныя соли, легко кристаллизуются, почему и называются *кристаллоидальными веществами*.

Другія вещества—и преимущественно такія, которыя не способны принимать кристаллическую форму—обладаютъ въ своихъ водныхъ растворахъ весьма малою способностью, проходить чрезъ перепонки или весьма большимъ осмотическимъ эквивалентомъ; они называются *коллоидальными веществами*. Бѣлковыя вещества, клей и т. п. принадлежатъ къ этому послѣднему классу.

Такъ, напр., легко удается довести до разрыва пузырь, наполненный водянистымъ бѣлкомъ, если положить его въ воду или въ нѣкоторые растворы солей, такъ какъ при этомъ принимаемый объемъ жидкости будетъ больше выдѣляемаго, а перепонка пузыря представляетъ большее сопротивленіе фильтраціи.

Изъ объясненія этихъ явленій мы можемъ извлечь тотъ общій намъ и важный для насъ результатъ, что существуетъ возможность, помощью *перепонкообразныхъ перегородокъ преобразовать химическое различіе газовъ и жидкостей*, раздѣленныхъ такою перегородкою, въ давленіе газа и жидкости, т. е. въ *механическое напряженіе, которое способно производить механическую работу* \*). Въ простѣйшемъ видѣ эта возможность существуетъ уже при диффузіи безъ перепонки, такъ какъ при этомъ, какъ извѣстно, можетъ быть преодолѣна сила тяжести, именно если мы расположимъ удѣльно тяжелѣйшій газъ или тяжелѣйшую жидкость подъ болѣе легкимъ газомъ или жидкостью, при чемъ смѣшеніе будетъ происходить чрезъ поднятіе тяжелѣйшихъ частицъ и опусканіе легчайшихъ, слѣдовательно съ производеніемъ механической работы.

Мнѣ нѣтъ необходимости далѣе указывать на то, что выше изложенный эффектъ дѣйствій диффузіи имѣетъ громдную важность для нашихъ изслѣдованій надъ растеніемъ, такъ какъ каждая клѣточная оболочка есть *настоящая перепонка*, обладающая всѣми описанными особенностями ея. Мы это скоро увидимъ.

Но прежде чѣмъ перейти къ явленіямъ диффузіи въ живыхъ растеніяхъ, мы должны сказать нѣсколько словъ о зависимости осмоса отъ свойствъ перепонки, и еще нѣсколько остановиться надъ явленіями поглощенія газовъ жидкостями и надъ явленіями испаренія,

\*) При диффузіи газовъ приэтомъ теряется нѣсколько живой силы частицъ, нѣсколько теплоты, при диффузіи жидкостей главнымъ образомъ химическое напряженіе, появляющееся затѣмъ въ формѣ механическаго напряженія.

которыя часто сопровождаютъ процессы диффузіи, различнымъ образомъ видоизмѣняя ихъ.

Способность извѣстныхъ непористыхъ твердыхъ тѣлъ, настоящихъ перепонокъ, которыя, относительно ихъ проницаемости, въ высшей степени противустоятъ давленію, допускать диффузію газовъ и жидкостей, мы могли объяснить себѣ только тѣмъ, что принимали, что частицы жидкостей, способныхъ проходить при этихъ условіяхъ, предварительно располагаются между частицами перепонки. Что касается діализа газовъ, то мы видѣли, что принятіе въ себя диффундирующаго газа веществомъ, дѣйствующимъ какъ перепонка, доказано дѣйствительно помощью опыта. Но изъ этого необходимаго предположенія слѣдуетъ, что весь ходъ диффузіи, по относительнымъ количествамъ обмѣнивающихся веществъ, зависитъ отъ *специфическихъ свойствъ этихъ перепонокъ*. Для діализа газовъ мы вполне опредѣленно установили эту зависимость, для осмоса до сихъ поръ только издалека намекнули о ней.

Дѣйствительно, осмотическія явленія между двумя жидкостями, какъ учать сотни опытовъ \*), во всемъ ихъ виѣшнемъ проявленіи обусловливаются веществомъ раздѣляющихъ ихъ перегородокъ, и это не можетъ быть иначе на основаніи сдѣланныхъ выводовъ. Эта зависимость простирается столь далеко, что, какъ мы выше уже замѣтили, безъ труда удастся поворотить диффузионный токъ (какъ выражаются) въ двухъ совершенно одинаковыхъ жидкостяхъ, единственно только выборомъ другой перепонки, т. е. сдѣлать такъ, чтобы въ одномъ случаѣ получилъ перевѣсъ переходъ частицъ одной жидкости въ другую, въ другомъ случаѣ—преобладалъ бы обратный переходъ. Такъ по Дютроше \*\*) диффузионный токъ многихъ паръ смѣшиваемыхъ жидкостей, какъ напр. раствора щавелевой кислоты и воды, черезъ перепонку изъ животнаго пузыря идетъ въ совершенно противоположномъ направленіи, чѣмъ черезъ трубку лука.

Эти факты, на основаніи вышесказаннаго, мы должны конечно объяснить тѣмъ, что въ одномъ случаѣ сумма, представляемая живой силой частицъ первой жидкости, сложенной съ специфической притягательной силой этихъ частицъ къ частицамъ второй жидкости, и съ специфической силой притяженія этихъ частицъ къ веществу

\*) Сравни. также работы W. Schmidt'a: Pogg. Ann. V. 99. p. 337 и V. 144 p. 337.

\*\*) Кноп. Kreisl. d. Stoffs. II p. 23.

перепонки была больше, чѣмъ соотвѣтственныя силы, дѣйствовавшія во второй жидкости, въ другомъ случаѣ — наоборотъ, и что при этомъ величины третьяго момента, которыя въ этомъ случаѣ однѣ переменны, измѣнялись такимъ образомъ, что разность обѣихъ суммъ получала другой смыслъ.

Изъ этого соображенія вмѣстѣ съ тѣмъ слѣдуетъ, что отношеніе этихъ суммъ, отъ котораго зависитъ такъ называемое направленіе диффузионнаго тока, можетъ сдѣлаться и часто будетъ иное съ измѣненіемъ температуры, вслѣдствіе которой измѣнится въ различныхъ отношеніяхъ молекулярная скорость диффундирующихъ жидкостей \*). И дѣйствительно опытъ учитъ, что диффузионный токъ двухъ жидкостей съ измѣненіемъ температуры часто дѣлается обратнымъ.

Изъ этого же разсмотрѣнія, безъ всякаго сомнѣнія, можно вывести, что отношеніе этихъ суммъ, при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ, можетъ также измѣниться черезъ простое измѣненіе концентрацій употребляемыхъ растворовъ \*\*).

Эти запутанныя обстоятельства, составляющія слѣдствіе явленія, зависящаго отъ многихъ моментовъ, заставляютъ насъ обратить вниманіе на то, что не слѣдуетъ, какъ это можетъ легко многимъ показаться, изъ любого осмотическаго явленія, наблюдаемаго при употребленія какой либо перепонки, сейчасъ же выводить слѣдствія и переносить ихъ въ область растительнаго царства, хотя я и могу рѣшительно поручиться за то, что цѣлый рядъ выводовъ, къ которымъ приводитъ изученіе этихъ явленій, можетъ немедленно получить плодотворное примѣненіе къ цѣлому ряду физиологическихъ процессовъ. Я надѣюсь показать это очень скоро.

Намъ остается еще заняться тѣмъ вліяніемъ, которое оказываетъ вставленіе перепонки на взаимодѣйствіе между газами и жидкостями.

Большинство капельныхъ жидкостей обладаетъ при обыкновенной температурѣ извѣстною упругостью, т. е. стремленіемъ ихъ частицъ освободиться отъ притяженія остальныхъ частицъ жидкости и, ввидѣ свободныхъ газовыхъ частицъ, улетѣть на далекое разстояніе.

Если такая жидкость находится въ непосредственномъ соприкосновеніи съ пространствомъ, не наполненнымъ ни твердымъ, ни ка-

---

\*) Просто потому, что живая сила измѣнится въ томъ же отношеніи.

\*\*) Экспериментальныя подтвержденія этого вывода мнѣ неизвѣстны.

пельно-жидкимъ тѣломъ, то нѣкоторыя частицы жидкости будутъ постоянно принимать газообразное состояніе до тѣхъ поръ, пока пространство не наполнится отдѣлившимися частицами до извѣстной, зависящей отъ температуры, степени.

Это простое обстоятельство, въ дальнѣйшее теоретическое объясненіе котораго мы не станемъ входить, существенно измѣняется вставленіемъ перепонки. Легко понять, какимъ именно образомъ можетъ подѣйствовать на такого рода явленіе вставленіе перепонки. Здѣсь также весьма важную роль будетъ играть *сила притяженія перепонки къ частицамъ жидкости*. Если таковая существуетъ, т. е. если жидкость обладаетъ способностью увлажнять перепонку и дѣлать ее разбухшею, то испареніе такой жидкости и при загораніи перепонкою не потерпитъ никакого значительнаго уменьшенія; если этого не существуетъ, то перепонка должна относиться къ жидкости такъ же, какъ стеклянная стѣнка относится ко всѣмъ жидкостямъ, т. е. сдѣлаетъ испареніе совершенно невозможнымъ.

Если одна и та же перепонка имѣетъ способность, вслѣдствіе специфической притягательной силы, принимать въ себя частицы какой нибудь одной жидкости, частицы же другой — нѣтъ, и если при томъ существуютъ условія для испаренія обѣихъ жидкостей по другую сторону перепонки, то тогда одна жидкость будетъ испаряться черезъ перепонку, другая же нѣтъ, хотя бы даже эта послѣдняя обладала гораздо большею летучестью. Такимъ образомъ объясняется хорошо извѣстный фактъ, представляющійся сначала нѣсколько страннымъ; которымъ уже съ давняго времени пользовались въ технику, фактъ, что водный винный спиртъ можетъ быть сконцентрированъ помощью животнаго пузыря, если, наполнивъ имъ послѣдній, выставить его на воздухъ для испаренія. — Одна изъ жидкостей этой смѣси, обладающая меньшею упругостью вода, противоположно обыкновенному порядку вещей, испаряется черезъ животный пузырь наружу гораздо скорѣе, чѣмъ другая, обладающая большею летучестью, алкоголь, такъ какъ только первая въ состояніи проникать черезъ пузырь; частицы же алкоголя не вбираются этимъ послѣднимъ.

Совершенно подобный же эффектъ производитъ вставленіе перепонки между газомъ и жидкостью, при явленіяхъ поглощенія газовъ жидкостями.

Какъ извѣстно, многіе газы обладаютъ способностью быть вбираемыми капельными жидкостями или, какъ мы говоримъ, поглощаться. При этомъ частицы газа, проникающія въ жидкость, относятся точно

также, какъ сами частицы капельной жидкости, т. е. ихъ живая сила меньше совокупнаго притяженія дѣйствующихъ на нихъ частицъ жидкости. Все явленіе зависитъ, очевидно, существенно отъ специфическихъ притягательныхъ силъ разсматриваемыхъ газовъ и жидкостей, и естественно ими же обуславливается емкость насыщенія капельныхъ жидкостей относительно отдѣльныхъ газовъ, которая, какъ извѣстно, чрезвычайно различна \*).

Но если такое явленіе поглощенія, правильное теченіе котораго само по себѣ легко понятно, совершается при вставленіи перепонки, то результатъ его существенно измѣняется свойствами этой послѣдней. И здѣсь опять дѣло будетъ состоять въ томъ, что или разсматриваемая перепонка не обладаетъ никакою специфическою силою притяженія къ обоимъ участвующимъ тѣламъ, или же она способна располагать частицы газа или жидкости между своими собственными частицами. Въ первомъ случаѣ, она будетъ дѣйствовать какъ непроницаемая перегородка, и совершенно воспрепятствуетъ процессу поглощенія; въ одномъ изъ послѣднихъ случаевъ, явленіе можетъ не потерпѣть никакого нарушенія, при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ можетъ даже наступить ускореніе его. Нѣтъ необходимости что либо прибавлять къ вышесказанному, дабы получить вѣрное представленіе объ объясненномъ здѣсь порядкѣ вещей.

Кажется почти лишнее здѣсь еще разъ обращать вниманіе на то, что и въ обоихъ только что разсмотрѣнныхъ процессахъ, въ явленіяхъ испаренія и поглощенія со вставленіемъ перепонки, опять извѣстнымъ образомъ дѣйствуетъ способность сопротивленія этихъ перегородокъ давленію газовъ и жидкостей, которая (способность) только и дѣлаетъ возможнымъ, что помощью ихъ можно построить аппараты, посредствомъ которыхъ производится механическая работа.

Жидкость, закрытая снаружи перепонкой, чрезъ которую она испаряется, дѣйствуетъ точно также какъ такая же жидкость, отдающая при осмосѣ наружу большій объемъ частицъ, чѣмъ какой она оттуда получаетъ, т. е. спустя нѣкоторое время въ ней господствуетъ низ-

---

\*) Одинъ объемъ воды поглощаетъ при 18° С. слѣдующія количества нижепоименованныхъ газовъ:

Углекислоты . . . . .	1,06 об.
Кислорода . . . . .	0,065 »
Водорода . . . . .	0,046 »
Азота . . . . .	0,042 »

шее давленіе, чѣмъ въ окружающемъ ее пространствѣ \*). Это обстоятельство, какъ мы скоро увидимъ, играетъ важную роль въ каждомъ воздушномъ растеніи.

Относительно поглощенія нужно сказать слѣдующее: жидкость, закрытая снаружи перепонкой, чрезъ которую происходитъ въ ней процессъ поглощенія, т. е. принимаются ею частицы газа, дѣйствуетъ точно также какъ такая же жидкость, получающая при осмосѣ большій объемъ частицъ извнѣ, чѣмъ какой она отдаетъ туда, т. е. спустя нѣкоторое время въ ней будетъ господствовать высшее давленіе чѣмъ въ окружающемъ ее пространствѣ \*\*).

Мнѣ казалось совершенно необходимымъ, насколько мы это здѣсь сдѣлали, подвергнуть общему разсмотрѣнію явленія диффузіи въ обширнѣйшемъ смыслѣ этого слова, для того чтобы быть въ состояніи изучить сложные процессы принятія веществъ въ растеніяхъ, процессы, которые могутъ быть разъяснены только помощью сюда относящихся явленій. При разсмотрѣніи этихъ процессовъ необходимо всегда держать въ памяти тѣ главныя точки зрѣнія, къ которымъ мы сегодня пришли, чтобы не растеряться при многихъ объяснительныхъ опытахъ. Эта новая задача болѣе реальныхъ свойствъ займетъ насъ въ ближайшихъ лекціяхъ.

---

\*) Предполагал, что перепонка обладаетъ извѣстной эластичностью, способностью приходить въ напряженное состояніе, какъ это дѣйствительно найдено для здоровыхъ растительныхъ клеточныхъ оболочекъ.

\*\*\*) Также при томъ же предположеніи.

## ДЕВЯТНАДЦАТАЯ ЛЕКЦІЯ.

### Принятіе веществъ растеніями.—Обмѣнъ газовъ въ растеніяхъ.—Чисто осмотическій обмѣнъ газовъ.

Сегодня мы должны разъяснить тѣ задачи въ ученіи о питаніи растеній, которыя могутъ быть рѣшены при помощи знанія явленій диффузіи.

Прежде всего поговоримъ объ обмѣнѣ газовъ въ растеніяхъ.— Если мы вспомнимъ результаты нашихъ предъидущихъ разсмотрѣній, то весьма не трудно будетъ отвѣтить на вопросъ, какія именно вещества принимаются и выдѣляются растеніями, во время ихъ жизнедѣятельности, въ газообразномъ состояніи. Какъ было сказано, большинство растеній, при образованіи органическаго вещества въ хлорофильной клѣточкѣ, *принимаетъ углекислоту и выдѣляетъ кислородъ*; обратный обмѣнъ газовъ происходитъ при дыханіи растеній. Кромѣ того, слѣдуетъ еще принять во вниманіе *принятіе углекислаго амміака*, совершающееся у нѣкоторыхъ растеній въ незначительныхъ количествахъ, повидимому, въ газообразной формѣ, и, наконецъ, *выдѣленіе воды* воздушными растеніями \*) и, можетъ быть, у нѣкоторыхъ растеній, случайное принятіе воды, также въ газообразной формѣ. Это, во всякомъ случаѣ, всѣ существенные въ растеніи процессы, при которыхъ обмѣнъ газовъ играетъ какую либо роль. Мы можемъ оставить здѣсь безъ вниманія выдѣленія въ газообразной формѣ нѣкоторыхъ пахучихъ эфирныхъ маслъ.

Перехода затѣмъ къ принятію углекислоты и выдѣленію кислорода, мы, само собою разумѣется, должны обратить особенное вниманіе на совершенно своеобразное анатомическое строеніе хлорофильныхъ органовъ, отъ котораго, относительно вида и силы, обмѣнъ газовъ вполнѣ зависитъ. Мы, впрочемъ, здѣсь рассмотримъ строеніе хлорофильныхъ органовъ лишь у наиболѣе важныхъ въ сельско-хозяйственномъ отношеніи высшихъ сухопутныхъ растеній.

Хлорофильные органы всѣхъ высшихъ растеній часто содержатъ много рядовъ клѣточныхъ слоевъ, заключающихъ въ себѣ хлоро-

---

\*) Таковыми мы можемъ назвать всѣ сухопутныя, чужездныя и торчащія изъ воды водяныя растенія.

филь, слѣдовательно, по физиологическому устройству, способныхъ перерабатывать углекислоту и выдѣлять кислородъ. Если всѣ клѣточки должны пользоваться углекислотой, доставляемой имъ атмосферой—вопросъ, которымъ мы тотчасъ займемся,—то и на первый взглядъ очевидно, что клѣточки глубже лежащихъ клѣточныхъ рядовъ находятся въ менѣе выгодномъ положеніи относительно быстрого къ нимъ доступа необходимаго для работы сыраго матеріала; онѣ должны при этомъ довольствоваться остатками отъ погребленія другихъ, и при сильной дѣятельности наружныхъ клѣточекъ до нихъ можетъ достигнуть только воздухъ несравненно болѣе бѣдный углекислотой (иногда и совершенно лишенный углекислоты), нежели атмосфера, принимая даже самыя благопріятныя условія для диффузіи углекислоты.

Мы прежде всего должны разрѣшить вопросъ, въ какой мѣрѣ углекислота атмосферная, почвенная или, наконецъ, произведенная въ самомъ растеніи участвуетъ въ доставленіи матеріала перерабатываемаго въ хлорофильной клѣточкѣ.

Что на этотъ процессъ не можетъ идти одна только углекислота самаго растенія, вытекаетъ уже изъ вышеприведеннаго разсмотрѣнія дыханія растеній (совершающагося съ несравненно меньшей энергіей, нежели образованіе органическаго вещества); кромѣ того, при этомъ въ общемъ результатѣ никакъ не могъ бы получиться столь значительный остатокъ органической матеріи.

Были также произведены опыты, для опредѣленія годности атмосферной углекислоты, а также и растворенной въ почвенной водѣ, путемъ осмоса направляющейся въ тѣло растенія и наконецъ достигающей хлорофильныхъ органовъ; опыты эти, не смотря на нѣсколько устарѣлые методы, по которымъ они производились, могутъ считаться вполне доказательными.

Многіе сомнѣвались въ пригодности для этого процесса атмосферной углекислоты на томъ основаніи, что атмосферный воздухъ содержитъ весьма незначительное количество углекислоты и, кромѣ того, находили достаточнымъ для растеній почвенный запасъ углекислоты (образующейся при гніеніи и растворяемой дождевой водой); Буссенго \*) однако-же опытомъ доказалъ противное. Для этого онъ просто помѣщалъ виноградныя вѣтви въ обыкновенный воздухъ, въ которомъ предварительно было опредѣлено содержаніе углекислоты, при чемъ процессъ роста совершался при сильномъ освѣщеніи, а за тѣмъ,

---

\*) Die Landwirthschaft etc. deutsch v. Gräger 1844. I. p. 45.

при соблюденіи извѣстныхъ предосторожностей, опредѣляя измѣненія, происшедшія въ составѣ воздуха. Опыты его показали уменьшеніе содержанія углекислоты съ 0,045% на 0,02%; въ другомъ случаѣ съ 0,04% на 0,01% \*). Буссенго повторилъ этотъ же опытъ ночью, при чемъ нашелъ, что при подобныхъ условіяхъ содержаніе углекислоты въ воздухѣ удвоилось.

Съ другой стороны, можно вычислить, что для потребностей растенія въ этомъ питательномъ веществѣ не достаточно \*\*) углекислоты, образующейся на поляхъ изъ остатковъ жатвы и навоза, а также вводимой въ почву дождевой водой, такъ что и изъ этого обстоятельства можно уже съ большой вѣроятностью вывести заключеніе, что для образованія обычныхъ урожаевъ растительнаго вещества, *растение, погружающее свои зеленые органы въ воздушный океанъ, пользуется углекислотой атмосферы.*

Возникъ однако также и обратный вопросъ, а именно: приносить ли почвенная углекислота какую нибудь пользу растенію, при образованіи въ немъ органическаго вещества; и этотъ вопросъ былъ также разработанъ путемъ опыта, хотя здѣсь утвердительный отвѣтъ и могъ, собственно говоря, быть предсказанъ. Сеннебье \*\*\*) (Sennebier) измѣрилъ количество кислорода, выдѣлявшагося двумя зелеными вѣтками персиковаго дерева, изъ которыхъ одна была погружена плоскостью разрѣза въ содержащую углекислоту воду, тогда какъ другая располагала только углекислотой воздуха; онъ нашелъ, что первая изъ нихъ въ одно и то же время выдѣлила почти въ двое большее количество кислорода, нежели другая †).

---

\*) Выработанный впоследствии, этимъ же изслѣдователемъ, методъ для измѣренія силы разложенія угольной кислоты, основанъ на томъ же фактѣ. См. также Corenwinder (Jahresber. f. Agriculturchemie 1858—59. стр. 100 и слѣд. и затѣмъ Versuche von Vogel und Wittwer: Abhandl. d. Königl. bair. Akad. d. Wissensch. B. VI p. 265).

\*\*) Бунзенъ вычислилъ, что количество углекислоты, вводимое въ почву дождевой водой (оно равно 2,57 граммамъ на квадр. метръ), далеко недостаточно для покрытія въ дѣйствительности наблюдаемаго въ растеніяхъ образованія углеродистыхъ соединений (см. Annal. d. Chem. u. Pharm. B. 93 p. 48); количество же углекислоты, доставляемое гніеніемъ на многихъ плодородныхъ земляхъ, весьма незначительно и среднимъ числомъ всегда, разумѣется, должно быть меньше потребнаго для новообразованій.

\*\*\*) Boussingault. I. с. стр. 44.

†) Какъ дальнѣйшіе опыты въ томъ же направленіи, могутъ быть разсматриваемы опыты Петерса (произведенные подъ руководствомъ А. Штекгарта). Онъ выращивалъ овесъ и горохъ въ сосудахъ, при различныхъ вегетаціонныхъ условіяхъ, при

Изъ всего сказаннаго слѣдуетъ заключить, что растеніе беретъ пужную ему для питанія углекислоту вездѣ, *идь оно ее находитъ*, что оно, конечно, не пренебрегаетъ углекислотой, находящейся въ токъ непрерывно проходящей чрезъ него воды, но что оно также съ большой силой притягиваетъ газообразную углекислоту атмосферы \*) , употребляя ее точно также для своихъ пѣлей.

Если судить объ обоихъ источникахъ на основаніи силы ихъ тока (при обыкновенныхъ условіяхъ), то можно рѣшительно принять, что главная масса углекислоты, потребляемой растеніемъ, принадлежитъ воздуху, такъ какъ вычисленіе для источника почвенной углекислоты даетъ довольно незначительныя цифры.

Такимъ образомъ въ принятіи углекислоты надземными органами зеленого растенія, мы имѣемъ дѣло съ принятіемъ, главнымъ образомъ \*\*), вещества въ газообразномъ состояніи и поэтому должны ознакомиться съ снарядами, снабжающими этимъ важнымъ питательнымъ средствомъ и болѣе глубокіе клѣточные слои.

чемъ почва, въ которой росли растенія, въ одномъ случаѣ не провѣтривалась вовсе, въ другомъ—провѣтривалась однимъ атмосфернымъ воздухомъ, а въ третьемъ, атмосфернымъ воздухомъ и углекислотой. При помощи особыхъ приспособленій, урожай сухой растительной массы былъ, среднимъ числомъ, въ граммахъ:

	Безъ доступа воз- духа.	При доступѣ воз- духа.	При доступѣ воз- духа и углекисл.
Горохъ	0,57	0,82	1,09
Овесь	0,78	2,55	2,83

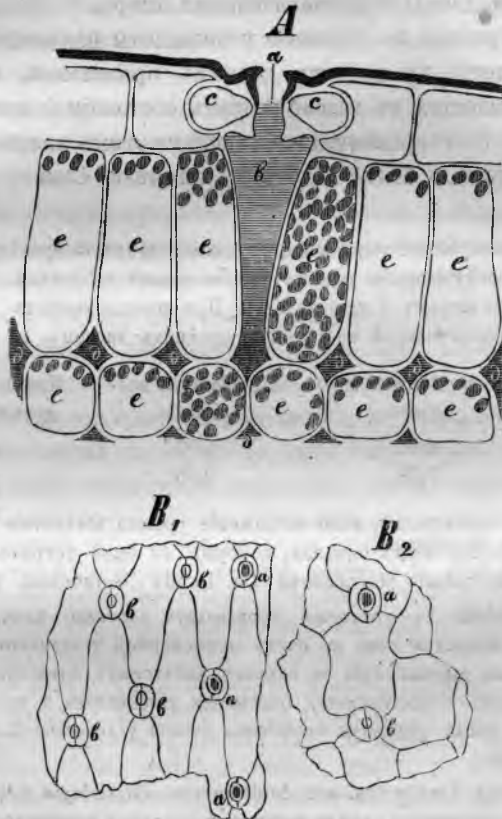
Изъ этого, слѣдовательно, ясно возвышеніе урожая, вслѣдствіе доступа углекислоты къ почвѣ. При этихъ опытахъ, конечно, не была устранена возможность второстепенныхъ вліяній углекислоты (См. Landw. Versuchsst. 1859 p. 21).

\*) Что растеніе въ состояніи производить довольно значительныя массы растительнаго вещества лишь на счетъ атмосферной углекислоты, доказывається многими опытами выращивания въ водныхъ растворахъ питательныхъ веществъ, содержащихъ лишь незначительныя количества углекислоты и во многихъ случаяхъ, во время роста растворы становятся богаче углекислотой, при посредствѣ самаго растенія.

\*\*\*) Вычисленія Унгера (см. его Anatomie u. Physiologie der Pflanzen), которыя, казалось, доказывали, что во многихъ случаяхъ и углекислота воздуха (принимая наблюдавшееся Буссенго принятіе углекислоты листьями) достаточна лишь для образованія незначительной доли въ дѣйствительности образующагося органическаго вещества, содержатъ непостижимую ошибку, а именно—смѣшеніе вѣсоваго прироста съ приростомъ сухаго вещества и такимъ образомъ они доказываютъ совершенно противное тому, что собственно должны были доказать.

Даже довольно поверхностное микроскопическое изслѣдованіе листь-евъ и другихъ зеленыхъ частей растенія знакомитъ насъ съ снаря-домъ, который при болѣе близкомъ изслѣдованіи дѣйствительно ока-зывается способнымъ къ подобнаго рода дѣятельности. Эпидерма такого органа, состоящая изъ наружныхъ стѣнокъ, граничащихъ съ атмосферой клѣточекъ, при подобномъ изслѣдованіи представляется несплошною, а въ ней замѣтны щелеобразныя отверстія, образуе-мыя двумя, полулунной формы, замыкающими клѣточками (Рис. 1). Мы

Рис. 1.



А. Устье хлорофильнаго органа въ поперечномъ разрѣзѣ (схематическое изо-браженіе): а — раскрытое устье, в — дыхательная полость, сс — замыкающія клѣтки, дд — межклетные ходы, и — хлорофиллоносныя клѣтки.

В<sup>1</sup>, В<sup>2</sup>. Куски кожицы хлорофильныхъ органовъ съ устьицами, В<sup>1</sup> съ *I pumila*, В<sup>2</sup>—съ *Orchis latifolia*.—Устья а раскрыты, —в закрыты.

здѣсь совершенно оставляемъ въ сторонѣ какъ анатомическое строеніе этихъ, такъ наз. «устыицъ», такъ и ихъ развитіе изъ прежде однообразной ткани, и указываемъ лишь на ихъ постоянное присутствіе на поверхности всѣхъ зеленыхъ воздушныхъ органовъ растенія. Здѣсь, конечно, слѣдуетъ упомянуть о томъ, что и многіе другіе органы, какъ напр. цвѣточные лепестки, растительныя части безхлорофильныхъ организмовъ и даже подземные осевые органы всегда или въ нѣкоторыхъ случаяхъ содержатъ подобныя щелевидныя отверстія, но вмѣстѣ съ тѣмъ можно прибавить, что только въ хлорофильныхъ органахъ они вполнѣ постоянны и находятся въ наибольшемъ числѣ \*). Задались даже трудомъ опредѣленія числа этихъ маленькихъ отверстій на единицѣ поверхности кожицы листа (A. Weiss), при чемъ найдено, что у разнаго рода листьевъ число ихъ чрезвычайно измѣнчиво. На квадратный миллиметръ кожицы листа приходится до 700 устыицъ, среднимъ же числомъ, можетъ быть, до 200.

Дальнѣйшее устройство этихъ отверстій въ кожицѣ листа явствуетъ изъ слѣдующаго. Если разсматривать такія устыица въ поперечномъ разрѣзѣ, то прежде всего замѣтимъ прямо подъ нимъ находящееся, нѣсколько большее наполненное воздухомъ, пространство, съ которымъ устыица находится въ прямомъ сообщеніи, какъ это показано на рис. А; пространство это назвали *дыхательной полостью*. Оно сообщается, какъ это можно замѣтить подъ микроскопомъ, съ наполненными воздухомъ *межклеточными пространствами* \*\*) листовой паренхимы, а затѣмъ наконецъ, при посредствѣ послѣднихъ, и съ болѣе объемистыми воздухоносными сосудами и древесинными клеточками.

---

\*) Ясное указаніе на главныя мѣста нахождения устыицъ даютъ нѣкоторые, плавающіе на поверхности воды, листья, какъ напр. *Nymphaeaceae*, у которыхъ верхняя, соприкасающаяся съ атмосфернымъ воздухомъ, сторона листа богата снабжена устыицами, тогда какъ другая сторона, соприкасающаяся съ водой, почти совершенно ихъ не имѣетъ; между тѣмъ у воздушныхъ растеній нижняя сторона листьевъ обыкновенно богаче устыицами нежели верхняя. Зеленныя, вполнѣ погруженныя въ воду водныя растенія, снабжены устыицами только въ видѣ исключенія.

\*\*) Эти-то наполненныя воздухомъ межклеточныя пространства придаютъ, вѣроятно, живымъ зеленымъ листьямъ темнозеленый видъ (черезъ частое отраженіе

Вышеприведенныя отношенія могутъ легко быть показаны путемъ опыта, не вдаваясь даже въ анатомическія подробности. Для этого черешокъ неповрежденнаго листа закрѣпляютъ герметически въ отверстіе пріемника воздушнаго насоса и именно такимъ образомъ, что черешокъ погружаютъ въ стоящій на тарелкѣ воздушнаго насоса стаканъ съ водой, тогда какъ пластинка листа находится во внѣшнемъ воздухѣ. При дѣйствіи насоса, скоро образуется постоянный токъ газа съ поверхности разрѣза черешка и для доказательства, что газъ дѣйствительно просачивается \*) чрезъ весь листъ, стоитъ только листовую пластинку погрузить въ атмосферу углекислоты, а къ водѣ пріемника прибавить немного известковой воды, при чемъ легко замѣчается значительное помутнѣніе \*\*) раствора.

Этимъ простымъ опытомъ доказывается существованіе сообщенія между устьицами и воздухоносными сосудами черешка, при посредствѣ межклеточныхъ пространствъ, такъ какъ для быстрого проникновенія воздуха чрезъ самыя клеточки, слѣдовательно чрезъ цѣлый рядъ сильно противостоящихъ простому давленію перегородокъ, представляемыхъ клеточными оболочками, была бы, безъ сомнѣнія, потребна болѣе значительная сила. И дѣйствительно, опытъ не удается при обратныхъ условіяхъ, т. е. если погрузить пластинку листа въ воду, а черешокъ привести въ соприкосновеніе съ атмосферой, такъ какъ въ водѣ устьица, вслѣдствіе своеобразнаго устройства ихъ, замыкаются или же задираются капиллярной водой \*\*\*). Послѣднее во всякомъ случаѣ показываетъ, что нельзя просто пропустить токъ воз-

---

лучей, падающихъ на плоскости соприкосновенія воздуха съ клеточнымъ веществомъ); и дѣйствительно, если листъ положить въ воду и затѣмъ выкачать воздухъ, или если кипятить листъ въ водѣ, при чемъ воздухъ межклеточныхъ пространствъ замѣщается водянистой жидкостью, первоначальное темное окрашиваніе можетъ перейти въ такъ наз. «лаковый» цвѣтъ, — припомнимъ напр. цвѣтъ вареныхъ зеленыхъ овощей. Это представленіе очевидно построено на не вполне, конечно, аналогичномъ явленіи въ крови, которая вмѣсто темнаго клеваго цвѣта, при переведеніи красящаго вещества въ кровяную пасоку (чрезъ вымораживаніе), принимаетъ темный «лаковый» цвѣтъ.

\*) См. J. Sachs: Handb. d. Exper. Phys. d. Pfl. p. 216 и слѣд.

\*\*) Опытъ этотъ будетъ конечно не совѣсьмъ безукоризненъ, такъ какъ газы, находящіеся внутри листа, всегда богаты углекислотой; ошибку, впрочемъ, все-таки можно обойти при помощи сравнительныхъ опытовъ.

\*\*\*) См. J. Sachs. Handb. d. Exper. Phys. d. Pfl. p. 251.

духа чрезъ кліточные слои, но что для этого существуетъ особый путь, одинъ конецъ котораго представляютъ устьица.

Посмотримъ теперь, какую пользу можетъ растеніе извлечь изъ показаннаго устройства, находящагося въ полномъ развитіи только въ хлорофильныхъ органахъ.—Каждая кліточка паренхимы листа соприкасается съ межклітнымъ пространствомъ и такимъ образомъ омывается, такъ сказать, внутренней атмосферой, которая, при посредствѣ устьиць, находится въ постоянномъ сообщеніи съ внѣшней атмосферой, изъ которой хлорофильныя кліточки получаютъ углекислоту. Какъ ни узокъ путь, по которому газы наружной атмосферы могутъ проникать въ межклітныя пространства и къ отдѣльнымъ кліточкамъ, но, съ одной стороны, диффузія, возбуждаемая и поддерживаемая постояннымъ потребленіемъ углекислоты и связаннымъ съ нимъ выдѣленіемъ кислорода, съ другой — разность давленій, какъ слѣдствіе постоянныхъ измѣненій температуры въ надземныхъ органахъ растенія, способны поддерживать оживленный обмѣнъ газовъ и въ такихъ узкихъ каналахъ.

Принятію углекислоты главнымъ образомъ благоприятствуетъ *чрезвычайная быстрота диффузіи*, свойственная этому газу *при тѣхъ обстоятельствахъ, которыя господствуютъ въ растеніи*. Это приложимо и къ принятію углекислоты отдѣльной растительной кліточкой (если только она уже не пересыщена этимъ газомъ), такъ какъ кліточная перепонка всегда содержитъ отложенныя въ ней молекулы воды и такимъ образомъ для легко растворимой въ водѣ углекислоты быстрое прохожденіе становится тѣмъ легче.

Совершенно особенное значеніе имѣетъ это предпочтеніе диффузионнаго тока углекислоты также и при прохожденіи чрезъ всю систему полостей цѣлаго листоваго органа, съ поверхности листа въ воздухоносные сосуды черешка, какъ это показали новѣйшія изслѣдованія Мюллера \*). Опыты эти были произведены надъ неповрежденными листьями нѣкоторыхъ широколистныхъ растеній такимъ образомъ, что посредствомъ весьма остроумно построеннаго аппарата (котораго мы здѣсь описывать не станемъ) чрезъ черешокъ листа проводились, подъ нѣсколько возвышеннымъ давленіемъ, различные, безвредные для растенія газы, причѣмъ было опредѣлено время, въ теченіе котораго давленіе уравнивалось; послѣднее, конеч-

---

\*) Pringsheim's Jahrb. etc. Bd. VIII, p. 75.

но, могло совершаться не иначе какъ чрезъ самый листъ. Такъ какъ при опытахъ долженъ былъ быть разработанъ вопросъ объ устьицахъ, то во время опыта послѣднiя частью замыкались электрическимъ раздраженiемъ (что совершается при посредствѣ легко раздражаемыхъ замыкающихъ клѣточекъ), частью же оставлялись въ обыкновенномъ ихъ состоянiи. При этомъ въ обоихъ случаяхъ, а именно, шель ли диффузионный токъ газовъ главнымъ образомъ чрезъ капиллярныя полости между клѣточками, или же преимущественно чрезъ самыя клѣточки и клѣточные оболочки \*), углекислота всегда давала самую значительную скорость, тогда какъ изъ ряда другихъ взятыхъ газовъ, для водорода и атмосфернаго воздуха при этомъ обнаружилось измѣненiе относительныхъ скоростей.

Результаты этихъ прекрасныхъ опытовъ, какъ ни трудно правильное ихъ толкованiе, показываютъ достаточно ясно для нашей пѣли, что въ хлорофильныхъ органахъ условiя диффузиi углекислоты особенно благоприятны, сравнительно съ диффузiей другихъ атмосферныхъ газовъ, и что, такимъ образомъ, столь неблагоприятны на первый взглядъ условiя доступа углекислоты большею частью сглаживаются. Атмосферный воздухъ во всякомъ случаѣ содержитъ не болѣе  $\frac{1}{2}$  тысячной углекислоты и путь для этого столь разжиженнаго питательнаго газа, до глубже лежащихъ хлорофильныхъ клѣточекъ болѣе толстыхъ листовыхъ органовъ, далекъ и труденъ; однако эти неблагоприятныя условiя вполнѣ вознаграждаются той быстротой, съ которой углекислота проникаетъ въ листовую ткань и въ клѣточки, и съ которой потребленные и замѣненные кислородомъ частицы снова замѣщаются изъ неизсякаемаго внѣшняго резервуара.

Тотъ самый путь, которымъ углекислота проникаетъ въ хлорофильныя клѣточки, служитъ и для выдѣленiя кислорода, образующагося при переработкѣ углекислоты. При этомъ процессѣ, какъ и вообще въ процессахъ выдѣленiя газовъ, особенная быстрота диффузиi менѣе принимается во вниманiе; клѣточка, пресыщенная кислороднымъ газомъ и граничащая со смѣсью газовъ, сравнительно бѣдной кислородомъ, уступаетъ послѣдней свой избытокъ, и отъ силы диффузиi будетъ зависѣть только давленiе, до котораго клѣточка доводится отдѣляющимся газомъ

---

\*) Изъ этого можно заключить, что внѣшняя кутикуляризованная оболочка, не смачиваемая снаружи, вслѣдствiе содержанiя воска, все таки нѣсколько проницаема для газовъ.

Въ нѣсколько иныхъ условіяхъ находится обмѣнъ углекислоты и кислорода, о которомъ идетъ рѣчь, въ *зеленыхъ, живущихъ подъ водою, растеніяхъ*. Углекислота можетъ ими приниматься, конечно, только растворенная въ водѣ, путемъ диффузіи жидкости или осмоса, причемъ большой коэффициентъ поглощенія этого газа \*) для воды имѣетъ особенное значеніе. Кислородъ, между тѣмъ, при незначительной быстротѣ диффузіи чрезъ смоченную клѣточную оболочку и несравненно меньшей растворимости въ водѣ, выдѣляется, при интензивной образовательной работѣ, не этимъ путемъ, а пересиливъ значительное сопротивленіе, представляющееся фильтрованію газа, выдѣляется въ газообразномъ состояніи \*\*); послѣднее происходитъ какъ въ томъ случаѣ, когда, какъ у наиболѣе простыхъ по строенію, водорослей, кислородъ изъ каждой отдѣльной клѣточки выталкивается прямо въ окружающую воду, или же, какъ у высшихъ погруженныхъ водныхъ растеній, газъ сперва поступаетъ во внутреннія полости растенія и, достигнувъ тамъ весьма значительнаго давленія \*\*\*), выходитъ чрезъ случайное поврежденіе въ видѣ сильнаго тока.

