

ПРОВЕРЕНО
1933 г.

583574

OK

Литт.

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

26

Д.А.

и

581.4 + 631T

T-41

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ.

T-518

ДН 54г

СБОРНИК ОБЩЕДОСТУПНЫХ ЛЕКЦИЙ

К. Тимирязева.

4265

БИБЛИОТЕКА
Каспского Лесохозяйственного
ИНСТИТУТА
ИНВ. № 56616



Государственное Издательство.
Москва. — 1920.

22267

ПРОВЕРЕНО
1950 г.

Памяти

Жана-Батиста Буссенго

*основателя физиологической школы научного земледелия,
посвящает эти страницы со благодарный ученик
автор.*

ПРОЗЕРЕНО
1950 г.



Памятник БУССЕНГО.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	<i>Стр.</i>
Предисловие к 1-му изданию	VII
I. Наука и земледелец	22
II. Жан-Батист Буссенго	33
III. Физиология растений, как основа рационального земледелия .	75
IV. Основы разумного удобрения (<i>II. Вагнера</i> , перевод <i>К. Тимирязева</i>)	109
V. Борьба растения с засухой	163
VI. Источники азота растений	216
VII. Полвека опытных станций	242
VIII. Опытная станция министерства земледелия на Всероссийской выставке в Нижнем-Новгороде	257
IX. Наглядные приемы изучения физиологии листа	272
X. Лен	301
XI. Возможна ли культура при электрическом свете?	313
XII. Точно ли человечеству грозит близкая гибель?	347
XIII. Новая победа науки над природой	

ПРЕДИСЛОВИЕ.

К первому изданию.

В состав этого сборника вошли публичные лекции на темы из пограничной области земледелия и физиологии растений, читанные на протяжении более чем четверти столетия. Их связывает общая мысль, что «без науки *научной* не было бы науки *прикладной*»¹⁾, — мысль, которую и теперь еще, к сожалению, приходится отстаивать от нападков с самых различных сторон. Вторая, проходящая в них более частная мысль, — что в ряду наук, которые должны лечь в основу рационального земледелия, едва ли не первенствующее место должно отвести физиологии растений (I и II лекции).

Я несколько раз возвращаюсь к мысли об организации ботанико-физиологической опытной станции, даже позволил себе привести подробный проект ее, когда-то с любовью выработанный в надежде на его близкое осуществление (IV лекция). Этой надежде не суждено было оправдаться, но, может-быть, кое-что из моих указаний послужит на пользу кому-нибудь другому. В настоящее время, когда со всех сторон раздаются голоса в пользу народных университетов и вообще учреждений, в которых наука шла бы навстречу потребностям народа, я полагаю, нечто подобное задуманному мною могло бы получить осуществление. Часть этого плана мне удалось, действительно, осуществить на Нижегородской выставке (VIII лекция), а в последние годы меня особенно интересует мысль выработать нечто в этом роде, доступное даже скромным средствам сельской школы (лекция I).

Лекция о льне (III) представляет опыт ботанической монографии возделываемого растения, а в лекции *оо экономии*

Слова А. И. Герцена в письме к М. А. Бакунину.

ческом значении электрического света в культуре растений (V) я указываю, как даже крупные ученые за недостатком физиологических знаний впали в ошибку, слишком высоко оценивая значение этого фактора, который, быть может, ускорит на несколько дней созревание земляники для зимнего банкета богача, но никогда, конечно, не удешевит хлеба бедняка. Вопросу о *засухах*, быть-может, самому существенному для нашего юга, и вопросу о *роли бобовых*, от культуры которых зависит ближайший подъем крестьянского хозяйства центра и севера, посвящены лекции VI и VII. В девятой—рассматриваются последовательно все важнейшие факторы, определяющие питание и рост растения, а следовательно, основы его рациональной культуры, и, наконец, в десятой я указываю, как воображаемая возможность всеобщего бедствия более интересует людей, чем бедствие действительное, неумолимо на них надвигающееся. Заключительные страницы этой последней лекции, к сожалению, и в настоящую минуту не утратили всей своей ужасающей современности¹⁾.

Быть-может, я смотрю на дело пристрастно, но я не могу отрешиться от мысли, что найдется немного областей знания (за исключением, пожалуй, медицины), где бы интересы науки и самые насущные вопросы жизни, я бы мог прибавить—нашей современной жизни, представляли такое тесное сплетение, как в ряде вопросов, затронутых на этих страницах.

К. Тимирязев.

Москва. Январь. 1906.

I.

Наука и земледелец ¹⁾.

На этот раз наша хозяйственная жизнь неизбежно должна сделать шаг вперед, трехполье должно уступить более интенсивным формам хозяйства. «Хозяин», 4-го августа 1905 г.

В первой же очереди своих работ Государственная Дума должна наделить малоземельных и безземельных крестьян землей... Одновременно Государственная Дума должна позаботиться, чтобы во избежание прискорбных последствий нового малоземелья земледельцы получили возможность наилучшей обработки и наилучшего использования земель путем бесплатного приобретения сельско-хозяйственных знаний и при дешевом кредите для приобретения усовершенствованных орудий.

Мнение совета всероссийского съезда старообрядцев. «Русск. Вед.», № 5-й, 1906.

Мм. гг. Я надеюсь, вы не поставите мне в вину, что вместо обычной лекции я позволю себе обратиться к вам с чем-то в роде гражданской проповеди или поучения на тему «Гражданские обязанности современного русского ботаника». Бывают полосы в существовании отдельных ли людей или целых обществ, когда настоятельные задачи жизни властно отодвигают на второй план запросы чистого знания или удовлетворение простой любознательности. Нужно ли объяснять, что мы находимся теперь именно в такой полосе? С другой стороны, и мои годы,—я с радостью вижу перед собой не только бывших учеников, но и учеников своих учеников,—

¹⁾ Лекция, читанная 20-го июля 1905 г. в Демьянове, имении В. И. Ганеева, близ Клина. Второй из приведенных эпиграфов убеждает меня, что я не ошибся в оценке важности и современности затронутого мною в ней вопроса. Он доказывает, как широко уже распространена мысль о настоятельной необходимости научной помощи нашей деревне. Курсив мой.

и продолжительная преподавательская деятельность, быть-может, дают мне некоторое право на этот проповеднический тон. Но даже допуская все это, я полагаю, каждое слово этого заглавия нашей беседы должно представляться вам под знаком вопроса. Положим еще обязанности; всякий человек, в том числе и ботаник, имеет свои обязанности. Но почему гражданские? Почему русского да еще современного?

Если мне удастся вас убедить, что слова эти не нанизаны мною наудачу или только ради сообщения нашей беседе искусственного оттенка современности, я сочту свою задачу выполненной.

Кто из нас не читал в детстве «Путешествия Гулливера», этой ядовитой сатиры на современные автору политические злобы дня, почему-то перешедшей в потомство под видом наивной детской сказки? В одной из своих бесконечных бесед, не по росту мудрый король лиллипутов высказывает Гулливеру такую глубокую истину: «Тот, кто сумел бы вырастить два колоса там, где прежде рос один, две былинки травы, где росла одна, заслужил бы благодарность всего человечества, оказал бы услугу своей стране более, чем все отродие политиканов, взятое вместе».

Желчный сатирик, конечно, ошибался в том, что заботы о поднятии производительности земли противопоставлял деятельности политиков. Или, быть может, как ирландец, он признавал господствующее значение для его родной страны аграрного вопроса. Задача о двух колосьях, быть-может, самый жгучий, самый коренной политический вопрос, который в ближайшем будущем предстоит разрешить и нашей стране.

В настоящее время, разве только какие-нибудь щедринские генералы не сознают, что Россию кормит крестьянин. А он сам зовет своей кормилицей землю. Но так ли оно на деле? Вот что не далее как вчера можно было прочесть в газетах: «По сведениям, поступившим в Высочайше утвержденное под председательством И. Л. Горемыкина совещание об удовлетворении потребностей сельского населения, оказывается, что в общем в 50-ти губерниях количество хлеба, приходящегося на душу обоого пола, не достигает

годовой нормы продовольствия одной души—20 пудов—на 3,4 пуда, т.-е —17%₀ меньше нормы». Тот, кто кормит Россию, сам не доедает. И не доедает потому, что старая кормилица-земля отказывается его попрежнему кормить.

Что же нужно сделать, чтобы разрешить эту задачу о двух колосьях? Кто принесет эту разгадку?—Наука. И прежде всего наука о растении. Потому что истинный кормилец крестьянина—не земля, а растение, и все искусство земледелия состоит в том, чтобы освободить растение и, следовательно, и земледельца от «власти земли». Основатель современного научного земледелия Буссенго (мои молодые слушатели могут видеть в нем прадеда, я сказал, что они ученики моего ученика, а я с гордостью могу считать себя учеником, я даже думаю, единственным русским учеником великого французского ученого) не раз повторял, что во всех случаях сомнения нужно только одно: «спросить мнение растения», т.-е. сделать непосредственные опыты над растением. Один из лучших современных представителей научного земледелия, Грандо, говорит: «Если вникнуть в сущность дела, то все задачи земледелия сводятся к определению и возможно строгому осуществлению условий питания растения». Непонимание этой коренной истины приводило ко многим ошибкам, делало бесплодными, по отношению к главной задаче земледелия, целые направления в науке. Укажу только на два разительных примера. Либих, своею красноречивою проповедью сделавший, быть-может, более чем кто другой для подъема рационального земледелия, в своих чисто дедуктивных химических построениях пренебрег этим «мнением растения» и впал в грубую ошибку по отношению к одному вопросу громадной важности. Убедившись на основании химических анализов, что растение окружено в избытке источниками азота, он выступил со своею одностороннею минеральною теорией, утверждая, что главная забота хозяина должна быть сосредоточена на доставлении растению элементов его золы. «Если бы Либих был прав,—говорил на своих лекциях Буссенго,—то какими жалкими глупцами представлялись бы все мы, земледельцы. Зачем выводим мы длинные вереницы возов нвоза, затрачивая на это

силы рабочих и лошадей, когда можно было бы воспользоваться этим навозом, этою соломой, как топливом, и небольшую кучку золы вывезти в поле на ручной тачке? Но спросим растение, согласно ли оно с мнением Либиха, вывезем в одно поле навоз, а в другое—его золу. Ответ растения был не в пользу гениального немецкого химика. Растение ответило, что оно нуждается и в азоте навоза, а не в одной его золе». Другой пример возьмем из истории научного земледелия у нас. Кто не слышал о нашей школе почвоведения, считавшей своим главой профессора Докучаева? Она поглотила десятки тысяч земских и казенных средств,—а что дала она для русского земледелия и крестьянского в особенности, что дала она для вопроса, как получить два колоса там, где родится один? А между тем, если бы эти средства были затрачены на простейшие полевые опыты, если бы у нас было не по одному какому-нибудь опытному полю на уезд, а десятки, сотни дешевых опытных полей, то наш крестьянин знал бы, само растение подсказало бы ему, что ему нужно в каждом отдельном случае¹⁾. Видеть в почве, независимо от

¹⁾ Эта совершенно справедливая оценка значения докучаевского почвоведения для земледелия, особенно крестьянского, привела в бешенство одного „докучаевца“, который не нашел себе в защиту лучшего оружия, как инсинуацию, что моя статья была рекламой в пользу торговцев минеральными удобрениями. (А. Ярилов в „Почвоведении“, 1907 г., стр. 74).

Вот как, наоборот, отозвался на мою статью человек сведущий и честный—А. И. Чупров. „Сейчас я прочел в „Русских Ведомостях“, сегодня мною полученных, ваши превосходные фельетоны „Наука и земледелец“. Вы представить себе не можете, как радостно было мне, забытому на далекой чужбине, услышать доброе упоминание своего имени из уст человека, к которому с давних пор я привык питать чувства искреннейшего почтения и самой глубокой симпатии. Да и в каких статьях вы удостоили мою работу сочувственного отзыва? В таких, где каждая строка представляет своего рода перл, где живым ключом бьет ваца горячая любовь к народу, ваша одушевленная вера в избавительную миссию науки, а с другой стороны—ваш неподражаемый талант изложения, не убывающий, а как будто еще прибавляющийся с годами. В ваших статьях выражены мысли, которые давно таились в моей душе, но которых я никогда не сумел бы развить и передать в такой блестящей форме. Я уверен, что при широкой популярности вашего имени пара ваших фельетонов сделает больше для распространения содержащихся в них благотворных идей, чем десятки книг в роде моих. Великое спасибо и за то, что сочли за

растения, самодовлеющий предмет изучения, с точки зрения хозяина, конечно, громадная ошибка.

Совершенно другие результаты дает другой прием исследования, который центральным предметом считает возделываемое растение и его нужды, а все остальное—почву, климат и пр. — рассматривает только по отношению к нему. Это — созданный Буссенго прием так называемых *вегетационных* опытов, давших уже такие блестящие результаты в руках наших талантливых ученых Вотчала, Коссовича, Прянишникова, труды которых оценены по достоинству и за пределами России.

Что же узнаем мы из своего научного допроса растения? Какие из этих сведений находят себе непосредственное применение? Какие, наконец, из этих сведений может и должен применять наш крестьянин для того, чтобы вырваться из своей ужасной доли?

Ему, так или иначе, нужно догнать своих европейских собратьев и соперников, от которых он отстал ни более ни менее, как на два столетия.

Немецкие историки земледелия повествуют, что немецкий земледелец в конце XVIII века был спасен от гибели горячею проповедью культуры клевера и других бобовых растений. Известно, какую роль в этой проповеди сыграли Шубарт и Иосиф II. Только через сто лет наука, в лабораторных опытах Гельригеля, дала верный ключ к пониманию этого явления. Она показала, что подозревали уже и практики (как, напр., Буссенго), что при содействии этих растений земледелец обогащается на счет дарового источника азота свободной, еще никогда не признававшей над собою собственника, атмосферы. К этому более чем вековому завоеванию Запада наше крестьянство, во всей его совокупности, едва только начинает приобщаться. Некоторые земства, земские агрономы являются проводниками этого важнейшего условия подъема

блага поделиться с публикой своими мыслями по важнейшему вопросу русской народной экономики, и за то, что связали с этим вопросом мою работу!" Как отозвался о моей статье другой сведущий и честный человек—М. Я. Герценштейн—я имел случай упомянуть в другом месте («Опыты с минеральными удобрениями». Москва. 1909 г., стр. XXII).

крестьянского земледелия; упомянем имена Бажаева и Зубрилина. Вот перед вами наглядная стенная таблица, показывающая, как можно перейти от крестьянского трехполья к клеверному хозяйству ¹⁾).