Рядомъ съ этимъ обмѣномъ газовъ, являющимся въ хлорофильной клѣточкѣ и необходимымъ для совершенія процесса возстановленія, стоитъ гораздо болѣе распространенный, хотя, въ среднемъ и совершающийся съ несравненно болѣе слабой напряженностью обратный обмѣнъ газовъ, а именно *принятіе кислорода и выдѣленіе углекислоты*.

Есть два весьма ощутительныхъ основанія считать излишнимъ существованіе особыхъ приспособленій, благопріятствующихъ этому обмѣну газовъ: во-первыхъ, несравненно слабѣйшая напряженность процесса окисленія сравнительно съ процессомъ возстановленія и за-

---

\*) См. Buusen. *Annal. d. Chem. u. Pharm.* В. 93 р. 49. Благодаря этому значительному коэффициенту поглощенія углекислоты, растворенные въ водѣ атмосферные газы, отличаясь, въ тѣхъ случаяхъ когда насыщеніе происходило при обыкновенныхъ условіяхъ, чрезвычайно большимъ, сравнительно съ составомъ атмосферы, содержаніемъ углекислоты, главнымъ образомъ и благопріятствуютъ растительной жизни. Въ большинствѣ случаевъ азотъ, играющій въ атмосферѣ роль разжижающаго средства, въ такой газовой смѣси отступаетъ на задній планъ значеніе; этого соотношенія понять не трудно.

\*\*\*) Точно такъ же относятся и воздушныя растенія, помѣщенные въ воду, содержащую углекислоту, какъ мы это видѣли прежде.

\*\*\*\*) Котораго углекислота, вслѣдствіе болѣе легкой диффузіи чрезъ растительную ткань, никогда не могла бы доставить.

тѣмъ, чрезвычайно благоприятное вліяніе, оказываемое на такой процессъ составомъ атмосферы. Послѣдняя содержитъ приблизительно 20% кислорода и только  $\frac{1}{20}$ % углекислоты, слѣдовательно газа, необходимаго для дыханія, почти въ 400 разъ больше. Благодаря этому соотношенію, и безъ особенно благоприятныхъ условий для принятія кислорода всѣми частями растенія, въ ткани его всетаки находится достаточное количество этого необходимаго газа.

Здѣсь также можетъ быть упомянуто, что принятіе кислорода, кромѣ того, еще облегчается устьицами, которыя мы, въ менѣе значительномъ числѣ, встрѣчаемъ и въ кожицѣ многихъ безхлорофильныхъ органовъ, а также и довольно высокимъ, сравнительно съ азотомъ, коэффициентомъ поглощенія кислорода въ водѣ, доставляющимъ, безъ сомнѣнія, кислороду, при диффузіи чрезъ растительныя ткани, значительное преимущество предъ азотомъ. Затѣмъ слѣдуетъ обратить вниманіе на то, что въ самыхъ хлорофильныхъ органахъ дыханію еще существенно благоприятствуетъ происходящее тамъ на свѣтѣ выдѣленіе кислорода (какъ и вообще оба противоположные процесса по необходимости должны идти рука объ руку); произведенная дыханіемъ углекислота, насколько она образуется въ хлорофильныхъ органахъ или проникаетъ въ нихъ чрезъ воздухоносныя сосуды, при посредствѣ диффузіи и измѣненнаго давленія, подготавливаетъ процессъ возстановленія.

Водныя растенія поставлены въ нѣсколько худшія условія относительно необходимаго для дыханія обмѣна газовъ; не слѣдуетъ однако забывать, что и большое число животныхъ, какъ напр. всѣ рыбы, у которыхъ процессъ дыханія совершается несравненно сильнѣе, пользуются однимъ только раствореннымъ въ водѣ кислородомъ. Быть можетъ, большія воздухохранилища, находящіяся внутри многихъ водныхъ растеній и наполняющіяся при солнечномъ свѣтѣ богатымъ кислородомъ воздухомъ, оказываютъ этимъ организмамъ и ту услугу, кромѣ нѣкоторыхъ другихъ, что доставляютъ имъ атмосферу, поддерживающую оживленное дыханіе. Образующаяся при дыханіи подобныхъ растеній углекислота, какъ только наступаетъ пресыщеніе дышащаго клѣточного содержимаго, чрезъ диффузію, конечно, быстро переходитъ въ окружающую воду.

О принятіи углекислаго амміака въ газообразной формѣ здѣсь можно сказать лишь немногое. Растенія, значительная способность которыхъ къ такому рода принятію части потребнаго для нихъ

азота до сихъ поръ доказана или просто предполагается, а именно: Бобовыя не отличаются, насколько извѣстно, никакимъ особымъ рядомъ, который бы могъ облегчить это принятіе; и такъ этотъ вопросъ \*), какъ еще недостаточно разработанный, можно здѣсь обойти.

Весьма важное значеніе для всѣхъ воздушныхъ растений имѣеть выдѣленіе воды въ формѣ газа надземными его органами, такъ называемое *испареніе* \*\*). Это явленіе не можетъ быть объяснено, исходя изъ точки зрѣнія обмѣна веществъ, какъ мы его до сихъ поръ разсматривали. Мы знаемъ, что при образованіи органическаго вещества, рядомъ съ углекислотою и вода, какъ питательное вещество, совершенно необходима; равнымъ образомъ знаемъ мы, что при явленіяхъ окисленія наоборотъ образуется вода, а такъ какъ первый процессъ, въ высшихъ хлорофильныхъ растеніяхъ всегда преобладаетъ, то постоянное выдѣленіе весьма значительныхъ количествъ воды воздушнымъ растеніемъ совершенно необъяснимо съ этой точки зрѣнія.

Уже изъ многихъ, до сихъ поръ изложенныхъ обстоятельствъ можно было заключить, что въ растительномъ организмѣ, какъ и во всѣхъ другихъ, вода играетъ не только роль начальнаго и конечнаго члена обмѣна веществъ (какъ, въ сущности, углекислота), но что въ немъ ей принадлежатъ еще и совершенно инныя функціи, которыя не могутъ быть подведены подъ тѣ понятія. Вода, въ сущности служитъ посредникомъ между всѣми жизненными явленіями въ растеніи, каковы бы они ни были. Всѣ части растенія содержатъ много процентовъ воды, и именно тѣ изъ нихъ, въ которыхъ происходитъ оживленный ростъ, всегда богаты ею. Сравнительно бѣдны водой только отдѣльныя, неспособныя къ новообразованію ткани, какъ древесина; очень бѣдны водой только органы, въ которыхъ въ данное время царствуетъ полное успокоеніе отъ жизнедѣятельности, какъ напр. сѣменахъ.

Вода представляетъ, въ весьма большихъ массахъ, конституціонную составную часть всякой кѣлочной оболочки, въ которой расположены

\*) Я уже прежде, а именно на стр. 212 вып. I., указалъ на то, что Саксъ, имѣя самимъ произведенный опытъ, которымъ, казалось, доказывалась ассимиляція атмосфернаго углекислаго амміачнаго газа, повидимому, не считаетъ уже доказательнымъ, такъ какъ онъ въ своихъ сочиненіяхъ обходитъ молчаніемъ эту своеобразную и весьма важную для пракческаго сельскаго хозяйства ассимиляцію азота.

\*\*) Изложеніе въ историческомъ порядкѣ относящихся къ этому открытіи у Гейдена *Düngerlehre*. I. p. 171--75.

частицы ея, а также протоплазмы и т. д. Вода служитъ общимъ средствомъ растворенія и перемѣщенія образованныхъ растеніемъ веществъ, подлежащихъ передвиженію, а также и для принятія новыхъ составныхъ частей. Съ послѣдней функціей мы скорѣе ближе ознакомимся, при разсмотрѣніи явленій осмоса, въ ихъ приложеніи къ принятію веществъ.

Это значеніе воды для растительной жизни (какъ и для существованія всякаго организма) въ сущности настолько превышаетъ, *въ количественномъ отношеніи*, значеніе ея какъ сыраго матеріала для образованія органическаго вещества, что послѣднее, въ сравненіи съ нимъ, просто какъ будто исчезаетъ.

Большія количества воды, необходимыя растенію \*) для только что изложенныхъ цѣлей, въ воздушныхъ растеніяхъ не сохраняются съ начала до конца роста, но въ этихъ организмахъ протекаетъ

\*) Среднее содержаніе воды въ различныхъ частяхъ растеній.

Картофель . . . . .	{ Клубни . . 76,0 % Ботва . . 85,1 %	} Вычислено по многимъ анализамъ см. Heiden Düngerlehre I. p. 167.
Турнепсъ . . . . .	{ Корни . . 91,0 % Листья . . 88,5 %	
Свекла кормовая . . . . .	{ Корни . . 88,2 % Листья . . 90,8 %	
Свекла сахарная . . . . .	{ Корни . . 81,9 % Листья . . 89,7 %	
Табакъ . . . . .	{ Листья . . 87,1 % Стебли . . 85,8 % Корни . . 84,1 %	
Липовые листья . . . . .	55,0 %	
Дубовые листья . . . . .	57,4 %	} Данные Ziureck'a (Technolog. Tab. 1863).
Еловое дерево . . . . .	37 %	
Дубовое дерево . . . . .	35 %	
Ивовое дерево . . . . .	60 %	
Бобы . . . . .	7,9 %	
Чечевица . . . . .	9,0 %	
Гречиха . . . . .	12,5 %	
Маисъ (новый) . . . . .	18,0 %	
Овесь . . . . .	14,0 %	
Рисъ . . . . .	13,4 %	
Различные грибы . . . . .	87—96 %	} Schlossberger и Dörping: Annal. d. Chem. u Pharm. V. 52 p. 106.

чрезъ растение сильный токъ воды, проникающей въ корни въ жидкомъ видѣ, поднимающейся затѣмъ противъ силы тяжести и отдѣляющейся изъ надземныхъ органовъ въ парообразномъ состояніи. Сравнительно съ этимъ сильнымъ токомъ, потребление воды при образованіи органическаго вещества и воспроизведеніе ея чрезъ сожиганіе этого вещества являются въ растеніи лишь маленькими канавками или притекающими ручейками, дѣйствіе которыхъ можно считать ничтожнымъ.

Объясненіе происхожденія этого тока воды, непрерывно протекающаго чрезъ воздушное растеніе, представляется задачей, которая можетъ быть разрѣшена лишь при ближайшемъ разсмотрѣніи явленій осмоса въ растеніи. Здѣсь мы имѣемъ дѣло только съ испареніемъ, которымъ во всякомъ случаѣ токъ этотъ обусловливается. Испареніе, главнымъ образомъ, имѣетъ мѣсто въ травянистыхъ частяхъ надземнаго растенія, въ листьѣ и другихъ молодыхъ органахъ. Болѣе старыя части ствола и вѣтвей постоянно одѣты плотными пробкообразными слоями тканей \*), чрезвычайно затрудняющими испареніе воды. Главнымъ же образомъ зеленые, богато снабженныя устьицами, листья соединяютъ въ себѣ самыя благоприятныя для испаренія условія.

Причины испаренія воды прежде всего изъ клѣточекъ, находящихся въ прямомъ соприкосновеніи съ атмосферой, совершенно ясны. Атмосфера представляетъ газовую смѣсь, которая только въ рѣдкихъ случаяхъ бываетъ насыщена водяными парами, несмотря на то, что послѣдніе непрерывно къ ней притекаютъ; какъ на причину этого явленія, можно указать на правильно происходящія въ атмосферѣ осадки, а также и на то, что множество явленій движенія въ воздушномъ океанѣ и нагрѣваніе послѣдняго ведутъ къ тому, что насыщенные парами массы воздуха, чрезъ смѣшеніе съ сухими атмосферными газами, снова дѣлаются способными къ пріятію воды.

Граничація съ атмосферой растительныя клѣточки теряютъ воду, подобно непокрытому стакану воды во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда атмосфера не насыщена парами. Пропитанная водой клѣточная оболочка способствуетъ этому выдѣленію воды, такъ какъ она собственную потерю возмѣщаетъ, при помощи свойственной ей силы притяженія къ водѣ, изъ воды клѣточного содержимаго. — Уже изъ этого обстоятельства можемъ мы заключить, что при такомъ

\*) Кутикularизованныя клѣточные оболочки весьма мало способны къ пропитыванію, а потому и служатъ очень плохими посредниками для обмѣна воды.

испареніи совершается работа, которая сперва преодолеваетъ силу притяженія клѣточной оболочки къ водѣ, а затѣмъ уже оказываетъ дальнѣйшее дѣйствіе. Мы здѣсь должны обратить на это вниманіе, потому что эти соотношенія вскорѣ поведутъ насъ къ важнымъ заключеніямъ.

Нельзя, во всякомъ случаѣ, строго утверждать, что одна только упругость обусловливаетъ испареніе, такъ какъ и растенія, помѣщенные въ узко ограниченной и насыщенной водянымъ паромъ атмосферѣ, въ извѣстной мѣрѣ \*) продолжаютъ процессъ испаренія \*\*), при чемъ вода осаждается на стѣнкахъ пріемника, въ которомъ опытъ производится. Однако здѣсь, вѣроятно, весьма слабое развитіе теплоты, вслѣдствіе дыханія, дѣлаетъ еще возможнымъ испареніе, при столь неблагоприятныхъ условіяхъ. Испареніе это при такихъ обстоятельствахъ весьма слабо и принимаетъ большіе размѣры лишь при уменьшеніи сырости воздуха; при большой же сухости послѣдняго, оно дѣлается весьма значительнымъ.

Замѣчательно различіе между выдѣленіемъ клѣточкой воды и выдѣленіемъ углекислоты и кислорода, о которомъ мы прежде говорили. Тамъ новообразование этихъ газовъ (при посредствѣ явленій дыханія или другаго процесса въ хлорофильной клѣточкѣ) всегда служило помѣхой къ установленію равновѣсія между растительной клѣточкой и атмосферой, и такимъ образомъ вело къ установленію диффузионнаго тока.—Здѣсь мы видимъ другую, можно сказать, *внѣшнюю* причину, обусловливающую постоянное движеніе; равновѣсіе не можетъ наступить, пока жива клѣточка, такъ какъ послѣдняя въ продолженіе жизни необходимо богата водой, атмосфера же сравнительно бѣдна ею и не насыщена водяными парами, и такимъ образомъ для уравненія этого неравновѣсія существуетъ постоянный диффузионный токъ, дѣйствіе котораго можетъ сдѣлаться безвреднымъ для растительной жизни только потому, что растительная клѣточка съ другой стороны снова возмѣщаетъ утраченную воду. По-

\*) См. Sachs: Handb. d. Experim. Phys. d. Pfl. p. 227.

\*\*) Унгеръ опредѣлялъ (см. Heiden: Düngerlehre I. p. 177) количество испаренной воды въ двухъ однородныхъ растеніяхъ, изъ которыхъ одно свободно находилось въ воздухѣ, тогда какъ въ другомъ, покрытомъ стекляннмъ колоколомъ, испареніе предотвращалось настолько, насколько оно можетъ быть затруднено чрезъ насыщеніе воздуха водянымъ паромъ. Отношеніе количествъ испаренной воды для единицы поверхности листа найдено равнымъ 10,4:1, при чемъ оно, конечно, зависитъ отъ сухости и проч. атмосферы, дѣйствовавшей при одномъ изъ этихъ опытовъ.

этому и говорят въ отношеніи къ этому испаренію воды у воздушныхъ растений \*) объ испаряющей силѣ, такъ какъ здѣсь какъ бы имѣютъ дѣло съ внѣшней силой, дающей толчокъ цѣлому ряду работъ, съ значеніемъ которыхъ мы вскорѣ и ознакомимся.

Мы прежде сказали, что травянистыя части воздушныхъ растений и въ особенности наиболѣе богато надѣленные устьицами листья представляютъ мѣсто самой оживленной диффузіи газовъ. Ясно, что то же устройство межклеточныхъ пространствъ, находящихся въ соединеніи съ одной стороны съ устьицами, съ другой—съ воздухоносными сосудами, должно существенно благопріятствовать испаренію воды, такъ какъ устройство это, точно также какъ и легкія животныхъ, позволяетъ приводить, сравнительно, гораздо большія массы воздуха въ соприкосновеніе съ испаряющими элементами тканей. И здѣсь явленія диффузіи этой межклеточной системы каналовъ, точно также какъ и токи, вызванные въ ней измѣненіемъ давленія и т. п., производятъ то, что въ этихъ пространствахъ никогда не находится вполне насыщенная паромъ газовая смѣсь, вслѣдствіе чего устройство это будетъ и для явленій испаренія равнозначуще увеличенію способной къ обмѣну газовъ растительной поверхности \*\*) \*\*\*)

Тѣ самыя части растений, которыя неспособны къ оживленному обмѣну углекислоты и кислороднаго газа, оказываются весьма мало доступными и для явленій испаренія. Это все сильно кутикюляризованныя образованія и въ особенности одѣтыя толстымъ пробковымъ слоемъ болѣе старыя (многолѣтнія) части ствола и вѣтвей. Тѣ измѣненія въ клеточной оболочкѣ, которыя мы обозначаемъ кутикюляризацией и опробкованіемъ послѣдней, дѣлаютъ ее, какъ мы уже прежде замѣтили, перепонкой съ малою пропитываемостью, а потому и неспособной къ оживленному обмѣну чрезъ нее газовъ. Такимъ образомъ кора ствола и болѣе старыхъ вѣтвей многолѣтнихъ растений можетъ считаться почти герметически замкнутой для

---

\*) Слабое испареніе должно бы, строго говоря, признать и за погруженными водными растениями, снабженными большими воздушными резервуарами съ внутренней, отъ времени до времени возобновляющейся, атмосферой; впрочемъ, объ испареніи, происходящемъ при такихъ условіяхъ, не стоитъ говорить.

\*\*) По этой же причинѣ сильно смоченная земля поддерживаетъ болѣе сильное испареніе, нежели открытая поверхность воды.

\*\*\*) Сравнивали величины испаренія обѣихъ сторонъ листа, снабженныхъ устьицами въ весьма различномъ числѣ и такимъ образомъ установили тѣсное отношеніе этой величины къ присутствію отверстій. См. Rochleder: Chem. u. Phys. d. Pfl. 1858 p. 103.

газовъ \*) и въ особенности для воды \*\*), обстоятельство, приобретающее особенное значеніе при прохожденіи воды чрезъ воздушное растеніе.

У различныхъ растений съ неодинаково развитыми надземными органами, съ листьями различной внѣшней формы и различнаго богатства въ устьицахъ, съ неодинаково сильно кутикуляризованными и приспособленными къ испаренію оболочками, и т. д. при совершенно равныхъ, само собою разумѣется, внѣшнихъ условіяхъ (относительной сухости), испареніе происходитъ съ весьма различною силою. Въ этомъ различіи свойствъ разсматриваемыхъ частей растений, дѣлающемъ ихъ болѣе или менѣе доступными испаренію, кроется часто *предупредительное средство противъ вліянія неодинаковыхъ внѣшнихъ условій*, которыя въ одномъ мѣстѣ располагаютъ растеніе къ гораздо большому испаренію нежели въ другомъ, при которыхъ, далѣе въ различныхъ климатахъ слишкомъ сильное испареніе грозитъ въ весьма различной степени, опасностью существованію растенія. Какъ на поразительный примѣръ такого рода \*\*\*) , укажу здѣсь на растенія пустынь, именно кактусовыя, которыя растутъ на очень сухой почвѣ, имѣютъ надъ собою раскаленную и чрезвычайно бѣдную водой атмосферу и защищены отъ испаренія сильно кутикуляризованной кожицей, бѣдностью въ устьицахъ и тому подобнымъ. Въ противномъ случаѣ самое существованіе такихъ растений было бы невысказуемо и непонятно, какимъ бы образомъ полустомленные караваны могли встрѣчать въ пустынѣ растенія, сокъ которыхъ освѣжаетъ людей и животныхъ.

•Понятно, что, кромѣ того, величина испаренія въ растеніи существенно должна зависѣть отъ силы притяженія растворенныхъ въ клѣточномъ сокѣ тѣлъ, отъ свойствъ ихъ составныхъ частей и массъ ихъ, слѣдовательно отъ концентраціи клѣточного сока. Впослѣдствіи, при изложеніи роли, играемой водой въ растеніи, мы ознакомимся

---

\*) Пробки, закупоривающія бутылки съ углекислой водой, подтверждаютъ тотъ же фактъ.

\*\*) Я напомню о нѣкоторыхъ, основанныхъ на этомъ способахъ папитыванія стволовъ съ оставленною на нихъ корою.

\*\*\*) Таковы и наблюденія, сдѣланныя уже Hales' омъ, а именно, что вѣчно зеленныя растенія съ кожистыми листьями испаряютъ менѣе воды, нежели растенія съ болѣе вѣжными лѣтними листьями. Hales: Statik der Gewächse. Halle 1748 p. 58. См. также Pfitzer: Botan. Zeitung 1869 p. 526.

съ тѣмъ интереснымъ фактомъ, что подъ вліяніемъ солей \*) испареніе въ растеніи значительно уменьшается,—обстоятельство, легко объяснимое съ только что приведенной точки зрѣнія. Упомянуть здѣсь о величинѣ испаренія различныхъ растеній, нѣтъ никакой цѣли \*\*).

Можно, очевидно, поставить себѣ вопросъ, отвѣчаетъ ли этому выдѣленію водянаго газа изъ растительнаго организма и поглощенію воды, при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ, въ той же формѣ. Посмотримъ прежде всего къ какимъ выводамъ, въ этомъ направленіи, можно придти на основаніи всего до сихъ поръ разсмотрѣннаго. Очевидно, что если представить себѣ растительную клѣточку, отрѣзанную отъ водянаго тока, то между нею и атмосферой должно установиться *состояніе равновѣсія* въ обоюдномъ ихъ содержаніи воды. Это состояніе равновѣсія съ одной стороны обуславливается силой притяженія воды растительной клѣточкой, съ другой стороны—степенью влажности и температурой воздуха (отъ которыхъ зависитъ стремленіе капельно жидкой воды, принять газообразное состояніе); кромѣ того оно будетъ еще зависѣть отъ количества теплоты, производимой въ клѣточкѣ химическими превращеніями. Съ увѣренностью можно предсказать, что послѣ наступленія такого состоянія равновѣсія въ отрѣзанной отъ инаго доступа воды клѣточкѣ, послѣдняя, какъ только нарушится состояніе равновѣсія, вслѣдствіе большей напр. влажности воздуха, приступитъ къ сгущенію водяныхъ паровъ, перемѣщенію воды въ клѣточную оболочку, а, посредственно, и во вну-

---

\*) Особенный интересъ въ этомъ отношеніи представляетъ изученіе столбца В. таблицы III (Versuchsst. 1864 p. 225), гдѣ приводится время, которое потребовалось для того чтобы, одинаковыя количества воды, принятія изъ соляныхъ растворовъ различной концентраціи испарились чрезъ равной величины воздушныя растенія. Особенно интересны данныя, приводимыя объ этомъ предметѣ Саксомъ (Landw. Versuchsst. 1859 p. 203).

\*\*\*) Здѣсь слѣдуетъ обратить вниманіе еще на другое обстоятельство, о которомъ мы въ текстѣ не можемъ распространяться, а именно, что по Мюллеру (см. Verhandlungen des naturhistorischen medizinischen Vereins zu Heidelberg B. V. p. 63) открываніе и замыканіе устьицъ, а такимъ образомъ и величина испаренія покрытаго устьицами органа, зависятъ отъ тургенценціи замыкающихъ клѣточекъ, слѣдовательно въ этомъ, точно также какъ и въ увеличивающейся концентраціи клѣточного сока, усматривается какъ бы регуляторъ усиливающагося испаренія. Шумахеръ доказывалъ совершенно противное (см. die Diffusion etc. 1869 p. 99), утверждая, что замыкающія клѣточки, наполняясь водой, производятъ замыканіе щели—взглядъ, опровергнутый уже опытами Моля (Bot. Zeitg. 1856 p. 697).

тренность самой клѣточки; точно также, наоборотъ, при увеличеніи сухости атмосферы, начнется испареніе \*).

Если же мы обратимся къ условіямъ, при которыхъ подобная ассимиляція воды дѣйствительно можетъ имѣть мѣсто, то должны будемъ допустить, что для нашихъ обыкновенныхъ культурныхъ воздушныхъ растений, даже при очень значительной сухости почвы и относительно влажной атмосферѣ, нѣтъ практической возможности получать этимъ путемъ воду, чрезъ ступленіе водянаго пара, такъ какъ соприкасающіяся съ атмосферой клѣточки, во всякомъ случаѣ, могутъ, съ несравненно меньшей тратой силъ, получать воду изъ растительной ткани, къ которой онѣ прилегаютъ, а чрезъ послѣднюю и изъ почвы; это, во всякомъ случаѣ, будетъ вѣрно, если оставить безъ вниманія исключительные случаи, не имѣющие практическаго значенія.

Если мы видимъ, что во влажной атмосферѣ увядшее, содержащее лишь незначительныя количества воды, растеніе снова приходитъ въ состояніе полносочія, то это вообще слѣдуетъ приписать не притоку воды изъ воздуха, а только защитѣ, оказываемой въ такомъ случаѣ растенію, противъ дальнѣйшаго испаренія, также какъ и возможности всосать въ теченіе этого времени достаточное количество воды (въ жидкомъ состояніи), для того чтобы снова сдѣлаться сочнымъ и способнымъ тургесцировать.

Напротивъ, есть, вѣроятно, цѣлый рядъ, не столь близко, конечно, насъ касающихся, растений, у которыхъ поглощеніе воды изъ атмосферы чрезъ ступленіе повидимому должно быть разсматриваемо какъ доказанный фактъ и какъ нормальный процессъ питанія. Этого, разумѣется, нельзя съ достаточной достовѣрностью или даже только съ вѣроятностью сказать относительно всѣхъ, растущихъ въ поясахъ бездождія, растенійхъ, такъ какъ въ такихъ странахъ, во первыхъ, роса, какъ кажется, играетъ весьма важную роль и затѣмъ почва обладаетъ въ извѣстной мѣрѣ \*\*) способностью ступать, вслѣдствіе гигроскопичности своей, изъ атмосферы значительныя количества воды, доставляя ее корнямъ въ жидкомъ состояніи. Доставленная такимъ образомъ растенію вода можетъ быть вполне достаточной для под-

\*) Конечно, наступленіе такого состоянія у большинства растений, повлекло бы за собою увяданіе подлежащихъ органовъ, быть можетъ даже, столь сильное, что угасла бы жизнь ихъ.

\*\*) См. у Сакса въ указ. мѣстѣ.

держанія его въ полномъ соку \*). Первое предположеніе можетъ однакоже считаться вѣрнымъ относительно многихъ лишаевъ, которые мы видимъ роскошно развивающимися и при сильныхъ и долго продолжающихся засухахъ на безводныхъ и не одаренныхъ гигроскопическими свойствами почвахъ, какъ напр. на совершенно голыхъ скалахъ. Къ такому же сгущенію паровъ для полученія воды \*\*) должны, конечно, прибѣгать и тѣ растенія, которыя, какъ напр. *Ficus Australis* \*\*\*), въ продолженіи цѣлыхъ длинныхъ періодовъ развитія не приходятъ въ соприкосновеніе ни съ почвой, ни съ жидкой водой, если они при этомъ, растутъ и увеличиваютъ свой объемъ.

Этимъ исчерпывается, съ достаточной для нашихъ цѣлей полнотой, рассмотрѣніе важнѣйшихъ процессовъ роста, въ которыхъ участвуетъ обмѣнъ газовъ. Теперь мы оставляемъ эти явленія диффузіи газовъ и переходимъ къ аналогичнымъ процессамъ принятія и выдѣленія жидкостей — къ процессамъ осмоса, играющимъ важную роль въ питаніи растеній.

Прежде всего мы займемся самымъ простымъ случаемъ осмотического принятія веществъ, совершающимся у организмовъ, исключительно живущихъ въ водяной средѣ, затѣмъ, опираясь на результаты этихъ изслѣдованій, рассмотримъ болѣе сложный случай процессовъ осмоса, какимъ онъ намъ представляется въ воздушныхъ растеніяхъ, одной частью своего тѣла погруженныхъ въ водяную среду, другою же большею — въ воздухъ.

Явленія осмоса въ *отдѣльной, окруженной водяной жидкостью, растительной клѣточкѣ*, будь это клѣточка гриба или хлорофильная клѣточка водоросли, легко понятны. Здѣсь мы въ клѣточной кожицѣ

\*) Объ этомъ, впрочемъ, въ тридцать первой лекціи.

\*\*) Конечно, противъ предположенія, высказаннаго относительно всѣхъ подобныхъ растеній, можно ожидать, пока окончательное экспериментальное разъясненіе вопроса еще впереди, возраженія такого рода, что въ періоды бѣдные дождемъ и росой, растеніемъ сильно удерживается лишь имѣющаяся еще у него вода и что новыя количества ея могутъ имъ быть приняты только въ жидкомъ состояніи.

\*\*\*) См. J. Liebig: Die organische Chemie etc 1840 p. 181 и др., гдѣ приводится сообщеніе Магнаба (William Magnab), бывшаго директора ботаническаго сада въ Единбургѣ, объ искусственной культурѣ такого растенія. Въ этомъ сообщеніи говорится о вспрыскиваніи водой висящаго въ воздухъ растенія (стр. 183) и такимъ образомъ возможность сгущенія такими растеніями паровъ могла бы казаться сомнительной. Однако же положеніе такихъ растеній въ природѣ, какъ кажется, устраняетъ подобное сомнѣніе.

имѣемъ дѣло съ оболочкой, которая при явленіяхъ диффузіи обнаруживаетъ своеобразныя силы притяженія, открывая входъ различнымъ веществамъ съ различной легкостью. Подобнымъ же образомъ дѣйствуютъ и специфическія силы притяженія клѣточныхъ жидкостей.

Но каковы бы ни были эти силы притяженія, состояніе равновѣсія можно себѣ представить такимъ образомъ, что силы, втягивающія какое либо вещество въ клѣточку, столь же велики, какъ и силы, стремящіяся удержать его снаружи, что, какъ мы выражаемся, осмотическое противодавленіе достигло максимума, и оказываетъ сопротивленіе дальнѣйшему осмосу. При такомъ воображаемомъ состояніи равновѣсія, отдѣльныя вещества, понятно, распределены различно, смотря по тому, насколько притягиваются они клѣточной оболочкой и клѣточнымъ содержимымъ. Такъ называемыя коллоиды, не пропускаемыя клѣточной оболочкой, будутъ находиться, до и послѣ наступленія равновѣсія, на мѣстѣ ихъ первоначальнаго своего положенія, внутри или внѣ клѣточки. Такъ называемыя кристаллоиды при наступленіи равновѣсія, должны быть распределены весьма равномерно и внутри и внѣ клѣточки.

Если, несмотря на то, какъ мы это дѣйствительно и наблюдаемъ, равновѣсіе въ такой клѣточкѣ не наступаетъ, если мы постоянно видимъ развитіе явленій осмоса, не замѣчая при этомъ притупленія возбуждающихъ ихъ силъ, то это можно объяснить только постояннымъ вліяніемъ *химико-физиологическаго процесса, безпрестанно нарушающаго это равновѣсіе*, возбуждая силы, поддерживающія осмосъ. Другими словами, физиологическіе процессы во всякой клѣточкѣ всегда связаны съ потребленіемъ и новообразованіемъ химическихъ веществъ, которыя въ новомъ своемъ видѣ обнаруживаютъ и новыя силы осмоса. Вновь образовавшееся, внутри клѣточки, соединеніе будетъ стремиться распространиться наружу, разрушенное же въ ней соединеніе снова будетъ ею принято, потому что какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ равновѣсіе непременно нарушается.

Эта точка зрѣнія должна быть удержана при разсматриваніи обмѣна веществъ во всѣхъ организмахъ, живущихъ исключительно въ водныхъ жидкостяхъ. Дрожжевая клѣточка, возбуждающая спиртовое броженіе, можетъ безпрестанно принимать въ себя сахаръ и выдѣлять \*) вновь образовавшіяся соединенія, углекислоту и спиртъ, только до тѣхъ поръ, пока сахаръ внутри ея перерабо-

\*) Предполагая, что эти процессы дѣйствительно совершаются внутри дрожжевой клѣточки, въ чемъ нѣкоторые еще сомнѣваются.

тывается въ другія соединенія, такъ какъ при этомъ осметическое равновѣсiе безпрестанно нарушается химической дѣятельностью. По той же причинѣ хлорофильная клѣточка водоросли всегда способна принимать въ себя растворенную въ окружающей водѣ углекислоту, такъ какъ въ этомъ случаѣ углекислота, вслѣдствiе своего химическаго превращенія, совершенно лишена возможности производить осмотическое противодавленiе. Можно даже, очевидно, не давая повода къ заблужденiямъ, пользоваться менѣе точнымъ способомъ выраженiя и сказать, что мѣста потребленiя какого либо вещества дѣйствуютъ при помощи явленiй осмоса, какъ центры притяженiя, мѣста же образованiя—какъ центры отталкиванiя на соотвѣтственные вещества.

Во всемъ, что касается принятiя и выдѣленiя растворенныхъ органическихъ веществъ, или матерiала, изъ котораго вещества эти происходятъ, процессы осмоса, производящiе эти явленiя, сами по себѣ понятны. Не столь просто объясняются съ этой точки зрѣнiя процессы принятiя зольныхъ составныхъ частей организмомъ, погруженнымъ въ водяную среду.

Если сравнивать между собой составъ золь болотнаго растенiя и окружающаго его болота, составныя части морскаго растенiя и морской воды, то жестоко ошибется тотъ, кто, имѣя въ виду уравнительную способность осмоса, надѣется найти сходный составъ огнепостоянныхъ частей. — Напомню только извѣстный, впервые Либихомъ \*) приведенный, примѣръ болотнаго растенiя, именно водяной ряски, зольныя составныя части которой были опредѣлены анализомъ сравнительно съ составными частями болотной воды, въ которой она жила. Въ золь ряски между прочимъ отношенiе поваренной соли къ кали было 10:22, въ окружающей водѣ 10:4; точно также въ золь растенiя отношенiе сѣрной кислоты къ фосфорной было 10:14, въ водѣ 10:3. Фосфорная кислота и кали были приняты растенiемъ въ несравненно большей мѣрѣ, нежели натръ и сѣрная кислота. Можно получить еще болѣе поразительныя различiя, если вычислить зольныя составныя части такого, со всѣхъ сторонъ окруженнаго водой, растенiя, относительно содержащейся въ немъ воды и сравнить съ процентнымъ содержанiемъ зольныхъ частей въ болотной водѣ.

Еще удивительнѣе будетъ для всякаго, думающаго объяснять принятiе веществъ съ точки зрѣнiя явленiй осмоса, узнать каче-

\*) См. Die Chemie etc. 1862. II. p. 55.

ственные различія въ составѣ морской воды и зола нѣкоторыхъ растущихъ въ ней фукусовъ и другихъ видовъ растений. Содержаніе кали въ морской водѣ едва равно  $\frac{1}{20}$  части содержанія въ ней натра, тѣмъ не менѣе во многихъ изъ этихъ растений мы встрѣчаемъ несравненно болѣе кали, нежели натра. — Іодъ и марганецъ въ морской водѣ находятся въ столь незначительныхъ количествахъ, что присутствіе ихъ едва удастся обнаружить самыми точными способами; между тѣмъ во многихъ морскихъ растеніяхъ мы находимъ ихъ въ сравнительно значительныхъ количествахъ \*).

Во всякомъ случаѣ, слѣдуетъ имѣть въ виду, что если даже пользоваться для объясненія этихъ явленій одними только процессами осмоса, то нельзя ожидать вполне равномернаго распредѣленія подобныхъ минеральныхъ веществъ. Специфическія силы притяженія веществъ, заключающихся въ клѣточкѣ, безъ сомнѣнія окажутъ вліяніе, точно также какъ и проницаемость клѣточной оболочки для отдѣльныхъ веществъ, такъ что всетаки возможно будетъ извѣстное скопленіе веществъ, не претерпѣвающихъ въ организмѣ никакихъ измѣненій. — Однако такого рода силы притяженія ни въ какомъ случаѣ не могутъ одніи произвести столь одностороннее, какъ показываютъ приведенные анализы, распредѣленіе извѣстныхъ минеральныхъ веществъ, и по этой причинѣ часто сомнѣвались въ томъ, можно ли явленія принятія веществъ подводить подъ процессы осмоса; стали при этомъ говорить о какой-то необъяснимой избирательной способности растений, и употребленіе этого слова, съ которымъ связывалось лишь весьма смутное представленіе, внесло, безъ сомнѣнія, сильную путаницу въ понятія о принятіи веществъ.

Совершенно инымъ представится положеніе дѣла, если мы для такихъ минеральныхъ веществъ допустимъ возможность, а въ очень многихъ случаяхъ и необходимость химической переработки ихъ внутри растительной клѣточки такимъ образомъ, что вступившее въ клѣточку вещество не можетъ болѣе проявлять осмотическаго противодавленія, такъ какъ оно при этомъ существенно измѣняется. Тогда и къ зольнымъ составнымъ частямъ можетъ быть приложенъ принципъ, выведенный для элементовъ органическаго вещества, а именно, что мѣста, въ которыхъ происходитъ химическое превращеніе какого либо соединенія, дѣйствуютъ на послѣднее какъ центры притяже

---

\*) См. шестнадцатую лекцію.

нія \*). Когда такимъ образомъ химически измѣненное минеральное вещество потеряло свои осмотическія свойства и сдѣлалось коллоидомъ, тогда анализъ золь, не дающій намъ понятія о химической формѣ найденнаго тѣла, можетъ показать неограниченное скопленіе вещества, но только потому что скопленіе произошло въ формѣ другаго (одареннаго измѣненными осмотическими свойствами) соединенія, нежели принятіе его.

Если надземное растеніе, въ этомъ отношеніи находящееся въ совершенно такихъ же условіяхъ, какъ и погруженное водное растеніе, вынуть вмѣстѣ съ корнями изъ питательнаго раствора, въ которомъ оно развилось, и помѣстить въ чистую дистиллированную воду, то мы видимъ, что цѣлый рядъ принятыхъ имъ огнеупорныхъ составныхъ частей постепенно переходитъ \*\*), хотя и въ незначительныхъ количествахъ, въ воду. Въ осмотическомъ снарядѣ, образуемомъ корнемъ съ окружающею его жидкостью, при этомъ внезапно измѣняются условія, и для такихъ веществъ, для которыхъ уже было наступило осмотическое равновѣсіе, теперь начинается сильное осмотическое противодавленіе, что и побуждаетъ ихъ возвращаться въ окружающую корень среду, а именно, въ этомъ случаѣ, въ дистиллированную воду. Однако результаты такихъ опытовъ показываютъ намъ, что только съ однимъ рядомъ принятыхъ уже растеніемъ минеральныхъ веществъ происходитъ нѣчто подобное описанному, между тѣмъ какъ другія вещества, и именно тѣ, которымъ принадлежатъ важнѣйшія растительныя функціи, вполне удерживаются растеніемъ. Последнее, какъ кажется, всегда приглагается въ кали, азотной кислотѣ и фосфорной кислотѣ, тогда какъ известковыя соединенія способны снова перейти въ растворъ, хотя и въ измѣненной формѣ \*\*\*).

\*) Такая переработка веществъ, прошедшихъ чрезъ оболочку при посредствѣ осмоса, дѣйствуетъ совершенно подобно постоянному току воды въ діализаторѣ. Когда въ такомъ аппаратѣ на одной сторонѣ оболочки находится смѣсь кристаллоидовъ и коллоидовъ, на другой же сторонѣ чистая вода, то хотя первыя вещества и прошли бы, но не вполне, такъ какъ скоро установилось бы осмотическое противодавленіе; если же замѣнить это ограниченное количество воды постоянно возобновляющимся количествомъ ея, именно водянымъ токомъ, то изъ смѣси совершенно могутъ быть выдѣлены вещества, имѣющія свойства кристаллоидовъ. Химическая переработка на другой сторонѣ оболочки, дѣйствовала бы подобно непрерывному возобновленію жидкости.

\*\*) См. E. Wolff: Landw. Versuchsst. 1865 p. 211; также и двадцать первую лекцію.

\*\*\*) Здѣсь именно можно указать на принятіе азотнокислой извести и выдѣленіе корнями углекислой извести.

Изученіе этихъ явленій бросаетъ яркій свѣтъ на законы ассимиляціи веществъ. Мы должны представлять себѣ, что во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда не обнаруживается осмотическое противодавленіе, когда возможно поставить организмъ въ условія, наиболѣе благопріятныя для выдѣленія веществъ при помощи осмоса, безъ того, чтобы произошло выдѣленіе уже принятаго вещества, когда, слѣдовательно, вещество это утратило осмотическую способность, — оно перешло въ химическое соединеніе, обладающее свойствами коллоидовъ, или, другими словами, принятое вещество уже подверглось химико-физиологическому измѣненію.

Послѣ этого вполне ясно, почему именно самыя важныя для растенія вещества удерживаются имъ столь упорно. Не темная избирательная способность растеній, не непонятное инстинктивное свойство его вызываетъ скопленіе извѣстныхъ огнеупорныхъ веществъ, въ которыхъ растеніе именно нуждается, и вмѣстѣ съ тѣмъ затрудняетъ выдѣленіе этихъ веществъ; всѣ эти явленія, безъ сомнѣнія, просто объясняются такъ, какъ мы это описали, хотя во многихъ случаяхъ вполне ясное пониманіе ихъ для насъ еще не доступно. Говорить объ избирательной способности въ столь мистическомъ смыслѣ, значить отречься отъ очевидности, а слѣдовательно и отъ объясненія вызвавшихъ ее процессовъ, значить откопать старое, къ счастью, уже оставленное представленіе о жизненной силѣ и провозгласить чудо въ естественныхъ наукахъ.

Придерживаясь только-что высказаннаго взгляда, можно предположить, что въ недалекомъ будущемъ именно это отсутствіе осмотическаго противодавленія, кажущееся столь страннымъ въ какой-либо минеральной составной части послѣ вступленія ея въ растеніе, и будетъ считаться за признакъ того, что она подверглась уже химическому превращенію \*), совершающемуся въ растительной клѣточкѣ, и при этомъ утратила свойства кристаллоида, которыя доставили бы ей возможность выдѣленія, путемъ осмоса, чрезъ клѣточную оболочку.

---

\*) Пока все-таки остается удивительнымъ, что вещества, какъ напр. азотнокислосое кали, которое, разъ принятое растеніемъ, весьма упорно имъ удерживается (что слѣдуетъ заключить изъ наблюденій, прозвонившихся при пересаживаніи воздушныхъ растеній, произрастающихъ въ растворахъ), могутъ, по-видимому, сохранять и въ растеніи нѣкоторыя изъ своихъ химическихъ свойствъ. Азотнокислосое кали, которое никакъ нельзя извлечь чрезъ корни, можетъ, при всемъ томъ, сохраняться въ растеніи въ такомъ количествѣ и со столь неизмѣнившимися свойствами, что производитъ отдѣленіе искръ при сжиганіи растенія.

Не слѣдуетъ однако же упускать изъ виду, что возможность такого превращенія минеральнаго вещества въ другую химическую форму, посредствомъ физиологическаго процесса, еще не доказываетъ необходимость или высокое значеніе такого вещества для растенія. Подобное заключеніе во всякомъ случаѣ было бы опрометчиво, такъ какъ многія жизненныя отравленія, многіе совершенно правильно совершающіеся химическіе процессы могутъ и не имѣть мѣста, не принося этимъ никакого вреда растенію. Такимъ образомъ потребность морскихъ растений въ іодъ и марганецъ никакъ не можетъ быть съ достовѣрностью выведена изъ ихъ отношенія къ этимъ веществамъ, и, во всякомъ случаѣ, если бы необходимость ихъ могла быть предполагаема даже съ большою вѣроятностью, то все-таки съ полнымъ правомъ можно требовать представленія строгихъ доказательствъ и притомъ другимъ путемъ.

Теперь нашей ближайшей задачей будетъ разсмотрѣніе болѣе сложныхъ процессовъ осмоса и явленій диффузіи въ тѣхъ растеніяхъ, которыя только *частію* граничатъ съ капельно-жидкой средой. При этомъ намъ очень пригодится только что приведенное разсмотрѣніе процессовъ осмоса въ растеніяхъ, цѣликомъ распухшихъ въ капельно-жидкой средѣ.

## ДВАДЦАТАЯ ЛЕКЦІЯ.

**Принятіе веществъ растеніемъ. — Явленія, сопровождающія принятіе веществъ воздушными растеніями.**

У высшихъ воздушныхъ растений одна часть растительныхъ органовъ всегда \*) граничитъ съ капельножидкой средой, погружаясь вполне въ водянистую жидкость, или соприкасаясь съ капиллярно-задержанной (твердымъ порошкообразнымъ тѣломъ) водой. У этихъ высшихъ растений органы, посредствомъ которыхъ происходитъ со-

\*) За исключеніемъ самаго ранняго стадія проростанія, когда сѣмя можетъ быть вполне окружено водой. Принятіе веществъ въ этомъ періодѣ, которое справедливо было подвергнуто особенному изслѣдованію (ср. Киона: *Kreisl. d. Stoffe II.* стр. 200—230), совершенно аналогично принатію веществъ погруженнымъ растеніемъ и обуславливается тѣми же двумя моментами.

прикосновеніе съ водянистыми жидкостями, всегда корни, хотя и не во всѣхъ случаяхъ весь корень соприкасается съ водой (какъ можно пока называть всѣ употребительные водяные растворы).

Части корня, погруженные въ воду, находятся въ непрерывной связи съ воздушными частями растенія, изъ чего очевидно вытекаетъ, что принятіе веществъ этими растеніями будетъ отличаться отъ принятія веществъ погруженными водными растеніями.

Представимъ себѣ въ одной отдѣльной погруженной клѣточкѣ органическое вещество съ значительною силою притяженія къ водѣ, но коллоидальныхъ свойствъ, такъ что оно не въ состояніи проникнуть чрезъ клѣточную оболочку. Что тогда произойдетъ?—Вода будетъ приниматься въ большомъ количествѣ, но вмѣсто нея nebude отдаваться никакого вещества, вслѣдствіе чего (подобно тому какъ мы это наблюдали прежде въ искусственныхъ аппаратахъ) въ клѣточкѣ произойдетъ значительное давленіе, такъ какъ оболочка ея не легко допускаетъ фильтрацію содержащагося въ клѣточкѣ раствора. Но давленіе, затѣмъ, не произведетъ никакого дѣйствія; развѣ только клѣточка лопнетъ, если обстоятельства тому благоприятствуютъ, т. е. если давленіе превзойдетъ крѣпость клѣточной оболочки.

Сущность дѣла не измѣнится значительно, если мы представимъ себѣ, вмѣсто одной клѣточки, дѣльи комплексъ погруженныхъ клѣточекъ, если даже мы примемъ различныя сопротивленія фильтраціи у внѣшнихъ, граничащихъ съ водою, клѣточныхъ оболочекъ и у внутреннихъ, отдѣляющихъ клѣточки другъ отъ друга. Давленіе отдѣльныхъ клѣточекъ, лежащихъ болѣе наружу или болѣе внутрь, можетъ быть при этомъ, смотря по сопротивленіямъ фильтраціи, весьма различно, а также и концентрація клѣточного сока; но ни въ какомъ случаѣ существующее давленіе не произведетъ того, что, какъ мы сейчасъ увидимъ, должно быть признано за необходимое слѣдствіе такого давленія при различныхъ сопротивленіяхъ фильтраціи отдѣльныхъ клѣточныхъ оболочекъ, у клѣточного комплекса, граничащаго частью съ жидкою, частью съ газообразной средой.

Представимъ себѣ, что клѣточка, находится въ тѣхъ же условіяхъ, которыя только что были приняты, но только клѣточка эта отчасти высовывается изъ воды, или,—что болѣе соотвѣтствуетъ положенію дѣла въ воздушномъ растеніи,—эта клѣточка находится въ непрерывной связи съ другими клѣточками, торчащими изъ воды. Въ то же время предположимъ, что клѣточные оболочки, которыми окруженная

жидкостью клѣточка отдѣлена отъ воздушныхъ частей ткани, обладаютъ въ совокупности меньшимъ сопротивленіемъ фильтраціи, чѣмъ оболочки, которыми клѣточка граничитъ съ водою. Что произойдетъ при этихъ условіяхъ? И въ этомъ случаѣ также обнаружится давленіе жидкости внутри клѣточекъ, граничащихъ съ жидкостью, такъ какъ, по сдѣланному предположенію, коллоидальное содержимое ихъ притягиваетъ воду извнѣ, не будучи способнымъ въ замѣнъ послѣдней отдавать вещество наружу. Но это давленіе въ разныхъ направленіяхъ встрѣчаетъ различныя сопротивленія фильтраціи, вслѣдствіе разнородности оболочекъ, и такимъ образомъ дѣлается способнымъ продавить жидкость извѣстной концентраціи въ части ткани, не находящаяся въ соприкосновеніи съ водою,—поднять столбъ жидкости выше уровня жидкости, въ которой лежатъ клѣточки, производящія это давленіе.

Нельзя ни минуты сомнѣваться въ томъ, какиѣ силамъ слѣдуетъ приписать произведеніе этой работы. Это силы притяженія вначалѣ раздѣленныхъ жидкостей \*), которыя, при свободномъ смѣшеніи послѣднихъ, произвели бы только теплоту, и которыя, при существованіи осмотическаго аппарата, въ состояніи произвести механическую работу. При нашихъ общихъ разсмотрѣніяхъ явленій диффузіи мы уже достаточно выяснили это.

Намъ остается только дать вверху стокъ поднятой водѣ, и тогда нашъ осмотическій аппаратъ представить намъ снарядъ для постоянного поднятія жидкости. Но это постоянное поднятіе было бы ничто иное какъ *regretium mobile*, невозможное по принципу сохранения силы \*\*). Всмотримся, поэтому, ближе въ дѣло, и особенно обратимъ вниманіе на концентрацію поднятой жидкости, такъ какъ отъ нея зависитъ все, въ ней источникъ силы поднятія.

Мы приняли различное сопротивленіе фильтраціи въ различныхъ направленіяхъ, т. е. приняли, что вслѣдствіе давленія, обнаруживающагося объясненнымъ образомъ въ клѣточкѣ, граничащей съ жидкостью, возможно *продавмваніе* содержащагося въ ней коллоидальнаго вещества въ другія клѣточки, раньше чѣмъ это коллоидальное вещество могло бы профильтроваться наружу въ окружающую жидкость. Допущеніе это было вполне необходимо, такъ какъ иначе очевидно, никогда не могло бы произойти поднятія жидкости, ибо

\*) Строго говоря, впрочемъ, не одинъ онѣ; см. выше.

\*\*) Вслѣдствіе неизбѣжнаго предпочтительнаго перехода силъ въ теплоту, который можно назвать тратою рабочей силы.

она конечно скорѣе продавилась бы въ окружающую воду, чѣмъ вверхъ, причѣмъ кромѣ сопротивленія фильтраціи должно быть еще преодолѣно гидростатическое давленіе. И такъ понятно \*), что при условіяхъ, принятыхъ нами, поднимается растворъ, а не чистая вода, жидкость болѣе концентрированная, чѣмъ принятая осмотически внизу, въ которой силы притяженія, производящія работу, отчасти уравновѣсились, что, другими словами, осмотическій аппаратъ въслѣдствіе необходимо сдѣлается менѣе годнымъ, вслѣдствіе собственной своей дѣятельности, и наконецъ самъ себя уничтожить.— *Perpetuum mobile* здѣсь, слѣдовательно, нѣтъ, какъ это могло съ перваго взгляда показаться.

Возможность только что приведеннаго отношенія можно сдѣлать очевидною посредствомъ опыта, котораго мы однако не произведемъ, такъ какъ онъ въ основаніи тождественъ съ сдѣланнымъ уже опытомъ. Въ предпоследней лекціи, познакомившей насъ съ обыкновеннѣйшими формами явленій диффузіи, мы демонстрировали происхожденіе гидростатическаго давленія, вслѣдствіе неравномѣрнаго осмотическаго обмѣна, тѣмъ что заставляли соляной растворъ, принимающій въ себя воду съ жадностью, самъ же проходящій чрезъ употребленныя перепонки только съ трудомъ и гораздо медленнѣе воды, увеличивать (именно вслѣдствіе обмѣна различныхъ объемовъ обѣихъ жидкостей) свой объемъ въ трубкѣ, что только и могло произойти посредствомъ поднятія раствора въ трубкѣ, слѣдов. при поднятіи столба жидкости. И здѣсь также подниматься необходимо долженъ былъ растворъ болѣе концентрированный, чѣмъ принятая внизу перепонкою жидкость, которая въ этомъ случаѣ была чистая вода; и здѣсь осмотическій аппаратъ, рассматриваемый какъ приспособленіе для подъема, уничтожалъ дальнѣйшую свою энергію, такъ какъ взаимно притягивающіяся жидкости, въ которыхъ въ концѣ концовъ нужно искать рабочія силы, болѣе и болѣе смѣшивались. Да и можетъ ли быть иначе?

Все различіе между указаннымъ тогда процессомъ и занимающимъ насъ теперь состоитъ въ вставленіи дальнѣйшихъ перепонокъ, которыя, однако, чтобы не сдѣлать наблюдаемую энергію равною нулю, должны представлять болѣе слабое сопротивленіе фильтраціи \*\*),

\*) Это будетъ еще понятнѣе изъ послѣдующаго.

\*\*) Эти болѣе слабыя сопротивленія фильтраціи въ одномъ направленіи могутъ быть также произведены примѣненіемъ здѣсь только одной перепонки, въ другомъ же направленіи ко внѣшней жидкости примѣненіемъ нѣсколькихъ перепонокъ того же рода.

чѣмъ перепонки, стоящія въ прямомъ прикосновеніи съ внѣшнею жидкостью. Посредствомъ этого сравненія, смыслъ и значеніе вторичныхъ перепонокъ, которыя можно назвать «внутренними» всего аппарата, достаточно уяснены.

Что должны существовать аппараты, состоящіе напр. изъ цилиндрическаго отрѣзка трубки, закрытаго съ обѣихъ сторонъ *различными* перепонками и наполненнаго какимъ нибудь концентрированнымъ воднымъ растворомъ, и изъ вертикально стоящей болѣе узкой подъемной трубки, герметически прикрѣпленной при помощи каучука къ одной сторонѣ цилиндрическаго отрѣзка \*), понятно само собою, послѣ того какъ мы познакомились съ сущностью осмотическихъ явленій. Но (качественное или количественное) *различіе* перепонокъ, употребленныхъ для ограниченія пространства, заключающаго въ себѣ коллоидальную жидкость, или различное сопротивление фильтраціи въ разныхъ направленіяхъ, совершенно необходимо. Употребленіе только одной перепонки и оставленіе этого пространства открытымъ сверху, въ сущности есть только специальный случай возможныхъ устройствъ аппарата, хотя и самый крайній \*\*).

Перейдемъ теперь въ отношеніямъ, фактически существующимъ въ воздушномъ растеніи, и посмотримъ, нельзя ли тамъ въ дѣйствительности встрѣтить что нибудь подобное тому, что мы только что признали теоретически возможнымъ.

Наибольшая вѣроятность встрѣтить что нибудь подобное, очевидно, существуетъ у самаго корня, соприкасающагося отчасти съ почвенною жидкостью. Если перерѣзать поперекъ у земли стволъ нормально снабженнаго корнями растенія, напр. подсолнечника, то изъ разрѣза, именно въ извѣстныя времена года, будетъ вытекать

---

\*) Устройство такого аппарата и объясненіе при помощи его явленія корневой силы (каковымъ выраженіемъ обозначается причина сходныхъ явленій въ растеніи) составляетъ заслугу Гофмейстера. Ср. Flora 1862, стр. 145 и слѣд.

\*\*) Я желалъ бы здѣсь обратить вниманіе на то, что Саксъ, принимавшій объяснительный опытъ Гофмейстера, въ тоже время самъ отнимаетъ смыслъ у этого опыта, такъ какъ онъ, признавая, правда, различныя сопротивленія фильтраціи клеточныхъ оболочекъ, думаетъ однако, что тѣмъ не менѣе продавленный чрезъ нихъ сокъ не долженъ быть значительно концентрированнѣе, чѣмъ принятый извнѣ (Ср. Сакса: Handbuch d. Exp. Phys. стр. 206). Если бы названный изслѣдователь былъ правъ, то онъ открылъ бы въ самомъ дѣлѣ *perpetuum mobile*, и удивительно, что онъ такъ мало распространяется объ этомъ великомъ открытіи.

сокъ \*). Вытекающій сокъ далеко не можетъ быть разсматриваемъ, какъ содержимое поврежденныхъ клѣточекъ, или только происходящимъ изъ сосѣднихъ клѣточекъ, освобожденныхъ перерѣзомъ отъ значительнаго давленія, такъ какъ при герметическомъ соединеніи манометра съ плоскостью разрѣза, во внѣшнемъ колѣнѣ манометра ртуть поднимается медленно, но непрерывно до извѣстной высоты, зависящей отъ вида, стадія произрастанія соответствующаго растенія, температуры и т. д. Разность въ высотѣ ртути въ обоихъ колѣнахъ манометра выражаетъ тогда давленіе жидкости, при которомъ какъ разъ еще сокъ былъ въ состояніи вытекать, давленіе, которое должно существовать въ томъ же мѣстѣ и въ неповрежденномъ растеніи, гдѣ оно только уравнивалось гораздо болѣе высокій столбъ водянистой жидкости. Это давленіе уже давно называли корневымъ давленіемъ, такъ какъ видѣли, что для осуществленія наблюдаемаго явленія, существованіе корня у растенія есть вполне необходимое условіе.

Наблюденія надъ живымъ растеніемъ показываютъ далѣе, что манометрическія высоты тѣмъ меньше, чѣмъ выше надрѣзываютъ растеніе и помѣщаютъ колѣнчатую трубку, что впрочемъ совершенно естественно, такъ какъ мы, разумѣется, должны принимать, что продавленный вверхъ въ растеніи сокъ долженъ обнаруживать давленіе. Мы можемъ поэтому составить понятіе о напряженіи силы корня посредствомъ двухъ опытовъ, во первыхъ, помѣщая манометръ возможно ниже и наблюдая конечный maximum высоты поднятія ртути, или, во вторыхъ, опредѣляя наибольшую высоту ствола, на которой, послѣ сдѣланнаго надрѣза, вообще еще замѣтно давленіе. Наибольшая высота, до которой поднимается въ стволѣ жидкость посредствомъ корневой силы, по существующимъ до сихъ поръ наблюденіямъ, произведеннымъ по тому или другому способу, приблизительно равняется одной атмосферѣ (Гельсъ, Гофмейстеръ).

Нельзя сомнѣваться въ томъ, что въ корневой силѣ, представляющей въ такой формѣ, мы имѣемъ дѣло съ своеобразнымъ явленіемъ, для объясненія котораго очевидно необходимо прибѣгнуть къ процессамъ, совершающимся въ осмотическихъ аппаратахъ. Врядъ ли можно принять другую силу \*\*) за причину этого замѣчательнаго явленія въ растеніи.

---

\*) Я напомнимъ, напр., объ извѣстнѣйшемъ фактѣ этого рода, о сокотеченіи виноградной лозы послѣ обрѣзки ея весной.

\*\*) Впрочемъ возможность эту мы еще ниже обсудимъ.

Сдѣлаемъ теперь необходимыя приложенія предпосланныхъ нами теоретическихъ разсмотрѣній къ предстоящему случаю, наблюдаемому на живомъ растеніи. Выполненіе требуемыхъ теорією условій не представляетъ никакого затрудненія. Мы можемъ себѣ представить, что корневыя клѣточки, стоящія въ прикосновеніи съ почвенною водою, наполнены органическими веществами, вступающими въ осмотическое взаимодѣйствіе съ внѣшнею жидкостью, но до такой степени коллоидальными по отношенію къ соотвѣтствующей клѣточной оболочкѣ, что сколько нибудь значительныхъ количествъ ихъ не можетъ проникнуть наружу чрезъ клѣточную оболочку. Такимъ органическимъ веществомъ могутъ быть крахмальные зерна \*), превращающіяся въ клѣточкахъ, о которыхъ идетъ рѣчь, въ глюкозу и проявляющія такимъ образомъ большую силу притяженія къ водѣ. Короче, все явленіе, представлявшееся намъ сначала столь страннымъ, кажется, удовлетворительно объясняется, если идти тѣмъ путемъ, который впервые былъ избранъ Гофмейстеромъ.

Между тѣмъ мы не должны упускать изъ виду дальнѣйшія общія точки зрѣнія, къ которымъ мы пришли при нашихъ теоретическихъ разсмотрѣніяхъ. Мы видѣли тамъ, что какимъ бы то ни было образомъ составленный аппаратъ, работающій на подобіе корневой силы не можетъ при томъ же самомъ устройствѣ непрерывно обнаруживать силу подъема, что необходимѣйшее условіе для проявленія всего своеобразнаго дѣйствія состоитъ въ томъ, чтобы сопротивленія фильтраціи внутреннихъ черепонокъ растенія, чрезъ которыя продавливается вверхъ сокъ, были меньше, чѣмъ сопротивленія фильтраціи внѣшнихъ оболочекъ, отдѣляющихъ корневыя клѣточки отъ почвенной жидкости, — что точно также и на томъ же основаніи, совершенно необходимое, хотя при объясненіяхъ часто оставляемое безъ вниманія, условіе этого дѣйствія есть большая концентрація продавленного вверхъ сока, чѣмъ концентрація принятой внизу почвенной воды, такъ какъ силы притяженія въ немъ (къ которымъ сводится все осмотическое дѣйствіе и вся механическая работа поднятія сока) должны были отчасти уравниваться.

Если же мы, несмотря на то, во многихъ случаяхъ все-таки не наблюдаемъ высокихъ концентрацій, выдавленныхъ корневымъ давленіемъ соковъ, и даже находимъ, что большая часть растворенныхъ

\*) Что клѣточки корней, могущія проявить значительную силу подъема, всегда богаты тѣлами, которымъ приписываются осмотическія дѣйствія, показалъ Гофмейстеръ (Flora 1862. стр. 141).

въ этихъ сокахъ веществъ состоитъ изъ минеральныхъ веществъ, то прежде всего возможно, что дѣйствительно вытекающія массы жидкости суть только выдвинутые соки, вытѣсненные болѣе концентрированными соками, такъ что въ цѣломъ все-таки произошло расширение и разжиженіе осмотически дѣйствующихъ веществъ, какъ того требуетъ теорія: тамъ же гдѣ этого подстановленія (по причинѣ очень большихъ массъ выдавленныхъ жидкостей) принять нельзя, должно отказаться, но именно только для такого случая, отъ приведеннаго объясненія.

Я могу однако прибавить для успокоенія, что до сихъ поръ еще не было обращено достаточнаго вниманія на эти отношенія концентраціи и что совершенно упускали изъ виду сдѣлать прямо вычисленія\*), можетъ ли теплота растворенія содержащихся въ корневыхъ клеточкахъ растворимыхъ веществъ покрыть рабочую силу, необходимую для поднятія столбовъ жидкости \*\*).

Въ отдѣльныхъ случаяхъ, правда, выдавленные соки имѣютъ значительную концентрацію. Такъ здѣсь прежде всего нужно напомнить описанный Гумбольдтомъ \*\*\*) примѣръ *Agave americana*, у которой въ Мексикѣ, до вытягиванія цвѣточной почки, вырѣзаютъ верхушечную почку, для полученія такимъ образомъ (отъ одного растенія въ день среднимъ числомъ 200 куб. д.) сока, которому даютъ бродить и затѣмъ пьютъ подъ названіемъ «Pulque». Имѣя въ виду громадныя количества жидкости въ этомъ случаѣ (до 50,000 куб. д. въ продолженіи 5 мѣсяцевъ отъ одного растенія), конечно нужно было бы отказаться отъ объясненія, если бы выдавленный сокъ не содержалъ значительныхъ количествъ органическаго вещества. Но послѣднее (содержаніе значит. колич. орган. вещ.) достаточно доказывается приготовленіемъ изъ сока бродящаго напитка.

У нашихъ отечественныхъ растеній, поддерживающихъ сильное сокостеченіе, кажется, напротивъ, найдены вообще малыя concentra-

---

\*) Здѣсь во всякомъ случаѣ предстоитъ, безъ сомнѣнія, преодолѣть еще нѣкоторыя препятствія, которыя, главнымъ образомъ, касаются опредѣленія осмотически дѣйствующихъ веществъ и количествъ теплоты, освобождающихся при насыщеніи соответственныхъ притяженій въ растеніи.

\*\*) Особенно здѣсь нужно напомнить о поразительной величинѣ механическаго эквивалента теплоты. Количество теплоты, которое необходимо для нагрѣванія единицы вѣса воды на одинъ градусъ стоградусной скалы, въ состояніи поднять эту вѣсовую единицу на 424 метра, или 42 вѣсовыхъ единицы поднять на высоту 10 метровъ.

\*\*\*) Приведено у Сакса: «*Neu-Mexico* и т. д. Книга IV. Гл. IX.»

ціи \*). Заключенія, которыя могутъ быть отсюда выведены, оставимъ пока однако въ сторонѣ.

Можетъ быть удастся отыскать еще другія причины корневой силы. Если напр. въ соответственныхъ корневыхъ клѣточкахъ содержатся тѣла, которыя въ прикосновеніи съ водою показываютъ увеличеніе въ объемѣ, то избытокъ воды, могущій въ этомъ случаѣ не содержать въ растворѣ никакихъ веществъ, долженъ бы былъ, правда въ очень незначительномъ количествѣ, продавиться вверхъ. Далѣе нельзя отклонять мысли, что и силы, представляющія въ живомъ растеніи причину напряженія тканей, происхожденіе которыхъ намъ пока еще неясно, при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ могутъ подавать поводъ къ поднятію соковъ; впрочемъ, вопросъ этотъ въ подробности можетъ быть разсмотрѣнъ только тогда, когда съ достаточною достовѣрностью будетъ извѣстно происхожденіе этихъ силъ \*\*). Во всякомъ случаѣ однако, на основаніи предъидущаго изложенія, можно утверждать, — будетъ ли въ осмотическомъ дѣйствіи извѣстныхъ органическихъ веществъ признана достаточная причина корневой силы, или нѣтъ, — что аппаратъ, дающій обнаружиться этой силѣ, вслѣдствіе собственной своей дѣятельности, долженъ постепенно дѣлаться менѣе и менѣе годнымъ для того же дѣйствія. Для окончательнаго объясненія непрерывнаго поднятія сока корнями, поэтому, должны быть найдены процессы, при помощи которыхъ указанный аппаратъ постоянно снова исправляется. Что при этомъ опять не играютъ роли только осмотическія силы, совершенно ясно; это значило бы слѣзть, какъ Мюнхгаузенъ, съ луны по соломенному канату, обрѣзывая его

---

\*) Особенно заслуживаютъ упоминанія опыты Ульбрихта (Versuchst. 1864. стр. 468 и 1865 стр. 185), подвергнувшаго обстоятельному химическому изслѣдованію соки, истекавшіе изъ картофеля, табака и подсолнечника. Концентрація истекавшихъ соковъ была обыкновенно 1—2 тысячныхъ, но также еще и ниже и иногда выше. Она уменьшалась постоянно отъ начала истеченія. Нѣсколько больше половины растворенныхъ въ сокѣ веществъ представляли минеральныя вещества, именно происходяція изъ почвы питательныя вещества, другая часть состояла изъ органическаго вещества.

Какъ ни малы найденныя концентраціи, все таки онѣ, безъ сомнѣнія, нѣсколько выше, чѣмъ концентрація принятаго посредствомъ корней питательнаго раствора, такъ что теорія корневой силы, приведенная въ текстъ, согласуется съ этими фактами. Особенно въ пользу этого говоритъ постоянное уменьшеніе концентраціи съ продолжительностью процесса.

\*\*\*) А для этого нужно будетъ имѣть въ виду самыя элементарныя явленія произрастанія, относительно происхожденія дѣйствующихъ при этомъ силъ.

постепенно сверху и приставляя отрѣзанные куски внизу, для достиженія необходимой длины. Какія силы должны дѣйствовать при непрерывномъ исправленіи осмотического аппарата, и какимъ образомъ онѣ должны дѣйствовать, неизвѣстно. Дѣйствуетъ ли здѣсь напряженіе тканей, и какія силы вызываютъ въ свою очередь это напряженіе тканей,—на этотъ вопросъ въ настоящее время нельзя еще дать никакого отвѣта. При этомъ наталкиваются на тѣ же затрудненія, которыя уже встрѣчались намъ въ главѣ о передвиженіи веществъ, при объясненіи этихъ явленій съ точки зрѣнія осмотическихъ вліяній. Мы не будемъ вдаваться здѣсь въ критическое обсужденіе различныхъ предположеній.—На саморазрушеніе корневаго аппарата, производящаго поднятіе сока, необходимо было обратить вниманіе.

Для нашей цѣли, состоящей въ томъ, чтобы изучить принятіе веществъ воздушнымъ растеніемъ, въ его уклоненіяхъ отъ того же процесса у растений, совершенно покрытыхъ жидкостью, живущихъ при гораздо болѣе простыхъ условіяхъ, существованіе корневой силы очень важно, если даже пока и не удастся дать удовлетворительное объясненіе этого замѣчательнаго явленія въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ.

Въ корневой силѣ мы имѣемъ дѣло съ моментомъ, значительно видоизмѣняющимъ принятіе веществъ у многихъ растений; я говорю: у *многихъ растений*, такъ какъ у цѣлаго ряда растений никогда не наблюдали выдавливанія сока изъ ранъ надъ корнемъ, никогда не замѣчали сокоистеченія. Сюда относятся растенія весьма различной организаціи, какъ напр. *шишконосныя* (*Coniferae*), а также цѣлый рядъ нашихъ обыкновенныхъ листовенныхъ деревьевъ.

Относительно зависимости напряженія корневой силы и количества сока, истекающаго въ извѣстное время изъ произведенной раны, отъ времени года, періода произрастанія, вида растенія и внѣшнихъ условій, мы можемъ ограничиться нѣкоторыми указаніями. Отъ возвышенія температуры увеличивается сила корня, что совершенно согласуется съ приведеннымъ объясненіемъ. Мы знаемъ, что всѣ диффузионныя явленія, а слѣдовательно и осмотическіе процессы усиливаются съ возвышеніемъ температуры. Такъ какъ корни, отъ которыхъ исходитъ занимающее насъ дѣйствіе, находятся въ почвѣ, то скорость истеченія сока будетъ возрастать съ возвышеніемъ температуры почвы.

Точно также зависитъ корневое давленіе отъ количества воды въ почвѣ, что также понятно само собою. Въ сухой почвѣ, капиллярные

промежутки которой большею частью наполнены воздухомъ, многія части корневой ткани, способныя къ осмотическому дѣйствию, будутъ недѣйственными и слѣдовательно ослаблять общее дѣйствіе. Въ очень сухой почвѣ, при прочихъ благоприятныхъ обстоятельствахъ, корневая сила можетъ быть даже просто равна нулю.

Кромѣ этой зависимости корневаго давленія отъ вѣшнихъ условій, замѣтили также, что эта сила подвержена суточнымъ колебаніямъ \*), которыя до сихъ поръ не могли объяснить и вдаваться въ объясненіе значенія которыхъ мы тоже не станемъ.

Уже изъ нѣкоторыхъ замѣчаній, сдѣланныхъ до сихъ поръ, видна невозможность объясненія движенія жидкости чрезъ наши высокія растенія, напр. до самой верхушки деревьевъ, одною корневой силой. Впервыхъ у очень многихъ растений сила корня незначительна, во вторыхъ даже и наибольшія давленія, которыя были найдены, доходящія приблизительно до одной атмосферы, далеко недостаточны для объясненія поднятія сока въ болѣе высокіхъ растеніяхъ.

Поэтому наша задача, конечно, должна состоять въ отысканіи еще другихъ причинъ поднятія сока и въ испытаніи ихъ дѣйствія. Во многихъ отдѣльныхъ случаяхъ, которые мы будемъ въ состояніи предсказать, величина давленія силы корня значительнѣе, чѣмъ какая соотвѣтствуетъ высотѣ растенія. Мелкія, болѣе травянистыя растенія, если они вообще обладаютъ значительною корневою силою, при значительныхъ почвенной теплотѣ и почвенной влажности, слѣдовательно напр. утромъ, когда въ тоже время, вслѣдствіе низкой температуры воздуха, испареніе воды надземными органами, посредствомъ котораго поднятая силою корня вода снова быстро удаляется, незначительно, будутъ обнаруживать очень большое давленіе корня, которое часто стремится поднять воду *далеко выше*, чѣмъ это возможно въ низкомъ растеніи, и поэтому чувствительно до самыхъ верхнихъ органовъ. При такихъ обстоятельствахъ замѣчаются часто на верхушкахъ листьевъ выдавленные прозрачныя капли \*\*). Вполнѣ

\*) Что эти суточные колебанія не зависятъ только отъ положенія солнца и хода дневныхъ температуръ, кажется доказано.

\*\*\*) Напр. на верхушкахъ листьевъ ростковъ злаковъ, но также и на многихъ другихъ растеніяхъ (Ср. Рохледеръ Chem. u. Physiol. d. Pfl. 1858. стр. 10 и во многихъ другихъ мѣстахъ). Ничтожное количество выдавленного такимъ образомъ сока допускаетъ однако же и другое толкованіе этого процесса.

Относительно состава такихъ капель ср. Völcker: Ann. of. nat. hist. soc. Ser. IV стр. 128.

аналогичное явление у совершенно отличныхъ организмовъ есть видѣленіе капель, замѣчаемое часто на подушечкахъ плѣсневыхъ грибовъ. Ничто не препятствуетъ намъ это явление въ маломъ видѣ объяснить точно такимъ же образомъ.

Но только что упомянутые случаи составляютъ однако исключенія. Вообще же корневая сила далеко недостаточна для объясненія поднятія сока чрезъ все растение. Это заставляетъ насъ поискать другихъ причинъ этого явления.

Второй моментъ поднятія сока уже извѣстенъ намъ изъ послѣдней лекціи, это *испареніе посредствомъ надземныхъ органовъ, или транспирація*. Вода, проникающая кѣлочныя оболочки, граничащія съ атмосферою, стремится принять газообразный видъ, и это стремленіе до извѣстной степени удовлетворяется. Но вода преодолеваетъ при этомъ извѣстное притяженіе, которое отчасти зависитъ отъ капиллярности, отчасти производится веществами, растворенными въ кѣлочномъ сокѣ. То обстоятельство, что вода испаряется, во всякомъ случаѣ нарушаетъ равновѣсіе между испаряющими кѣлочками и сосѣдними съ ними кѣлочками. Первые дѣлаются относительно бѣдными водою и сравнительно болѣе концентрированный кѣлочный сокъ необходимо вступить въ осмотическое взаимодействіе съ болѣе богатымъ водою сокомъ не подверженныхъ испаренію сосѣднихъ кѣлочекъ, и будетъ отнимать у нихъ часть воды.

Подобнымъ же образомъ будутъ обнаруживаться и капиллярныя силы кѣлочной оболочки, и такимъ образомъ работа, однажды произведенная испареніемъ, будетъ постоянно распространяться на болѣе и болѣе удаленныя партіи кѣлочекъ. Такъ какъ болѣе бѣдная водою кѣлочка должны показывать меньшее давленіе, чѣмъ болѣе богатая водою \*), то, если прежде цѣлая партія кѣлочекъ обладала атмосфернымъ давленіемъ, послѣ періода, въ который она подвергалась испаренію, она должна показывать давленіе меньшее, чѣмъ давленіе атмосфернаго воздуха.—Эго легко можно сдѣлать нагляднымъ, для чего нужно взять свѣжій зеленый листъ съ большою поверхностью, укрѣпить его герметически въ одномъ колѣнѣ трубки, имѣющей видъ буквы U, затѣмъ въ трубку налить воды до листоваго черешка въ колѣнѣ съ листомъ и до равной высоты въ дру-

---

\*) Предполагая, что кѣлочная оболочка способна принять напряженное состояние, — способность, которая для нормальныхъ растительныхъ тканей легко можетъ быть доказана.

гомъ колѣнѣ \*), такъ что, слѣдов., давленіе на ткани листового черешка будетъ давленіе атмосферы, и оставить все въ покоѣ; послѣ относительно непродолжительнаго испаренія можно замѣтить уже пониженіе уровня воды въ открытомъ колѣнѣ трубки, пониженіе, которое съ теченіемъ времени можетъ сдѣлаться очень значительнымъ, хотя здѣсь конечно дѣло идетъ и не о такихъ большихъ разницѣхъ въ давленіи \*\*), какія можетъ произвести въ обратномъ смыслѣ сила корня.

Этотъ простой опытъ совершенно наглядно показываетъ, какъ работа, произведенная испареніемъ воды изъ клѣточекъ, граничащихъ съ атмосферою, распространяется чрезъ всю ткань, какъ, наконецъ, клѣточки и сосуды, соприкасающіеся съ водою, пополняютъ изъ послѣдней свою потерю влажности, при чемъ способны къ преодолѣнію извѣстнаго давленія.

Итакъ мы видимъ, что испареніе листа, — ибо эти органы исключительно здѣсь принимаются во вниманіе — можетъ дѣйствовать, какъ настоящая всасывающая сила, и нельзя нисколько сомнѣваться въ томъ, что эта всасывающая сила принимаетъ участіе при перенесеніи массы жидкости чрезъ тѣло растенія. Испареніе не только дѣлаетъ возможнымъ постоянное теченіе воды, такъ какъ безъ него, несмотря на значительную корневую силу, даже дѣлая самое выгодное предположеніе, что покрытые листьями органы лежать въ области дѣйствія корневой силы, были бы выдавлены послѣднею только незначительныя количества жидкости и т. д., — что совершенно понятно само собою; — но еще и вслѣдствіе того, что испареніе дѣйствуетъ, какъ всасывающая сила, скорость водянаго тока существенно увеличивается.

Какъ для транспираціонной, такъ и для корневой силы, весьма вѣроятно, что осмотическіе процессы главнымъ образомъ дѣлаютъ возможнымъ все дѣйствіе. Однако существуетъ большое различіе между обоими процессами *относительно причинно дѣйствующей силы*, различіе, указать которое необходимо.

*При корневой силѣ химическое различіе двухъ жидкостей, находя-*

\*) При этомъ необходимо приять предосторожность, чтобы въ открытомъ колѣнѣ не могло происходить значительнаго испаренія. Лучше всего трубку отчасти наполнять ртутью, но такъ, чтобы вначалѣ опыта господствовало полнѣйшее равенство давленій.

\*\*) Для всасывающихъ силъ теоретически мыслимая крайность есть высота одной атмосферы, силы же давленія совершенно неограничены.

щихся по ту и по другую сторону одной или многих перепонки, вѣроятно, составляетъ причину всего явленія. Это химическое различіе, къ которому такимъ образомъ можно свести произведеніе работы, необходимо уничтожается послѣднимъ (т. е. произведеніемъ работы); весь аппаратъ съ теченіемъ времени дѣлается негоднымъ и необходимо долженъ быть исправляемъ посредствомъ новыхъ, неизвѣстныхъ намъ силъ.

*При транспираціонной силѣ* причина всего явленія есть живая сила водяныхъ частицъ, вслѣдствіе которой послѣднія стремятся принять газообразный видъ. Осмотически дѣйствующія силы можно здѣсь разсматривать, какъ находящіяся вначалѣ въ равновѣсіи и только вслѣдствіе испаренія дѣлающіяся свободными и дѣтельными. И именно только потому, что осмотическія силы не составляютъ причины явленія, аппаратъ остается теоретически дѣйствующимъ безконечное время, предполагая, что вещества, растворенныя въ клѣточномъ сокѣ, дѣлающія возможнымъ вторичное осмотическое дѣйствіе, чисто коллоидальной природы.