Таким образом, в этом отношении наше крестьянское хозяйство напоминает положение западного хозяйства в исходе XVIII века. Но европейский хозяин не проспал весь XIX век; он приобрел еще новое учение, которое, может быть, дало еще более могучий толчок его деятельности, еще более увеличило производительность земли. Это—учение об *искусственных* минеральных удобрениях. Оно возникло и развилось, можно сказать, на глазах нашего поколения. Живо помню следующий факт, относящийся к моим студенческим годам. А. В. Советов защищал в Петербургском университете свою диссертацию «О системах земледелия» на степень доктора,—первого доктора земледелия в России. В числе оппонентов был Д. И. Менделеев, указавший на пробел в диссертации, на отсутствие в числе систем—системы, основанной на применении химических, минеральных удобрений, на что докторант самым убежденным тоном возражал: «Димитрий Иванович! Помилуйте! Да какая же это система? Кабинетная, лабораторная!» И вот, на глазах одного поколения, эта кабинетная система стала чуть не самой выдающейся чертой, по крайней мере в тех странах, где земледелие старается наиболее использовать свои научные основы. Вот перед нами роскошно, словно альбом, изданный толстый том in 4^o ²⁾), поясняющий при помощи фотографий и всевозможных график значение и громадный рост применения одного только минерального удобрения—селитры. Укажу на одну только цифру: в начале 40-х годов ввоз этого удобрения в Европу равнялся 14.640 тоннам в год, а в 1903 г. он возрос до 1.136.300 тонн. На долю России из всего этого количества выпадал только 1%.

Конечно, еще более поразительные итоги дало бы распространение за этот период фосфорнокислых удобрений.

¹⁾ „В чем польза травосеяния“. Агр. Кочеткова. Изд. И. И. Горбунова.

²⁾ В четвертую долю листа.

Но если до нашего крестьянина едва доходит слух о том, чем уже начинал пользоваться немецкий в XVIII столетии, т.-е. о клевере, то минеральные удобрения ему, конечно, еще менее известны и доступны, а между тем, может быть, именно они пришли бы ему на выручку в период ломки его трехполя, возместив вынужденное сокращение площади под хлебами повышением их урожайности.

Нельзя без известного чувства зависти видеть то, что делается в этом направлении, не говоря уже о Германии, в настоящее время в Италии, и притом едва ли не в форме, наиболее доступной для нашего подражания. А. И. Чупров в ряде любопытных фельетонов в *«Русских Ведомостях»* и в превосходном курсе лекций, читанном в парижской Высшей Школе, — курсе, который нельзя достаточно рекомендовать интересующимся этим самым насущным вопросом современной русской действительности ¹⁾, сообщает любопытные сведения о том, чего достигает наука, когда идет навстречу нуждам земледельца, не дожидаясь, чтобы он сам проведаль, что она может для него сделать. Мне также привелось кое-что видеть в северной Италии. Уже всякий сколько-нибудь внимательный турист из окон своего вагона может заметить на многих станциях Ломбардии, между пестрыми афишами, рекламами и плакатами, известные фотографические таблицы Вагнера, поясняющие действие минеральных удобрений, — развешанные чьей-то заботливой рукой в расчете, что они невольно обратят на себя внимание поджидающих поезда окрестных земледельцев.

Но, конечно, самым успешным орудием научной пропаганды является «странствующая кафедра, *cattedra ambulante*», т.-е. наука, идущая чуть не на дом земледельца, разыскивающая его в деревне и говорящая ему на вполне доступном ему языке и в форме, прямо затрагивающей его насущные потребности. Я слышал одного из этих странствующих профессоров, Чезаре Форти, автора целого ряда популярных книг по земледелию и редактора ежемесячной агрономиче-

¹⁾ *«Русская Высшая Школа общественных наук в Париже»*. С. П. Б. 1905. Нельзя не пожелать, чтобы лекции А. И. Чупрова вышли отдельным изданием.

ской газетки «*La Campagna*» («Деревня»), по 25 сантимов¹. за номер. Речь шла о применении фосфорнокислых удобрений и важности отбора семян для посева. Изложение было до того просто и ясно, что бывший со мною сын-студент, с грехом пополам знавший итальянский язык и еще менее—предмет лекции, мог все понять. Помещение, что-то в роде нашего волостного правления, украшенное портретом короля и еще более неизбежным портретом Гарибальди, не вмещало слушателей, загорелых крестьян прямо от плуга; остальные теснились на дворе у открытых окон. Подметил я между слушавшими и патера. За лекцией последовала беседа, в которой мне особенно понравилось искреннее обращение к присутствовавшему одного старика, убеждавшего их, что лектор, хотя и ученый, а говорит дело и на его советы можно положиться. Тот же профессор несколько раз в неделю в двух городах в течение целого утра принимает всех, кто желает к нему обратиться за советом. Приемная комната находится в нижнем этаже, и на двери—крупная надпись: «Входите без звонка»,—ничтожная подробность, указывающая на заботу, чтобы крестьянин не стеснялся, как бы не обеспокоить «господина профессора». Тут же рядом—склад семян, удобрений, орудий. Можно сказать, что странствующий профессор является каким-то земным провидением бедного земледельца. Он является в его глушь для того, чтобы заронить в него луч надежды на возможное улучшение его положения; он подает ему прямой практический совет относительно выбора удобрения, семян и пр.; он снабжает его всем этим, ограждая его от ошибок или так широко распространенного обмана; он, наконец, помогает ему добыть на выгодных условиях необходимые на то деньги, являясь посредником и поручителем между ним и учреждениями мелкого кредита.

Но каким путем узнаем мы, что необходимо для благоприятного развития растения, так как видели, что к этому сводится, в конце-концов, основная задача земледелия. Этому учит прямой опыт: научный—в лаборатории и практический—в поле. Сделать доступным,—вполне доступным,—пониманию

¹) Приблизительно 6 коп.

простого земледельца этот опыт — лучшее средство подать ему мысль повторить его в своем хозяйстве. Этого может достигнуть, с одной стороны, школа, с другой — опытное поле.

Что касается первой стороны, то я убежден, что основные факты, на которых зиждется все учение о рациональном земледелии, могут быть показаны в упрощенной и, глав-



ное, удешевленной форме чуть не во всякой сельской школе. В 1896 году на Нижегородской выставке мне удалось показать эти опыты тысячам посетителей, в том числе и многочисленным крестьянам, в так называемой теплице для искусственных культур (см. VIII лекцию). Это был первый и, насколько мне известно, до сих пор единственный не только

у нас, но и на Западе пример такой широкой и наглядной пропаганды законов питания растений, лежащих в основе их разумной культуры. Но обстановка этих опытов была роскошная, так как самая теплица и ее приспособления предназначались для научных работ на широкую ногу. В настоящее время она находится в распоряжении профессора Прянишникова в Петровском-Разумовском; в ней он и производил первые свои замечательные исследования. С тех пор меня преследовала мысль выработать вместо подобной теплицы, стоящей тысячи рублей, что-нибудь, как я сказал, доступное средствам сельской школы, и вы будете в состоянии после лекции убедиться, что это мне, кажется, вполне удалось.