Въ вышеприведенномъ можно легко убѣдиться тѣмъ, что всасывающій аппаратъ, устроенный нами при помощи испаряющаго листа, удастся замѣнить цѣлымъ рядомъ различныхъ приспособленій, въ которыхъ очевидно имѣютъ дѣло только съ внѣшними, конечно дѣйствующими силами. Если взять, какъ въ предъидущемъ, двуколѣнную трубку ввидѣ буквы U, наполнить ее опять водой и на одномъ концѣ укрѣпить переповку или очень тонкопористое массивное тѣло, которое должно стоять въ прямомъ прикосновеніи съ водой, то точно также какъ въ приведенномъ выше опытѣ, можно произвести всасываніе, которое скоро обнаружится паденіемъ жидкости \*) въ другомъ колѣнѣ (которое опять должно быть защищено отъ испаренія). Въ этомъ случаѣ капиллярныя силы пористаго тѣла или аналогичныя специфическія силы притяженія перепонки къ водѣ, насыщенная при началѣ опыта, освобождаются силами испаренія и побуждаются къ дѣйствию, тогда какъ въ листѣ точно такимъ же

---

\*) Совершенно тоже дѣйствіе можетъ быть достигнуто, не прибѣгая вовсе къ постороннимъ силамъ, прямо посредствомъ испаренія, именно если такую двуколѣнную трубку съ одного конца запереть совершенно плотно, а съ другаго конца допустить испареніе. Такъ тоже можно достигнуть разности въ обихъ уровняхъ воды, которою можно иногда воспользоваться для произведенія работы. Всѣ проявляющіяся здѣсь силы конечно можно свести къ работамъ, производимымъ улетученіемъ водяныхъ частицъ.

образомъ были приведены въ дѣйствіе осмотическія и капиллярныя силы.

Если мы захотимъ составить себѣ представленіе о томъ, какъ дѣйствуютъ вмѣстѣ корневая сила и сила испаренія и какъ онѣ прогоняютъ сокъ чрезъ все растеніе, то намъ тотчасъ бросится въ глаза, что при этомъ остается пробѣлъ, что съ этими двумя элементами еще нельзя построить все явленіе. Корневая сила у многихъ растений не дѣйствуетъ или дѣйствуетъ очень незначительно и только въ извѣстныя времена года, и даже въ самомъ выгодномъ случаѣ достигаетъ только величины одной атмосферы, сила испаренія естественно дѣйствуетъ весьма различно, смотря по свойству атмосферы, окружающей листву, смотря по полносочію и концентраціи сока испаряющихъ органовъ и т. д., во всякомъ случаѣ у многихъ растений, особенно у тѣхъ, которыя достигаютъ значительной высоты, должна оставаться еще очень большая часть растенія, чрезъ которую сокъ прогоняется другою силою, отличною отъ обѣихъ извѣстныхъ намъ и сведенныхъ къ ихъ причинамъ, силъ.

Впрочемъ, составить представленіе о причинѣ этого промежуточнаго движенія сока, весьма легко. Нужно только вспомнить о капиллярныхъ силахъ и объ обстоятельствахъ, при которыхъ онѣ проявляются, чтобы тотчасъ же открыть эту причину. Можно сказать просто, что въ высоко растущія растенія въ стеблевыхъ своихъ частяхъ состоятъ отчасти изъ ткани, капиллярныя пространства которой (вслѣдствіе всасыванія поперечныхъ стѣнокъ первоначальныхъ клѣточекъ) сообщаются между собой въ непрерывный рядъ и такимъ образомъ чрезвычайно способны къ капиллярному проведенію сока, что далѣе, веществу почти всѣхъ растительныхъ клѣточныхъ оболочекъ присуща та болѣе тонкая капиллярность \*) (производимая невидимыми порами), которую также назвали способностью къ пропитыванію, и которая производитъ совершенно тоже дѣйствіе. — Мы могли бы и ограничиться этимъ простымъ указаніемъ. — Но я предпочитаю и здѣсь вникнуть нѣсколько ближе въ характеръ силъ, съ которыми мы имѣемъ дѣло въ этомъ случаѣ, такъ какъ и въ отношеніи къ этому предмету господствуетъ большая путаница.

Опыты Жамена \*\*) и другихъ, занимавшихся изученіемъ капилляр-

\*) Употребленіе этого названія для способности къ пропитыванію клѣточныхъ оболочекъ и другихъ перепонокъ, можетъ быть, не подходящее. Но, имѣя въ виду нашу цѣль, мы зашли бы очень далеко, если бы захотѣли различать здѣсь еще новую силу. Результатъ отъ этого не измѣняется.

\*\*) Compt. rend. T. 50 стр. 172, 311, 385.

нихъ силъ, показываютъ, что въ нихъ мы имѣемъ дѣло съ силами необыкновенной энергіи и съ такими, которыя дѣйствуютъ только на очень маломъ разстояніи. Энергія эта тѣмъ болѣе возвышается, чѣмъ болѣе сближаются между собою тѣла, которыя должны признать за сѣдалище этихъ силъ. Это прилагается и къ болѣе спеціальному случаю капиллярности между твердыми и капельно жидкими тѣлами, о которомъ здѣсь исключительно должна быть рѣчь.

Тонкопористое тѣло, поры котораго находятся между собою въ такомъ открытомъ сообщеніи, что каждая изъ нихъ обладаетъ доступомъ наружу, при приведеніи его въ соприкосновеніе съ жидкостью, вообще обладающею прилипаніемъ къ его частицамъ, быстро напитывается ею вполне, процессъ, наблюдаемый ежедневно на кускѣ сахара, приведенномъ одною стороною въ прикосновеніе съ кофе. Воздухъ, находившійся сперва въ порахъ твердаго тѣла, вытѣсняется при этомъ съ большею или меньшею силою и можетъ при этомъ иногда достигнуть давленія многихъ атмосферъ \*). Высота этого давленія даетъ понятіе объ энергіи, съ которою имѣютъ дѣло въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ.

Смоченное тонкопористое тѣло въ отношеніи къ давленію газа, если не обнаруживаются своеобразныя диффузіонныя дѣйствія, является *чрезвычайно непроницаемымъ*, такъ какъ сидяція въ порахъ водяныя пробки удерживаются большою энергіею капиллярныхъ силъ. Чтобы вытѣснить пропитывающую жидкость, естественно необходимы по крайней мѣрѣ силы такой же величины, какъ проявившіяся сначала при актѣ всасыванія.

Такое смоченное тонкопористое тѣло, напротивъ, *легко проникаемо* для такой же жидкости, какъ та, которая его пропитываетъ, причемъ жидкія пробки, удерживаемыя съ большою силою, замѣняются другими однородными, безъ измѣненія проявленія капиллярныхъ силъ. Мокрый пористый глиняный сосудъ напр. такимъ образомъ можетъ служить для фильтраціи воды, тогда какъ газы не могутъ быть продавлены чрезъ него съ помощью такихъ незначительныхъ силъ, но уравновѣшеніе можетъ быть произведено только медленнымъ путемъ диффузіи и поглощенія.

Исходя изъ этихъ точекъ зрѣнія, легко представить себѣ, какъ должны относиться къ проведенію соковъ внутреннія капиллярныя

---

\*) Если напр. взять пористое тѣло и замазать его въ отверстіе сравнительно малаго, закрытаго со всѣхъ сторонъ, сосуда и затѣмъ дать всасываться жидкости.

пространства въ растеніи, одаренныя прилипаниемъ къ водѣ. При капиллярномъ притяженіи мы имѣемъ дѣло съ значительными силами, которыя, при достаточной узкости поръ, въ состояніи преодолѣть давленіе многихъ атмосферъ \*). Мертвый древесный стебель значительной длины, при помощи этой капиллярности, насквозь дѣлается влажнымъ, если его однимъ концомъ поставить въ воду, такъ что и противоположный конецъ его мокръ. Явленіе это мы должны приписать отчасти капиллярности въ грубомъ смыслѣ слова, отчасти способности къ пропитыванію клѣточныхъ оболочекъ.

Если на верхнемъ концѣ нашего, погруженнаго нижнимъ концомъ въ воду, стебля, дѣйствуютъ силы испаренія, — а это будетъ всегда имѣть мѣсто, если опытъ производить при обыкновенныхъ условіяхъ, — то по стеблю, какъ по свѣтильнѣ, будетъ непрерывно подниматься жидкость наверхъ, и все существующее количество жидкости можетъ такимъ образомъ испариться чрезъ верхнюю конечную площадь стебля \*\*).

Однако при этомъ необходимо обращать вниманіе на происхожденіе силъ, производящихъ поднятіе воды. Капиллярныя силы сами по себѣ представляютъ сумму силъ, которыя могутъ обнаружиться только *одимъ* разъ. Вполнѣ смоченный стебель не можетъ уже самъ по себѣ обнаружить никакихъ капиллярныхъ или имбибиціонныхъ силъ; онѣ, насколько возможно, насыщены. Для того, чтобы произвести новое поднятіе сока при помощи этихъ силъ, должна явиться *внѣшняя* сила, которая должна нарушить равновѣсіе, отнять у капиллярныхъ силъ часть удерживаемой ими воды, и такъ сказать, снова завести часы. Эта внѣшняя сила можетъ представлять или живую силу улетучивающихся водяныхъ частицъ, какъ въ нашемъ примѣрѣ, или осмотическія силы, или какую нибудь другую.

Необходимо упомянуть здѣсь еще объ одномъ совершенно особенномъ отношеніи, которое, кажется, имѣетъ значеніе \*\*\*) при поднятіи сока по воздухоноснымъ сосудамъ, какъ это встрѣчается у высшихъ растеній. Капиллярная стеклянная трубка, получающаяся посредствомъ быстрого растягиванія обыкновенной стеклянной трубки пе-

---

\*) Негели (Das Mikroskop. 1865 стр. 386) не придаетъ этимъ силамъ тако-го большаго значенія, но я не могу согласиться съ его аргументаціей.

\*\*) Что въ большихъ растеніяхъ древесина представляетъ преимущественно ту ткань, по которой происходитъ капиллярное проведеніе сока, легко доказать перерѣзываніемъ другихъ тканей.

\*\*\*) Особенно въ извѣстныхъ времена года.

редь паяльной лампой, показываетъ нѣкоторыя видовзмѣненія въ своей способности удерживать жидкости, обладающія притяженіемъ къ массѣ газа, если ее наполнить попеременно каплями жидкости и небольшими промежуточными воздушными пузырьками, что легко удается при всасываніи съ одного конца трубки, другой конецъ которой то быстро погружается въ воду, то вынимается изъ нея. Наполненная такимъ способомъ капиллярная трубка можетъ въ суммѣ *поднять гораздо болѣе высокій столбъ воды, чѣмъ тотъ, который она могла бы поднять, если бы онъ въ полной непрерывности поддерживался силами притяженія вещества стѣнки.* Особенно хорошо это будетъ видно, если въ самомъ низу трубки виситъ капля жидкости. Это явленіе, хотя оно еще и не получило, можетъ быть, достаточной теоретической обработки, во всякомъ случаѣ слѣдуетъ объяснять тѣмъ, что верхній и нижній мениски отдѣльныхъ столбиковъ жидкости имѣютъ различный видъ, вслѣдствіе чего преодолевается ихъ тяжесть и сами они вполне могутъ держаться \*).

Тоже явленіе можетъ быть вызвано съ гораздо болѣею правильностію, если взять капиллярную стеклянную трубку съ попеременными суженіями и расширеніями и внести въ нее количество воды, недостаточное для совершеннаго наполненія. При установкѣ трубки стойма, вода собирается вблизи узкихъ мѣстъ (точнѣе говоря, въ среднемъ нѣсколько ниже ихъ, гдѣ только что начинается коническое расширеніе). Такимъ-то образомъ въ этомъ случаѣ различный видъ верхняго и нижняго мениска необходимо опредѣляется различной шириной части трубки, въ которой находится верхняя и нижняя поверхность водяной капли, такъ какъ видъ мениска есть, между прочимъ, функція ширины трубки; и отдѣльныя водяныя капли не обнаруживаютъ болѣе своей тяжести. Теоретически слѣдовательно должно бы было считать возможнымъ наполнить такимъ способомъ трубку указаннаго вида, *безконечной длины*, уравновѣсить капиллярными силами безконечно длинный перемежающійся водяной столбъ.

Но подобныя, попеременно суживающіяся и расширяющіяся, непрерывныя капиллярныя пространства, происходящія вслѣдствіе ана-

---

\*) Верхній вогнутый менискъ смачивающихъ жидкостей и нижній выпуклый менискъ несмачивающихъ жидкостей уменьшаетъ какъ бы силу тяжести ихъ, — нижній вогнутый менискъ смачивающихъ жидкостей и верхній выпуклый менискъ несмачивающихъ жидкостей дѣйствуютъ въ одномъ направленіи съ силою тяжести. Величина этого дѣйствія зависитъ отъ степени уклоненія мениска отъ плоскости. Отсюда легко выводится сказанное въ текстѣ.

стомоза клѣточныхъ пространствъ (вначалѣ отдѣленныхъ другъ отъ друга клѣточною оболочкою, позднѣе резорбированною), находятся во множествѣ въ растеніяхъ.

Полезь существованія такихъ пространствъ для передвиженія сока по растенію однако не заключается въ томъ, что эти перемежающіеся столбы жидкости могутъ подниматься, въ случаѣ потребленія воды наверху. Этого, очевидно, по приведенному выше, не можетъ быть. Пользу всего устройства нужно понимать такъ, что, во-первыхъ, такіе перемежающіеся столбы жидкости, вслѣдствіе какой бы то ни было причины, въ извѣстныя времена года существуютъ, что далѣе, капиллярноудерживаемыя капли, при измѣненіяхъ температуры, именно вслѣдствіе измѣненій объема заключеннаго между ними воздуха, измѣняютъ свое мѣсто и, благодаря способности къ пропитыванію тканей и т. д., могутъ быть проведены дальше, что накопленіе воды въ суженныхъ мѣстахъ можетъ произойти при случаѣ снова и что вся поднятая такимъ образомъ масса жидкости не даетъ себя чувствовать лежащимъ ниже ея частямъ растеній, въ видѣ гидростатическаго давленія.

Однако нельзя отрицать того, что въ настоящее время еще нельзя сдѣлать достаточно вѣрнаго обзора всѣхъ относящихся сюда явленій.

Обращая вниманіе на этотъ дальнѣйшій элементъ сокоподнятія, мы можемъ, наконецъ, сдѣлать довольно полное представленіе о томъ, какъ вода протекаетъ чрезъ болѣе высокое воздушное растеніе. Посредствомъ корня, въ силу осмотическаго аппарата, съ которымъ мы познакомились, принимаются изъ влажной почвы извѣстныя количества воды и поднимаются до извѣстной высоты. Если высота эта и чрезвычайно различна для различныхъ растеній, стадій произрастанія и временъ года, все же сила корня достаточна для того, чтобы доставить воду въ ткани растенія, гдѣ возможно капиллярное перемѣщеніе, такъ какъ древесина, имѣющая здѣсь существенное значеніе, начинается уже въ корнѣ довольно близко отъ оконечностей его, и капиллярное перемѣщеніе по клѣточнымъ стѣнкамъ вездѣ возможно. Какъ скоро эти ткани достигнуты, сила корня служить уже только вспомогательнымъ средствомъ при поднятіи сока, но не абсолютно необходима.

Всѣ ткани, находящіяся между собою въ соединеніи посредствомъ капиллярной промежуточной ткани, будутъ ли онѣ мѣстно расположены другъ надъ другомъ, или какъ нибудь иначе, находятся, по отношенію къ гидростатическому давленію, какъ бы на одинаковомъ

*уровнѣ*. Для перенесенія между ними сока, не нужно никакого особаго аппарата; для этого достаточны капиллярныя силы, которыя, постоянно освобождаясь другими силами, снова проявляютъ свое притяженіе.

Такимъ-то образомъ распространяется водянистая жидкость до высоко лежащихъ тканей растенія, и тогда присоединяется третій моментъ, *испареніе*, постоянно отнимающій воду у извѣстныхъ тканей и тѣмъ вызывающій новый притокъ ея.

Хорошая картина совокупнаго дѣйствія этихъ различныхъ моментовъ получается, если представить себѣ корневую силу ввидѣ нагнетательныхъ насосовъ, работающих иногда сильнѣе, иногда слабѣе, и постоянно стремящихся наполнить большей или меньшей вмѣстимости резервуаръ, изображаемый тканями растенія, соединенными капиллярными трубочками. Къ этому же самому резервуару придѣлано множество всасывающихъ насосовъ, изображаемыхъ испареніемъ, дѣйствіемъ которыхъ резервуаръ съ другой стороны постоянно опустошается.

Картина эта даетъ намъ отличное представленіе о зависимости полносочія растенія отъ относительной величины трехъ моментовъ. Вышнія условія, односторонне благоприятствующія силѣ корня, какъ-то: возвышенная температура среды, окружающей корни — почвы, большое содержаніе воды въ послѣдней, вызовутъ переполненіе резервуара, если въ то же время всасывающіе насосы сравнительно недѣятельны. При такихъ обстоятельствахъ растеніе будетъ изобиловать сокомъ или, какъ говорятъ, будетъ обладать большою тургесценціею \*). Условія эти выполняются особенно въ свѣжія утра, когда испареніе, вслѣдствіе низкой температуры и влажности, медленно, сила корня же, вслѣдствіе относительно болѣе высокой почвенной температуры, достигаетъ значительной величины; тогда-то именно и видимъ мы травянистыя растенія изобилующими сокомъ, или даже видимъ выдавливаніе капель жидкости корневою силою, если листовые органы лежатъ въ ея области.

Обратное этому — относительная бѣдность сокомъ, вялость, естественно должна наступить, если сравнительно высокая воздушная температура и большая сухость атмосферы необыкновенно благоприятствуютъ силамъ испаренія. Тогда множество всасывающихъ насосовъ будутъ усиленно работать, чтобы опустошить резервуаръ, между тѣмъ сила корня и капиллярность будутъ только очень несовершенно

---

\*) Это конечно не исключаетъ того, что растенія, и необладающія значительной силой корня, тургесцируютъ, если почва влажна, испареніе же слабо.

восполнять потери \*). Эти условия наиболее совершеннымъ образомъ выполнены въ жаркіе сухіе лѣтніе дни, когда при сухой почвѣ новое наполненіе резервуара, быстро опустошаемаго испареніемъ, идетъ чрезвычайно медленно, и въ эти именно дни, мы видимъ, растенія быстро вянуть.

Рядомъ съ этими почти само собою понятными отношеніями, предъидущее разсмотрѣніе показываетъ намъ въ тоже время всю выгоду, представляющуюся для растеній въ величинѣ его резервуара воды. Преимущественная работа всасывающихъ или нагнетательныхъ насосовъ существенно зависитъ отъ условий, лежащихъ совершенно внѣ растенія и поэтому случайныхъ по отношенію къ растенію. Разности, могущія произойти вслѣдствіе неравномѣрности этой дѣятельности и которыя, въ порядкѣ вещей, произойдутъ, должны быть естественно тѣмъ болѣе ощутительны для растительнаго организма, нуждающагося въ извѣстномъ количествѣ воды для выполненія его отправленій, чѣмъ большую часть всего запаса воды растенія составляютъ эти разности. Поэтому ясно, что растеніе, обладающее большими массами тканей, въ которыхъ могутъ скопляться большіе запасы воды, будетъ гораздо независимѣе отъ переходящихъ мокрыхъ и особенно сухихъ періодовъ, чѣмъ растеніе, въ самомъ благопріятномъ даже случаѣ, обладающее только малымъ запасомъ воды, который къ тому же почти вполне необходимъ для поддержанія жизни \*\*).

Вотъ почему наши большія деревья съ ихъ распростертыми древесными массами, могущими принять въ себя большія количества воды, но безъ всякаго вреда готовыми ихъ и отдать, переносятъ сухое время года въ полной свѣжести и тургесценціи листовыхъ органовъ, тогда какъ травянистыя растенія при тѣхъ же неблагоприятныхъ условіяхъ скоро опускаютъ листья и совершенно завядаютъ.

Приблизительно такимъ образомъ мы должны себѣ представлять происхожденіе большаго тока сока чрезъ воздушное растеніе. Тогда какъ у воднаго растенія все принятіе капельныхъ жидкостей должно быть объяснено осмотическими процессами (кромѣ того еще, можетъ быть, напряженіемъ тканей) у воздушныхъ растеній, находящихся на

\*) При этомъ однако нужно принять во вниманіе, что увеличенное испареніе будетъ нѣсколько ускорять принятіе воды корнемъ, послѣднее же будетъ нѣсколько ускорять испареніе, такъ какъ обѣ силы, не такъ какъ мы это принимали ради простоты, не находятся въ совершенной независимости другъ отъ друга.

\*\*) Въ томъ же смыслѣ, регулирующимъ образомъ, по отношенію къ внѣшнимъ неблагоприятнымъ условіямъ, дѣйствуютъ описанныя въ предыдущей лекціи приспособленія, напр. открываніе и закрываніе устьицъ подъ вліяніемъ тургесценціи.

границѣ двухъ срединъ, дѣйствуетъ вмѣстѣ много обстоятельствъ, и особенно присоединеніе испаренія усложняетъ явленіе. Водяной токъ проходитъ непрерывно снизу вверхъ въ воздушномъ растеніи и въ этомъ заключается (оставляя совершенно въ сторонѣ специфическія осмотическія силы) моментъ для накопленія въ тѣлѣ растенія всѣхъ растворенныхъ въ принятой водѣ веществъ. Осмотическія дѣйствія, которыя должны проявляться при переходѣ этихъ растворенныхъ веществъ въ корень, естественно разнообразно видоизмѣняютъ принятіе ихъ, но одни они не представляютъ, какъ у водяныхъ растеній, единственной побудительной причины для принятія этихъ веществъ.

Законами принятія этихъ растворенныхъ веществъ корнями займемся мы въ ближайшей лекціи; здѣсь необходимо было предположить знаніе водянаго тока, проявляющагося въ воздушномъ растеніи,

## ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ ЛЕКЦІЯ.

### Поглощеніе веществъ растеніемъ. — Питаніе воздушнаго растенія посредствомъ корней.

Изъ предыдущаго ясно, что вещества, растворенныя въ почвенной водѣ, съ которою приходитъ въ соприкосновеніе корень сухопутнаго растенія, даже если бы они не обладали вовсе спеціальною осмотическою способностью, т. е. не отличались въ этомъ отношеніи отъ воды, должны бы были непрерывно поглощаться вмѣстѣ съ послѣднею. А такъ какъ вода, вслѣдствіе испаренія, постоянно выдѣляется, то въ результатѣ получилось бы накопленіе этихъ веществъ въ растеніи, наподобіе того, какъ въ котлѣ, въ которомъ постоянно испаряется вода, мало по малу образуется накипь.

Но въ дѣйствительности поглощеніе растворенныхъ веществъ корнями сухопутнаго растенія происходитъ не такъ просто. Естественно, что при этомъ играютъ роль спеціальныя осмотическія свойства отдѣльныхъ растворенныхъ веществъ; уже простое накопленіе этихъ веществъ въ растеніи, даже не предполагая никакого химическаго измѣненія, весьма скоро вызвало бы такъ называемое осмотическое противодавленіе (для воды оно не существуетъ, благодаря постоянному испаренію), вслѣдствіе чего видоизмѣнилось бы принятіе ве-

ществъ. Испареніе воды надземными органами можно, очевидно, разсматривать какъ *средство способствующее* чисто осмотическому поглощенію веществъ. Если внутри растенія происходитъ химическая переработка принятаго вещества, исключая возможность осмотическаго противодавленія, то такое вещество пользуется въ сухопутномъ растеніи *извѣстнымъ преимуществомъ*; да и вещества, находящіяся въ почвенной водѣ и не перерабатываемыя растеніемъ, въ воздушномъ растеніи могутъ накапливаться, очевидно, гораздо сильнѣе, нежели въ подводномъ, въ которомъ не происходитъ испаренія.

Поэтому мы въ правѣ ожидать въ воздушныхъ растеніяхъ гораздо больше случайныхъ составныхъ частей, чѣмъ въ подводныхъ, гдѣ осмотическое противодавленіе каждаго непереработаннаго вещества должно обнаруживаться весьма быстро. Заключая по нахожденію отдѣльныхъ составныхъ частей золы о значеніи ихъ, не слѣдуетъ упускать изъ виду это обстоятельство.

Вотъ все, что можно вывести касательно вопроса о поглощеніи веществъ корнями воздушнаго растенія путемъ дедуктивнымъ, основываясь на общихъ, изслѣдованныхъ въ этомъ направленіи законахъ. Относительно того же предмета существуетъ рядъ экспериментальныхъ работъ, результаты которыхъ отчасти могутъ служить подтвержденіемъ предъидущихъ заключеній, отчасти же не могутъ быть сведены къ болѣе элементарнымъ процессамъ.

Знаменитый *Соссюръ* \*) первый принялся за экспериментальное изученіе законовъ поглощенія веществъ отдѣльными воздушными растеніями. Правда, результаты его опытовъ во многихъ отношеніяхъ ошибочны (особенно вслѣдствіе того, что водная культура, абсолютно необходимая для подобныхъ опытовъ, въ то время была еще мало развита), а установленные имъ законы односторонни и вѣрны только до извѣстной степени. Несмотря на то, мы должны ближе познакомиться съ этими изслѣдованіями, такъ какъ позднѣйшія прямо примыкаютъ къ нимъ.

*Соссюръ* употреблялъ для своихъ опытовъ растворы весьма различныхъ минеральныхъ солей и органическихъ веществъ, имѣвшихъ концентрацію 8 тысячныхъ слишкомъ \*\*), слѣдовательно нѣсколько большую той, которую всего выгоднѣе употреблять при водной культурѣ, и, можно прибавить, значительно превосходящую кон-

\*) *Recherches chimiques sur la végét.* 1804 p. 251.

\*\*\*) 12 грановъ вещества на 40 куб. дюймовъ дистиллированной воды.

центрацію растворовъ, существующихъ въ почвѣ при нормальныхъ условіяхъ.

Взяты были слѣдующія вещества:

- |                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| 1) хлористый калий,      | 6) уксуснокислая известь, |
| 2) хлористый натрій,     | 7) мѣдный купоросъ,       |
| 3) азотнокислая известь, | 8) тростниковый сахаръ,   |
| 4) сѣрнокислый натръ,    | 9) аравійская камедь,     |
| 5) хлористый аммоній,    | 10) экстрактъ чернозема,  |

слѣдовательно пестрая смѣсь веществъ, представляющихъ, какъ извѣстно теперь, отчасти вещества питательныя для растенія, отчасти индифферентныя, отчасти же ядовитыя.

Въ растворы этихъ веществъ перенесены были молодыя растенія, вынутыя съ корнями изъ земли, въ которой они выросли; предварительно ихъ сажали въ дистиллированную воду, пока кончики корней не начинали расти въ длину, а затѣмъ переносили въ соответствующіе растворы. Опыты производились надъ *Polygonum Persicaria* и *Bidens cannabina*. Они оставались въ растворахъ, пока объемъ послѣднихъ не уменьшался на половину. Въ случаѣ равномернаго поглощенія раствореннаго вещества и воды, оставшаяся жидкость должна была бы заключать ровно половину первоначально взятыхъ веществъ; но анализъ ея показалъ, что вмѣсто 50% поглощены были слѣдующія количества отдѣльныхъ веществъ:

<i>Polygonum Persicaria.</i>		<i>Bidens cannabina.</i>
хлористаго калия . . . . .	только 14,7%	16,0%
хлористаго натрія . . . . .	» 13,0%	15,0%
хлористаго аммонія . . . . .	» 12,0%	17,0%
азотнокислой извести . . . . .	» 4,0%	8,0%
мѣднаго купороса . . . . .	» 47,0%	48,0%
аравійской камеди . . . . .	» 9,0%	8,0%

слѣдовательно растворы, перешедшіе въ растеніе, за исключеніемъ только раствора мѣднаго купороса, имѣли гораздо менѣ значительную концентрацію, нежели первоначальныя.

*Сосскоръ* произвелъ сверхъ того рядъ опытовъ съ жидкостями, содержащими одновременно нѣсколько веществъ въ растворѣ. На основаніи всѣхъ своихъ экспериментальныхъ изслѣдованій онъ высказалъ слѣдующія положенія.

1) «Корни растений поглощают соли и экстракты всегда въ меньшемъ количествѣ чѣмъ воду, содержащую въ растворѣ эти соли и экстракты».

2) «Перерѣзка корней, ихъ разложеніе и вообще слабость возрастанія благоприятствуютъ прониканію солей и экстрактовъ въ корни растений».

3) «Растеніе всасываетъ различныя вещества, содержащіяся въ одномъ и томъ же растворѣ, не въ одинаковомъ количествѣ; оно обладаетъ избирательною способностью; всего сильнѣе всасываются вообще тѣ вещества, растворы которыхъ, взятые въ отдѣльности, менѣе липки» \*).

Первое изъ этихъ трехъ положеній извѣстно подъ именемъ закона *Соссюра*: мы вернемся еще къ нему при описаніи позднѣйшихъ опытовъ.

Правда, опыты *Соссюра*, вслѣдствіе несовершенства метода, посредствомъ котораго они производились, не особенно пригодны для дальнѣйшихъ выводовъ; однако и они уже показываютъ съ полною ясностью, что воздушныя растенія не всасываютъ растворовъ, доставляемыхъ ихъ корнямъ, прямо въ неизмѣненномъ видѣ, но что при извѣстныхъ обстоятельствахъ вода переходитъ въ корни въ совершенно иномъ отношеніи чѣмъ растворенныя въ ней вещества, да и послѣднія всасываются въ весьма различномъ количествѣ, смотря по специфической природѣ каждаго изъ этихъ веществъ и самаго растенія.

Эти факты объясняются весьма просто на основаніи уже изложенныхъ соображеній. Мы не должны разсматривать поглощеніе веществъ только какъ слѣдствіе тока воды, непрерывно проходящаго по воздушному растенію; помимо этого фактора поглощенія веществъ, существуютъ еще и другіе, а именно: осмотическія силы и химическая переработка принятыхъ веществъ. Уже было сказано, что, если бы ни одно изъ принятыхъ веществъ не утрачивало, вслѣдствіе физиологическихъ измѣненій, которымъ оно подвергается въ ткани растенія, своихъ эндосмотическихъ свойствъ, то въ клѣточкахъ корней весьма скоро обнаружилось бы осмотическое противодавленіе, благодаря которому данное вещество поглощалось бы все въ меньшемъ и меньшемъ количествѣ, и наоборотъ. Слѣдствіе этихъ факторовъ обнаруживается уже и въ опытахъ *Соссюра*.

Возбужденные этимъ изслѣдователемъ вопросы оставались затѣмъ, по весьма понятной причинѣ, въ теченіе нѣсколькихъ десятковъ

\* ) Въ указанномъ мѣстѣ, гл. VIII и Landw. Versuchsst. 1864, p. 204.

лѣтъ безъ дальнѣйшей разработки. Естественноъ было выработать сначала понятіе о питательныхъ веществахъ растений, и затѣмъ уже изучать законы поглощенія веществъ растениями. Вообще говоря, намъ остается въ сущности рассмотреть только работы *Кнопа* и *В. Вольфа*, такъ какъ немногія болѣе старыя \*) не внесли ничего существеннаго.

Въ опытахъ двухъ названныхъ изслѣдователей были совершенно устранены ошибки, въ которыя впалъ *Соссюръ*, ошибки, состоявшія главнымъ образомъ въ томъ, что онъ экспериментировалъ надъ растениями, вынутыми изъ почвы, слѣд. поврежденными, благодаря разрыву корневыхъ волосковъ, а потому негодными для опытовъ надъ поглощеніемъ веществъ. *Кнопъ* и *Вольфъ* выращивали свои растения въ водныхъ растворахъ, начиная съ сѣмянъ.

Еще до производства этихъ характерныхъ опытовъ, нѣкоторые результаты, полученные *Кнопомъ*, заставляли уже предполагать, что такъ наз. законъ *Соссюра* примѣняется не во всѣхъ случаяхъ, т. е. что при извѣстныхъ условіяхъ изъ раствора можетъ переходить въ растеніе больше солей, чѣмъ сколько соотвѣтствуетъ поглощенной водѣ, такъ что можетъ остаться растворъ болѣе слабый, нежели взятый первоначально. Обширные опыты *В. Вольфа* \*\*) сдѣлали это положеніе несомнѣннымъ и показали, что законъ *Соссюра* служитъ только выраженіемъ одного частнаго случая, вообще же положительно невярно. \*\*\*)

Опыты *Вольфа* произведены были надъ бобами и мансомъ, развивавшимися въ растворахъ одной и нѣсколькихъ минеральныхъ солей, которыя всѣ могли считаться питательными.

Вотъ наиболѣе общіе и важные результаты этихъ опытовъ.

1) Совершенно независимо отъ рода растенія и доставленной въ растворѣ соли, изъ раствора поглощается относительно тѣмъ больше соли, чѣмъ растворъ слабѣе.

Если перейти за извѣстную концентрацію, весьма различную для различныхъ солей, взявъ болѣе слабую, то поглощеніе растворенныхъ веществъ происходитъ съ смысломъ противоположномъ закону *Соссюра*,

---

\*) Сюда относятся работы *Шлосбергера* (Ann. d. Chem. u. Pharm. V. 81 p. 172) и *Герта* (тамъ же, V. 89, p. 334).

\*\*) Landw. Versuchsst. 1864, p. 203 и 1865, p. 193.

\*\*\*) Что такъ наз. законъ *Соссюра* не приложимъ къ поглощенію веществъ подводными растениями, доказывается простымъ сравненіемъ анализовъ этихъ растений съ анализами окружающей воды.

т. е. солей поглощается относительно больше, чѣмъ воды, такъ что остающийся растворъ слабѣ первоначальнаго. Это можетъ простираться до того, что растворъ, вмѣстѣ съ половиною объема воды, отдаетъ уже растенію все растворенное вещество, такъ что остающаяся половина объема жидкости абсолютно лишена данной составной части.

2) Если растенію доставляются одновременно различныя соли въ одномъ и томъ же растворѣ, то нерѣдко *присутствіе одной соли оказываетъ значительное вліяніе на поглощеніе другой*. Вліяніе это проявляется то въ *ускореніи*, то въ *замедленіи* поглощенія.

3) Если растеніе удалить изъ раствора и погрузить корнями въ дистиллированную воду, то однажды принятыя вещества часто *удерживаются весьма упорно* и не переходятъ въ воду.

И эти результаты также объясняются весьма легко на основаніи изложенныхъ выше соображеній. Если омывающій корни растворъ поглощается не просто вслѣдствіе проходящаго по растенію тока воды, если при этомъ дѣйствуютъ и другія силы, то понятно, что вещества, которыя перерабатываются въ растеніи \*) и такимъ образомъ не оказываютъ осмотическаго противодавленія, поглощаются изъ слабыхъ растворовъ въ большей пропорціи, нежели изъ болѣе концентрированныхъ; поглощенные вещества потребляются растеніемъ лишь до извѣстной степени, такъ что высшая концентрація можетъ иногда усиливать поглощеніе лишь незначительно. Нѣчто подобное, также указывающее на химическую переработку, обнаруживаетъ въ такомъ случаѣ и 3-е положеніе: большая часть поглощенныхъ веществъ должна бы была, вслѣдствіе діосмоса, быстро удалиться изъ корней, перенесенныхъ въ дистиллированную воду, если бы причиною того упорства, съ какимъ удерживаются поглощенные вещества, не являлось химическое превращеніе ихъ въ коллоидальную форму.

Что поглощеніе какого либо вещества ослабляется или усиливается, благодаря присутствію другаго вещества въ томъ же растворѣ, это объясняется довольно просто на основаніи слѣдующихъ, отчасти намъ уже знакомыхъ соображеній. Доставленіе корнями солеобразныхъ веществъ ослабляетъ, какъ мы видѣли, испареніе воды растеніемъ \*\*). Я не стану объяснять здѣсь снова причину этого явленія. Понятно, что вмѣстѣ съ испареніемъ уменьшается и напряжение всего тока воды, а вслѣдствіе того ослабляется и импульсъ къ поглощенію жидкости корнями. Такимъ образомъ можно уяснить себѣ ослабленіе

\*) А таковы именно были вещества, употреблявшіяся въ опытахъ *Вольфа*.

\*\*\*) См. девятнадцатую лекцію, стр. 134.

поглощения какой либо соли, благодаря одновременному присутствию другой.

Можно объяснить и обратное влияние. Растение, произрастающее въ растворѣ одной только соли, конечно, способно лишь короткое время ассимилировать и перерабатывать физиологически эту соль, хотя бы она представляла настоящее питательное вещество, просто вълѣдствіе недостатка другихъ веществъ, необходимыхъ для извѣстныхъ отправленій. Отсюда ясно, что такія вещества, отсутствіе которыхъ вредно вліяетъ на переработку другихъ веществъ, будутъ ускорять поглощеніе послѣднихъ \*).

Вотъ основанія для объясненія того, почему одно вещество измѣняетъ поглощеніе другого вещества въ томъ или другомъ смыслѣ.

Но мы познакомимся нѣсколько подробнѣе съ результатами *Вольфа* изъ слѣдующей наглядной таблички

### Опыты съ красною фасолью.

Названіе соли.	Концентрація взятой жидкости.	Концентрація жидкости, поглощенной растеніемъ **).
Азотнокислое кали . . . .	0,250 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	0,174 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>
» »	0,100 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	0,109 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>
» »	0,075 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	0,107 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>
» »	0,050 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	0,114 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>
» »	0,025 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	0,031 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>
<hr/>		
Азотнокислый амміакъ . .	0,246 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	0,337 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>
» »	0,098 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	0,110 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>
» »	0,049 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	0,093 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>
» »	0,025 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	0,039 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>

\*) Отсюда также вытекаетъ, что опыты *Вольфа*, какъ ни важны они въ извѣстномъ отношеніи, не представляютъ однако такого способа, посредствомъ котораго можно будетъ узнать что либо окончательное, касательно законовъ поглощенія веществъ, такъ какъ при этомъ каждое питательное вещество, доставляемое въ отдѣльности или вмѣстѣ съ другимъ какимъ нибудь веществомъ, поглощается растеніемъ не при *нормальныхъ* условіяхъ ассимиляціи.

\*\*\*) Въ равныя времена для всѣхъ экземпляровъ растенія.

Азотнокислая известь . . .	0,503 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,308 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,252 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,162 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,101 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,085 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,075 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,046 <sup>0</sup> / <sub>2</sub>
» »	0,050 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,033 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,025 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,017 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
<hr/>		
Сѣрнокислое кали . . . . .	0,250 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,118 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,100 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,069 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,050 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,035 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,025 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,019 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
<hr/>		
Сѣрнокислый амміакъ . .	0,050 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,030 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,025 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,019 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
<hr/>		
Сѣрнокислая известь . . . .	0,208 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,107 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,104 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,057 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,052 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,066 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,026 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,035 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
<hr/>		
Фосфорнокислое кали . . . .	0,250 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,179 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,100 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,077 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,050 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,038 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,025 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,033 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
<hr/>		
Фосфорнокислый амміакъ	0,231 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,129 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,093 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,043 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,023 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,026 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
<hr/>		
Хлористый калий . . . . .	0,050 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,040 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,025 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,024 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
<hr/>		
Сальміакъ . . . . .	0,050 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,040 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
» »	0,025 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,025 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> *)

Сличая въ этой табличкѣ соответственныя числа, легко видѣть, произошло ли поглощеніе растворенныхъ веществъ согласно закону

\*) Числа другаго ряда опытовъ, полученныя нѣсколько инымъ путемъ, совершенно сходны съ этими.

*Сосюра* или нѣтъ. Если правое число больше лѣваго, то поглощеніе происходило въ противоположномъ этому закону смыслѣ. Это дѣйствительно и наблюдается для многихъ солей при нѣсколькихъ степеняхъ концентраціи, но та степень концентраціи, при которой законъ поглощенія измѣняется въ противоположный, весьма различна для различныхъ солей.

*Азотнокислыя соли* поглощались вообще съ большою силою, такъ что для азотнокислаго амміака даже при высшей изъ употребленныхъ концентрацій соль переходила въ корни въ большей пропорціи, чѣмъ въ какой она находилась въ растворѣ. Для азотнокислаго кали граница, при которой поглощался неизмѣненный растворъ, близка къ одной тысячной; одна только азотнокислая известь даже при самыхъ слабыхъ концентраціяхъ въ  $\frac{1}{4}$  тысячной поглощалась, согласно закону *Сосюра*.

*Сѣрнокислыя соли* обнаружили вообще меньшую способность поглощенія, сравнительно съ азотнокислыми. Сѣрнокислое кали и амміакъ, даже при самыхъ слабыхъ концентраціяхъ, поглощались въ меньшей пропорціи чѣмъ вода; сѣрнокислая известь представляла здѣсь исключеніе въ обратномъ смыслѣ: начиная съ  $\frac{1}{2}$  тысячной, она поглощалась въ сильнѣйшей степени, чѣмъ вода. Подобно сѣрнокислымъ солямъ относились и фосфорнокислыя \*).