Вместо сооружения из стекла и железа системы рельсов и катающихся на них вагонеток, рассчитанных на сотни культурных сосудов, я сделал легонькую клетку из деревянных рам, затянутых проволочною сеткой и собирающихся на крючках, так что на зиму все может быть разобрано и внесено в сарай или даже комнату, занимая очень мало места. По предложенной мною еще ранее системе¹⁾, неподвижными остаются растения, а клетка надвигается на них на ночь или в непогоду, — в этом ведь все значение теплиц, так как растение постоянно должно находиться на открытом воздухе²⁾. Двигается клетка не по дорого стоящим рельсам, а по двум брускам с выбранными в них шпунтами и привинченными к шести сваям, так что осенью и зимой и эта часть также разбирается; не подвергаясь порче. Сосуды погружаются в землю, в обложенные листовым железом гнезда³⁾, вследствие чего корни находятся при более нормальной температуре, а одновременно сокращаются размеры клетки в высоту, чем достигается большая легкость и устойчивость⁴⁾. Клетка рассчитана на восемь, десять больших сосудов, и этого числа

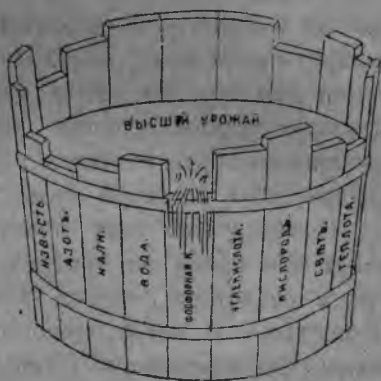
1) См. лекцию.

2) Клетка движется на двух парах маленьких медных роликов, употребляемых для задвижных дверей. Ночью и в дождь накидывается брезент (переброшенный через перила балкона).

3) Еще лучше широкое гончарные трубы.

4) Размеры клетки: высота 3 арш., длина $1\frac{1}{2}$ арш., ширина 1 арш 3 вершка.

достаточно для показания значения главных удобрительных веществ и зависимости питания бобовых растений от присутствия в почве бактерий ¹⁾. Для целей преподавания это пособие, стоящее вместе с посудой и прочим каких-нибудь 20—30 рублей, неопределимо и по убедительности результатов не уступает пособиям, обходящимся, как мы видели, тысячи рублей. А между тем ничто не может сравниться с впечатлением, которое выносят люди, не знакомые с наукой ²⁾, при виде могучих экземпляров ржи или овса, никогда не имевших под собою земли и выращенных в воде со щепоткой удобрительных солей, или при виде клевера в прокаленном белом песке — то здорового, как в лучшей полевой почве, если к песку прибавлен какой-нибудь наперсток настоя обыкновенной почвы, содержащей бактерии, — то жалкого заморыша, если этого настоя не было прилито. Тот, кто в школе собственными глазами видел эти факты, уже не по доверию только к словам



«верного человека», а на собственном опыте убедился в этих двух основах современной улучшенной культуры. Ему нетрудно объяснить и два основных закона, — «возврата» и *minimum'a* ³⁾. Кстати, вот и красивое наглядное, придуманное одним немецким ученым, пояснение этого последнего. Это — кадка, на отдельных звеньях которой надписаны различные составные части пищи растения и общие условия его суще-

¹⁾ Опыты к тому же могут меняться из года в год, а полученные растения засушиваться, составляя мало-по-малу ценную коллекцию — сельский музей.

²⁾ Говорю это на основании собственных наблюдений над многочисленными посетителями на Нижегородской выставке.

³⁾ Закон зависимости урожая от питательного вещества (или вообще условия), присутствующего в наименьшем количестве (минимуме).

ствования; звенья спилены на различной высоте, и понятно, что количество воды, которое может вместить эта кадка, зависит от уровня, соответствующего самому короткому звену. Так и в поле, очевидно, урожай зависит от того вещества или вообще условия, которого всего менее; напрасно стали бы мы увеличивать количество других, — высоту других звеньев, — большего урожая в нашу кадку-поле мы не вместим. Определить, какое именно это вещество, — конечно, самый важный вопрос в каждом данном случае. Ответ на него может дать только опыт в поле.

Отсюда понятно, что решающее значение остается за опытом в поле, — за опытным полем. Прежде, чем решиться удобрять свое поле, необходимо испробовать действие удобрения при тех же самых условиях, но в малых размерах. Никакие дорого стоящие химические анализы почвы или почвенные карты не дадут того, что дает стоящий несколько рублей опыт на своем поле.

Почти 40 лет тому назад мне пришлось быть наблюдателем при одном из четырех опытных полей, организованных в различных местах России Вольным Экономическим Обществом. И тогда уже, несмотря на то, что в той местности (Симбирской губ.) еще не приходилось жаловаться на голодовки, опыты обратили на себя внимание крестьян. Как сейчас вижу одного старика, который, при рассыпке минеральных удобрений, лукаво заметил: «И хитер же немец: хочет, чтобы хлеб прямо с солью уродился!» Но и он, хотя год вследствие засухи был очень неблагоприятный для опытов, должен был согласиться, что овес на некоторых делянках, именно удобренных фосфорнокислыми солями, уродился гораздо лучше. К сожалению, дело ограничилось этими четырьмя полями, — а что было бы, если бы за ними последовали 40, 400, 4000? Значение опытных или показных полей растет с их числом. И здесь, как в большей части наших начинаний, главной ошибкой, как я полагаю, была дороговизна опытов. Метеорологическая станция с дорогими инструментами, значительная площадь поля, многочисленность сразу поставленных опытов, а главное, дорого оплачиваемый специальный наблюдатель, — все это, возвышая затраты, огра-

ничивало число и устраняло возможность повторения опытов. А между тем мне кажется очевидной истина, что полевой опыт должен идти навстречу нужде крестьянина, а не дожидаться, пока он сам про них узнает, их разыщет. Очевидно, что опытные поля должны быть упрощены, удешевлены, и благодаря этому их число неограниченно размножено. Ведь и достигает своей цели этот опыт всего лучше, когда производится именно при тех условиях, при которых предполагается использовать его указания.

Эта дешевизна прежде всего должна быть осуществлена устранением самого дорогого условия, — специального штатного наблюдателя. В этом смысле я и обращаюсь с призывом к *ботаникам*, понимая под этим не цехового ученого, а всякого успешного приобрести те по существу ботанико-физиологические знания, которые для этого наиболее важны ¹⁾. Любой ученик земледельческой школы, высшей или средней, студент-натуралист, техник, сельский учитель, священник, грамотный крестьянин, услышавший кое-что в школе, прочтя несколько толковых книжек, могут приобрести сведения, необходимые для роли наблюдателя. Обыкновенно, дорого стоящие метеорологические наблюдения с их записями, приковывающими наблюдателя к месту, очень ценные при обсуждении результатов с общей точки зрения, для чисто местных задач в большей части случаев могут быть опущены, так как главное условие опыта — сравнение с соседними полями — всегда налицо, и это самое существенное ²⁾. Наблюдение за разбивкой участка, развеской, распределением удобрений и равномерным посевом потребует немного времени. Главное условие опыта, возможность выражения его в числах урожая и расхода, возможность оценить его и с экономической точки зрения, мне кажется, вполне достигается даже при сведении опытного участка к возможно малым размерам. Этим, понятно, сокращается риск излишних затрат на удобрение и труд обработки. Этот последний, конечно,

¹⁾ Не даром Буссенго в заголовке своих трудов за словами *агрномия гиния* поставил *физиология*.

²⁾ Наиболее важный метеорологический прибор, *простейший* дождемер, и не дорог, и менее всего хлопотлив для наблюдателя.

очень незначительно превышает обыкновенный; несколько хлопотливой является уборка урожая, молотья и прочее, отдельные с каждой делянки. Что касается количественной оценки урожая, то, конечно, лучше располагать не так уже дорого стоящими десятичными весами (которые к тому же могли бы разъезжать с места на место), но, пожалуй, в виду сравнительных результатов, можно было бы вместо веса ограничиться мерой. Наконец, засушенные экземпляры и ставшая столь доступной и дешевой фотография придут на помощь для сохранения результатов опыта ¹⁾.

Размеры опытного участка могли бы, мне кажется, быть значительно сокращены в сравнении с общепринятыми. После нашей беседы я приглашу вас посмотреть небольшое опытное поле, которое мы, в виде пробы, разбили в этом году. Под ним всего $\frac{1}{8}$ десятины, и тем не менее, мне кажется, оно может дать ответ на первые, самые существенные вопросы. Опыт на первый раз должен ответить, в каком из трех основных удобрительных начал (т.-е. азота, фосфорной кислоты и калийных солей) наиболее нуждается здешняя почва, которое из трех находится в ней в наименьшем количестве, в *minimum'e*. Я остановился на той остроумной форме этих опытов, которая описана, между прочим, в брошюре А. Шаллера ²⁾.

Весь участок разбит на восемь делянок. Каждые четыре получают по одному удобрению таким образом, чтобы одно удобрение отчасти налегало на другое, оставляя одну делянку для сравнения неудобренной. В итоге получается во-

¹⁾ Сорок лет тому назад мне приходилось срисовывать типические экземпляры при помощи камеры-люциды.

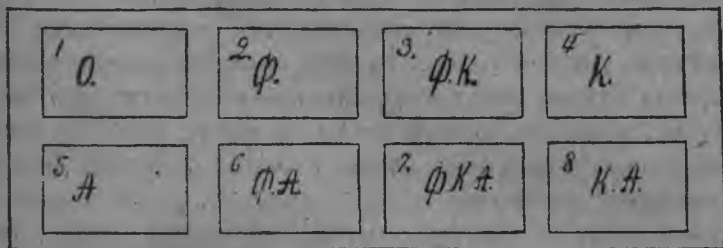
²⁾ „*Важнейшие искусственные удобрения и их применение в сельском хозяйстве*“. Агр. А. Шаллера. Изд. Тентелевского химич. зав. Спб. 1905. Могу рекомендовать ее всем желающим ознакомиться с производством таких опытов. Тем, кто пожелали бы основательно ознакомиться с делом, конечно, нельзя рекомендовать ничего лучше книги пр. Прянишникова „*Учение об удобрении*“. Москва, 1903, а также „*Вегетационный метод в агрономии*“, Н. К. Недокучаева. Москва, 1902 г. См. особенно предисловие проф. Д. Н. Прянишникова.

Краткое руководство к постановке вегетационных опытов А. Г. Доренко. Москва. 1909.

семь сочетаний: без удобрения (О), по одному удобрению (А. Ф. К.), по два (Ф. А.—К. А.—Ф. К.) и полное удобрение (Ф. К. А.). Уже и теперь (в июле) опыт дает ясный ответ, в каком удобрении наиболее нуждается почва. Несомненно, в фосфорнокислом; смежные участки (О) и (Ф) представляют такое резкое различие, которое убедит любого Фому

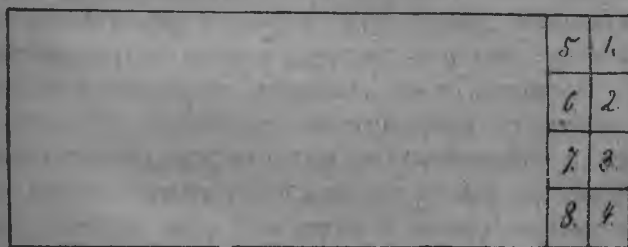
4½ а. 6 с. 3 а

2 а
4 с



10 саж.

30 саж.



30 саж.

80 саж.

10 саж.

неверного. С другой стороны, роскошная темно-зеленая, представляющая склонность к полеганию растительность (посеян был овес) на четырех делянках, получивших азотное удобрение (на первый раз в форме селитры), получила его, очевидно, в избытке. Таким образом, этот первый опыт, имеющий только характер так называемого анализа почвы растением, уже ясно намечает, какое вещество находится в избытке, и указывает

направление для дальнейших опытов. Следующий вопрос может быть прямо экономический, в какой форме (т.-е. суперфосфата, томова-шлака и т. д.) и в каком количестве вносить удобрения, чтобы не только увеличить урожай, но и обеспечить его наибольшую доходность. Как сказано, в участке всего $\frac{1}{8}$ десятины, на каждую делянку (за вычетом меж) приходится $\frac{1}{100}$ десятины, так что расчет очень прост. На десятину придется израсходовать, примерно, столько же рублей, сколько на делянку израсходовано копеек.

Не стану утомлять вас дальнейшими техническими подробностями; я хотел только, на двух примерах, показать вам, как тысячи рублей могут быть заменены рублями, рубли — копейками, и вполне точный и в то же время наиболее практический опыт может быть введен в обиход сельской школы крестьянского хозяйства.

Самой дорогой частью опытов, как я уже сказал, все же остается содержание многочисленного персонала специальных наблюдателей. В умножении числа этих наблюдателей, в призыве их к бескорыстному труду «на народной ниве», в буквальном смысле этого слова, и заключалась вся цель этой беседы. Это я и разумел, говоря о гражданских обязанностях ботаника, т.-е. обязанностях всякого обладающего или могущего вооружиться сведениями о потребностях растения и основанных на них приемах разумного земледелия,—делиться ими, и не на словах только, а при помощи убедительного опыта, с теми, кто еще лишены этих знаний. Если бы мы пожелали выразить в виде только что упомянутой кадки-модели, какое общее условие успеха находится у нашего крестьянина в *mind*, то, вероятно, на самом коротком звене нашей кадочки пришлось бы написать слово *знание*. Убедите его не рассуждением, а бросающимся в глаза опытом, и он, конечно, сделает все возможное, чтобы последовать указанию этого опыта. «Если я знаю,—говорит А. И. Чупров,—что мешок суперфосфата может удвоить у меня урожай ржи, и имею в кармане 3 р. 50 к., чтобы приобрести его, то никакая сила не может помешать мне применить эту простую операцию на моей ниве. Оттого раз в умы населения проникает сознание целесообразности

тех или других улучшений, они осуществляются с поразительной быстротой ¹⁾).

Но точно ли это распространение знаний должно быть отнесено к числу наиболее настоятельных потребностей современного крестьянского хозяйства? Мы знаем, что на ближайшей очереди стоит аграрный вопрос, — вопрос о крестьянском малоземелье. А. И. Чупров, в своих превосходных лекциях, о которых уже не раз приходилось упоминать, доказывает, что самое радикальное разрешение этого вопроса только отодвинет его и очень не надолго. По его расчету, увеличение общей площади крестьянского землевладения возможно только на 42⁰/₀. А это значит, что при современном росте населения через каких-нибудь пятнадцать лет перед нами встанет тот же грозный призрак малоземелья, с тою только разницею, что тогда мы будем стоять перед роковым физическим фактом, перед которым будут бессильны какие-либо законодательные меры. Но что такое 15 лет в жизни народа? Мы трижды пережили этот срок с 19-го февраля, и на много ли возросла за это время производительность крестьянского земледелия? Неужели по истечении этих 15-ти лет русский народ явит собой пример, оправдывающий теорию Мальтуса, — эту теорию, которую с негодованием всегда отвергали русские экономисты, — вспомним хотя бы только Чернышевского. Закон Мальтуса грозен только для бессознательных существ; творческая мысль человека его себе подчиняет ²⁾. Обратимся снова к лекциям А. И. Чупрова, и мы увидим, что технические улучшения могут возвысить урожайность крестьянских полей, если взять для примера Германию, не на 42⁰/₀, а на 200⁰/₀, 300⁰/₀, пожалуй, на 400⁰/₀ —