Разумѣется, нельзя ожидать, чтобы полученные такимъ образомъ результаты, безъ сомнѣнія, разнообразно измѣняющіеся, смотря по растенію, могли прямо подлежать теоретическому объясненію. Едва ли это было бы возможно, даже въ томъ случаѣ, если бы разсматриваемое явленіе обуславливалось исключительно осмотическими процессами и испареніемъ. Но мы знаемъ, что сверхъ того между обстоятельствами, опредѣляющими поглощеніе, весьма существенную роль играютъ тѣ таинственные процессы химическаго измѣненія принятыхъ веществъ, о которыхъ мы въ настоящее время можемъ составить себѣ лишь весьма неполное понятіе и которые нѣтъ надежды свести вскорѣ на элементарные химическіе процессы; слѣд. мы имѣемъ дѣло съ сложнымъ явленіемъ, и пока должны принимать его какъ фактъ, не надѣясь уразумѣть вполне. Въ виду этого излишне входить въ дальнѣйшія подробности касательно добытыхъ фактовъ. Стоитъ только замѣтить еще, что изъ всѣхъ солей, надъ которыми

---

\*) Опыты, произведенные надъ другимъ растеніемъ, дали вообще такіе же результаты; только сѣрнокислая известь поглощалась въ гораздо меньшей степени.

производились опыты, азотнокислый аммиакъ поглощался всего сильнѣе, даже изъ довольно концентрированныхъ растворовъ въ гораздо большей пропорціи, чѣмъ растворявшая его вода. Этотъ фактъ можно безъ всякой натяжки объяснять тѣмъ, что указанная соль внутри растительнаго организма быстро перерабатывается въ азотистыя органическія вещества \*), причемъ *одинаково* потребляется какъ основаніе, такъ и кислота, между тѣмъ какъ при другихъ соляхъ эти двѣ составныя части, вѣроятно, потребляются для совершенно различныхъ цѣлей, почему переработка одного вещества обуславливается возможностью переработки другого. Это отношеніе служить по крайней мѣрѣ намекомъ, хотя нельзя не замѣтить, что слѣдуетъ избѣгать излишней плодovitости въ подобныхъ предположеніяхъ \*\*).

Изъ дальнѣйшихъ изслѣдованій *Вольфа* касательно поглощенія веществъ молодыми экземплярами маиса и бобовъ изъ растворовъ, содержащихъ каждый по двѣ соли \*\*\*), помимо полного подтвержденія прежнихъ результатовъ, можно вывести уже упомянутое выше заключеніе, что *поглощеніе какой либо соли существенно видоизмѣняется одновременнымъ присутствіемъ другой соли*; если идетъ дѣло о соляхъ, могущихъ служить питательными веществами, то при этомъ замѣчается *обыкновенно ускореніе поглощенія*.

Мы не имѣемъ въ виду прослѣдить это явленіе въ подробности, такъ какъ при нашемъ незнакомствѣ съ отправленіями отдѣльныхъ питательныхъ веществъ, вліяніе это не можетъ быть объяснено въ каждомъ специальномъ случаѣ. Поэтому мы не приводимъ здѣсь объемистыхъ таблицъ, содержащихъ результаты этихъ опытовъ, а ограничиваемся лишь немногими показаніями, частью для того, чтобы привести нѣсколько примѣровъ, частью потому что они представляютъ извѣстный практическій интересъ и пригодятся намъ впослѣдствіи.

«Соли кали и аммиака поглощаются растеніемъ, если въ растворѣ

---

\*) При этомъ, конечно, не слѣдуетъ упускать изъ виду показанія *Вольфа*, что растенія при его опытахъ не обнаруживали прибыли въ вѣсѣ органическаго вещества и что въ ткани ихъ можно было доказать присутствіе различныхъ доставленныхъ имъ азотнокислыхъ солей, такъ какъ растенія, вырощенныя въ растворахъ, сгорали, разбрасывая искры (ср. *Versuchsst.* 1864, p. 221); несмотря на то, я считаю необходимымъ допустить, что по крайней мѣрѣ часть соли подвергалась переработкѣ, такъ какъ соответственныя растенія развивались роскошнѣе (ср. тамъ же, стр. 218).

\*\*\*) Касательно своеобразнаго вліянія различныхъ солей на развитіе корней и на общій видъ растенія см. самую статью.

\*\*\*) *Landw. Versuchsst.* 1865, p. 193.

въ то же время содержится известковая соль, въ гораздо большемъ количествѣ, чѣмъ изъ растворовъ простыхъ солей \*)).

«Даже сѣрниокислое кали и сѣрниокислый амміакъ, которые изъ простыхъ растворовъ переходятъ въ растеніе только согласно закону *Соссюра*, въ присутствіи известковой соли поглощаются въ гораздо большемъ количествѣ».

«Изъ самыхъ слабыхъ растворовъ смѣси азотнокислаго кали съ азотнокислою известью или азотнокислою магнезіею, вмѣстѣ съ половиною объема всей жидкости, переходило въ растеніе все доставленное ему количество первой соли».

Эти факты, теоретическій смыслъ которыхъ мы разбирать въ подробности не станемъ, имѣютъ, какъ не трудно догадаться, весьма важное практическое значеніе въ примѣненіи къ правиламъ удобренія, значеніе, съ которымъ мы познакомимся во второй части предлагаемаго учебника.

Кромѣ этихъ изслѣдованій *Вольфа* надъ поглощеніемъ веществъ сухопутными растеніями, заслуживаютъ еще вниманія опыты *Кнопа* \*\*), Они, если взглянуть поглубже, произведены по совершенно другому способу. *Кнопъ* исходилъ изъ того основнаго положенія, чтобы выращивать растенія въ такъ наз. «полныхъ» растворахъ питательныхъ веществъ по обыкновенному способу водной культуры, *обращая въ то же время вниманіе на количественныя отношенія, въ которыхъ поглощаются питательныя вещества.*

Этотъ планъ опытовъ, очевидно, весьма далекъ отъ первоначальнаго плана *Соссюра*. Послѣдній стремился изучить поглощеніе веществъ какъ чисто физическій процессъ и потому употреблялъ всевозможныя растворенныя вещества, хотя зналъ, что нѣкоторые изъ нихъ никакъ не могли считаться питательными. *Кнопъ* совершенно отказался отъ взгляда, рассматривавшаго поглощеніе веществъ какъ чисто физическій элементарный процессъ, и изслѣдовалъ *сложное явленіе въ его совокупности, но при приблизительно нормальномъ питаніи* растеній. Что же касается опытовъ *Вольфа*, то они по своему плану занимаютъ середину между опытами *Соссюра* и опытами *Кнопа*.

Отсюда вытекаетъ, что изъ результатовъ *Кнопа* можно составить себѣ довольно ясное представленіе о *дѣйствительныхъ явленіяхъ*

\*) Ср. тамъ-же, стр. 202.

\*\*) Они сопоставлены вмѣстѣ въ его *Kreisl. d. Stoffe*. II. p. 239--258; самыя же оригинальныя статьи разбросаны въ *Landw. Versuchsst.*, начиная съ 1861 года.

поглощенія веществъ, но изъ нихъ гораздо труднѣе вывести какое либо заключеніе относительно элементарныхъ факторовъ этого процесса. И здѣсь мы сообщимъ лишь наиболѣе общіе и важные результаты этихъ экспериментальныхъ изслѣдованій, такъ какъ рѣдкіе изъ нихъ даютъ поводъ къ поучительнымъ замѣчаніямъ.

Изъ многочисленныхъ своихъ количественныхъ опытовъ выращивания растений въ водныхъ растворахъ, произведенныхъ надъ гречихою, майсомъ, овсомъ и проч., Кнопъ дѣлаетъ между прочимъ слѣдующіе окончательные выводы: \*)

«Изъ раствора, составленнаго по указанному выше \*\*) рецепту и содержащаго одну тысячную азотнокислой извести и по  $\frac{1}{4}$  тысячной азотнокислаго и фосфорнокислаго кали и сѣрнокислой магнезій, да сверхъ того нѣсколько фосфорнокислой окиси желѣза въ порошокъ, растеніе можетъ извлечь все кали.»

«Известь и магнезій никогда не могутъ быть извлечены изъ раствора вполне, такъ какъ корень выдѣляетъ эти основанія обратно въ окружающій его растворъ въ видѣ углекислыхъ солей.»

«Азотная кислота всегда (вполнѣ) поглощается изъ раствора и т. д. для каждаго отдѣльнаго питательнаго вещества. Затѣмъ ниже:

«Тѣла, которыя корень способенъ извлекать изъ раствора до послѣднихъ слѣдовъ, такъ что жидкость окружающая корень, уменьшаясь въ объемѣ, по мѣрѣ перехода раствора въ растеніе, содержитъ все меньшее и меньшее относительное количество даннаго вещества, суть: \*\*\*)

«Кали, азотная кислота, фосфорная кислота и сѣрная.»

Тѣла, относительное количество которыхъ въ остающейся жидкости, при достаточной продолжительности опыта, т. е. при значительномъ уменьшеніи остатка, всегда увеличивается, суть:

Известь, магнезій и часто сѣрная кислота.»

«Эти результаты, въ связи съ результатами, вытекающими изъ опытовъ Вольфа, показываютъ, что переходъ отдѣльныхъ солей въ корни растений, который ускоряется уже одновременнымъ присутствіемъ какой либо другой соли, стиновится еще болѣе полнымъ»

\*) Landw. Versuchsst. 1865, p. 106.

\*\*) См. семнадцатую лекцію.

\*\*\*) Замѣтимъ уже здѣсь, что въ природѣ поглощеніе веществъ корнями сухопутныхъ растений, по скольку оно происходитъ изъ чрезвычайно слабыхъ почвенныхъ растворовъ, для большей части питательныхъ веществъ, вѣроятно, никогда не слѣдуетъ такъ наз. закону Соссюра.

когда, благодаря одновременному присутствию многих солей, омывающий корни растворъ допускаетъ нормальное питаніе. Тѣмъ болѣе права мы имѣемъ заключить, что вещества, благопріятствующія поглощенію, дѣйствуютъ въ силу того, что, вызывая полное питаніе, пробуждаютъ всестороннюю химико-физиологическую дѣятельность и такимъ образомъ усиливаютъ переработку принятыхъ веществъ, а эта переработка представляетъ, какъ мы видѣли, важнѣйшій моментъ для уничтоженія осмотическаго противодавленія, вслѣдствіе чего является возможность новаго поглощенія.

Изъ всего сказаннаго выше о поглощеніи веществъ сухопутными растениями можно вывести слѣдующее заключеніе. Хотя здѣсь, сравнительно съ поглощеніемъ веществъ подводнымъ растеніемъ или разбухающимъ и проростающимъ сѣменемъ, присоединяется, въ видѣ испаренія воды надземными частями, новый моментъ, вслѣдствіе котораго становится весьма возможнымъ \*) поглощеніе, кромѣ веществъ, претерпѣвающихъ внутри растенія химическое измѣненіе, и такихъ, которыя мы имѣемъ полное право считать совершенно бесполезными и чисто случайными составными частями растенія, однако дѣйствующіе тамъ моменты играютъ и при поглощеніи веществъ корнями сухопутнаго растенія выдающуюся роль, такъ что ассимиляція растворенныхъ веществъ обнаруживаетъ у этихъ столь различно одаренныхъ организмовъ болѣе сходства, чѣмъ того можно было ожидать съ перваго взгляда. Весь снарядъ испаренія не былъ бы въ состояніи вызвать сколько нибудь значительное поглощеніе веществъ корнями, если бы принятыя вещества, благодаря физиологической переработкѣ ихъ, не лишились бы своего осмотическаго противодавленія \*\*). Это доказывается особенно тѣмъ, что вещества, способныя лишь въ очень

---

\*) Это вліяніе явленій испаренія на поглощеніе веществъ растениями обнаруживается особенно ясно изъ опытовъ, недавно опубликованныхъ Шлезингомъ, который производилъ сравнительное выращиваніе растеній (табака) при сильномъ и очень слабомъ испареніи. Въ растеніяхъ, выросшихъ при слабомъ испареніи, оказалось гораздо меньше составныхъ частей золы, особенно хлора и кремнезема, чѣмъ въ растеніяхъ, подвергавшихся сильному испаренію; количество же фосфорной кислоты, а также азота, слѣдовательно веществъ, тотчасъ перерабатываемыхъ и потому не производящихъ осмотическаго противодавленія, оказалось въ обоихъ случаяхъ приблизительно одинаковымъ. Изъ той же работы (Compt. rend. T. 69. p. 353 и Landw. Centralbl. 1870 I p. 143) можно вывести нѣсколько другихъ, также весьма интересныхъ заключеній.

\*\*\*) Поэтому весьма значительное накопленіе бесполезныхъ веществъ указываетъ на возможность химической переработки ихъ, которая въ такомъ случаѣ не соотвѣтствуетъ какому либо необходимому физиологическому процессу.

ограниченной степени къ подобной переработкѣ, весьма часто, наперекоръ току воды, вызываемому испареніемъ, снова выдѣляются корнями наружу. Въ примѣръ можно привести азотнокислую магнезію и азотнокислую известь, которыя жадно поглощаются корнями, но удерживается только азотная кислота, способная къ быстрой переработкѣ; основаніе же, соединенное съ углекислотою, выдѣляется корнями наружу.

Здѣсь кстати можно сказать кое что о выдѣленіяхъ корней вообще, происходящихъ, конечно, согласно тѣмъ же, часто скрытымъ отъ насъ, законамъ. Когда въ одинокой клѣточкѣ, вполнѣ погруженной въ воднистую среду, вслѣдствіе химико-физиологическаго процесса образуется извѣстное вещество, то, въ случаѣ если оно обладаетъ вообще осмотическими свойствами по отношенію къ протоплазмѣ и клѣточной оболочкѣ (т. е. если оно не коллоидъ), *мѣсто образованія* его можно, какъ мы видѣли прежде, считать *центромъ отталкиванія* для разсматриваемаго тѣла; послѣднее при этомъ будетъ выдѣляться въ окружающую жидкость, подобно тому какъ выдѣляется спиртъ изъ дрожжевой клѣтки.

Корень воздушнаго растенія находится, очевидно, въ совершенно такихъ же условіяхъ, какъ комплексъ подобныхъ погруженныхъ въ воду клѣтокъ, съ тою только разницею, что здѣсь присоединяется еще моментъ испаренія, въ силу котораго растеніе пронизывается постояннымъ токомъ воды. Послѣдній ускоряетъ всякое поглощеніе, замедляетъ всякое выдѣленіе веществъ корнями, а потому у растеній сухопутныхъ выдѣленія корней должны встрѣчаться рѣже и въ меньшемъ количествѣ, нежели у организмовъ, вполнѣ погруженныхъ въ воду \*).

Тѣмъ не менѣе, при многихъ водныхъ культурахъ наблюдали выдѣленіе корнями углекислыхъ солей щелочныхъ земель, большихъ количествъ свободной углекислоты \*\*), соляной кислоты, если азотъ доставлялся въ видѣ нашатыря, и т. д.; этотъ фактъ показываетъ съ особенною ясностью, что дѣйствіе осмотическихъ силъ обнаруживается и чрезъ живую клѣточную оболочку \*\*\*).

\*) Впрочемъ при этомъ слѣдуетъ принять въ соображеніе большую независимость осмотическихъ явленій отъ давленія.

\*\*) Ср. именно *Кюпа*: Ann. d Chem. и Pharm. V. 129, p. 287.

\*\*\*) Относительно осмотическихъ явленій въ живыхъ перепонкахъ существовали весьма неясныя представленія, будто къ этимъ перепонкамъ неприменимы обыкновенные законы диффузіи. Конечно, нельзя отрицать, что, вслѣдствіе непо-

Но при перенесеніи этихъ выдѣленій корней къ обыкновеннымъ условіямъ произрастанія растенія, укорененнаго въ почвѣ, надо быть осторожнымъ. Это видно всего яснѣе изъ того факта (вытекающаго напр. изъ сообщенныхъ выше опытовъ *Вольфа*), что растеніе, воспитываемое въ растворѣ, будучи перенесено въ дистиллированную воду, выдѣляетъ хотя и въ очень незначительномъ количествѣ, такія вещества, которыя въ противномъ случаѣ продолжали бы постоянно ассимилироваться. Это явленіе, легко объясняющееся осмотически, показываетъ, что выдѣленіе веществъ обуславливается вполне свойствами внѣшнихъ жидкостей, употребляемыхъ до и при самомъ опытѣ, да иначе и быть не можетъ, какъ скоро мы допустимъ справедливость основныхъ положеній, развитыхъ выше для поглощенія веществъ. Поэтому по явленіямъ, обнаруживаемымъ растеніемъ, которое вынута изъ почвы и перенесено корнями въ дистиллированную воду, не слѣдуетъ заключать о явленіяхъ, которыя произошли бы, еслибъ оно оставалось въ почвѣ. Въ первомъ случаѣ растеніе, вслѣдствіе наступающей при этомъ обратной диффузіи, выдѣлитъ наружу цѣлый рядъ принятыхъ веществъ, между тѣмъ какъ при нормальныхъ условіяхъ оно несомнѣнно удержало бы ихъ въ себѣ. И это обстоятельство, по видимому само собою разумѣющееся, часто упускалось изъ виду и нерѣдко, для опредѣленія нормальныхъ корневыхъ выдѣленій, прибѣгали къ только что указанному способу.

Было время, когда и не думали сомнѣваться въ томъ, что обыкновенныя наши растенія постоянно выдѣляютъ посредствомъ корней настоящіе экскременты. Но наблюденія, на которыхъ основывалось это воззрѣніе, были произведены именно съ помощью способа, только что признаннаго нами негоднымъ; уже и въ то время можно было заподозрить надежность этого способа, такъ какъ *Макэръ* и *Буссеню* \*) при *культурахъ* тѣхъ же растеній не могли открыть и слѣда подобныхъ выдѣленныхъ веществъ. Касательно природы послѣднихъ, по видимому существовали лишь смутныя и крайне разнорѣчивыя предположенія. Одни подразумѣвали при этомъ органическія вещества,

---

нѣжнаго для насъ процесса, который мы называемъ «смертью», многія изъ свойствъ перепонки, между прочимъ и свойства играющія роль при осмотическихъ явленіяхъ, могутъ измѣниться, все же однако общіе законы диффузіи жидкостей должны распространяться и на перепонку живаго органа, такъ какъ она проницаема. Кажущаяся потеря извѣстныхъ свойствъ происходитъ лишь оттого, что соответствующее дѣйствіе замаскировано другимъ неизвѣстнымъ.

\*) Ср. *Буссеню*: Die Landwirthschaft etc., нѣмецкій переводъ Грегера 1845, т. II, стр. 177.

другіе — негодныя, принятыя извнѣ вещества, которыя корень, убѣдившись, что они не могутъ идти въ прокъ, наподобіе собаки, схватившей по ошибкѣ вмѣсто кости камень, снова выбрасываетъ изъ себя.

Эти неосновательныя воззрѣнія заслуживаютъ быть упомянутыми, потому что *Декандоль* построилъ на нихъ теорію плодосмѣнности \*)). Вотъ какъ развиваетъ этотъ взглядъ *Буссенго*, въ тоже время противопоставляя ему истинныя воззрѣнія \*\*).

«*Декандоль* считаетъ это представленіе основою для теоріи плодосмѣннаго хозяйства. Если выдѣленія корней разсматривать какъ экскременты растений, то становится вполне понятнымъ, что эти экскременты, однажды перейдя въ почву, могутъ сдѣлаться столь же вредными для произведеннаго ихъ растенія, какъ если бы стали кормить животнаго его собственными испражненіями; если же перемѣнить воздѣлываемое растеніе, то новое растеніе будетъ въ состояніи воспользоваться экскрементами предъидущей жатвы въ качествѣ питательныхъ веществъ». «Но, повидимому», продолжаетъ *Буссенго*, «эта остроумная мысль основана на недостаточно точныхъ наблюденіяхъ и ошибочна уже потому, что выдѣленіе посредствомъ корней никакъ нельзя считать достаточно установленнымъ. Съ другой стороны, даже признавая это выдѣленіе вполне доказаннымъ, есть масса случаевъ, показывающихъ, что многія растенія могутъ продолжать свое развитіе и на почвѣ, наполненной собственными ихъ экскрементами. Культуру злаковъ напр. можно, строго говоря, вести непрерывно, какъ это и дѣлается въ трехпольномъ хозяйствѣ. На плоскогорьяхъ Андовъ я видѣлъ хлѣбныя поля, въ теченіи двухъ столѣтій ежегодно доставляющія хорошій урожай; кукуруза можетъ также безъ всякаго вреда развиваться на одной и той же почвѣ, фактъ общеизвѣстный въ южной Европѣ и проч.» \*\*\*).

Прибавить къ этому нечего. Касательно теоріи плодосмѣнности я замѣчу здѣсь вкратцѣ, что на пользу ея указываетъ уже различная потребность въ находящихся въ почвѣ веществахъ, потому что, какъ мы видѣли выше, потребность въ сильной степени влияетъ на поглощеніе, вслѣдствіе чего различныя растенія извлекаютъ изъ почвы

\*) Ср. тамъ же.

\*\*\*) Ср. тамъ же, стр. 178.

\*\*\*) Таковы же воззрѣнія *Браконно* (*Recherches sur l'influence des plantes sur le sol. Ann. d. Ch. et d. Ph.*, т. 72, стр. 279, опровергнутаго, на основаніи подобныхъ же наблюденій, теорію *Декандоля*).

различныя вещества весьма неравномѣрно.—Далѣе слѣдуетъ принять въ соображеніе корневые остатки, т. е. не собираемыя части образовавшейся растительной массы, которыя вліяютъ на послѣдующія культуры въ весьма различной мѣрѣ, смотря по своему количеству, составу и продуктамъ разложенія.

Впрочемъ изъ предъидущаго ясно, что никакъ нельзя категорически отрицать случайное или даже постоянное существованіе корневыхъ выдѣленій у сухопутныхъ растений, считая ихъ несомнѣнными съ сущностью процесса питанія растений. При извѣстныхъ условіяхъ въ почвѣ мы можемъ даже считать нѣкоторыя выдѣленія нормальными. Но нѣтъ основанія приписывать подобнымъ процессамъ такое распространеніе и значеніе, чтобы строить на нихъ теоріи, подобныя теоріи *Декандоля*, которую критикуетъ *Буссеню*.

Прежде чѣмъ покинуть главу объ осмотическомъ принятіи и поглощеніи веществъ, слѣдуетъ упомянуть о процессѣ, хотя и не имѣющемъ глубокаго значенія для нашего предмета, однако всецѣло относящемся сюда. Я разумѣю поглощеніе *капельножидкой воды надземными органами растенія*, которыя, при извѣстныхъ условіяхъ, правильно повторяющихся почти въ каждомъ климатѣ, приходятъ въ соприкосновеніе съ этою средою (благодаря дождю и росѣ).

Вопросъ о поглощеніи воды указаннымъ путемъ тѣсно примыкаетъ къ уже разобранному вкратцѣ вопросу \*) о поглощеніи тѣми же организмами газообразной воды; очевидно, что перепонка, обладающая способностію сгущать въ своихъ порахъ водяной газъ и проводить его дальше, еще скорѣе будетъ имѣть способность дѣлать тоже съ водою уже сгущенною. Поэтому на вопросъ о возможности подобнаго поглощенія воды посредствомъ листьевъ и проч. мы должны вообще отвѣчать утвердительно.

Но въ практикѣ эта способность повидимому не имѣетъ большаго значенія, почему нѣкоторые физиологи \*\*) даже соршенно отрицаютъ ее. Почти вся кожа надземныхъ органовъ растенія, а особенно части, заключающія много устьицъ, такъ кутикуляризованы и пропитаны воскообразными веществами, что смачиваніе ихъ становится просто невозможнымъ. Попавшая на листья вода стекаетъ, какъ извѣстно, въ видѣ круглыхъ капель: тою же причиною обуславливается яркій серебристый блескъ, обнаруживаемый этими листьями

\*) См. девятнадцатую лекцію.

\*\*) Ср. въ особенности *Дюшартра* *Compt. rend.* Т. 46, р. 205.

подъ водою \*). Всего яснѣе эта зависимость между несмачиваніемъ кожицы и присутствіемъ устьицъ выражена на плавающихъ листьяхъ нѣкоторыхъ водныхъ растеній: съ верхней, снабженной устьицами стороны листа вода стекаетъ здѣсь въ видѣ капель, тогда какъ нижняя сторона, лишенная устьицъ, смачивается водою. Польза подобнаго устройства для удобопроеходимости устьицъ, послѣ сдѣланныхъ прежде на этотъ счетъ замѣчаній, очевидна.

Только *жилки* листьевъ отклоняются отъ описаннаго устройства и смачиваются водою, а потому сквозь эти части можетъ, безъ сомнѣнія, происходить незначительное поглощеніе воды. Но оно въ большей части случаевъ такъ мало, что опытнымъ путемъ едва удастся (какъ показываютъ примѣры) обнаружить его существованіе \*\*). Поэтому такое приспособленіе не можетъ приносить растеніямъ значительную пользу.

Главная выгода, извлекаемая нѣсколько увядшимъ воздушнымъ растеніемъ изъ дождя, росы и проч., заключается, конечно въ томъ, что свѣже смоченные листья неспособны къ значительному испаренію; при такихъ обстоятельствахъ, растенія, благодаря преобладающему капиллярному притяженію воды, корневному давленію и проч., снова становятся сочными, такъ какъ количество воды, заключающееся въ растеніи и влекущее за собою вялость или тургесценцію, обусловливается совокупнымъ дѣйствіемъ двухъ факторовъ, поглощенія и выдѣленія воды, почему ослабленіе одного можетъ произвести такое же дѣйствіе, какъ и усиленіе другаго.

Но и этимъ не вполне еще заканчивается глава о поглощеніи (или выдѣленіи) веществъ.

Основою всѣхъ нашихъ разсужденій объ этихъ процессахъ служило положеніе: *Corpora non agunt nisi fluida*. Въ ученіи о питаніи растеній встрѣчается важущееся исключеніе изъ этого положенія, общность

---

\*) Вслѣдствіе полного отраженія на границѣ воды и воздуха.

\*\*) Недавно *Кальтѣ* изслѣдоваль (*Compt. rend.*, T. LXXIII, 1871, p. 681) поглощеніе капельножидкой воды листьями при помощи весьма простаго прибора. Онъ бралъ двугорлый стеклянный сосудъ, наполненный водою, чрезъ одно горло загибалъ вѣтвь растенія въ сосудъ и плотно замазывалъ отверстіе, а въ другое горло вставлялъ тонкую стеклянную трубочку, играющую роль манометра. Оказалось, что пониженіе уровня воды въ трубочкѣ, указывающее на поглощеніе воды листьями, замѣчается только когда земля, въ которой укоренено растеніе, суха; достаточно полить ее, для того чтобы тотчасъ прекратилось дальнѣйшее пониженіе уровня воды въ трубкѣ.

котораго подтверждалась всѣми нашими предъидущими изслѣдованіями.

Я сначала сообщу самый фактъ, а затѣмъ постараюсь показать, что и онъ, при ближайшемъ разсмотрѣніи, подводится подъ тотъ же общій принципъ.

Замѣчено было, что, если полированные пластинки изъ минераловъ, легко подвергающихся разложенію, напр. изъ мрамора, зарыть въ почву такимъ образомъ, чтобы онѣ пришли въ соприкосновеніе съ тончайшими развѣтвленіями корней живыхъ сухопутныхъ растений, то на пластинкахъ получаютъ отпечатки, имѣющіе совершенно форму корешковъ, развѣтвляющихся вдоль полированной поверхности \*).

Невозможно сомнѣваться въ томъ, что эти отпечатки произведены непосредственно корнями, и легко себѣ представить до какой степени подкрѣплялось этимъ фактомъ смутное предположеніе о существованіи самостоятельной избирательной способности корней, въ силу которой они, при извѣстныхъ обстоятельствахъ, пренебрегаютъ растворенными веществами, а изъ нерастворенныхъ готовятъ себѣ годную къ воспріятію пищу. Излишне было бы указывать еще разъ на невозможность допустить существованіе въ растеніи подобной инстинктивной избирательной способности. Какъ скоро послѣдняя перестаетъ быть только условною формою для обозначенія суммы явленій, связь между которыми не разъяснена, необходимо предположить въ растеніи такой физиологическій снарядъ, который дѣлалъ бы растеніе способнымъ къ воспріятіямъ въ родѣ чувственныхъ, обусловливаемыхъ у высшихъ животныхъ существованіемъ нервной системы.

Но если ближе вникнуть въ сущность корневыхъ отпечатковъ, то ихъ легко свести къ фактамъ, намъ уже доступнымъ. Извѣстно, что тончайшіе кончики корней очень часто заключаютъ кислый клеточный сокъ. Нѣсколько разъ уже было упомянуто, что сухопутныя растенія, выращиваемыя въ водныхъ растворахъ, или перенесенныя изъ почвы въ воду или растворы, выдѣляютъ посредствомъ корней большое количество углекислоты \*\*). Но не одна только углекислота представляетъ весьма обыкновенное выдѣленіе корней, почему должна счи-

---

\*) Такія полированныя мраморныя пластинки съ корневыми отпечатками выставлены были профессоромъ Ю. Саксомъ на парижской выставкѣ 1867 и на сельско-хозяйственной выставкѣ въ Карльсруэ 1869 года.

\*\*\*) *Ann. d. Chem. u. Pharm.* V. 129 p. 187 и особенно p. 332.

таться нормальной составною частью корневого клеточного сока, а и болѣе сильныя кислоты, цѣлый рядъ органическихъ кислотъ, находимы были въ корняхъ въ свободномъ состояніи. Вспомнимъ только, что поглощеніе большихъ количествъ глинозема, наблюдаемое напр. у Плауновъ \*), пытаются объяснить особенно сильно кислую реакцію клеточного сока въ корняхъ этихъ растений, и т. п.

Далѣе извѣстно, что сокъ корневыхъ клетокъ заключенъ въ проницаемую перепонку и что молекулярныя промежутки этой перепонки слѣдуетъ представлять себѣ наполненными частичками кислотъ \*\*), находящихся въ клеточномъ сокѣ, а также частичками воды. Въ этомъ легко убѣдиться, осторожно прижимая неповрежденные кончики корней свѣжихъ живыхъ растений къ синей лакмусовой бумагѣ, причемъ обнаруживается кислая реакція.

Сображая это, не трудно понять, почему твердое тѣло, если только оно само по себѣ растворимо въ кислотѣ корневого сока, уже при простомъ соприкосновеніи съ корнями переводится въ растворъ и можетъ служить для питанія растенія. Частички кислоты, пропитывающей перепонку, ограничивающую снаружи корневые волоски, въ дѣйствительности плотно соприкасаются съ прилежащимъ твердымъ тѣломъ и будутъ производить на него обыкновенное свое дѣйствіе, т. е. будутъ стремиться перевести его въ растворъ. Растворившіяся такимъ образомъ части, находясь въ соприкосновеніи съ перепонкою, проникнуть, согласно уже изложеннымъ осмотическимъ законамъ (предполагая, что дѣло идетъ о веществахъ неколоидальныхъ), въ корневыя клетки и притомъ, въ силу тѣхъ же законовъ, тѣмъ быстрѣе, чѣмъ меньше этихъ веществъ въ клеточной жидкости.

Что такое толкованіе вполнѣ рационально, можно доказать весьма простымъ, приготовленнымъ мною опытомъ \*\*\*). Вотъ стеклянный цилиндръ, въ который погружена стеклянная трубка, затянутая сверху искусственною перепонкою, а именно—растительнымъ пергаментомъ. Трубка и цилиндръ наполнены водянистою жидкостью, имѣющею сильно кислую реакцію, какъ видно по этой синей лакмусовой бумагѣ, которая при погруженіи въ нее тотчасъ краснѣетъ; — это слабая уксусная кислота. Перепонка, замыкающая трубку, нижнюю

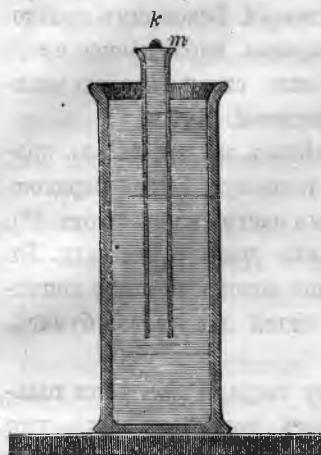
\*) Ср. шестнадцатую лекцію.

\*\*) Такъ какъ эти кислоты представляютъ вещества, неимѣющія коллоидальныхъ свойствъ.

\*\*\*) Подобныя опыты произведены были въ первый разъ *Целлеромъ* по предложенію *Либиха* и въ лабораторіи послѣдняго (ср. *Landw. Versuchsst.* 1863, p. 45).

своею поверхностью граничить съ кислотою жидкостью, а потому пропитана ею. Тѣмъ не менѣе послѣдняя

Рис. 2.



*k* кусочекъ мѣла.

*m* перепонка.

не можетъ проникать насквозь, даже если сопротивление фильтраціи незначительно, потому что внѣшнее давленіе на перепонку нѣсколько значительнѣе внутренняго (ср. рис. 2).

На эту перепонку я кладу кусочекъ мѣла, который, какъ извѣстно, легко растворяется въ уксусной кислотѣ, и оставляю приборъ до слѣдующей лекціи. Тогда я прибавлю къ внѣшней жидкости нѣсколько капель щавелевой кислоты, которая даетъ съ уксусно-кислотою известью осадокъ, нерастворимый въ избыткѣ уксусной кислоты, поэтому образованіе бѣлаго осадка, спустя нѣкоторое

время послѣ прибавленія щавелевой кислоты, покажетъ, что часть взятаго мѣла растворилась и проникла сквозь перепонку \*); ни что не препятствуетъ объяснять точно такимъ же образомъ развѣданіе корнями мрамора, фосфорнокислой извести, доломита и проч.

Это простое представленіе, которое мы составили себѣ о явленіи, на первый взглядъ столь странномъ \*\*), включаетъ послѣднее въ

\*) При производствѣ описаннаго опыта слѣдуетъ, конечно, позаботиться, чтобы частички мѣла не упали въ открытый сверху цилиндръ. вмѣсто описаннаго прибора, разумѣется, можно употребить и изогнутую въ видѣ буквы U трубку; но первый снарядъ представляетъ то преимущество, что при прибавленіи щавелевой кислоты можно удалить трубку съ перепонкою.

\*\*) Разсмотрѣнное здѣсь поглощеніе веществъ, при которомъ растеніе содѣйствуетъ растворенію веществъ, подлежащихъ ассимиляціи, играетъ, какъ мы увидимъ во второмъ отдѣлѣ, значительную роль въ теоріи питанія растеній въ естественной почвѣ; но эта теорія требуетъ знакомства со свойствами почвы (да и вовсе не относится къ этой болѣе теоретической части). Вышеописанный опытъ приводится какъ доказательство справедливости этой теоріи, почему и заслуживаетъ особеннаго вниманія.

Не одиѣ только развѣденныя мраморныя пластинки говорятъ въ пользу поглощенія корнями нерастворенныхъ веществъ, но и вся картина вынутаго изъ почвы горня. Каждый корень, выросшій въ сколько нибудь плодородной почвѣ, послѣ извлеченія изъ земли оказывается облеченнымъ въ землистую массу наподобіе чахла. Часть этой массы можно стряхнуть, но никогда не удастся отдѣлить всѣ частички земли, не повредивъ самаго корня. Между корнемъ и земляными частями произошло настоящее срастаніе, которое даже удалось наблюдать подѣ

число уже разсмотрѣнныхъ нами, насколько возможно, осмотическихъ процессовъ, происходящихъ при поглощеніи веществъ, и подводитъ его подъ общій всему обмѣну веществъ принципъ, въ силу котораго вещество можетъ проникать въ растеніе только въ жидкомъ видѣ.

Этимъ и исчерпывается глава о поглощеніи (или, вѣрнѣе обмѣнѣ) веществъ въ растеніи.

Результатомъ четырехъ послѣднихъ лекцій, занимавшихся поглощеніемъ веществъ растеніями, можно считать главнымъ образомъ слѣдующія положенія:

1) Всѣ вещества, намѣревающіяся попасть въ растеніе, съ тѣмъ чтобы участвовать въ химико-физиологической дѣятельности его, должны, приходя извнѣ, проникать черезъ растптельные перепонки, такъ какъ мѣста этой дѣятельности отдѣлены отъ внѣшняго міра перепонками.

2) Отсюда вытекаетъ общее положеніе, что питать растеніе могутъ только растворенныя вещества, что всякій обмѣнъ веществъ, находящійся въ связи съ этимъ питаніемъ, можетъ происходить въ жидкомъ видѣ.

3) Законы диффузіи черезъ перепонки играютъ поэтому весьма важную роль при поглощеніи веществъ растеніемъ.

4) Только газы и жидкости, *способныя къ диффузіи* черезъ растптельную перепонку, могутъ быть поглощаемы и выдѣляемы.

5) При обмѣнѣ газовъ въ растеніи первостепенную роль играютъ явленія поглощенія газовъ въ водѣ, такъ какъ диффузія газовъ происходитъ черезъ перепонки, пропитанныя водою.

6) Вторымъ моментомъ при обмѣнѣ веществъ въ растеніи, послѣ диффузионныхъ процессовъ, является физиологическая переработка попавшихъ въ клѣтку веществъ. Только благодаря этому явленію, видоизмѣняющему химическія, а слѣд. и диффузионныя свойства веществъ, посредствомъ новой группировки элементовъ, диффузія превращается въ непрерывный процессъ.

---

микроскопомъ. При такомъ тѣсномъ соприкосновеніи весьма естественно, что все, что можетъ растворить клѣточная жидкость, все то должно растворяться на плоскости соприкасання съ прилегающими частичками, и было бы, конечно, несправедливо умалять значеніе этого процесса въ питаніи растенія. Въ ту же главу слѣдуетъ отнести и ассимиляцію фосфорной кислоты и желѣза изъ фосфорнокислой окиси желѣза, прибавляемой при водныхъ культурахъ въ видѣ порошка, осаждающагося на корняхъ; ассимиляція эта происходитъ на тотъ же ладъ.

7) Для всѣхъ (растительныхъ) организмовъ, живущихъ въ одной только средѣ, обмѣнъ веществъ объясняется исключительно двумя указанными моментами.

8) Въ растеніяхъ, живущихъ на границѣ двухъ средннъ, слѣдъ и въ сухопутныхъ растеніяхъ, присоединяется еще новый моментъ въ видѣ односторонняго испаренія воды.

9) Эгимъ дальнѣйшимъ моментомъ объясняется въ сущности токъ воды, пронизывающій всѣ сухопутныя и подобно имъ расположенныя растенія и значительно видоизмѣняющій поглощеніе веществъ корнями.

10) Этотъ моментъ долженъ въ значительной мѣрѣ благоприятствовать накопленію веществъ, бесполезныхъ для организма.

11) Въ растеніяхъ, живущихъ въ капельножидкой средѣ, поглощеніе веществъ происходитъ исключительно въ капельножидкомъ видѣ и только выдѣленіе веществъ отчасти газообразно; въ растеніяхъ, отчасти окруженныхъ воздухомъ, обмѣнъ веществъ совершается отчасти въ газообразномъ видѣ.

12) Твердыя тѣла могутъ, повидимому, служить и непосредственно питательными для растенія веществами, если приходятъ въ непосредственное соприкосновеніе съ оболочкою тончайшихъ корневыхъ частей сухопутныхъ растеній.

## ОТДѢЛЪ V.

### ПРОЧІЯ УСЛОВІЯ ПРОИЗРАСТАНІЯ.

#### ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ ЛЕКЦІЯ.

#### Прочія условія произрастанія растенія.—Зависимость жизни растенія отъ теплоты.

Въ нашихъ предъидущихъ разсмотрѣніяхъ мы исключительно обращали вниманіе на *условія питанія* высшихъ хлорофильныхъ растеній и изучили ихъ съ достаточной для нашей цѣли полнотой.— Но насъ интересуеетъ однако не только найденная въ предъидущихъ лекціяхъ зависимость преуспѣванія растеній отъ присутствія *умлаго ряда веществъ и источника рабочей силы*, но также зависимость ихъ отъ *другихъ условій*, которыя нельзя подвести подъ только что названныя категоріи. Какъ такое дальнѣйшее условіе произрастанія, сегодня должна подвергнуться болѣе основательной обработкѣ теплота, или лучше: *присутствіе извѣстной температуры*.