¹⁾ В эту минуту, когда я пишу эти строки, я получил превосходное исследование профессора Коссовича („Журнал Опытной Агрономии“, 1905, — VI), обнаружившее еще новое драгоценное свойство этого „мешка суперфосфата“. В нем проф. Коссович открывает верное средство бороться с так называемым *клеверо-утомлением*, служившим так долго загадкой для всех ученых Запада и препятствием к более широкому применению культуры этого растения и у нас. Новая победа „вегетационного приема“

²⁾ См. мою речь „Столетние итоги физиологии растений“ в сборнике „Насущные задачи естествознания“ стр. 105, и отдельную брошюру

500%. Вот в каком направлении должны мы направить поиски в борьбе с надвигающимся призраком *вторичного* и окончательного малоземелья; и терять времени не приходится, так как знание и умение, для того необходимые, не даются указами или предписаниями. Но возраят: все это, может-быть, и верно, но, тем не менее, подъем нашего крестьянского хозяйства до уровня немецкого невозможен. Откуда взять необходимые на то средства? Я полагаю, мы разучились понимать истинный смысл этого слова — невозможно. Мы привыкли считать самое невозможное возможным, а невозможным — только безусловно неизбежное. Возможно, чтобы нищий крестьянин вынес на своих плечах искусственно *поощряемую* промышленность ¹⁾; возможно, чтобы он своим трудом десятки лет поддерживал мудрую политику вооруженного мира, этого вернейшего средства нажить ненависть чужих народов, разоряя свой; возможно, наконец, чтобы он оплатил своим трудом, своею кровью безумнейшую из войн. Все это возможно, — невозможным оказывается только дать ему передохнуть, воздержаться на время от этих поощрений и непроизводительных затрат, попридержать у себя эти миллиарды для поднятия плодородия земли, уже отказывающейся его кормить. Не уместно ли в применении к «народной ниве» вспомнить закон «возврата», вспомнить, что нельзя непрерывно расходовать ее плодородие, забывая о необходимости возвращать ей хотя бы часть извлеченных из нее богатств или хотя бы дать ей набраться ловых сил, отдохнуть в залежи ²⁾. Как бы то ни было, но утверждать, что это невозможно, значит утверждать, что дальнейшее существование русского народа на широком просторе его родины невозможно.

¹⁾ Несколько лет тому назад по поводу голода я уже говорил: „А кто же будет поощрять того, кто каким-то злым роком призван сам всех поощрять?“ (См. X лекцию.)

²⁾ „Нужды народного образования и агрономической помощи так насущны, так неизбежны, что государственный бюджет свободной России не может их игнорировать.“ „Воляки“, 3-го ноября 1905 г. В настоящее время в России, действительно свободной, слова эти приобретают еще большее значение (1918).

Вопрос, как прицаться за осуществление этой экономической задачи, выходит за пределы моей компетенции. Могу только еще и еще раз указать на прекрасный труд профессора Чупрова, дающий обстоятельный ответ на этот вопрос на основании примеров Запада.

Подвожу итог. Поднятие крестьянского земледелия — самая существенная задача, прямо или косвенно касающаяся каждого русского гражданина. Ее современность вытекает из ее неотложности. Существенную помощь ее осуществлению может оказать широкое распространение тех научных знаний, на которые опирается разумное земледелие на Западе. Из этих знаний самое доступное пониманию и непосредственно отвечающее на ближайшие запросы практики дает толково поставленный опыт, показывающий непосредственные потребности возделываемых растений вообще и в условиях каждого отдельного случая в частности. Эти знания могут дать сельская школа и опытное поле. Сделать эти орудия знания возможно доступными, возможно дешевыми, возможно широко распространенными, — вот что, по моему мнению, составляет обязанность людей науки, разумея под этим словом всех тех, кто убежден, что наука является важнейшим условием успеха в развитии человечества, умственном, нравственном и материальном.

Несколько лет тому назад я высказал глубокое свое убеждение, что лозунг надвигающегося будущего — «Наука и демократия»¹⁾, и нигде, я думаю, они не соприкасаются так ясно, как в этой области земледелия, где наука является могучим, непосредственным орудием для увеличения производительности труда. Не следует забывать, — говорил я еще ранее, — что «современный буржуазный строй не отказывает науке в известном почете; он готов ей предоставить крупницы, падающие с роскошной трапезы капитализма, и это невольно заставляет задуматься о будущности этой науки: разделяя с сегодняшними победителями их добычу, не будет ли она когда-нибудь вместе с ними привлечена к ответу»²⁾. Но, с

1) „Насущные задачи современного естествознания“, стр. XXII.

2) Предисловие к переводу „Наука и нравственность“. Бергло. Москва, 1898.

другой стороны, и демократия, которая отшатнулась бы от науки, скоро стала бы сама рабой природы.

В Париже, богатом столькими новыми памятниками, в которых нашла себе выражение совершенно исключительная талантливость современных французских скульпторов, есть один, к сожалению, почти неизвестный туристам и даже мало известный самим парижанам. Это—поставленный в 1895 г. по международной подписке памятник Буссенго ¹⁾. За решеткою небольшого дворика Консерватории искусств и ремесел, этого первого народного университета, создания Великой французской революции, под окнами аудитории, в которой в течение десятков лет знаменитый ученый собирал самых разнообразных слушателей, от профессора до простого рабочего, возвышается на невысокой колонке красного мрамора его бронзовый бюст. У подножия колонны две также бронзовых фигуры. Одна—молодая женщина, задрапированная в изящные складки античной одежды, присела на цоколь; она окружена атрибутами науки, — ретортами, колбами; в левой руке она держит книгу, которую только что читала, а властным движением правой указывает на землю. Очевидно, она дает совет стоящему перед ней работнику. Могучий, стройный, он опирается на мотыгу, которой только что в поте лица возделывал благодарную землю, родящую только «тернии и волчеч». Во всей фигуре его видно напряженное внимание; он весь — слух, а на лице уже скользит радостная улыбка: он угадал смысл ее речей, перед ним уже раскрываются новые горизонты плодотворного, разумного труда. Эта группа— *Наука и земледelec* (см. заглавный рисунок)— едва ли не лучшее произведение талантливого Далю. Невозможно было бы удачнее воплотить в пластические образы эту идею союза знания и труда ²⁾.

Но мне, может-быть, готовы сделать возражение совсем иного рода: выгода такого союза не будет ли односторонней,

¹⁾ В 1890 г. я хотел прочесть в пользу этого фонда публичную лекцию, но московская администрация мне этого не разрешила.

Далю, сын ремесленника, сам близко стоял к трудящимся. После коммуны 1871 г. он бежал в Англию и только спустя много лет мог вернуться в Париж, который украсил целым рядом своих произведений.

не будет ли деятельность науки чисто служебная, подчиненная; не забываю ли я о главной созидательной, творческой роли науки научной¹⁾, отличающей ее от науки прикладной? Ответ на это дан уже давно; его дал ровно сто лет тому назад знаменитый химик, сэр Гёмфри Дэви, во вступительной лекции курса агрономической химии,—вероятно, самой первой публичной лекции, когда-либо читанной на занимающую нас тему²⁾. «Научные открытия в области земледелия принадлежат не известному только времени и месту, их благодеяния распространяются на будущие века, на все человечество, открывая средства для существования еще грядущим поколениям. Благодаря этим открытиям, возрастает не только сумма жизни на земле, но увеличиваются и радости жизни.

«Сколько наук изучаем мы с увлечением и преданностью ради того только, что они доставляют наслаждение нашим утонченным умам, расширяя наш кругозор, доставляя более верное представление об окружающем нас мире. Во сколько же раз более заслуживает нашего внимания эта область исследования, в которой наслаждение, доставляемое открытиями новых истин, приобретением новых знаний, так же велико, как в любой отрасли наук или философии, а сверх того сопровождается сознанием очевидной, непосредственной полезности.

„Nihil est melius, nihil uberius, nihil homine libero dignius!“³⁾

Не пришла ли пора и у нас каждому, кто может и как может, приняться за дело, которое великий ученый самого свободного народа в мире еще сто лет тому назад провозглашал «наиболее достойным свободных людей?»

1) Выражение А. И. Герцена.

2) Дэви, как и Буссенго, как и Грандо, определял так главную задачу агрономической химии: „Она имеет своим предметом изменения и превращения вещества, связанные с ростом и питанием растения“, т.-е. то именно что составляет главное содержание, еще почти не существовавшей в его время, физиологии растений.

3) Нет дела лучше этого, более плодотворного, более достойного свободных людей.

II.

Жан-Батист Буссенго.

(БИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И ЛИЧНЫЕ ВОСПОМИНАНИЯ¹⁾).



Ж. Б. Буссенго принадлежит к числу немногих французских ученых, родившихся в Париже, и родной город, несомненно, наложил на него свой отпечаток. Строгий скептицизм в науке и необычайная живость ума, ключом бившее остроумие, на лекциях ли, или в личных сношениях, поражали каждого к нему приближавшегося. Стоило его видеть, по понедельникам ли в заседаниях Института, или по средам в Société nationale d'agriculture, этой агрономической академии

наук²⁾, чтобы убедиться в этом последнем его качестве. Несмотря на преклонные годы и довольно-таки грузную фигуру, он, повидимому, не мог усидеть на месте, подсаживаясь то к той, то к другой группе своих коллег, причем каждый раз его приближение сопровождалось плохо сдерживаемым торжественностью обстановки взрывом смеха. Если мы прибавим к этому строго определенные республи-

¹⁾ Читано в Ботаническом отделе общества любителей естествознания в Москве осенью 1887 г.

²⁾ Теперь она уже носит это название. (Примеч. 1918).

канские убеждения, которым он никогда не изменял, то получим симпатичный тип парижанина, понимая это слово, конечно, в его лучшем смысле.

Родился Буссенго 2 февраля 1802 года, специальное образование получил в горной школе С.-Этьена и уже двадцати лет, напутствуемый Гумбольдтом, устремился применять свои знания в Южную Америку. Здесь он поддался обаянию человека, который для поколения наших отцов был чем-то в роде Гарибальди для нашего,—воспоминание о нем сохранилось в шляпе à la Bolivar, которую мы видим в руках Пушкина на его памятнике. До глубокой старости Буссенго не мог освободиться от этого обаяния и любил вспоминать своего героя, неизменно называя его *il libertador* — освободитель. Когда он явился в ставку Боливара с рекомендательным письмом от Гумбольдта, кругом трещала артиллерия, и народный герой ответил ему, что легче может предложить ему офицерский чин, чем звание горного инженера. Молодой Буссенго не задумался поступить в ряды армии, борющейся за независимость, и пробыл в ней шесть лет. Но годы, проведенные им в Америке, не были потеряны для науки; напротив того, это продолжительное пребывание в мало исследованной тропической стране сообщило уму молодого натуралиста особую широту и разносторонность. Он изучал распределение температуры и растительности до высоты 5500 метров; исследовал загадочные залежи селитры в Чили; «устраивал», как писал Гумбольдту, «лаборатории в кратерах тропических вулканов»; определял извергаемые ими газы, что, между прочим, привело его к заключению, что обычное представление о постоянстве состава атмосферы, которое не считалось бы с этим грандиозным вулканическим явлением, представляло бы только «*un roman physiologique*» (физиологический роман). Вернулся назад он уже знаменитым ученым с неистощимым запасом знаний, который продолжал обрабатывать в течение полувека.

Быстро следовавшие одна за другой: профессура в Лисне, кафедра в Collège de France (французская коллегия), освободившаяся после знаменитого Тенара, кафедра в Conservatoire des arts et métiers (консерватория искусства и ремесла), на-

конец, кресло академика — показали, что соотечественники сумели оценить дарования молодого ученого.

Но, может-быть, еще большее влияние на всю его последующую деятельность имело обстоятельство совершенно частного, семейного характера. В 1833 году он женился на мадэмуазель Лебель и получил в качестве приданого эльзасское имение Бехельброн, название которого осталось навсегда связанным с его славными научно-агрономическими исследованиями¹⁾. В 1848 году, при республике, Буссенго был на время отвлечен от своих научных занятий, сначала в качестве депутата Национального Собрания, а потом члена государственного совета. Но *coup d'état* (государственный переворот) возвратил его науке. Наполеон III, как известно, любил разыгрывать роль мецената, покровителя искусств и наук. По отношению к земледелию это покровительство выразилось во всяком случае довольно оригинально. Еще в годы президентства Версальский агрономический институт — самое замечательное земледельческое училище, когда-либо существовавшее, по блеску тех имен, которые украшали его кафедры²⁾, — был раскассирован, а принадлежавшие ему уголья превращены в парк для президентской охоты. После 2 декабря Наполеон удалил Буссенго от всех его должностей, лишил его кафедры в *Jardin des plantes* (Ботанический сад), хотел лишить и кафедры в *Conservatoire des arts et métiers*, но все коллеги единогласно заявили, что разделят его участь, и кафедра осталась за ним до его смерти (1887 г.), в последние годы, конечно, только номинально, как почетная должность. Зато Наполеон выдвинул Буссенго соперника в лице Жоржа Вилля, о роли которого придется упомянуть ниже. Империя готовила Буссенго и не такие еще невзгоды. В 1871 году Бехельброн и Либфрауенберг, эти колыбели современного научного земледелия, с остальным Эльзасом отошли к Германии. Бедствия отечества совпали с личным

¹⁾ Многие русские агрономы почему-то произносят это слово на французский лад — Бешельброн так же, как английское Ротгамстед, произносят по-немецки Ротгамштет, а кстати и Гильберта упорно называют Жильбертом.

²⁾ Де-Гаспарен, Буссенго, Ж.-Б. Сей и др.

горем—смертью жены, так что, когда я его увидел в последний раз в 77 году, это была уже тень того бодрого подвижного старика, каким я его застал в 1869—70 г. ¹⁾.