Мы знаемъ, что для осуществленія какой бы то ни было химической реакціи, всегда необходима извѣстная температура. Нѣкоторыя химическія реакціи могутъ совершаться при весьма различныхъ температурахъ, но почти во всѣхъ случаяхъ существуютъ извѣстныя предѣльныя температуры, за которыми дѣлается невозможнымъ наступленіе реакціи. Переходъ за извѣстную величину колебаній частицъ вещества—такъ должны мы себѣ это представлять—препятствуетъ осуществленію новаго положенія равновѣсія также точно, какъ и слишкомъ малыя колебанія и т. д.

*Жизненные явленія*, если только мы не желаемъ окончательно отказаться отъ ихъ пониманія и разъясненія, *должны быть сведены къ химическимъ реакціямъ или физическимъ процессамъ*, и поэтому неудивительно, если также и здѣсь мы встрѣчаемся съ зависимостью

извѣстныхъ физиологическихъ явленій отъ температуры и вмѣстѣ съ тѣмъ находимъ, что весь жизненный процессъ долженъ происходить между двумя извѣстными предѣльными температурами, переступленіе которыхъ полагаетъ конецъ физиологическимъ отправлениямъ, или, какъ мы выражаемся, *имѣетъ послѣдствіемъ смерть растенія*. — Единственное различіе, которое при этомъ бросается въ глаза, состоитъ въ томъ, что физиологическіе процессы и вся жизнь организма заключены *въ болѣе узкіе предѣлы* также и температуръ, нежели это свойственно явленіямъ неорганической природы, но это не есть уклоненіе, имѣющее глубокое значеніе. Уже въ одной изъ первыхъ лекцій \*), при обсужденіи важнаго физиологическаго процесса образованія органическаго вещества, мы обратили вниманіе на то, что для того, чтобы онъ вообще имѣлъ мѣсто, необходима извѣстная температура; и тоже самое мы могли бы затѣмъ повторять для всѣхъ жизненныхъ явленій, съ которыми мы встрѣчались. Эта зависимость, въ самомъ дѣлѣ, всеобщая и имѣетъ значеніе какъ для всей жизни организма, такъ и для каждаго отдѣльнаго жизненнаго явленія. *Для каждаго организма (по крайней мѣрѣ насколько онъ представляетъ мѣсто совершенія физиологическихъ процессовъ \*\*) существуютъ высшій и низшій предѣлы температуры, за которыми онъ подпадаетъ смерти*.

Предъидущее положеніе, кажется, настолько понятно само собою, насколько именно существуютъ температуры, при которыхъ вода, играющая роль конституціонной составной части всѣхъ организмовъ, оставляетъ капельно жидкое состояніе и тѣмъ дѣлается неспособною, выполнять свои функціи въ растеніи, и нѣсколько далѣе существуютъ температуры, при которыхъ органическое вещество, служащее для построенія тѣла организмовъ, разрушается, распадается на менѣе сложныя соединенія и т. п. Однако объ этихъ высшихъ температурахъ, конечно, не можетъ быть и рѣчи. Большая часть организмовъ, при гораздо низшихъ температурахъ дѣлаются неспособными къ выполненію необходимыхъ для ихъ жизни отправленій и при гораздо низшихъ температурахъ погибаютъ, и въ этомъ смыслѣ высказанное положеніе вовсе не само собою понятно, такъ какъ дѣло идетъ о совершенно своеобразныхъ, особенныхъ для каждаго организма и не вытекающихъ изъ указанной точки зрѣнія, предѣлахъ температуры,

---

\*) Стр. 24.

\*\*) Это ограниченіе, какъ мы увидимъ въ теченіе этой лекціи, необходимо.

перехожденіе которыхъ останавливаетъ физиологическія отправления и имѣетъ послѣдствіемъ смерть.

Также точно совершается каждое изъ разсмотрѣнныхъ уже нами жизненныхъ отправлений растенія, не только образованіе органическаго вещества, но также и движеніе протоплазмы, образованіе хлорофилла и т. д. только выше или ниже извѣстныхъ предѣловъ температуры, и притомъ эти предѣлы различны не только для различныхъ видовъ растеній, но и для этихъ отдѣльныхъ отправлений вообще. Какъ на одинъ изъ тысячи примѣровъ можно указать на фактъ, раньше уже упомянутый, именно, что выдѣленіе кислорода изъ зеленыхъ частей растенія у извѣстныхъ хвойныхъ прекращается при  $+ \frac{1}{2}^{\circ} \text{C}$ , у нѣкоторыхъ травъ уже при  $+ 1\frac{1}{2}^{\circ} \text{C}$ , или, чтобы привести болѣе рѣзкія различія, что движеніе протоплазмы у *Nitella syncarpa* прекращается при температурѣ  $0^{\circ} \text{C}$  окружающей воды, въ волоскахъ у *Cuscuta Perov* уже при температурѣ окружающаго воздуха отъ  $10-11^{\circ} \text{C}^*$ ).

Особенно относительно прорастанія сѣмянъ имѣются болѣе обширныя изслѣдованія \*\*) для различныхъ растеній, нѣкоторые результаты которыхъ (обладающіе также высокимъ практическимъ интересомъ) сообщены въ нижеслѣдующемъ:

Бобы . . . . .	7,5 — 35° R	Ячмень . . . . .	4° — 32° R
Конскіе бобы	4,8 — 32° »	Рѣпа . . . . .	4° — 37° »
Горохъ . . . . .	5,4 — 31° »	Крессъ . . . . .	4° — 37° »
Кукуруза . . . .	7,3 — 37° »	Подсолнечн. . .	5,7 — 32° »
Пшеница . . . .	4° — 32° »	Тыква . . . . .	10° — 37° »

Судя по этимъ результатамъ, кажется, возрастаніе нѣкоторыхъ растеній можетъ совершаться при значительно болѣе низкихъ температурахъ, нежели прорастаніе ихъ сѣмянъ, такъ какъ Гофманъ наблюдалъ произрастаніе ячменя на поляхъ при температурѣ почвы немного выше  $0^{\circ}$ , при средней воздушной температурѣ ниже  $0^{\circ}$ , только разъ въ продолженіе дня возвышавшейся на нѣсколько градусовъ выше \*\*\*).

\*) Смотри Сакса Handbuch d. Experimental-Physiologie d. Pflanzen. 1865. стр. 55.

\*\*) Сравни Jahresber. f. Agrikulturchem. 1859—1860. стр. 93.

\*\*\*) О прорастаніи при низкихъ температурахъ (сравни также Haberlandt: Jahresber. f. Agrikulturchem. 1860 и 1861. стр. 68 и д.).

Впрочемъ остановка жизненныхъ явленій не есть еще дѣйствительное умерщвление; для послѣдняго необходимъ переходъ за болѣе широкіе предѣлы температуры, или продолжительное пребываніе внѣ указанныхъ предѣловъ. Это положеніе особенно относится къ растительнымъ организмамъ, которые вообще способны болѣе противостоять внѣшнимъ влияніямъ, чѣмъ животныя. Рѣзкое различіе это во всякомъ случаѣ находится въ связи съ меньшею энергіею растительныхъ отправленій. Растенія не такъ скоро, какъ животныя, умирають голодною смертью, а также не такъ скоро задыхаются при прекращеніи доступа кислорода; вмѣстѣ съ тѣмъ они легче переносятъ температуры \*), совершенно прекращающія характерныя для жизни явленія, при чемъ пребываютъ въ состояніи омертвѣнія (мнимой смерти), и, при своевременномъ возстановленіи болѣе благопріятныхъ условий, безпрепятственно продолжаютъ прерванную жизнь.

Я сказалъ, что это различіе, тѣмъ болѣе рѣзкое, чѣмъ внимательнѣе мы всматриваемся въ него, во всякомъ случаѣ находится въ связи съ меньшею жизненною энергіею растений, которая обнаруживается уже въ томъ, что растенія только въ рѣдкихъ случаяхъ, вслѣдствіе сожиганія собственнаго тѣла, называемаго нами дыханіемъ, нагрѣваются до температуры, замѣтно превышающей температуру окружающей среды; между тѣмъ какъ для болѣе совершенныхъ животныхъ вполнѣ характеристична значительно высокая температура тѣла.— Точно также изъ уже сказаннаго вытекаетъ, что растенія и части ихъ *тѣмъ чувствительнѣе къ дѣзменіямъ температуры, чѣмъ съ болышею энергіею совершаются въ нихъ жизненные процессы.* Особенно въ состояніи покоя, когда не происходитъ движеній протоплазмы, а также не происходитъ замѣтнаго дыханія, растенія изумительно выдерживаютъ возвышеніе или пониженіе температуры. Указанія эти скоро подтвердятся.

Прежде всего мы займемся смертью цѣлаго растительнаго организма, вслѣдствіе перехода за извѣстные предѣлы температуры.

Смерть вслѣдствіе слишкомъ низкой температуры называется въ растеніяхъ, какъ и во всѣхъ организмахъ, *замерзаніемъ.*

Относительно замерзанія растений существуетъ сказка, довольно давно уже опровергнутая наукою, но тѣмъ не менѣе весьма распространенная, особенно между сельскими хозяевами. Сказка эта на

---

\*) Для того, чтобы параллель съ зависимою высшихъ животныхъ отъ температуры была вѣрна (какъ это мы сейчасъ увидимъ) необходимо здѣсь обращать вниманіе на зависимость отъ температуры организма, а не среды.

первый взгляд представляет довольно вѣроятный способъ объясненія, такъ какъ ищетъ причину замерзанія растений въ чисто физическомъ явленіи, но она упускаетъ изъ виду эмпирическое положеніе, что всѣ жизненныя явленія заключены въ тѣсныя (до сихъ поръ намъ еще непонятны) предѣлы температуры. Популярное мнѣніе рассматриваетъ замерзаніе растений, какъ слѣдствіе образованія льда въ клѣточкахъ. Подобно тому какъ вода при замерзаніи въ состояніи разрывать бутылки и даже бомбы, точно также при образованіи льда должны разрываться нѣжныя растительныя клѣточки, а въ такомъ случаѣ смерть растенія не представляетъ ничего удивительнаго.

Къ этому вѣроятному представленію склонялись тѣмъ охотнѣе, что для животныхъ не было сдѣлано сколько нибудь поучительныхъ наблюденій, касательно отношенія ихъ къ низкимъ температурамъ.

Хотя животныя, какъ уже сказано, вообще очень чувствительны къ измѣненію температуры ихъ тѣла, но у нихъ по большей части есть, — и въ этомъ заключается причина отсутствія всякой аналогіи — приспособленіе, о которомъ здѣсь нельзя распространяться, но которое позволяетъ имъ регулировать развитіе въ нихъ теплоты сообразно внѣшнимъ обстоятельствамъ, и это относится особенно къ классамъ, наиболѣе чувствительнымъ къ измѣненію температуры собственнаго тѣла. Извѣстно, что именно высшія животныя могутъ переносить весьма различныя температуры внѣшней среды, не измѣняя значительно температуры своего тѣла.

Растенія, напротивъ, обладаютъ въ явленіяхъ испаренія, лишь весьма слабымъ регуляторомъ, только при высшихъ температурахъ проявляющимъ свою силу производимую имъ потерю теплоты; они поэтому не могутъ, при сильномъ охлажденіи внѣшней среды, поддерживать теплоту своего тѣла \*), между тѣмъ какъ животное при помощи большихъ количествъ теплоты, развиваемыхъ физиологическими процессами, усиливающимися съ пониженіемъ внѣшней температуры, даже при чрезвычайно низкихъ температурахъ сохраняетъ легко: была бы только шуба толста, да потеря теплоты наружу довольно медленна.

Этого указанія будетъ довольно, чтобы всякому сдѣлалось яснымъ, почему животныя, несмотря на чрезвычайную и гораздо большую

---

\*) Такъ какъ ихъ дыханіе въ противоположность животнымъ ослабляется при низкой температурѣ.

чувствительность ихъ къ пониженіямъ температуры ихъ собственнаго тѣла, замерзаютъ не такъ легко и при совершенно другихъ условіяхъ, чѣмъ растенія. Я обратилъ вниманіе на это уклоненіе, желая показать, что при объясненіи явленія замерзанія растеній, животныя не могли представить годной аналогіи, и вотъ отчего казалось необходимымъ для объясненія прибѣгнуть къ чисто *физической* причинѣ.

Итакъ причиною замерзанія растеній считали *образование льда* въ клѣточкахъ и это удобопонятное объясненіе казалось тѣмъ болѣе вѣроятнымъ, что (по крайней мѣрѣ въ нашихъ климатахъ) растенія очевидно погибаютъ отъ замерзанія въ тѣ ночи, когда мы замѣчаемъ образование льда \*).

При нѣсколько болѣе послѣдовательномъ обсужденіи, не могли впрочемъ скрыться и недостатки этого способа объясненія. Если только принять во вниманіе фактъ, который даже при поверхностномъ наблюденіи бросается въ глаза, что не всѣ растенія замерзаютъ при одной и той же температурѣ, что даже различные органы одного и того же растенія замерзаютъ при весьма различныхъ температурахъ, что напр. капуста, рѣпная ботва, травы на нашихъ поляхъ могутъ переносить весьма большой холодъ, между тѣмъ какъ молодые побѣги и почки большинства нашихъ деревьевъ погибаютъ уже при гораздо высшей температурѣ, то легко придти къ заключенію, что принятое объясненіе въ сущности ничего не объясняетъ, или же необходимо предположить, что, въ первомъ случаѣ, клѣточные соки настолько болѣе концентрированы, что замерзаніе ихъ можетъ наступить только при гораздо низшихъ температурахъ, — исходъ, не выдерживающій строгой критики.

Далѣе, каждому болѣе внимательному наблюдателю должно тотчасъ же броситься въ глаза, что въ природѣ существуютъ еще большія различія, чѣмъ только что упомянутыя. Стоитъ только вспомнить о нѣжныхъ обитателяхъ нашихъ оранжерей; о тѣхъ южныхъ растеніяхъ, которыя только въ срединѣ мая выносятся на воздухъ изъ ихъ теплыхъ жилищъ, куда снова возвращаются уже въ началѣ октября, и сравнить съ ними наши хвойныя породы, зеленые органы которыхъ могутъ переносить безъ вреда весь нашъ зимній холодъ,

---

\*) Между прочимъ Габерландъ опровергнулъ это мнѣніе. Сравни Jahresber. für Agrikulturchem. 1861—62 стр. 151. Но самымъ всестороннимъ образомъ обработалъ этотъ предметъ Ю. Саксъ: Landw. Versuchsst. 1860 стр. 167 и въ своемъ руководствѣ.

много градусовъ ниже нуля, или еще лучше гренландскую растительность,—и тотчасъ же сдѣлается яснымъ, что приведенное популярное объясненіе неосновательно \*). Чѣмъ болѣе мы всматриваемся въ окружающую насъ природу, тѣмъ болѣе накопляется фактовъ, подтверждающихъ послѣднее наше мнѣніе. Дѣйствительно, есть много растений въ холодныхъ и умѣренныхъ поясахъ, замерзающихъ такимъ образомъ, что всѣ ихъ соки превращаются въ ледъ и сами они дѣлаются совершенно твердыми и жесткими, хотя послѣ оттаянія развиваются далѣе и преуспѣваютъ, какъ ни въ чемъ не бывало.

Ближайшія изслѣдованія показали, что точно также, какъ всякій физиологическій процессъ имѣетъ свои предѣлы температуры, между которыми онъ только и можетъ происходить, такъ и всякое растение обладаетъ свойственною ему низшею и высшею предѣльною температурой, переступленіе которой его уничтожаетъ.

Отмирание частей растений, вслѣдствіе слишкомъ большого пониженія температуры, характеризуется рядомъ признаковъ, установленіемъ которыхъ занимались физиологи. Посмотримъ, что говоритъ объ этомъ Саксъ. «Замерзаніе клѣточекъ, говоритъ онъ\*\*\*) (умерщвленіе вслѣдствіе замораживанія и оттаиванія), характеризуется глубокимъ измѣненіемъ протоплазмы и прежнихъ ея эндосмотическихъ свойствъ. Сочныя клѣточки теряютъ свою упругость, т. е. клѣточная стѣнка (протоплазматическій покровъ и оболочка) теряетъ способность противустоять давленію клѣточного сока и позволяетъ ему профильтровываться даже при незначительномъ давленіи; межкѣлѣтные пространства поэтому наполняются соками, отчего ткань дѣлается просвѣчивающею и допускаетъ истеченіе сока при маломъ давленіи; отъ частнаго опорожненія клѣточекъ, послѣднія становятся вялыми, замерзшій органъ лишается своей тургесценціи, дѣлается мягкимъ, вялымъ. Смѣшеніе нераздѣленныхъ болѣе соковъ различныхъ клѣточекъ, прониканіе воздуха вызываютъ быстрое разложеніе и измѣненіе цвѣта; не упругія клѣточные стѣнки не препятствуютъ болѣе испаренію и замерзшая ткань скоро высыхаетъ \*\*\*).

\*) Также необходимо было обратить вниманіе на упругость клѣточной оболочки, которая затрудняетъ ея разрывъ вслѣдствіе незначительныхъ измѣненій объема.

\*\*) Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. p. 57.

\*\*\*) Такъ напр. мерзлость кусковъ красной свеклы легко узнать по тому, что они отдають свой красный сокъ водѣ, въ которую положены, между тѣмъ какъ въ живой ткани сопротивленіе фильтраціи клѣточныхъ оболочекъ слишкомъ значительно, чтобы это допустить. Также точно и замерзшій первичный мѣшечекъ

Такое установление признаков явления замерзания, однако, еще далеко от объяснения этого явления; последнее, впрочем, пытались найти. Мы понимаем под объяснением физиологического явления сведение его к физически и химически известным процессам, и в этом смысле Саксу \*) может быть удалось по крайней мере приблизиться к разумному явлению замерзания. Он замораживал крахмальный клейстер и потом давал ему оттаять, и находил при этом, что получаемая таким образом масса вовсе не походила уже на клейстер, но скорее представляла «широко-пористое, губчатое» вещество, из которого легко можно было выжать воду. Совершенно тоже представлял куриный яичный блок, свернувшийся от предварительного нагревания, и в этом состоянии подверженный замораживанию. И здесь также в результате, после оттаивания, получалась широкопористая губчатая масса, при сдавливании легко выпускавшая много воды.

Опыты подобного рода показывают, во всяком случае, что настоящее опенение от холода и у тех содержащих воду органических веществ, которые нельзя считать организованными \*\*), влечет за собою глубокія изменения, препятствующія малѣйшимъ частицамъ занять прежнее положеніе равновѣсія, послѣ наступившаго оттаиванія; а имѣя это въ виду, нѣкоторые изъ признаковъ, наблюдаемыхъ послѣ оттаиванія опенѣвшихъ и замерзшихъ частей растенія, можно объяснять на основаніи явленій, установленныхъ Саксомъ для нѣкоторыхъ органическихъ тѣлъ, не принадлежащихъ болѣе организму.

Этимъ можетъ быть объясняются известныя явленія (о которыхъ мы тотчасъ будемъ говорить), наблюдаемыя при оттаиваніи, и въ сущности состояща въ томъ, что совершенно опенѣвшую отъ холода часть растенія можно спасти отъ замерзанія, давая ей оттаивать очень медленно (безъ быстрыхъ скачковъ температуры); въ этомъ случаѣ можно принять вмѣстѣ съ Саксомъ \*\*\*), что *частицы имѣютъ*

---

(периферическій слой протоплазмы) дѣлается проницаемъ для растворенныхъ красящихъ веществъ, что также свидѣтельствуетъ о подобномъ же измененіи въ расположеніи составляющихъ его частицъ, и во всякомъ случаѣ представляетъ собою характерный признакъ умерщвленія.

\*) 1. с. стр. 60.

\*\*) Яичный блокъ послѣ свертыванія также нельзя уже разсматривать какъ организованное вещество.

\*\*\*) 1. с. стр. 91.

еще достаточно времени для занятія первоначальнаго положенія равновѣсія.

Между тѣмъ, все-таки необходимо указать, что эта достойная уваженія попытка объясненія не принимаетъ во вниманіе тотъ важный и бросающійся въ глаза фактъ, что смерть отъ замерзанія наступаетъ у весьма многихъ растений при температурѣ превышающей ту, при которой происходитъ образованіе льда въ клѣточкахъ \*); потому что замѣчательное измѣненіе строенія крахмальнаго клейстера и куринаго яичнаго бѣлка наступаетъ только при настоящемъ замораживаніи содержащейся въ нихъ воды.—Далѣе необходимо обратить вниманіе на то обстоятельство, —впрочемъ само собою понятное,— что о всестороннемъ объясненіи явленія смерти нельзя и думать раньше уясненія сущности жизни, т. е. до тѣхъ поръ, пока мы не сведемъ всѣ существенныя для жизни физиологическія явленія къ химически и физически извѣстнымъ фактамъ, а мы знаемъ слишкомъ хорошо, какъ далеки мы отъ этой цѣли. Съ приведенною теоріею замерзанія растительныхъ организмовъ (если можно эту попытку объясненія назвать теоріею), какъ уже сказано, легко согласовать цѣлый рядъ наблюденій относительно возможности предохраненія отъ этого способа смерти, наблюденій, имѣющихъ вмѣстѣ съ тѣмъ значительный практическій интересъ.

Такъ замѣчено, что дѣйствительное умерщвленіе или неумерщвленіе растенія низкою температурою зависитъ главнымъ образомъ отъ того, какъ происходитъ послѣдующее нагрѣваніе. Въ особенности дѣлали подобнаго рода наблюденія надъ нашими туземными и культурными растеніями. Если растенія, замерзшія въ холодную ночь, облить холодной какъ ледъ водою, такъ чтобы они покрылись ледяною корою, и затѣмъ растенія эти осторожно и постепенно нагрѣвать, то такимъ образомъ, въ большинствѣ случаевъ, удается спасти ихъ отъ смерти. Въ этомъ случаѣ очевидно медленное оттаиваніе значительной массы льда *препятствуетъ быстрому возвышенію температуры*, растенія подвергнутаго этой манипуляціи.

Въ садоводствѣ существуетъ цѣлый рядъ правилъ, основанныхъ на томъ же фактѣ вредности быстрого возвышенія температуры замерзшихъ растеній. Такъ мерзлые кочки и т. под. сваливаютъ въ кучу или кладутъ въ холодную какъ ледъ воду, — и то и другое, очевидно, дѣлается для одной и той же цѣли, чтобы, посредствомъ большой массы нагрѣваемого, воспрепятствовать внезапнымъ возвы-

\*) Смотри впрочемъ относительно вѣрности этого факта стр. 375.

шеніямъ температуры, которыя могутъ наступить при обыкновенныхъ обстоятельствахъ (напр. отъ сіянія солнца).

Весьма простое наблюденіе показываетъ тоже самое. Если на одно только мгновеніе прикоснуться теплыми пальцами къ замерзшимъ на воздухъ чувствительнымъ листьямъ, то мѣсто прикосновенія, въ которомъ происходитъ оттаиваніе и быстрое возвышеніе температуры, немедленно погибаетъ, тогда какъ весь остальной листьможетъ быть спасенъ и въ большинствѣ случаевъ, предоставленный самому себѣ, дѣйствительно оживаетъ. Такимъ образомъ, на основаніи этихъ многочисленныхъ и согласныхъ между собою наблюденій, пришли къ слѣдующему положенію: *Растенія страдаютъ не отъ замораживанія, но отъ оттаиванія, именно отъ слишкомъ быстро оттаиванія* \*). Это положеніе, какъ мы впоследствии увидимъ, не вполне строго точно, но для обыкновенныхъ случаевъ совершенно годно.

Саксъ, исходя отъ сознанія этой зависимости, предпринялъ большой рядъ опытовъ, которые всѣ подтверждаютъ высказанное. Онъ экспериментировалъ надъ многими, даже очень чувствительными къ холоду растениями, замораживалъ ихъ при  $-4^{\circ}$  до  $-6^{\circ}\text{C}$  и потомъ погружалъ отчасти въ воду при  $0^{\circ}$ , отчасти при  $6^{\circ}$  до  $10^{\circ}\text{C}$ . Въ послѣднемъ случаѣ растенія умирали всегда всѣ безъ исключенія, между тѣмъ какъ замерзшія растенія, приведенныя въ соприкосновеніе съ холодною водою, вскорѣ образовывали вокругъ себя ледяную кору, и, вслѣдствіе устраненія быстрого перехода температуры, совершенно выживали. Это удавалось напр. и для замерзшей рѣпы и даже для извѣстныхъ своей чувствительностью къ морозу табачныхъ листьевъ.

Съ этими фактами согласуется наблюденіе, по которому находящіяся въ замерзшей почвѣ корни лишь рѣдко замерзаютъ, такъ какъ они предохранены отъ слишкомъ быстрого оттаиванія, какъ массою, такъ и значительною удѣльною теплотою почвы \*\*); съ другой стороны замерзшія части растенія погибаютъ особенно легко въ ясные дни, вслѣдствіе быстрого оттаиванія.

Я сказалъ, что всѣ приведенные факты согласуются съ представленіемъ, котораго придерживается Саксъ относительно процесса за-

---

\*) Для теорій этого своеобразнаго отношенія имѣетъ нѣкоторое значеніе, что гніеніе мяса, если оно передъ тѣмъ было замерзши, наступаетъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ скорѣе происходитъ оттаиваніе. Сравни Эльснера: chem. tech. Mittheilungen 1870 стр. 72.

\*\*) Въ сравненіи съ воздухомъ.

мерзанія; и это легко объясняется тѣмъ, что для возстановленія того положенія равновѣсія частицъ, которымъ характеризуются органическія образованія, послѣ того, какъ оно было нарушено такимъ могучимъ дѣйствіемъ, какъ замерзаніе конституціонной воды, необходимо извѣстное время, при быстромъ же оттаиваніи вода вытекаетъ, не имѣя возможности раздѣлиться снова въ прежнемъ порядкѣ между частичками клѣточной оболочки.

Кромѣ обыкновеннаго замерзанія, вредъ котораго происходитъ отъ быстраго оттаиванія, есть еще *настоящее замерзаніе*, производимое извѣстною наименьшею температурою, и ни въ какомъ случаѣ не переносимое растеніемъ, какимъ бы способомъ ни отогрѣвалось оно затѣмъ. Относится ли сюда замерзаніе чувствительныхъ растений, погибающихъ выше точки замерзанія, сомнительно уже потому, что еще не установлено точно, не охлаждались ли эти большею частью тропическія растенія до точки замерзанія или даже ниже вслѣдствіе лученспусканія, несмотря на то, что температура воздуха была несомнѣнно выше нуля. Пока это еще не установлено совершенно точно, относящіяся сюда случаи, разумѣется, не должны приниматься въ расчетъ. Но наблюденія надъ нашими отечественными растеніями, которыя послѣ замораживанія осторожнымъ обращеніемъ можно снова привести къ жизни, показали, что для нихъ все-таки есть предѣльная температура, охладившись ниже которой они уже никакими средствами не могутъ быть спасены и должны считаться абсолютно замерзшими.

Мы, разумѣется, не можемъ себѣ представить, какимъ образомъ замерзшее, ломкое какъ стекло, растеніе можетъ быть измѣнено и повреждено дальнѣйшимъ пониженіемъ температуры, но это доказываетъ только, какъ мало еще мы понимаемъ природу процесса замерзанія.

Совершенно сходное явленіе, заслуживающее быть упомянутымъ, состоитъ въ томъ, что нѣкоторыя растенія, какъ показали опыты, могутъ перенести однократное, но не многократное замерзаніе, — явленіе, которое мы точно также не можемъ себѣ объяснить.

Вотъ все, что я хотѣлъ сообщить о явленіяхъ и теоріи замерзанія. Кромѣ низшаго предѣла температуры, существуетъ, еще и высшій, за которымъ растеніе погибаетъ и который вообще столь же мало совпадаетъ съ температурою глубокаго измѣненія конституціонной составной части этихъ организмовъ (напр. съ точкою кипѣнія воды), какъ температура замерзанія съ точкою замерзанія воды. Теорети-

чесія возрѣнія (если ихъ можно такъ называть) на смерть растений, вслѣдствіе слишкомъ сильнаго нагрѣванія, совершенно подобны тѣмъ, какія имѣются относительно замерзанія. Вліяетъ ли существенно и здѣсь быстрота измѣненія температуры, еще не установлено опытомъ съ достаточною точностью.

Въ послѣдующемъ я долженъ поэтому ограничиться указаніемъ на тѣ большія различія, какія были наблюдаемы относительно потребности различныхъ растений въ теплотѣ, такъ какъ о дальнѣйшей теоретической обработкѣ предмета не можетъ быть и рѣчи.

Нѣкоторыя растения такъ нечувствительны къ низкимъ температурамъ, что даже тѣ жизненные процессы ихъ, для которыхъ необходима сравнительно высокая температура, совершаются подъ снѣгомъ, слѣдовательно при температурѣ не выше 0°. Такъ напр. *Soldanella alpina* \*) цвѣтетъ подъ снѣгомъ, образуя вокругъ себя маленькое углубленіе. Другія, въ особенности низшія растения, могутъ переносить чрезвычайно высокія температуры, безъ вреда для своего произрастанія. Коныъ \*\*) находилъ въ Карльсбадскомъ горячемъ ключѣ при 44°—54° С *Lepthotrix lamelloea* въ полной жизнедѣятельности. Ландеръ-Линдсей увѣряетъ даже, что онъ находилъ въ Исландіи въ водѣ, до такой степени горячей, что въ ней въ 4—5 минутъ сваривалось яйцо, живыя конфервы, съ чѣмъ вполне согласуется показаніе Эренберга, о нахожденіи въ горячихъ ключахъ *Ischia*, температура которыхъ 81°—85° С, свѣже растущихъ бурыхъ и зеленыхъ Осцилляторій и Куноцій. Различія эти въ способности противустоятъ крайнимъ температурамъ кажутся почти невѣроятнымъ, особенно если вспомнить, что обыкновенныя высшія растенія, какъ напр. большая часть нашихъ культурныхъ, неизбѣжно погибаютъ уже при температурѣ 51° С, если подвергнуть ихъ ей всего на 10 минутъ. Съ другой стороны, въ противоположность *Soldanella alpina*, множество растений требуютъ 20° С и болѣе, чтобы достигнуть цвѣтенія. Намъ кажется излишнимъ приводить еще подобныя примѣры.

Нѣкоторыя болѣе общія правила относительно зависимости растений отъ теплоты все-таки удалось открыть среди этой массы фактовъ. Здѣсь стоитъ привести важное наблюденіе, о которомъ мы уже упоминали, что растенія и его части тѣмъ болѣе чувствительны къ измѣненіямъ температуры, чѣмъ болѣе оживленные про-

\*) Сравни относительно живучести нѣкоторыхъ альпійскихъ растений, многіе годы покрытыхъ льдомъ глетчеровъ: *Botan. Zeitung*. 1843. стр. 12—14.

\*\*) Эти свѣдѣнія я взялъ изъ *Landw. Centralbl.* 1868.

цессы произрастанія въ нихъ совершаются. Всѣ покоющіеся въ данное время органы, какъ сѣмена, споры, зимующія почки, а также органы, не способные производить изъ себя новообразованій, могутъ переносить большія колебанія температуръ, между тѣмъ какъ проросшія споры и сѣмена, распускающіяся почки, способный къ новообразованіямъ камбиальный слой чувствительны и особенно легко погибаютъ отъ мороза. Эта законность, которая была выражаема и такимъ образомъ, что пропитанныя водою ткани \*) чувствительны къ большимъ измѣненіямъ температуры, въ противоположность сухимъ тканямъ, подтверждается весьма многими примѣрами.

Споры цѣлаго ряда грибовъ, изслѣдованныхъ въ этомъ направленіи, могутъ, вполнѣ сохраняя способность прорастанія, переносить температуру воздуха въ  $120^{\circ}$  С, даже если они подвергались ей полчаса, и погибаютъ только при болѣе долгомъ нагрѣваніи до  $130^{\circ}$  С, такъ что можно сказать, что они не переносятъ только начинающагося разрушенія органическаго вещества. Смоченныя, положенныя въ воду или проросшія, они, кажется, всѣ, безъ исключенія, погибаютъ ниже  $80^{\circ}$  С. Тоже прилагается и къ болѣе сложнымъ по строенію сѣменамъ нашихъ высшихъ растений. По Сакуе \*\*) сухой горохъ напр. цѣлый часъ можетъ находиться при  $69^{\circ}$  С, не теряя всхожести, между тѣмъ какъ послѣ 24-часоваго размачиванія уже при  $34^{\circ}$  С онъ неизбежно погибаетъ; опыты съ сѣменами нашихъ злаковъ дали подобные же результаты \*\*\*).

Точно также относятся къ низкимъ температурамъ споры и сѣмена: въ сухомъ видѣ они, кажется, вовсе не могутъ замерзать, между тѣмъ какъ въ проросшемъ состояніи очень легко погибаютъ отъ мороза, какъ это показываетъ ежедневный опытъ. Далѣе весною легко убѣдиться въ томъ, что почки, находившіяся на многолѣтнихъ растеніяхъ цѣлую жестокую зиму, нисколько не страдая отъ мороза, теперь, при распусканіи и еще болѣе послѣ распусканія, столь чувствительны къ маленькому утреннику, что въ нашемъ климатѣ только

---

\*) По выраженію Декандоля, «способность всякаго растенія и всякой части растенія сопротивляться крайнимъ температурамъ, находится въ обратномъ отношеніи съ содержащимся въ нихъ количествомъ воды». *Physiol.* III. p. 1103 по цитатѣ Сакса. Мы уже указывали на богатство водою тѣхъ частей растенія, въ которыхъ происходятъ оживленные жизненные процессы.

\*\*) I. с. стр. 66.

\*\*\*) Почти невѣроятными кажутся намъ показанія Пуше (*Compt. rend. T. 63. стр. 939; Jahresber. d. Agrikulturchem. 1866. стр. 137*) касательно способности сѣмянъ американскаго *Medicago* выдерживать температуру кипѣнія.

вслѣдствіе этого обстоятельства мы проклинаемъ слишкомъ раннее наступленіе весны, послѣ котораго очень обыкновенны возвраты къ зимѣ. — Эти примѣры достаточно наглядно показываютъ упомянутую выше законность.

Практическій интересъ имѣетъ для насъ въ сущности только отношеніе высшихъ растений къ низкой температурѣ, такъ какъ о гибели послѣднихъ отъ слишкомъ высокихъ температуръ при естественныхъ условіяхъ нельзя и думать. Эти высшіе предѣлы температуръ только въ новѣйшее время пріобрѣли практическое значеніе у нѣкоторыхъ низшихъ организмовъ, съ тѣхъ поръ какъ извѣстнымъ болѣзнямъ винъ, причиняемымъ грибами, стали противодѣйствовать нагрѣваніемъ вина до опредѣленной температуры \*).

Намъ остается еще войти въ нѣкоторыя подробности относительно зависимости *отдѣльныхъ* жизненныхъ явленій растительныхъ организмовъ отъ температуры. Кое-что относительно предѣльныхъ температуръ такихъ явленій мы уже привели. — Однако можно установить еще другую зависимость этихъ явленій отъ теплоты, такъ какъ между предѣльными температурами они совершаются, разумѣется, не съ одинаковою напряженностію, слѣд. можно вывести *соотношеніе между температурою и этою напряженностію*.

Нѣкоторыя наблюденія въ этомъ направленіи сдѣланы относительно образованія хлорофилла (зеленѣнія еще неокрашенной протоплазмы), движенія протоплазмы и роста, — явленій, допускающихъ болѣе или менѣе точное измѣреніе. Замѣчено, что образованіе хлорофилла между предѣльными температурами съ возвышеніемъ температуры ускоряется. — Тоже относится и къ движенію протоплазмы, ускоряющемуся, хотя и неравномѣрно, съ каждымъ приращеніемъ температуры, разумѣется до высшаго предѣла ея, гдѣ до тѣхъ поръ быстро двигавшаяся протоплазма внезапно останавливается.

Въ отношеніи къ явленіямъ роста \*\*) оказалось нѣкоторое отклоненіе,

\*) Предложенные Пастеромъ способы сохраненія вина; сравни: *Etudes sur le vin*. 1866; и во многихъ другихъ мѣстахъ.

\*\*) При опытахъ надъ ростомъ органа необходимо принимать во вниманіе то обстоятельство, что ростъ не есть простое фізіологическое явленіе, но что онъ опредѣляется и морфологическимъ закономъ. Это легче всего видно изъ того, что величина роста какого нибудь органа, при одинаковомъ питаніи и совершенномъ равенствѣ всѣхъ прочихъ внѣшнихъ условій, всетаки никогда не идетъ продолжительно пропорціонально времени, слѣд. новое приращеніе органа обусловливается въ своей величинѣ уже существующимъ кускомъ. Разумѣется то, что мы въ настоящее время еще называемъ «морфологическимъ закономъ», въ концѣ концовъ тоже сведется къ фізіологическимъ условіямъ.

такъ какъ онъ не ускоряется постоянно до высшаго предѣла температуры, при которомъ онъ наконецъ равенъ нулю, — но для каждаго явленія роста существуетъ температура, при которой ростъ достигаетъ наибольшей величины, и отъ этой точки кривая роста, которую можно построить нанесеніемъ отдѣльныхъ напряженностей роста, понижается сначала слабо, потомъ все сильнѣе въ обѣ стороны.

Такъ для примѣра, корни пшеницы (разумѣется на одной и той же стадіи развитія) достигаютъ наибольшей длины, если развиваются при  $23^{\circ}$  С. По ту и по другую сторону этой температуры замѣтно замедленіе, которое однако дѣлается значительнымъ только за  $15^{\circ}$  и  $32^{\circ}$ . Подобныя же отношенія вывелъ для роста зародышной почки, при чемъ также оказываются ясныя различія въ потребности температуръ для различныхъ родовъ растеній. Между тѣмъ какъ напр. вытягиваніе зародышной почки у кукурузы достигаетъ своего максимума при  $27^{\circ}$  С., для перышка гороха максимумъ этотъ находится около  $21^{\circ}$  С. и кривая роста послѣдняго въ обѣ стороны быстро падаетъ.

Такимъ образомъ каждое явленіе произрастанія, предполагая выполненіе цѣлаго ряда другихъ условій, вмѣстѣ съ тѣмъ связано съ извѣстными температурами, и, какъ мы видѣли, находится не въ совершенно простой зависимости отъ послѣднихъ.

Мы не будемъ заниматься далѣе этимъ предметомъ, представляющимъ мало практическаго, а въ настоящее время, и весьма мало теоретическаго интереса, и перейдемъ къ вопросу, на сколько *въ природѣ жизнь растенія зависитъ отъ теплоты*. Что эта зависимость обнаруживается въ дѣйствительности, показываетъ распределеніе растеній поземной поверхности, которое почти вполнѣ опредѣляется климатическими условіями, послѣднія же въ сущности суть условія теплоты.

Зависимости географическаго распространенія растеній отъ условій температуры, опредѣляемыхъ климатомъ, будетъ посвящена часть слѣдующей лекціи. Сегодня мы займемся только *отношеніемъ растительности къ теплотѣ въ одномъ и томъ же географическомъ мѣстѣ*.

Измѣненіе освѣщенія солнцемъ какого нибудь мѣста земли, обусловливаемое вращеніемъ земли, наклоннымъ положеніемъ земной ося къ ея пути, въ связи съ движеніемъ земли вокругъ солнца, есть, какъ извѣстно, причина того, что температура каждаго мѣста измѣняется, и при томъ съ такою правильностью, что только вторичныя

вліянія освѣщенія (какъ напр. водныя и воздушныя теченія) нарушаютъ ее въ значительной степени. Указанныя обстоятельства обусловливаютъ, какъ это извѣстно каждому ученику, постоянную смѣну дня и ночи, лѣта и зимы, при чемъ періоды, называемые нами днемъ и лѣтомъ, какъ извѣстно, теплѣе періодовъ, называемыхъ ночью и зимою, и богаче ихъ свѣтомъ. Эти періодическія измѣненія температуры, естественно, отражаются на растеніи.

Мы должны прежде всего указать на то, что *измѣненіе температуры* для различныхъ поясовъ отъ періодической перемѣны освѣщенія и нагрѣванія, совершенно не обращая вниманія на абсолютную температуру, *происходитъ очень неравномѣрно*. Въ мѣстахъ близкихъ къ полюсамъ ежедневная перемѣна между днемъ и ночью имѣетъ относительно малое значеніе, между тѣмъ какъ различіе между лѣтомъ и зимою чрезвычайно велико; зимній день въ среднемъ холоднѣе лѣтней ночи. Съ приближеніемъ къ экватору, болѣе и болѣе исчезаютъ годичныя различія, а разница между днемъ и ночью \*) дѣлается болѣе значительною, по причинѣ лученспусканія въ небесное пространство. Уже далеко внѣ тропиковъ во многихъ странахъ зимній день въ среднемъ теплѣе лѣтней ночи.

Изъ этого уже слѣдуетъ для мѣстъ, лежащихъ относительно близко къ полюсамъ, что перемѣна времени года въ нихъ должна производить сравнительно большія перемѣны въ условіяхъ произрастанія, между тѣмъ какъ подъ тропиками перемѣна времени года отъ измѣненій температуры будетъ ничтожна, и вліяніе времени года на произрастаніе растеній и жизненную энергію животныхъ \*\*) тамъ замѣчается настолько, насколько оно влажно, или сухо, слѣдовательно въ зависимости отъ присутствія или отсутствія совсѣмъ другаго условія жизни, чѣмъ теплота, нестоящаго въ прямомъ отношеніи къ движенію солнца.

Въ холодномъ и умѣренномъ поясахъ, для которыхъ разность температуръ зимы и лѣта выступаетъ на первый планъ, смотря по времени года, температура, которою могутъ пользоваться растенія, весьма различна, и такимъ образомъ мы видимъ передъ собою растительность, почти совершенно приспособившуюся къ даннымъ усло-

---

\*) Я напомнимъ ночное образованіе льда въ Сахарѣ. Сравни Тиндала: Die Wärme etc. нѣмецкое изданіе 1867 стр. 493.

\*\*) Нѣкоторыя животныя, подвергающіяся у насъ зимней спячкѣ, вблизи тропиковъ спятъ въ сухое время года, соответствующее нашему лѣту.

вѣтъ, такъ, что только лѣтомъ совершаются явленія произрастанія, нуждающіяся въ болѣе высокой температурѣ, между тѣмъ какъ зимованіе происходитъ въ одной изъ тѣхъ *покоющихся* формъ, съ нечувствительностью которыхъ къ низкимъ температурамъ мы сегодня познакомились.

Отдѣльные, весьма нечувствительныя растенія продолжаютъ часть \*) своихъ растительныхъ процессовъ въ теченіе зимы и пользуются по крайней мѣрѣ болѣе теплыми днями для образованія органическаго вещества, какъ напр. наши туземныя вѣчнозеленыя растенія: плющъ, остролистъ, барвинокъ и большая часть нашихъ хвойныхъ (нѣкоторыя, какъ напр. луговые травы, только случайно). Однако далеко большая часть растеній зимуетъ въ формѣ совершенно покоящейся ткани; однолѣтнія въ видѣ весьма нечувствительнаго къ холоду сѣмени; многолѣтнія въ видѣ цѣлаго растенія, лишеннаго, однако всѣхъ, сильно растущихъ органовъ. Такъ мы видимъ, что большая часть многолѣтнихъ высшихъ зеленыхъ растеній сбрасываетъ осенью свои листья, между тѣмъ какъ почки, изъ которыхъ должны будутъ развиваться весной новые отрѣски и листья, переносятъ зиму въ совершенно покоящемся и поэтому нечувствительномъ состояніи.

Подобно растеніямъ, свойственнымъ нашему климату, относятся и растенія еще высшихъ широтъ, при чемъ зимній покой растительности тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ болѣе она приближается къ полюсу. Напротивъ, по направленію къ экватору, быстро возрастаетъ число зеленѣющихъ зимою растеній. Для насъ, пѣмцевъ, контрастъ наиболѣе ясенъ, когда мы переходимъ черезъ Альпы и спускаемся въ вѣчно зеленую Италію, хотя и тамъ растительность зимою далеко нероскошна и хлорофильные органы только что обладаютъ способностью переносить зиму. Далѣе на югъ все болѣе и болѣе исчезаетъ безрастительный характеръ сѣверной зимы, пока наконецъ зима не дѣлается самымъ богатымъ растительностью временемъ \*\*) тамъ, гдѣ лѣтняя сухость враждебна растительному міру, а все болѣе и болѣе незначительная разность температуръ не заслуживаетъ вниманія, или даже дѣйствуетъ благопріятно.

---

\*) Нѣкоторыя даже цвѣтутъ, какъ уже было упомянуто, въ умѣренномъ поясѣ почти въ среднѣй зимы.

\*\*) Насколько дождливое время совпадаетъ съ временемъ болѣе короткихъ дней.

Съ этими условіями, однимъ указаніемъ на которыя мы можемъ здѣсь ограничиться, само собою разумѣется, находится въ связи то, что практическое полеводство у насъ можетъ быть ведено въ сущности только лѣтомъ. Зимой поля наши большею частью пусты, или покрыты растеніями, которыя и въ періоды растительной дѣятельности, какъ напр. злаки, могутъ переносить большой холодъ.

Что касается растеній, происходящихъ изъ болѣе южнаго климата, не привыкшихъ къ капризамъ нашего климата, но все-таки воздѣлываемыхъ нами, то это или однолѣтнія растенія, сѣмена которыхъ въ продолженіи зимы сохраняются \*) и высѣваются только тогда, когда можно уже не опасаться возвращенія зимы, или они многолѣтнія и тогда должны быть охраняемы отъ холода, или по крайней мѣрѣ отъ быстрой переменъ температуры, помощью особыхъ садовническихъ приспособленій.

Подобнаго рода приспособленія представляютъ для самыхъ нѣжныхъ растеній *оталиваемыя оранжереи*, для менѣе чувствительныхъ *обвязываніе соломой*, *покрываніе рогожами*, или *зарываніе надземныхъ частей* въ медленно мѣняющую температуру и не такъ сильно охлаждающуюся землю, какъ это дѣлается для розовыхъ кустовъ.

Здѣсь нужно только напомнить, что обвязываніе соломой и т. под., ни въ какомъ случаѣ не можетъ имѣть тоже значеніе, какъ одежда для человѣка, мѣхъ для звѣрей, такъ какъ растеніе вообще не производитъ (и особенно зимою) значительной собственной теплоты. Такое обвязываніе можетъ приносить пользу только вслѣдствіе уменьшенія охлажденія, посредствомъ лучеиспусканія, играющаго большую роль у растеній, а слѣдовательно и вслѣдствіе предохраненія отъ пониженія температуры ниже температуры окружающаго воздуха, и кромѣ того, можетъ быть, отъ слишкомъ быстрой переменъ температуры.

Все это однако *чисто садоводственные* приемы, не имѣющіе никакаго значенія для полеводства *въ большомъ видѣ*. Послѣднее ни въ какомъ случаѣ не можетъ прибѣгать къ подобнымъ хлопотливымъ приспособленіямъ, окупающимся только при такихъ культурахъ, продукты которыхъ имѣютъ сравнительно высокую цѣну, но должно

---

\*) Растенія, подобныя напр. табаку, будучи въ нашемъ климатѣ предоставлены самимъ себѣ, непременно погибли бы, такъ какъ проростаніе въ большей части случаевъ началось бы слишкомъ рано.

ограничиться (по крайней мѣрѣ вообще) предупрежденіемъ вредныхъ дѣйствій холода посредствомъ соотвѣтствующаго выбора времени посѣва и подобныхъ пассивныхъ мѣръ, точно также, какъ въ полеводствѣ въ большомъ видѣ, даже въ самую сухую погоду не рѣшится поливать нуждающіяся въ водѣ растенія, а недостатокъ въ водѣ пополняютъ косвеннымъ путемъ, весьма разнообразнымъ въ этомъ случаѣ.

Впрочемъ, извѣстенъ одинъ способъ, посредствомъ котораго, въ нѣкоторыхъ странахъ, и въ большомъ видѣ сельскій хозяинъ оберегаетъ свои растенія, если имъ въ ясную весеннюю ночь грозитъ морозъ,—способъ, по оригинальности своей, заслуживающій быть упомянутымъ. Чтобы понять этотъ способъ, смыслъ котораго часто не понимали, нужно снова обратить вниманіе на то, что лучеиспусканіе къ открытому небу часто составляетъ причину охлажденія растеній до температуръ, которыя далеко ниже температуры окружающаго воздуха.

Всѣ мы знаемъ, что не только живыя растенія, но и всѣ находящіяся на открытомъ воздухѣ предметы, подобно имъ обладающіе большою лучеиспускающей способностью для темныхъ лучей и въ то же время находящіяся въ дурно проводящемъ соединеніи съ почвою (представляющею въ такихъ случаяхъ большой резервуаръ, теплоты), покрываются инеемъ въ ясныя ночи \*), хотя повѣшенный въ воздухѣ и защищенный отъ лучеиспусканія термометръ показываетъ нѣсколько градусовъ выше нуля, а такъ какъ, по новѣйшимъ изслѣдованіямъ, мы имѣемъ причину предполагать, что съ нашими термометрами, которые никогда нельзя вполне предохранить отъ вліянія лучеиспусканія твердыхъ тѣлъ, мы опредѣляемъ днемъ температуру воздуха значительно выше, а ночью значительно ниже дѣйствительной \*\*), то тѣмъ болѣе можно считать рѣшеннымъ, что растенія на открытомъ воздухѣ, влѣдствіе лучеиспусканія, могутъ охладиться значительно ниже температуры воздуха и почвы. Именно это лучеиспусканіе есть причина того, что даже между тропиками предметы, находящіяся на открытомъ воздухѣ, во всѣ времена года охлаждаются

---

\*) Сравни Wells: Теорія росы. У Тиядала: Теплота; нѣмецкое изданіе 1867 стр. 581.

\*\*) Это вытекаетъ изъ взвѣшиванія цѣлнхъ столбовъ воздуха посредствомъ барометрическихъ измѣреній въ мѣстахъ различной высоты: Ср. *Rühlmann*: *Barometr. Höhenmessungen* 1870 стр. 87.

ся ниже нуля \*), если только небо довольно ясно; оно же такъ пагубно дѣйствуетъ на наши растенія въ лунныя (безоблачныя) весеннія ночи \*\*). Оно представляетъ совершенную противоположность таянію льда и снѣга на солнцѣ въ полярныхъ странахъ при морозѣ въ 20 и болѣе градусовъ ниже нуля.

Средство, употребляемое противъ замерзанія отъ лучеиспусканія въ практическомъ сельскомъ хозяйствѣ нѣкоторыхъ странъ \*\*\*), состоитъ въ разведеніи большого дымящагося огня на участкѣ, растительность котораго заставляетъ опасаться поврежденій отъ мороза.

Средство это, которое въ Германіи кажется вообще неизвѣстно, употребляется въ самыхъ различныхъ странахъ. Оно было извѣстно Римлянамъ, потому что о немъ говоритъ Плиній; его очень усердно примѣняли древніе жители верхняго Перу, Инки, и во Франціи, въ округѣ Рошель, его, какъ кажется, постоянно употребляютъ весною для защиты виноградниковъ. Въ ясныя ночи зажигаютъ солому, всякіе отбросы и т. п. и особенно въ утренніе часы передъ восходомъ солнца, когда охлажденіе отъ лучеиспусканія достигаетъ своего максимума, заботятся о томъ, чтобы дымъ какъ можно гуще разстилался по полю. Что это средство не есть суевѣрный обычай, но въ самомъ дѣлѣ крайне дѣйствительно, въ этомъ убѣждаютъ произведенные во Франціи сравнительные опыты надъ лежащими рядомъ полями, изъ которыхъ одни покрывались дымомъ, а другіе нѣтъ. Защита покрытыхъ дымомъ виноградниковъ была совершенная, между тѣмъ какъ рядомъ молодые побѣги винограда оказались замерзшими.

Очевидно было бы совершенно нелѣпо приписывать эту защиту теплотѣ, развиваемой огнемъ. Эта теплота можетъ быть только весьма ничтожна. Напротивъ, со всѣхъ сторонъ указываютъ на то, что нужно стараться производить *сильный дымъ*, вслѣдствіе чего мы приходимъ къ убѣжденію, что при этой операціи дымъ играетъ *существенную роль*. Дѣйствительно Инки, населявшіе плоскія возвы-

---

\*) Дж. Тиндаль I. с. стр. 493. Достаточно вспомнить о приготовленіи льда въ Бенгаліи.

\*\*) Вотъ почему необразованные сельскіе хозяева приписывали лунѣ способность производить замерзаніе, и изъ этого образовалась сказка объ охлаждающихъ лучахъ луны.

Легко опровергаемую теорію дѣйствія луны развилъ Риттеръ (Landw. Centralbl. 1861. I. стр. 1).

\*\*\*) Буссенго: Landw. Centralbl. 1858. I. стр. 365.

шенности верхняго Перу, лежація 6—12000 футовъ надъ уровнемъ Тихаго океана, которые именно вслѣдствіе этой вышины, несмотря на близость экватора, цѣлый годъ должны были бороться съ ночными морозами, совершенно точно угадали, какимъ образомъ можетъ защищать этотъ способъ.

Въ одной книгѣ о Перу, написанной Инкою Гарсилазо де ла Вега \*) говорится объ этомъ слѣдующее:

«Если въ сумерки небо было ясно, то Перуанцы сжигали навозъ, чтобы произвести дымъ, каждый въ своемъ участкѣ, потому что, они говорили, дымъ дѣйствуетъ какъ облачный покровъ и предотвращаетъ морозъ».

То, чему здѣсь учили съ давнихъ поръ практической опытъ, въ новѣйшее время дѣлается совершенно понятнымъ \*\*) на основаніи важныхъ опытовъ Тиндаля \*\*\*), такъ какъ изъ нихъ мы узнали зависимость прозрачности воздуха для темныхъ теплородныхъ лучей, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, отъ примѣси весьма малыхъ количествъ разнородныхъ паровъ. Тиндаль показалъ, что теплопрозрачность (прозрачность для мало преломляемыхъ темныхъ теплородныхъ лучей), весьма совершенная для чистой и сухой смѣси кислорода и азота, весьма значительно уменьшается, если къ ней примѣшиваются другіе газы (исключая водорода, который относится также какъ и газы воздуха), какъ окись углерода, углекислота, но въ еще болѣе значительной степени, если къ ней примѣшивается сѣрнистый водородъ, болотный газъ, сѣрнистая кислота, маслородный газъ, амміакъ.

Последніе три изъ названныхъ газовъ, по опытамъ Тиндаля, обладаютъ въ 7—8000 разъ болѣею способностью задерживать теплородные лучи, чѣмъ несложные постоянные газы (приведенные выше).

\*) Landw. Centralbl. 1858. I. стр. 368.

\*\*) И здѣсь также заключается урокъ для надменности, съ которою теорія часто относится къ мѣропріятіямъ практики, не понимая ихъ цѣлесобразности. Такъ Уэльсъ рассказываетъ, какъ онъ сначала насмѣхался надъ средствами садовниковъ, для сбереженія нѣжныхъ растений отъ мороза, такъ какъ ему казалось совершенно невозможнымъ, чтобы легкая рогожка могла достаточно защищать; а потомъ самъ нашелъ посредствомъ опыта, что уже батистовый платокъ можетъ въ этомъ отношеніи много сдѣлать. Также склонны отрицать и дѣйствіе дыма, какъ предохранительнаго средства отъ мороза.

\*\*\*) Тиндаль; Теплота нѣмецкое изданіе. 1867. стр. 408—587, сочиненіе, значеніе котораго уже видно изъ того, что Гельмгольцъ и Видеманъ перевели его на нѣмецкій языкъ.

Еще болѣе рѣзкій результатъ далъ цѣлый рядъ эфирныхъ маселъ: достаточно было уже невѣсомыхъ слѣдовъ ихъ, вбираемыхъ воздухомъ, проходящимъ надъ бумагою, пропитанною испытуемымъ масломъ, для уменьшенія теплопрозрачности до малой дроби отъ первоначальной. Также и озонъ, примѣшанный къ чистому воздуху, оказался весьма сильнымъ средствомъ, даже въ неизмѣримыхъ количествахъ, для значительнаго увеличенія поглощенія теплородныхъ лучей.

Но что для насъ особенно важно, это открытiе, что и водяной паръ \*), который играетъ такую выдающуюся роль въ атмосферѣ нашей земли, примѣшанный въ обыкновенныхъ количествахъ къ смѣси азота и кислорода, показываетъ въ 70 разъ большую поглотительную способность, чѣмъ эта смѣсь. Послѣдствiя этого важнаго открытiя для метеорологiи и всѣхъ сродныхъ ей наукъ, какъ говорить самъ Тиндаль, неисчислимы. Наполненная испаренiями атмосфера представляетъ для земли односторонне дѣйствующую ширму\*\*), защищающую ее, въ то время, когда она не освѣщается солнцемъ, крайне дѣятельно отъ лучеиспусканiя, которое иначе подвергло бы всѣ живыя существа неминуемой смерти отъ замерзанiя. Множество климатическихъ и метеорологическихъ явленiй объясняется вдругъ, если принять во вниманiе эту замѣчательную способность воздуха, содержащаго водяной паръ.

Мы заимствуемъ для нашей цѣли, изъ интересныхъ наблюденiй Тиндаля тотъ фактъ, что весьма незначительныя количества летучихъ веществъ, особенно органическихъ соединенiй, еще болѣе дѣятельнымъ образомъ, чѣмъ водяной паръ, могутъ отнять теплопрозрачность у воздуха, и изъ него выводимъ, что фактическая защита, доставляемая производствомъ дыма надъ участкомъ, подверженнымъ лучеиспусканiю въ мировое пространство, во всякомъ случаѣ сводится къ тому, что дымъ влажнаго органическаго вещества, наполовину старающаго, наполовину претерпѣвающаго сухую перегонку, заключаетъ большое количество летучихъ веществъ; они то, безъ со-

---

\*) 1. с. стр. 474—489.

\*\*) Или «задерживающiй крючекъ» для солнечныхъ лучей, какъ выражается Тиндаль; сравни 1. с. стр. 543. Одностороннее дѣйствiе воздуха, богатаго водою и облачнаго слоя, состоящее въ томъ, что они пропускаютъ довольно совершенно тепловые лучи солнца къ землѣ, теплородные же лучи земли недопускаютъ къ возвращенiю въ мировое пространство основано, какъ было замѣчено, на поглощенiи темныхъ теплородныхъ лучей въ такомъ слоѣ, между тѣмъ какъ для свѣтлыхъ онъ можетъ быть весьма проницаемъ.

миѣнія, и оказываютъ упомянутое дѣйствіе. И такъ цѣль указаннаго способа, столь страннаго на первый взглядъ, состоитъ въ сущности въ томъ, что стараются искусственными средствами усилить ширму содержащаго водяной паръ воздуха, дѣйствующую въ данномъ случаѣ лишь весьма несовершенно. Согласно съ этимъ мы видимъ, что этотъ способъ преимущественно употребляется тамъ, гдѣ ширма весьма недостаточна, такъ въ высокихъ странахъ верхняго Перу, гдѣ защищающій атмосферный слой сравнительно тонокъ, облачнаго же слоя, гораздо болѣе дѣйствительнаго, чѣмъ прозрачный, содержащій водяной паръ воздухъ, большею частью не бываетъ.

## ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ ЛЕКЦІЯ.

**Прочія условія произрастанія растений. — Распространеніе растений и климатъ. — Замѣчанія.**

Въ предъидущемъ мы узнали кое-что о зависимости растений отъ естественныхъ условій температуры. Сегодня тотъ же предметъ мы будемъ преслѣдовать въ нѣсколько другомъ направленіи.

Поверхность земли представляетъ совершенно опредѣленное распределеніе теплоты. Такъ какъ послѣдняя въ извѣстныхъ предѣлахъ представляетъ условіе произрастанія, то соотвѣтственно этому условію должны быть распределены и растенія на земной поверхности\*). При этомъ само собою понятно, что всякое другое изъ условій произрастанія, изученныхъ нами, должно подобнымъ же образомъ опредѣлять растительность; однако ни одно изъ этихъ другихъ условій не распределено такъ *правильно* на нашей планетѣ, какъ теплота — даже измѣняющаяся вообще въ наибольшей степени, вода.

На первый взглядъ казалось бы также, что еще другое важное условіе произрастанія при этомъ должно быть принято во вниманіе, именно солнечный свѣтъ, сила котораго управляется тѣми же физическими законами, какъ и теплота (ибо оба они исходятъ изъ

\*) Очень полное изложеніе этого предмета у Гофмана: «Grundzüge der Pflanzenklimatologie 1857» особенно стр. 521 — 41; однако для нашего изложенія мы ничѣмъ не воспользовались изъ этого сочиненія.

одного и того же источника) и который также точно неравномерно распределенъ по поверхности земли. Но здѣсь необходимо вспомнить, что теплота въ *гораздо болѣе тѣсныхъ предѣлахъ*, чѣмъ свѣтъ, является условіемъ произрастанія, и что, насколько бы ни была средняя напряженность свѣта меньше у полюсовъ, чѣмъ у экватора, все таки эта напряженность достаточна для образованія хотя и малыхъ количествъ органическаго вещества \*), тогда какъ при соответственномъ уменьшеніи температуры все застыло бы въ ледъ, несовмѣстный съ сколько нибудь значительною растительностью. Поэтому можно вполне опредѣленно сказать, что у полюсовъ *только недостатокъ въ теплотѣ* или, правильнѣе, недостатокъ въ достаточно высокой температурѣ, *совершенно уничтожаетъ растительность*, а не недостатокъ въ свѣтѣ, какъ бы ни была тамъ мала средняя напряженность свѣта.

Какъ извѣстно, распределеніе температуръ слѣдуетъ нѣкоторымъ образомъ за градусами широты. Если бы земная поверхность, такъ же какъ и атмосфера, находящаяся надъ ней, представляла одинаковыя свойства вездѣ, или по крайней мѣрѣ въ мѣстахъ одинаковой широты, то все мѣста одинаковой широты имѣли бы и одинаковыя среднія температуры, и градусы широты совпадали бы съ изотермическими линіями. Однако, какъ всѣмъ извѣстно, это не такъ. Вода и земля, горы и равнины, лѣса и луга многоразлично перемежаются другъ съ другомъ въ пестрой картинѣ, и это неодинаковое распределеніе вида и свойствъ поверхности нашей планеты, обусловливающихъ климатъ и дѣлающихъ мѣста равныхъ широтъ климатически различными, есть причина разнообразнаго уклоненія изотермъ отъ линій равныхъ широтъ.

Въ нашъ планъ, естественно, не входитъ болѣе близкое рассмотрениеъ вліяній неодинаковыхъ физическихъ свойствъ земной поверхности, особенно воды и суши, на климатическія различія. Мы беремъ здѣсь изотермы, какъ нѣчто *данное* и будемъ изучать ихъ вліяніе на распределеніе растеній.

Для многихъ культурныхъ растеній и лѣсныхъ деревьевъ имѣются довольно годныя данныя относительно предѣловъ ихъ распространенія. Особенно въ сѣверномъ полушаріи, для котората такія данныя собраны во множествѣ, по причинѣ большого развитія материка и по

---

\*) Изъ этого отношенія еще разъ можетъ быть усмотрѣно столь различное значеніе теплоты и свѣта въ питаніи растеній.

причинѣ господствующей здѣсь цивилизаціи, намъ извѣстно довольно точно распредѣленіе растений и мы можемъ съ приблизительною точностью обозначить кривыми сѣверные предѣлы ихъ распространенія.

Такъ какъ растенія, въ распространеніи ихъ по направленію къ полюсамъ, главнымъ образомъ управляются теплою, и только мѣстныя различія въ условіяхъ питанія растенія могутъ производить незначительныя уклоненія, то, на основаніи предъидущаго, можно бы было думать, что между сѣверными предѣлами растеній и линиями равныхъ среднихъ температуръ, изотермами, долженъ существовать явный параллелизмъ, что изотермы могутъ представлять единственныя нормы, опредѣляющія область распространенія растенія, въ направленіи къ холоднымъ странамъ.

Если кто, принявъ это мнѣніе, кажущееся само собою понятнымъ, обратится къ картѣ, на которой обозначены вмѣстѣ и изотермы и сѣверные предѣлы культурныхъ растеній, какъ это сдѣлано на нашей картѣ I для Европы, и прослѣдитъ направленіе различныхъ кривыхъ, параллелизма которыхъ онъ ожидаетъ, то увидитъ, что жестоко ошибается. Достаточно на картѣ I\*) взять сѣверную границу какого бы то ни было культурнаго растенія, ржи или пшеницы, бука или оливковаго дерева, чтобы видѣть множество точекъ пересѣченія этихъ кривыхъ съ годовыми изотермами, проведенными для каждаго  $2^{\circ}\text{P}$ , показывающихъ, что здѣсь не существуетъ даже приблизительнаго параллелизма. Приведемъ только нѣкоторые примѣры:

*Сѣверная граница ржи* начинается на югѣ отъ Фарерскихъ острововъ и южнѣе годовой изотермы  $6^{\circ}\text{P}$ , проходящей чрезъ эту группу острововъ, затѣмъ направляется къ норвежскому берегу, гдѣ пересѣкаетъ изотерму  $2^{\circ}$ , и достигаетъ въ дальнѣйшемъ своемъ прохожденіи, у сѣвернаго берега Вотническаго залива, даже изотермы  $0^{\circ}\text{P}$ , послѣ чего въ сѣверной *Россіи* направляется между этими послѣдними изотермами. При этомъ необходимо обратить вниманіе на то, что точки пересѣченія преимущественно имѣютъ *одинаковое значеніе*, т. е. что на нашей картѣ сѣверная граница ржи направляется къ изотермамъ слѣва и снизу вправо вверхъ.

---

\*) Изотермы и кривыя равныхъ мѣсячныхъ температуръ на картѣ I взяты изъ сочиненія Dove: Die Monats—und Jahres—Isotermen etc. Berlin 1864, границы растеній изъ физическаго атласа Бернгауза и частью изъ другихъ спеціальныхъ сочиненій.

Нѣчто совершенно подобное имѣеть мѣсто и для *пшеницы*, только сѣверная граница ея идетъ нѣсколько южнѣе. Начинается она въ сѣверной Шотландіи между изотермами  $8^{\circ}$  и  $6^{\circ}$  Р, и наконецъ мы ее встрѣчаемъ опять сѣвернѣе *Казани* между изотермами  $2^{\circ}$  и  $0^{\circ}$ .

Но посмотримъ на направленіе *сѣверныхъ границъ листовыхъ деревьевъ*. Сѣверная граница *бука* начинается на нашей картѣ въ *Шотландіи* между изотермами  $8^{\circ}$  и  $6^{\circ}$  Р, южнѣе *Христианіи* пересѣкаетъ изотерму  $6^{\circ}$ , послѣ чего быстро спускается на югъ, достигаетъ той же изотермы къ сѣверу отъ устья *Днѣпра* и дальше пересѣкаетъ изотермы  $8^{\circ}$  и  $10^{\circ}$ . Слѣдовательно и здѣсь также нѣтъ параллелизма съ линіями одинаковой средней температуры, однако для точекъ пересѣченія наблюдается другое расположеніе, чѣмъ то, которое мы видѣли у однолѣтнихъ (въ культурѣ, хлѣбныхъ злаковъ). Эти точки пересѣченія, если не исключительно, то преимущественно, *имѣють обратное значеніе*. Изотермы пересѣкаются преимущественно слѣва и сверху книзу и вправо; кривая сѣвернаго распространенія *бука* начинается на западѣ между изотермами  $8^{\circ}$  и  $6^{\circ}$  и оканчивается на востокѣ между изотермами  $10^{\circ}$  и  $12^{\circ}$ .

Точно тоже прилагается и южнѣе къ сѣверной границѣ *каштана*: и здѣсь кривая начинается на западѣ у южной оконечности Англій, между изотермами  $10^{\circ}$  и  $8^{\circ}$ , и теряется на востокѣ на берегахъ Каспійскаго моря, соединяясь съ изотермой  $12^{\circ}$ .

Нѣчто совершенно подобное оказывается для *сѣверной границы оливковаго дерева*, берущей начало въ *Пиренеяхъ* между изотермами  $12^{\circ}$  и  $10^{\circ}$  и проходящей въ Малой Азіи между изотермами  $14^{\circ}$  и  $12^{\circ}$ . *Вся сѣверная границы этихъ многолѣтнихъ растений пересѣкаютъ кривыя равныхъ среднихъ годовыхъ температуръ преимущественно въ обратномъ смыслѣ, чѣмъ границы хлѣбныхъ злаковъ; они на западѣ поднимаются въ болѣе высокія «тепловая широта» чѣмъ на востокѣ, у хлѣбныхъ же злаковъ—наоборотъ.*

*Виноградная лоза* въ отношеніи къ своей сѣверной области распространенія, несмотря на то, что представляетъ многолѣтнее растеніе, болѣе сходна съ названными однолѣтними растеніями, хотя и не вполне. Граница \*) начинается на западѣ въ *Нормандіи* между

---

\*) Что сѣверная граница винограда по всѣмъ даннымъ показываетъ гораздо болѣе неправильныя искривленія, чѣмъ сѣв. гран. другихъ растений, нельзя приписывать свойствамъ винограда, но только тому обстоятельству, что распространеніе его, какъ очень важнаго растенія, было тщательно изучено, да кромѣ

изотермами  $10^{\circ}$  и  $8^{\circ}$ , переходитъ послѣднюю у *Намюра*, отступая отъ нея въ Германіи значительно на сѣверъ, въ провинціи Силезіи близко подходитъ къ изотермѣ  $6^{\circ}$  и держится сѣвернѣе изотермы  $8^{\circ}$  до *Крыма*, по ту сторону котораго сѣверная граница винограда неизвѣстна.

Очень важно подвести подъ общія точки зрѣнія своеобразное отношеніе этихъ граничныхъ линій самыхъ извѣстныхъ и самыхъ важныхъ для насъ растений, отношеніе, въ которомъ очевидно скрывается извѣстная правильность. Прежде всего въ отношеніи къ этой правильности должна быть отброшена мысль, что уклоненіе какого нибудь иного условія произрастанія, чѣмъ теплота, условія случайнаго въ его распространеніи, можетъ оказывать здѣсь вліяніе; и такимъ образомъ кажется, мы дѣйствительно находимся передъ вполне неразрѣшеннымъ противорѣчіемъ.

Однако недолго приходится искать ключъ къ этой загадкѣ. При нашихъ разсмотрѣніяхъ мы имѣли дѣло съ средними годовыми температурами и совершенно оставляли безъ вниманія, что одна и та же годовая температура можетъ и будетъ соответствовать весьма различнымъ температурамъ въ *отдѣльные періоды произрастанія*; а эти послѣднія температуры очевидно и заслуживаютъ особеннаго нашего вниманія.

*Для однолѣтнихъ* (въ сельскомъ хозяйствѣ) *растений*, достаточно защищенныхъ въ формѣ сѣмени въ зимніе періоды отъ всѣхъ невзгодъ холоднаго времени года, и кромѣ того, на сколько они составляютъ предметъ культуры, защищенныхъ въ той же формѣ (сѣмени) въ амбарахъ сельскаго хозяина, отъ влажности и слѣдовательно отъ опасности ранняго прорастанія, очевидно, сѣверная граница распространенія будетъ зависѣть почти только отъ лѣтней температуры.

Совсѣмъ другое у *многолѣтнихъ растений*. Мы знаемъ, что всѣ наши листовныя деревья, даже самыя нечувствительныя изъ нихъ, все же не вполне нечувствительны къ холодамъ. Въ состояніи зимняго покоя они все-таки не оказываютъ такого сопротивленія, какъ сѣмена высшихъ и споры низшихъ растений, и мы знаемъ съ

---

того граница винограда проходитъ по странѣ, въ которой могутъ быть дѣлаемы точныя и заслуживающія довѣрія изысканія. При подобной полнотѣ данныхъ и у другихъ растений пришлось бы отмѣтить подобныя же неправильности. Послѣдними характеризуется приблизительно вліяніе мѣстныхъ условій на распространеніе растений.

полною опредѣленностью, что и зимніе холода полагаютъ предѣлы произрастанію многолѣтнихъ растений.

Если придерживаться этой точки зрѣнія, то отклоненія самаго теплаго времени года, съ одной стороны, и самаго холоднаго—съ другой стороны, отъ годовой средней теплоты, выражающейся изотермами, должны опредѣлять и смыслъ отклоненій, какъ мы нашли его, чрезъ сравненіе сѣверной границы растений съ изотермами, т. е. *эти сѣверныя границы должны пересѣкать годовыя изотермы въ томъ же смыслѣ, какъ и изотермы тѣхъ времяя года, температурою которыхъ опредѣляются въ отдѣльномъ случаѣ сѣверныя границы.*

Что это значить,—тотчасъ выяснится на отдѣльныхъ примѣрахъ. Для этого мы выбрали на картѣ I изотермы крайнихъ временъ года, лѣтніи, которыя соединяютъ между собою мѣста съ равною среднею температурою января и іюля \*). Одного взгляда на карту достаточно для того, чтобы видѣть, что эти линіи одинаковыхъ іюльскихъ и январскихъ температуръ пересѣкаютъ въ весьма пестрой путаницѣ годовыя изотермы. Другаго взгляда достаточно, чтобы показать, что пересѣченіе происходитъ въ очень различномъ смыслѣ. Одна и та же іюльская температура на западѣ Европы соотвѣтствуетъ гораздо высшей средней годовой температурѣ, чѣмъ на востокѣ этой части свѣта. Для того, чтобы привести какой нибудь примѣръ, укажемъ что напр. *Бретань* имѣетъ іюльскую температуру приблизительно  $14^{\circ}\text{P}$ , годовую температуру въ среднемъ около  $10^{\circ}\text{P}$ ; если же прослѣдовать іюльскую изотерму  $14^{\circ}$  до *Сибири*,—ибо она идетъ такъ сѣверно,—то мы ее встрѣтимъ въ мѣстахъ, гдѣ господствуетъ годовая температура— $3^{\circ}\text{P}$ .

Совершенно понятное слѣдствіе этого отношенія есть то, что изотермы холоднаго времени года должны отклоняться отъ годовыхъ изотермъ въ обратномъ смыслѣ, такъ какъ только такимъ образомъ въ двухъ мѣстахъ одинаковой средней годовой теплоты можетъ быть нейтрализована столь различная температура іюля. И въ дѣйствительности это такъ. Изотерма января  $0^{\circ}$  проходитъ по южной оконечности *Исландіи*, тамъ гдѣ средняя годовая температура  $3^{\circ}$ , ее же мы находимъ, послѣ того какъ направленіе ея было долгое время чисто южнымъ, на востокѣ Европы, у *Каспійскаго моря*, въ мѣстности, обладающей средней годовой температурой  $10^{\circ}\text{P}$ . Еще причудливѣе про-

\*) Столь же удобно и для той же цѣли могутъ служить изотермы всего лѣта и изотермы всей зимы, т. наз. изотеры и изохимены.

ходятъ январскія изотермы въ Норвегид, гдѣ онѣ даже при южномъ прохожденіи снова появляются загнутыми къ западу и въ настоящемъ смыслѣ слова опрокидываются.

Въ нашъ планъ конечно не входитъ метеорологическое объясненіе замѣчательнаго направленія этихъ изотермъ разныхъ временъ года. Причины, обуславливающія его, очень разнообразны, и я хочу только обратить вниманіе на двѣ, впрочемъ, извѣстныя точки зрѣнія, исходя изъ которыхъ дѣлаются нѣкоторымъ образомъ понятными главныя черты распредѣленія теплоты въ Европѣ.

Во-первыхъ, *Гольфштримъ*, берущій начало въ экваторіальныхъ странахъ восточнаго берега Америки, омываетъ своею теплою водою западный берегъ Европы и существенно возвышаетъ этимъ температуры холоднаго времени года этого берега, тогда какъ онѣ недостаточно теплы для того, чтобы поднять лѣтнюю температуру. Такимъ образомъ мы видимъ, что изотермы холодныхъ мѣсяцевъ на всемъ пространствѣ Англіи, Исландіи и Норвегид сильно выгнуты къ сѣверу и то же вліяніе обнаруживается сильно также еще на годовыхъ изотермахъ.

Во-вторыхъ, въ обширной внутренней странѣ восточной Европы заслуживаетъ вниманія *континентальный климатъ*, съ его высокими лѣтними и низкими зимними температурами, въ разорванной же прибрежной странѣ западной Европы *морской климатъ*, характеризующійся уравниемъ годовыхъ (и дневныхъ) крайностей температуръ. Это различіе между континентальнымъ и морскимъ климатомъ, всего рѣзче проявляющееся между *Исландіею* съ одной стороны и сибирскою внутреннею страной съ другой стороны, легко объясняется большою теплоемкостью воды и поглощеніемъ и лучеиспусканіемъ ею теплоты.

Изъ сдѣланнаго нами краткаго обзора направленія изотермъ самаго холоднаго и самаго теплаго мѣсяца, ясно видно отношеніе, существующее между сѣвѣрною границею растений въ Европѣ и этими кривыми. Мы видимъ, что границы хлѣбныхъ злаковъ отклонены отъ годовыхъ изотермъ въ смыслѣ іюльскихъ изотермъ, границы лиственныхъ деревьевъ въ среднемъ отклонены въ смыслѣ январскихъ изотермъ, не направляясь, впрочемъ, и отдаленнымъ образомъ по слѣдамъ изотермъ іюля и января \*). Перваго однако достаточно для показанія

---

\*) Дж. Дана показалъ, что сѣверныя границы морской фауны совпадаютъ съ линіями одинаковаго крайняго холода, сравни Н. Hoffman: Grundzüge d. Klimatologie 1858 стр. 544.

вліянія соотвѣтствующихъ временъ года \*), послѣднее же (т. е. точное совпаденіе границъ растеній и изотермъ) никоимъ образомъ не можетъ имѣть мѣста, такъ какъ названныя растенія по своей потребности въ теплотѣ зависятъ не отъ однихъ только тѣхъ мѣсяцевъ, которыхъ среднюю теплоту представляютъ наши кривыя. Такъ, естественно, что многолѣтнія растенія въ своемъ существованіи зависятъ не только отъ температуры зимы, но также многократно и отъ температуры весны или лѣта, и чѣмъ болѣе мы приближаемся къ экватору и слѣдов. къ странамъ, зимніе холода которыхъ все менѣе и менѣе способны серьезно вредить растеніямъ, тѣмъ болѣе также температура другихъ временъ года будетъ имѣть рѣшительное вліяніе на возможность ихъ существованія. Такимъ образомъ ясно, что для всѣхъ растеній не только температура какого бы то ни было времени года можетъ опредѣлять полярныя границы ихъ распространенія, но что за годовой изотермой всегда при этомъ остается извѣстное вліяніе, тѣмъ болѣе, что въ мѣстахъ, гдѣ напрядомъ съ опредѣленною лѣтнею теплотою существуетъ высокая средняя годовая теплота, будетъ гораздо менѣе вѣроятности для вредныхъ колебаній температуры, чѣмъ тамъ, гдѣ эта годовая теплота очень низка. Эта послѣдняя точка зрѣнія особенно объясняетъ, почему также однолѣтнія растенія, выполняющія весь свой растительный процессъ въ короткій періодъ, зависятъ, повидимому, все-таки отъ условій температуры, лежащихъ внѣ этого періода, въ дѣйствительности же именно отъ колебаній температуры, выпадающихъ на долю растительнаго періода.

И такъ мы видимъ (послѣ сдѣланныхъ объясненій, впрочемъ, иначе \*\*) нельзя и ожидать), что *сѣверныя границы хлѣбныхъ злаковъ, ржи и пшеницы отклонены отъ годовыхъ изотермъ въ смыслъ июльскихъ изотермъ*, хотя далеко не въ той же мѣрѣ; *сѣверныя же границы бука, каштана, олькового дерева отклонены отъ годовыхъ изотермъ въ смыслъ январскихъ изотермъ*, но въ еще меньшей степени.

Намъ остается еще сказать о кажущемся исключеніи, упомянутомъ

\*) Буссенго давно уже указывалъ (См. Landwirthschaft etc. нѣм. перев. Грегера 1845, т. II стр. 455) на то, что внѣ тропиковъ годовыя изотермы не даютъ достаточнаго представленія о землѣдѣліи страны. Подобныя же замѣчанія и у другихъ писателей.

\*\*) Для сѣверной границы ячменя оказывается то же правило; менѣе ясно обнаруживается это у кукурузы. Лѣсныя деревья, насколько извѣстны ихъ граничныя кривыя, всѣ подчиняются, какъ это можно ожидать, обратному правилу.

нами въ началѣ этого обзора. *Сѣверная граница винограда*, или въ этомъ случаѣ лучше сказать, культуры винограда, немного отклоняется отъ годовыхъ изотермъ въ смыслѣ *лѣтнихъ температуръ* и однолѣтнихъ растений, хотя мы въ этомъ случаѣ имѣемъ дѣло съ многолѣтнимъ растеніемъ, сѣверныя границы которыхъ въ нашихъ странахъ вообще обуславливаются тепловыми кривыми болѣе холоднаго времени года. — Однако и этотъ случай \*) предусмотрѣнь собственно уже въ прежде данныхъ объясненіяхъ. Если подумать о томъ, что возможность воздѣлывать съ выгодой виноградъ существенно обуславливается очень теплымъ лѣтнимъ періодомъ, абсолютно необходимымъ для значительнаго образованія сахара, какое мы ожидаемъ отъ винограда, что далѣе это культурное растеніе въ состояніи выносить довольно жестокия зимы, какъ напр. венгерскія: то наблюдаемый фактъ, что сѣверная граница его не сильно отклоняется отъ годовыхъ изотермъ, но въ смыслѣ линій равныхъ лѣтнихъ температуръ, кажется намъ совершенно естественнымъ. Подобнаго обстоятельства, какъ сказано, прежде всего должно ожидать для болѣе южныхъ (въ отношеніи къ Европѣ) растений, гдѣ зимній холодъ не можетъ болѣе играть такой рѣшительной роли, какъ въ странахъ болѣе близкихъ къ полюсу. Такъ въ Ю. Англии, гдѣ каштанъ только едва произрастаетъ, винодѣліе невозможно, напротивъ въ Крыму винодѣліе усиѣнно, несмотря на то, что каштанъ тамъ уже не произрастаетъ, \*\*), и не далека сѣверная граница бука.

Такимъ образомъ легко понятны наблюдаемая отклоненія полярныхъ граничныхъ линій различныхъ растений отъ годовыхъ изотермъ. вмѣстѣ съ тѣмъ подтверждается предпосланное нами положеніе, что вообще области распространенія растений опредѣляются преимущественно температурою, хотя во многихъ мѣстахъ и встрѣчаются малые выгибы линій, обозначающихъ эти области, вслѣдствіе чисто мѣстнаго различія въ остальныхъ условіяхъ произрастанія (именно возвышенія мѣстности).

Предположеніе, что распространенію растений къ полюсамъ полагаетъ предѣлъ напряженность свѣта, должно быть совершенно остав-

\*) За исключеніемъ, во всякомъ случаѣ, южнаго берега Крыма, гдѣ произрастаетъ совершенно южная растительность, но мѣстныя условія котораго однако, при черченіи кривыхъ, не могутъ быть приняты во вниманіе.

\*\*) Очень хорошо разъясняется также своеобразное прохожденіе сѣверной границы культуры винограда изъ того обстоятельства, что она пересѣкаетъ сѣверную границу каштана и идетъ на западъ южнѣе ея, на востокъ сѣвернѣе.

лено въ виду карты I, какъ бы тѣсно ни была ограничена этимъ условіемъ произрастанія въ одной и той же данной мѣстности масса растительности. Напряженность свѣта (также напряженность лучей, дѣятельныхъ при образованіи растительнаго вещества), само собою разумѣется, зависитъ отъ географической широты, насколько облачность атмосферы, зависящая, конечно, сложнымъ образомъ, отъ другихъ климатическихъ условій, не производитъ уклоненій въ количествѣ свѣта, достигающаго земли. Прохождение граничныхъ линій растений, особенно во внутренней Россіи (а также, при ближайшемъ разсмотрѣніи, уже болѣе сѣверное или южное прохождение границъ различныхъ растений) \*) показываетъ, что *этой зависимости практически не существуетъ*, и, понятно, потому, что при реальныхъ условіяхъ, существующихъ разъ на землѣ, тѣсная зависимость растительныхъ процессовъ отъ опредѣленныхъ температуръ *обнаруживается гораздо раньше*, и этимъ опредѣляются границы раньше, чѣмъ сдѣлается чувствительнымъ отсутствіе другаго упомянутаго условія произрастанія.

Намъ еще нужно говорить о другой зависимости растений отъ теплоты въ различныхъ мѣстахъ, именно о зависимости отъ нея развитаго одного и того же растения *внутри* указанныхъ границъ.

Совершенно неоспоримо, что вегетационный процессъ растения идетъ тѣмъ съ болѣею быстротою, т. е. что напр. однолѣтнее яровое растение тѣмъ скорѣе созрѣваетъ, чѣмъ выше температура того мѣста, гдѣ оно воздѣлывается. Пытались даже, и пытались съ нѣкоторымъ успѣхомъ, выразить математически эту связь \*\*). Для этого брали числа дней произрастанія (дней, лежащихъ между посѣвомъ и зрѣлостью) для различныхъ странъ и помножали эти числа на среднія температуры отдѣльныхъ дней для той же страны и получали такимъ образомъ числа, называемыя «*суммами теплоты*». Признанная и выражаемая уравненіемъ законность должна была состоять въ томъ, что эти суммы теплоты для различныхъ мѣстъ у одного и того же растения должны быть одинаковы, т. е. такимъ образомъ время произрастанія одного и того же растения въ различныхъ мѣстахъ должно относиться обратнопропорціонально господствующимъ тамъ температурамъ.

\*) Такъ какъ свѣтъ есть условіе произрастанія, нужное и теоретически необходимое въ одинаковой мѣрѣ для одинаковаго производства, теплота же нѣтъ.

\*\*\*) См. Boussingault: l. c. стр. 436.

Буссенго \*) напр. даетъ слѣдующія цифры для культуры пшеницы въ различныхъ мѣстахъ \*\*).

	Продолжительность культуры.	Температура.	Суммы теплоты.
Эльзась . . . . .	137 дней	15°,С	2055
Парижъ . . . . .	160 »	13°,4	2146
Alois . . . . .	146 »	14°,4	2102
Клингстонъ . . . . .	122 »	17°,2	2198
Цинцинати . . . . .	137 »	15°,7	2069
Quinchugni . . . . .	181 »	14°,0	2534
Турмеро . . . . .	92 »	24°,0	2203
Мюльгаузенъ . . . . .	176 »	11°,14	1960

(Тюрингія)

Подобныя же вычисления Буссенго произвелъ для цѣлаго ряда культурныхъ растений и во многихъ случаяхъ согласіе было удовлетворительное; впрочемъ не у *картофеля*, для котораго сумма теплоты въ Alois есть 3228, въ Мюльгаузенѣ въ Тюрингіи только 2078. Во всякомъ случаѣ, изъ вычисленныхъ цифръ можно заключить, что растительный процессъ идетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ выше (въ извѣстныхъ предѣлахъ) подымается температура, и фактъ этотъ только можетъ служить подтвержденіемъ прежде сказаннаго \*\*\*).

Несмотря на то однако, выводъ Буссенго, именно, что растеніе при всѣхъ обстоятельствахъ для завершенія своего кругооборота нуждается въ равныхъ количествахъ *теплоты*, долженъ быть съ полною определенностью отстраненъ, какъ покоящійся на множествѣ ошибокъ, и отстраненъ тѣмъ рѣзче, что съ этимъ представленіемъ легко связываются новыя ложныя заключенія. Для нашей цѣли достаточно указать, что нашъ способъ выраженія температуръ *совершенно произволенъ*, что при употребленіи Фаренгейтовскихъ градусовъ получаютъ совсѣмъ другія суммы теплоты \*\*\*\*) и исходя отъ абсолютнаго

\*) Тамъ же. Тамъ впрочемъ находятся ошибки, исправленныя здѣсь.

\*\*) Подобнымъ же образомъ дѣлали вычисления и другіе изслѣдователи; см. Hoffmann: Grundzüge der Klimatol. 1858 стр. 523 и слѣд., см. также Krutzsch. Chem. Ackeremann 1859 стр. 89 и Jahresber. f. Agriculturchem. 1865 стр. 70, особенно 73—74.

\*\*\*) Вѣдь мы видѣли въ послѣдней лекціи, что каждый отдѣльный вегетационный процессъ зависитъ отъ температуры и вмѣстѣ съ послѣдней возрастаетъ до извѣстной (въ отношеніи къ реальнымъ условіямъ довольно высокой) температуры, такъ что общій результатъ будетъ имѣть тоже значеніе.

\*\*\*\*) Не просто только пропорціональныя измѣненія.

нуля получили бы даже суммы теплоты, приблизительно пропорциональны продолжительности произрастанія, слѣдов. очень неодинаковыя. Кромѣ того, очевидно, высота температуры совершенно не соотвѣтствуетъ *принятію известнаго количества теплоты*, а послѣднее выраженіе возбуждаетъ ложное представленіе, будто теплота при произрастаніи производитъ работу \*).

Короче, признавая зависимость теченія явленій произрастанія отъ температуры,—согласіе суммъ теплоты \*\*) тамъ, гдѣ оно дѣйствительно существуетъ и можетъ быть доказано безъ произвольнаго исправленія цифръ, можно приписать случайности. Больше нѣтъ надобности объ этомъ и говорить.

Этимъ разсмотрѣніемъ зависимости явленій произрастанія отъ теплоты, собственно говоря, можно считать законченнымъ наше изслѣдованіе объ условіяхъ развитія растений, которымъ мы имѣли намѣреніе заняться въ этой первой части нашихъ лекцій; но прежде окончательнаго заключенія этой части необходимо еще слѣдуетъ нѣкоторыя замѣчанія, частью для того, чтобы расширить вліяніе одного разсмотрѣннаго уже условія произрастанія, частью для того, чтобы доказать *независимость* произрастанія растений отъ нѣкоторыхъ условій, которыя также иногда считались условіями произрастанія. Въ этомъ отношеніи мы будемъ очень кратки.

Въ самомъ началѣ, еще въ первыхъ лекціяхъ, мы узнали высокое значеніе солнечнаго свѣта для жизни растенія. Солнечный свѣтъ не есть только (почти безъ исключенія) одно изъ основныхъ условій происхожденія важнаго снаряда, хлорофильной клѣточки, и рабочая сила, совершенно необходимая для образованія органическаго вещества, а слѣдов. и единственный источникъ внѣшней силы для многихъ жизненныхъ процессовъ организма, — онъ оказываетъ еще и другія вліянія на міръ растеній, которыя также можно признать необходимыми. Вліянія эти, когда говорено было подробно объ упомянутомъ преимущественномъ значеніи свѣта, не были затронуты, ибо это было бы тогда не цѣлесообразно; но и здѣсь я ограничился только нѣкоторыми указаніями, такъ какъ предметъ этотъ еще не подвергся удовлетворительной теоретической обработкѣ и дальнѣйшіе практическіе выводы изъ него (вслѣдствіе оцѣнки этого условія произ-

---

\*) Впрочемъ окончаніе вегетаціоннаго періода вовсе не соотвѣтствуетъ одинаковому производству растительнаго вещества.

\*\*) Сравни также замѣчанія Н. Hoffmann'a l. c. стр. 529.

водства, достаточно вытекающей из другого значения свѣта для жизни растенія) не могутъ быть сдѣланы.

Одинъ принадлежащій сюда фактъ мы уже затронули вкратцѣ. При разсмотрѣннн этиолнрованныхъ растеннй \*), воспитанныхъ безъ доступа свѣта, тотчасъ бросалось въ глаза, что эти ненормально развитыя растення, кромѣ недостатка зеленого окрашнвання, что можно было ожидать на основаннн извѣстныхъ намъ уже тогда условнн образовання хлорофильнаго органа, отличались также по наружному виду всѣхъ своихъ надземныхъ органовъ. Достаточно поэтому совершенно поверхностнаго взгляда на этиолнрованное растенне, чтобы видѣть еще другое влннне свѣта на растнтельность, именно *влннне свѣта на форму* (formbildende Wirkung).

— Это влннне свѣта на образованне формы растеннй, которое наблюдали только на хлорофильныхъ растенняхъ, весьма разнообразно. Видѣ этиолнрованного растення показываетъ, что исключенн свѣта дѣйствуетъ въ двухъ направлennяхъ на растущне (при нормальныхъ условняхъ) хлорофильные органы. Растенне дѣлается во много разъ длиннѣе, чѣмъ при обыкновенныхъ обстоятельствахъ, листья же показываютъ значительное уменьшенне поверхности. Мы должны совершенно отказаться отъ разьясненнн способа дѣйствнн свѣта въ этомъ случаѣ, такъ какъ явленне роста заключаетъ въ себѣ столько загадочнаго, что пока не существуетъ никакой надежды понять измѣненнн этихъ явленнй при измѣненнн внѣшнихъ условнн \*\*).

---

\*) См. пятую лекцню.

\*\*) Въ статьѣ Крауса «Ueber die Ursachen der Formänderungen etiolirender Pflanzen» (Pringsh: Jahrb. VII, 1869, p. 209) читатель найдетъ остроумную попытку объяснить явленнн этиолнрованнн, а именно вытягнванне стеблей и недоразвнтн листьевъ. Какъ извѣстно изъ напряженнн тканей, сердцевина постоянно стремится занять большую длину, слѣд. старается растянуть прочня окружающня ее и не столь быстро растущня ткани, напр. древеснну. Въ нормальномъ стеблѣ утолщенн и деревененн клѣточныхъ стѣнокъ наружной ткани скоро полагаетъ предѣлъ дальнѣйшему вытягнванню сердцевины, а съ нею и всего междоузлн. Въ темнотѣ же, по наблюдennямъ Крауса, этого утолщеннн не замѣчается или оно происходитъ гораздо позднѣе, вслѣдствнн чего въ этиолнрованномъ стеблѣ наружныя ткани не въ состояннн сдержатъ расстягнвающую ихъ сердцевнну и пассивно слѣдуютъ за нею; въ результатѣ, конечно, должна получнться большая длина стебля. Недоразвнтн листьевъ въ темнотѣ Краусъ объясняетъ тѣмъ, что листья могутъ расти насчетъ запасныхъ веществъ, напр. веществъ, отложенныхъ въ сѣмени, лишь настолько, насколько это необходимо для того, чтобы выступнть наружу изъ почки, достигнувъ же этой стаднн развнтн, листь долженъ уже самъ приготовить себѣ пищу, а такъ какъ въ тем-

Отсутствіе явленій напряженія у всѣхъ органовъ, развивающихся безъ доступа свѣта, далѣе, кажутся, характерны при этихъ обстоятельствахъ и въ этомъ во всякомъ случаѣ кроется важная точка опоры для позднѣйшихъ объясненій. Вліяніе свѣта на образованіе формы, какъ оно обнаруживается при этиолірованіи растенія, можно бы было выразить такъ, что свѣтъ придаетъ зеленымъ органамъ болѣе сжатый, широкій видъ, болѣе сильную, сильнѣе одеревенѣвшую и болѣе напряженную ткань \*).

Дальнѣйшее вліяніе свѣта на наружный видъ растенія оказываетъ ся изъ наблюденій, производимыхъ не надъ вполне лишенными свѣта экземплярамъ, но надъ такими, которые получаютъ свѣтъ, хотя бы слабый, преимущественно съ одной только стороны. У такихъ растеній вообще замѣчается сгибаніе надземныхъ органовъ къ свѣту,— что можетъ быть произведено только относительнымъ укороченіемъ обращенной вначалѣ къ свѣту части стебля или одностороннимъ удлиненіемъ противоположной стороны. Совершенно тоже, какъ извѣстно, наблюдается на растеніяхъ свободно освѣщаемыхъ, если, какъ это всегда бываетъ въ природѣ, они съ разныхъ сторонъ освѣщены неоднаково. Растенія, стояція на окнахъ, обращаютъ свои зеленые органы къ свѣту, и черешокъ каждаго листа представляетъ тотъ же механизмъ. Тоже можно наблюдать и у находящихся на открытомъ воздухѣ растеній, именно расположеніе хлорофильныхъ органовъ сообразно съ полуденнымъ положеніемъ солнца, и т. д. У нѣкоторыхъ растеній совершенство механизма, о которомъ здѣсь идетъ рѣчь, такъ велико, что зеленые органы испытыва-

---

нотъ ассимиляція невозможна, то этиолірованые листья и остаются недоразвитыми. Последнее объясненіе Крауса, впрочемъ, окончательно опровергнуто *Баталинымъ*, который показалъ, что, выставляя этиолірованное растеніе время отъ времени на свѣтъ, не давая ему однако зеленѣть, удается получить этиолірованые листья нормальной величины (*А. Баталинъ*. О вліяніи свѣта на образованіе формы растенія. Диссертація. С.-П.-Б. 1872). Однако, опровергнувъ объясненіе Крауса, Баталинъ не представилъ въ замѣнъ его другаго сколько нибудь удовлетворительнаго объясненія явленій этиолірованія листьевъ. Онъ ссылается на невозможность дѣленія клѣтокъ въ темнотѣ, но листья злаковъ, несмотря на отсутствіе дѣленія, въ темнотѣ вытягиваются и достигаютъ длины значительно превосходящей нормальную.

Примѣч. II. Б.

\*) Здѣсь снова слѣдуетъ напомнить объ указанномъ въ пятнадцатой лекціи явленіи умѣренного этиолірованія нѣкоторыхъ культурныхъ растеній при густомъ ростѣ ихъ.

ють ежедневное вращеніе, соотвѣтственно различному положенію солнца.

Мы не стапемъ здѣсь излагать теорію \*) описаннаго явленія, а остановимся только на пользѣ \*\*) его для растительнаго организма. *Положительный геліотропизмъ*, какъ называютъ только что упомянутое явленіе, при которомъ сторона органа, подпадающая дѣйствію свѣта, относительно укорачивается, очевидно представляетъ значительную выгоду для хлорофильнаго растенія, находящагося въ довольно темпомъ мѣстѣ, неблагопріятномъ для жизни такого растенія. Органы, сильно растущіе, при такихъ обстоятельствахъ, въ длину и, вслѣдствіе геліотропизма, обращающіеся къ источнику свѣта, позволяютъ растенію выбраться изъ темнаго мѣста, развитъ затѣмъ сильно на свѣтѣ хлорофильные органы и стать въ нормальныя вегетаціонныя условія. Можетъ быть скажутъ, что представленіе это перенесено съ прорастанія картофеля, сохраняемаго въ погребахъ, что въ природѣ растенія никогда не находятся въ темномъ мѣстѣ, изъ котораго бы ихъ надземные органы могли быстро выступать. Но необходимо указать на естественное положеніе растеній тамъ, гдѣ не вмѣшивается человекъ, и гдѣ они въ борьбѣ за существованіе постоянно угрожаютъ другъ другу вытѣсненіемъ. Сильная способность слабо освѣщенныхъ растеній (затѣненныхъ другими растеніями), при такихъ обстоятельствахъ, высылать къ свѣту длинныя отпрыски, есть столь очевидное оружіе въ этой борьбѣ, что выгода такого устройства не подлежитъ сомнѣнію. Далѣе здѣсь нужно напомнить о прорастающемъ въ землѣ сѣмени, котораго стебелекъ, растущій кверху, удлиняется тѣмъ быстрѣе, чѣмъ сильнѣе темнота \*\*\*) его окружающая, а та-

---

\*) Только одно указаніе должно имѣть здѣсь мѣсто, именно, что есть нѣкоторая надежда на объясненіе положительнаго геліотропизма такимъ же образомъ, какъ вытягиваніе органовъ при недостаткѣ свѣта, т. е. что сторона геліотропическаго органа, обращенная къ свѣту, относительно укороченіемъ производитъ движеніе. Такимъ образомъ, вмѣстѣ съ Декандолемъ, можно просто принимать болѣе быстрый ростъ стороны, получающей менѣе свѣта, что и сблизаетъ оба приведенные факта. Сравни стр. примѣч.

\*\*) Употребляя это слово вмѣсто «цѣли» съ телеологической точки зрѣнія.

\*\*\*) При этомъ впрочемъ нельзя упускать изъ виду, что уже на небольшой глубинѣ подъ поверхностью земли царствуетъ абсолютная темнота, и что глубже зарытыя сѣмена не получаютъ никакого побужденія къ еще болѣе быстрому росту въ длину. Вотъ отчего сельскохозяйственная практика не одобряетъ очень глубокой задѣлки сѣмянъ, несмотря на то, что этимъ сѣмена ставились бы въ лучшія условія теплоты и влажности. Ростки выходятъ на поверхность тѣмъ болѣе ослабленными, чѣмъ глубже было задѣлано сѣмя.

кимъ образомъ и стебелекъ болѣе глубоко лежащаго проростающаго сѣмени имѣетъ возможность увидѣть свѣтъ и пользоваться нормальными вегетационными условіями на поверхности земли. Вотъ въ чемъ, по моему мнѣнію, вообще слѣдуетъ искать выгоду положительнаго геліотропизма для сильно растущихъ ростковъ и стпрысковъ, обладающихъ въ то же время способностью несоразмѣрно удлиняться при недостаткѣ свѣта. Еще болѣе очевидна польза положительнаго геліотропизма \*) почти выросшихъ зеленыхъ органовъ. Чувствительность къ свѣту въ условіяхъ напряженія принадлежитъ преимущественно такимъ частямъ растений, которыя, посредствомъ произведеннаго ими вслѣдствіе свѣтоваго раздраженія движенія, приводятъ листья въ *положеніе, возможно удобное для ихъ дѣятельности*. Листовые черешки наклоняются, изгибаются, скручиваются при помощи особаго механизма, о которомъ мы здѣсь не будемъ распространяться, такимъ образомъ, что листья устанавливаются соотвѣтственно среднему направленію освѣщенія, или же, если это устройство существуетъ въ наиболѣе совершенномъ видѣ, устанавливаются почти перпендикулярно къ падающему лучу въ каждое время дня. Что все это существуетъ въ большей или меньшей степени, легко видѣть, наблюдая растенія, стоящія на окнахъ, а также растенія, находящіяся на открытомъ воздухѣ, положеніе листьевъ которыхъ почти всегда по возможности приспособлено къ совершенному принятію свѣта.

И такъ нельзя сомнѣваться въ значительной пользѣ, доставляемой этими дальнѣйшими дѣйствіями свѣта зеленому растенію, на нихъ просто нужно смотрѣть какъ на вспомогаельныя средства для главнѣйшей и важнѣйшей дѣятельности солнечнаго свѣта въ хлорофильной клѣточкѣ. Для насъ, незанимающихся теоретическимъ изученіемъ описанныхъ явленій, мало интереса представляетъ то обстоятельство, что, какъ показалъ опытъ, главное дѣйствіе въ этомъ случаѣ принадлежитъ не свѣтлымъ, а *химическимъ* лучамъ; но фактъ этотъ оправдываетъ представленіе, по которому наиболѣе преломляемые лучи приводятъ зеленые органы въ возможно удобное положеніе для дѣйствія другихъ, менѣе преломляемыхъ лучей, выполняющихъ химическую работу образованія органическаго вещества, подобно то-

---

\*) Возможность дальнѣйшаго роста кажется существенна для способности органа къ геліотропическому искривленію, т. е. геліотропическое дѣйствіе кажется проявляется только въ растущихъ (хотя бы и медленно) органахъ.

му какъ оперируемый паціентъ ассистентомъ хирурга приводится въ наиболѣе удобное для операціи положеніе и удерживается въ этомъ положеніи для работы самаго хирурга.

Кромѣ положительнаго геліотропизма наблюдали также *отрицательный геліотропизмъ* \*), но не на непосредственныхъ носителяхъ зеленыхъ листьевъ, а на вьющихся стебляхъ, прищипкахъ и т. под.; этотъ отрицательный геліотропизмъ, на основаніи объясненія противоположнаго геліотропизма, состоитъ не въ чемъ иномъ, какъ въ удлинненіи обращенной къ свѣту стороны растительныхъ органовъ, вслѣдствіе чего происходитъ отворачиваніе ихъ отъ свѣта. Пользу этого явленія въ большинствѣ случаевъ также легко видѣть: она заключается въ томъ, что вьющіеся органы, вслѣдствіе раздраженія свѣтомъ, слегка прижимаются къ обвиваемому ими предмету и такимъ образомъ укрѣпляются.

Совершенно подобное явленіе, которое также должно быть причислено къ отрицательному геліотропизму, наблюдали на корняхъ, когда они, развѣтвляясь во всѣхъ направленіяхъ въ почвѣ, достигаютъ поверхности ея молодою вершинкою. Въ этомъ случаѣ, гдѣ силы тяжести, какъ импульса, опредѣляющаго направленіе корневыхъ развѣтвленій, недостаточно, дѣйствуетъ свѣтъ и понуждаетъ вершину корня къ повороту, что явствуетъ изъ сравненія съ растеніями, развивающимися въ цвѣточномъ горшкѣ въ темнотѣ, такъ какъ здѣсь часто корневые окончанія разнообразно развѣтвляются по поверхности земли. И при этомъ своеобразномъ дѣйствіи легко замѣтна польза указаннаго соотношенія, такъ какъ свѣтъ, вслѣдствіе дальнѣйшаго дѣйствія (причины котораго, правда, намъ совершенно непонятны), производитъ вредное вліяніе на развитіе корней, также какъ и многихъ другихъ органовъ, развивающихся при нормальныхъ условіяхъ въ темнотѣ.

Кромѣ формообразовательнаго и геліотропическаго дѣйствія свѣта, о которомъ мы вкратцѣ сказали, извѣстны еще болѣе запутанныя вліянія его на жизнь растенія, которыя не могутъ быть подведены подъ эти точки зрѣнія, но польза которыхъ до сихъ поръ еще не выяснена. У нѣкоторыхъ растеній при довольномъ сильномъ свѣтѣ на тупаетъ особенное состояніе ткани нѣкоторыхъ органовъ, дѣла-

---

\*) Это явленіе естественно не можетъ быть объяснено съ той же самой точки зрѣнія, которая кажется возможна при объясненіи положительнаго геліотропизма.

ющее ихъ способными къ произведенію періодическихъ движеній, независимыхъ въ ихъ направленіи отъ геометрическихъ отношеній падающаго на нихъ свѣта, и продолжающихся послѣ прекращенія освѣщенія. Это состояніе, дѣлающее соотвѣтствующіе органы въ тоже время доступными движеніямъ вслѣдствіе раздраженія, обозначаютъ названіемъ «*фототонъ*», а потерю этого состоянія, наступающую послѣ продолжительнаго пребыванія въ темнотѣ, «*оцѣпеннiемъ отъ темноты*» (Dunkelstarre). Понятно, что для насъ, по вышеприведеннымъ причинамъ, нѣтъ никакой дѣли входить въ разборъ этихъ таинственныхъ явленій \*).

Изъ этого изложенія дѣйствія свѣта на растеніе можно вывести вообще, что отношенія между жизнью растенія и освѣщеніемъ гораздо сложнѣе, чѣмъ мы могли предполагать на основаніи сказаннаго въ самомъ началѣ, а также, что для сельскохозяйственной практики врядъ ли можно извлечь пользу \*\*) изъ этого расширенія значенія солнечнаго свѣта. Уже прежде мы признали, что свѣтъ есть абсолютно необходимое условіе произрастанія, изъ чего намъ можно будетъ впослѣдствіи вывести важныя заключенія относительно растительнаго производства. Дальнѣйшее познаніе полезныхъ дѣйствій свѣта для растительности, необладающихъ къ тому же до сихъ поръ особеннымъ теоретическимъ интересомъ, не прибавитъ ничего къ значенію этихъ заключеній.

Вліянія, сходныя съ описанными или названными подъ конецъ дѣйствіями свѣта, оказываетъ на жизнь растенія сила тяжести, предметъ \*\*\*) , обработка котораго насъ не задержитъ по указаннымъ уже причинамъ. Я ограничусь указаніемъ, что относительное положеніе отдѣльныхъ органовъ растеній опредѣляется необъяснимымъ, но доказаннымъ дѣйствіемъ тяготѣнія (или же и какого нибудь другаго ускоренія, какъ напр. ускоренія центробѣжной силы) на молекулярное расположеніе отлагающихся при ростѣ частицъ, отчего корень долженъ расти внизъ, а стеблевая часть вверхъ, — устройство, безъ котораго также едва-ли мыслимо существованіе растительнаго міра.

\*) Подробности объ этомъ предметѣ см. у Сакса: Handbuch d. Exr. Phys. стр. 39 и 43. Тамъ же относительно всего этого отдѣла дѣйствія свѣта стр. 36—46 и теорія всѣхъ этихъ процессовъ стр. 490—514.

\*\*) За исключеніемъ извѣстныхъ послѣдствій недостатка свѣта для нѣжности растеній при культурѣ спаржи и нѣкоторыхъ другихъ растеній.

\*\*\*) И здѣсь я отсылаю къ Саксу: I. с. стр. 88—112.

Необходимо остановиться еще на минуту на нѣкоторыхъ другихъ пунктахъ и *отвернуть* дальнѣйшія условія, считаемыя условіями произрастанія.

Въ новѣйшее время высказывали \*), что *пространство*, находящееся въ распоряженіи растенія, представляетъ *факторъ производства*, или что величину производства растенія удается регулировать только посредствомъ измѣненія этаго пространства. Последнее, безъ всякаго сомнѣнія, справедливо въ томъ смыслѣ, что растеніе, развивающее свои корни въ относительно маломъ горшкѣ, или въ относительно маломъ разстояніи отъ другихъ растеній, находится въ болѣе неблагоприятныхъ условіяхъ, чѣмъ растеніе, корень котораго пользуется гораздо большимъ количествомъ земли, а также справедливо и въ томъ смыслѣ, что растеніе, зеленые органы котораго не могутъ надлежащимъ образомъ распространяться, или же сжимаются листьями сосѣднихъ растеній, покрываются ими, борется за свое существованіе при условіяхъ гораздо болѣе трудныхъ, чѣмъ другое растеніе, для котораго ограниченій этихъ не существуютъ. Однако самый способъ выраженія здѣсь даетъ поводъ къ недоразумѣніямъ; въ первомъ случаѣ въ меньшемъ объемѣ земли растенію предлагается меньше питательныхъ веществъ, во второмъ случаѣ меньше свѣта, а потому мы здѣсь имѣемъ дѣло не съ новымъ условіемъ произрастанія, но съ *способомъ* выполненія уже извѣстныхъ условій, который можетъ быть обойденъ при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ, до извѣстной степени концентраціею питательныхъ веществъ и свѣта. *Далѣе, то пространство, которое растеніе занимаетъ собственнымъ объемомъ*, при *практическомъ* выполненіи условій произрастанія, вовсе не можетъ бытъ принято во вниманіе, такъ какъ по другимъ причинамъ, при всѣхъ обстоятельствахъ должны имѣться далеко большія пространства.

Необходимо замѣтить, что довольно важно обратить вниманіе на возможное недоразумѣніе относительно этого пункта, такъ какъ для нашего позднѣйшаго изложенія необходимо условія произрастанія растеній знать совершенно точно и возможно яснѣ ихъ выразить.

Роль *электрическихъ силъ* въ жизни растеній также надѣлала много шума, и нерѣдко мнимое участіе электрическихъ процессовъ при явленіяхъ произрастанія прикрывало недостаточное знаніе настоящихъ причинъ этихъ явленій.

---

\*) Ср. объясненіе Гельригея: Landw. Versuchst. 169. стр. 112.

Относительно этого предмета можно сказать, что до сих пор никто никакой причины принимать, что электрическія силы играют какую нибудь роль въ жизни растенія, и всё вызванныя искусственно дѣйствія электричества на физиологическіе процессы растенія оказались *нарушающими* эти процессы, а не способствующими имъ. Этимъ можно бы было и покончить съ предметомъ, если бы избранная нами точка зрѣнія, вслѣдствіе противоположности съ господствующими мнѣніями, не нуждалась въ нѣсколькихъ защитительныхъ словахъ.

Прежде всего нужно напомнить, что въ животномъ организмѣ электричество играетъ большую роль, и что это было первоначально причиною того, что и въ растеніи искали электрическихъ явленій. Однако аппаратъ, который въ животномъ организмѣ должно разсматривать какъ мѣсто совершенія электрическихъ явленій, въ растеніи не могъ быть найденъ (даже ввидѣ отдаленныхъ намековъ). Растеніе не обладаетъ нервною системою, а вмѣстѣ съ нею ему недостаетъ и всѣхъ явленій ощущенія и тѣхъ явленій движенія, толчекъ для которыхъ лежитъ внѣ движимаго органа.

И такъ настоящаго электро-двигательнаго аппарата въ растеніи, насколько намъ извѣстно, не существуетъ, и если удастся вызвать гальваническіе токи весьма малой напряженности \*) посредствомъ особеннаго расположенія отрѣзанныхъ частей растенія, то явленіе это нужно приписать химическому различію сообщающагося клѣточного сока различныхъ тканей (напр. паренхимы и камбиформа) и признавать существованіе его или, по крайней мѣрѣ, физиологическое значеніе въ живомъ растеніи, все таки нельзя \*\*).

Совсѣмъ другое дѣло примѣненіе электричества какъ способа изслѣдованія въ растительной физиологіи. Какъ таковому, ему можно при извѣстныхъ обстоятельствахъ придавать большое значеніе. Однако, какъ уже было сказано, всѣ электрическія дѣйствія оказались вредящими отдѣльнымъ процессамъ произрастанія. Движущаяся прото-

---

\*) Ср. Сакса: Handb. d. Exp. Phys. стр. 83, и обо всемъ предметѣ тамъ же стр. 74—87.

\*\*) Нельзя, правда, сказать совершенно опредѣленно, что электрическая разность клѣточныхъ жидкостей, раздѣленныхъ перепонками, существующая фактически въ очень незначительной степени въ растеніи, не можетъ принести пользы при осмотическихъ процессахъ, такъ какъ мы знаемъ навѣрное, что такія электрическія разности могутъ производить осмотическіе токи. Однако все это еще не доказано.

плазма, подъ вліяніемъ электрическихъ ударовъ, останавливается \*); устья зеленыхъ органовъ закрываются. Точно также органы движенія чувствительныхъ листьевъ относятся къ электрическому раздраженію такъ, какъ относятся они напр. къ механическому сотрясенію и т. д. Короче сказать, измѣненія, производимыя примѣненіемъ электричества, тождественны съ вызываемыми сильными химическими реактивами, ненормальными температурами, непривычными механическими движеніями, и такимъ образомъ съ полнымъ правомъ можно назвать электричество агентомъ вреднымъ для жизни растенія.

Между условіями произрастанія мы пока не дадимъ никакого мѣста электричеству \*\*).

Этимъ можно считать и законченную *первую часть*, въ которой должны были быть установлены условія произрастанія высшихъ хлорофильныхъ растеній.

Результаты послѣднихъ двухъ лекцій можно формулировать такъ:

1. Всякое растеніе для завершения каждаго отдѣльнаго жизненнаго явленія должно находиться между двумя предѣльными температурами, внѣ которыхъ явленія эти прекращаются.

2. Прекращеніе всѣхъ извѣстныхъ характерныхъ жизненныхъ явленій, вслѣдствіе переступленія предѣльныхъ температуръ, не совпадаетъ непремѣнно съ смертью растенія. Если въ теченіе извѣстнаго времени возстановится требуемая температура, то во многихъ случаяхъ наступаютъ снова и прекратившіяся жизненныя явленія.

3. Наступаетъ ли полное угасаніе жизненныхъ явленій, или нѣтъ, это зависитъ, кромѣ степени переступленія предѣльныхъ температуръ, также существенно отъ скорости, съ которой возстановляются нормальныя температуры. Если скорость больше извѣстной величины, то наступаетъ смерть, тогда какъ при медленномъ возвращеніи къ благопріятной температурѣ растеніе, при прочихъ равныхъ обстоятельствахъ, могло бы быть спасено.

---

\*) Движенія протоплазмы гораздо болѣе страдаютъ отъ колебаній тока, чѣмъ отъ абсолютныхъ напряженностей, какъ это слѣдуетъ изъ произведенныхъ опытовъ.

\*\*) Приведеніе этаго положенія имѣетъ нѣкоторую важность на томъ основаніи, что электричеству не только отводили мѣсто въ растительной физиологіи рядомъ съ теплотою и свѣтомъ, но даже часто появлялись сказки, отпечатывавшіяся въ научныхъ журналахъ, по которымъ произведеніе электрическаго тока по окружности участка вызываетъ значительное увеличеніе урожая. Ср. Гельмертъ: *Jahresber. f. Agrikulturehem.* 1859—60 стр. 172; Фихтнеръ и синовыя: тамъ же 1861—62 стр. 284.

4. Существуетъ однако переступленіе предѣльныхъ температуръ, непремѣнно влекущее за собою смерть.

5. Замерзаніе растений не имѣетъ ничего общаго съ образованіемъ внутри ихъ льда.

6. Распределеніе растений по земной поверхности вообще существенно зависитъ только отъ условій теплоты.

7. Полярныя границы распространенія отдѣльныхъ видовъ растений не опредѣляются однѣми только годовыми изотермами.

8. Свѣту принадлежитъ, кромѣ дѣятельности въ хлорофильной клеточкѣ, еще цѣлый рядъ, другихъ полезныхъ для зеленаго растенія дѣйствій.

9. Электрическія силы не принадлежатъ къ внѣшнимъ условіямъ произрастанія.

## Дополнительныя примѣчанія къ первому тому.

Къ стр. 53 вып. I. Въ самое послѣднее время появилась интересная работа *Мюллера* (*Botanische Untersuchungen von J. C. Müller*, Heidelberg, 1872), посвященная вопросу о вліяніи различныхъ лучей солнечнаго спектра на разложение углекислоты зелеными листьями. Онъ употреблялъ не окрашенныя жидкости, а непосредственно солнечный спектръ, въ различныхъ частяхъ котораго помѣщалъ рядъ приборчиковъ, устроенныхъ наподобіе прибора *Тимирязева* (См. мое примѣчаніе на стр. 49); въ каждой стеклянной трубкѣ находилась полоска листа олеандра. Полученный такимъ образомъ свѣтъ оказался настолько слабымъ, что количество углекислоты въ приборахъ не уменьшалось, а увеличивалось, но увеличивалось въ меньшей степени, чѣмъ если бы они находились въ совершенной темнотѣ, изъ чего *Мюллеръ* заключаетъ, что подъ вліяніемъ этого слабого свѣта происходитъ слабое разложение углекислоты, только отчасти покрывающее противоположный процессъ выдѣленія углекислоты, вслѣдствіе дыханія. На основаніи этихъ разностей (и предполагая, конечно, что количество углекислоты, выдѣляемой при дыханіи, остается одинаковымъ во всѣхъ частяхъ спектра) онъ строитъ кривую разложения углекислоты, которая, какъ оказывается, не совпадаетъ ни съ кривою теплородныхъ, ни съ кривою свѣтовыхъ лучей, а представляетъ нѣсколько максимумовъ. Одинъ изъ нихъ находится въ красныхъ лучахъ спектра между фраунгоферовскими линиями В и С, другой (меньшій) совпадаетъ съ линією D. Особенно любопытно полное совпаденіе этихъ максимумовъ съ мѣстами наибольшаго поглощенія лучей въ хлорофиллѣ: если свѣтъ, прошедшій чрезъ растворъ хлорофилла или чрезъ живое хорофильное зерно, разложить призмой, то между В и С и въ D оказываются рѣзкія черныя полосы. И такъ разложение углекислоты вызывается преимущественно тѣми лучами, которые всего сильнѣе поглощаются хлорофилломъ (преимущественно красными).

Примѣч. И. Б.

Къ стр. 72 вып. II. Новѣйшіе опыты, произведенныя *Тимирязевымъ*, показали, что цинкъ способенъ, повидимому, замѣщать желѣзо при зеленѣніи хлорозныхъ растений: листь кукурузы, пораженный хлорозомъ, вслѣдствіе того, что растение было выращено въ водномъ растворѣ, не содержащемъ желѣза, позеленѣлъ послѣ смачиванія цинковою солью. Фактъ этотъ былъ предсказанъ *Тимирязевымъ* въ его диссертациа, на основаніи способности цинка, подобно желѣзу, возвращать зеленый цвѣтъ хлорофиллу, измѣненному отъ дѣйствія свѣта или кислотъ (См. мое примѣч. на стр. 63 вып. I).

Примѣч. И. Б.