Во всем его складе и обращении не было ни тени профессорской педантичности или напыщенной важности. Явился я к нему прямо, безо всяких рекомендательных писем, только со своей первой немецкой работой ²⁾. Жил он, и, кажется, безвыездно, в течение пятидесяти лет в одном из самых типичных, оригинальных уголков Старого Парижа, на той Place Royale (Королевской площади), которая до сих пор сохранила отпечаток века Людовика XIII и была еще полна воспоминаниями о Гюго и романтиках 30-х годов. На мою просьбу допустить меня работать у него в лаборатории он ответил отказом, пояснив, что я знал и раньше, что у него никто никогда не работает и не работал, что в его маленькой парижской лаборатории едва хватает места для его ассистентов, и что сам он работает у себя в деревне (начиная лекции в ноябре и кончая в марте-апреле). «Впрочем,—добавил он,—всему, чему вы можете у меня научиться, вы научитесь на лекциях, а если хотите узнать что-нибудь поподробнее, то напомните мне, когда я дойду до этого вопроса, я остановлюсь на нем подольше—только, смотрите, напомните,—мне 70 лет, я могу и забыть». Но оказалось, что мне не пришлось напоминать, он сам, уходя с одной лекции, предупредил меня: «*Demain nous arriverons à votre affaire*» ³⁾, и действительно прочел эту главу со всеми техническими по-

¹⁾ Когда по окончании мной университетского курса в 1868 году факультет командировал меня за границу, А. Н. Бекетов с замечательным педагогическим тактом сказал мне: «По-настоящему я должен дать вам инструкцию, но предпочитаю, чтобы вы сами себе ее написали, тогда мы увидим, отдасте ли вы себе ясный отчет, куда и зачем едете». В этой инструкции я, между прочим, подробно развил мысль о тесной связи физиологии растений и научной агрономии,—мысль, в верности которой с годами только более и более убеждался,—и командировал себя, между прочим, к Буссенго.

²⁾ В этой работе я ознакомил ботаников, в упрощенной мною форме, с приемами Буссенго для изучения газового обмена листьев. Сакс в двух появившихся перед тем известных руководствах даже не упомянул о них; после моей работы они вошли в обиход ботаников всех стран.

³⁾ «Завтра мы дойдем до вашего дела».

дробностями, демонстрируя на лекции малейшие приемы. Правда, характер его лекции был совершенно исключительный. Никогда, ни до него, ни после него, не встречал я ничего подобного. Основной его взгляд был, что в науке метод—самое важное. На изучении и критике методов сосредоточивалось главное содержание лекции, в значительной степени совмещавших и лекцию, в тесном смысле слова, и лабораторную практику. Это достигалось совершенно оригинальным приемом. Любое исследование, любой анализ не рассказывались, а проходили фактически во всех своих стадиях на глазах у слушателей. Для этого исследуемое вещество заранее заготавливалось в последовательных моментах анализа (понятно, отнесенное к одному и тому же первоначальному количеству), и затем все операции—осаждение, растворение, перегонка, взвешивание, титрование—воспроизводились перед зрителями, и количественные результаты заносились тут же на доске, так что в конце лекции получались настоящие, реальные цифры, при чем обсуждалась степень погрешности каждой отдельной операции. Когда разносился слух, что Буссенго будет сообщать какой-нибудь свой новый прием исследования, парижские лаборатории отправляли на лекцию своих ассистентов, которые могли с ними ознакомиться во всех подробностях. Конечно, такой способ чтения лекций требует особенно тщательной подготовки со стороны ассистентов, к слову сказать, вообще привыкших на Западе к серьезному, усидчивому труду. Ассистировал ему обыкновенно его сын Жозеф Буссенго, уже известный своими работами. И вот, когда однажды по его оплошности вышла какая-то несмычка в последовательных цифрах анализа, записанных тут же на доске, старик-отец обратился к аудитории с своей обычной лукавой улыбкой: «Рекомендую вам,— это мой сын Жозеф, вообще говоря, очень дельный химик, *mais il a des idées; il prétend qu'il a la balance dans l'oeil*»¹⁾. Не ускользнул от добродушных шуток старика и пишущий эти строки. Консерватория, в которой читал Буссенго, как известно, отстоит далеко от учебного Парижа, т.-е. его ле-

¹⁾ „Но у него порою странные идеи—он воображает, что у него в глазу весы“, т.-е. по-нашему—он любит прикидывать на глазмер.

вого берега; мне случалось запаздывать на несколько минут, и тогда, вместо того, чтобы пробираться к самому лекционному столу, где мне предоставлено было место, я тихонько забирался по винтовой лестнице на верх амфитеатра. Несколько раз мне казалось, что при этом из-под нависших щеткою бровей старика мелькала в моем направлении лукавая улыбка, и, наконец, однажды он не выдержал и, неожиданно обращаясь ко всей аудитории, проговорил: «Вы, пожалуй, спросите меня, почему мы поступаем так, а не иначе? А вот обратитесь-ка лучше с этим вопросом к молодому русскому ученому, который делает мне честь, посещая мои лекции, но почему-то вместо того, чтобы сидеть тут с нами, забирается куда-то в самый раек». — И, насладившись моим смущением перед рассмеявшеюся аудиторией, любезно продолжал: «Он вам скажет,—потому что сам сделал хорошую работу в этом направлении» и т. д. Но далеко не таким добродушием звучали его сарказмы, когда ему приходилось в своем изложении говорить о промахах людей, заправлявших в то время судьбами Франции. Помню, как, обсуждая какую-то безтолковую сельско-хозяйственную меру, проведенную в палате, он с негодованием воскликнул: «Да что тут говорить! Любой саксонский или вюртембергский мужик смыслит в земледелии более, чем французский депутат». Нужно было обладать значительным гражданским мужеством, чтобы в промежуток между Садовой и Седаном бросить такую фразу в лицо французской аудитории.

Буссенго сдержал свое слово, я научился у него всему, чему хотел научиться, и с этой точки зрения, по праву, могу считать себя его учеником. П. Дегерен в своей прекрасной биографии Буссенго справедливо заметил: «Всякий, кто посещал его лекции и тщательно обдумывал его труды, становился его учеником». Тем не менее, мне очень хотелось увидеть его собственную лабораторию и всю рабочую обстановку в Бехельбронне, и я получил от него разрешение посетить его осенью 1870 года. Но мы оба, как говорят французы, nous avons compté sans notre hôte¹⁾, а нашим hôte

¹⁾ Мы посчитали свой счет без своего хозяина.

даже на словах, охотно называя растительные белки—*viande végétale*—(растительное мясо), второе самым блестящим образом сопоставил в знаменитом составленном вместе с Дюма трактате *Statique chimique des êtres organisés* ¹⁾. Основную антитезу между животным и растением он выразил в лаконической фразе: «*La plante est un appareil de réduction*» растение—аппарат, в котором совершаются процессы химического восстановления. Далее он указал коренное различие животного от растения в том, что первое тратит и постоянно извергает свой азот, между тем как растение обходится с ним крайне экономно, не выбрасывая его в окружающую среду.

Едва ли не основной мыслью, проходящей красной нитью через все его произведения, было требование прямого физиологического опыта, необходимость, как он выражался, «задавать вопрос самому растению» и получать непосредственно от него ответ. Эта строгая индуктивная точка зрения отличала его от его блестящего соперника Либиха, постоянно увлекавшегося чисто дедуктивным полетом своей мысли. Между тем как Буссенго все свои положения в конечной инстанции проверял над растением, Либих, кажется, во всю свою жизнь не сделал ни одного опыта над ним. Практически это выразилось в том, что Буссенго должно считать основателем того метода исследования, который получил название *вегетационного*, т.-е. метода, отправляющегося от фактов, наблюдаемых над растением и завершающегося опытом, производящимся над тем же растением. Если учение Либиха можно назвать *химическим*, то учение Буссенго по преимуществу *физиологическое*. Этим объясняется, почему его деятельность имела почти одинаковое значение для земледелия и для физиологии растения.

Известно его коренное разногласие с Либихом по вопросу о потребности растения в азоте. Либих в своей одной-единственной, основанной на чисто химических посылках, теории ограничивает почти исключительное удобрительное значение навоза элементами золы, полагая, что азота растение встречает достаточно в окружающей среде. Буссенго доказал,

¹⁾ Химическая статика живых существ.

что это неверно; что навоз и зола навоза не одно и то же; что азот встречается в почве в различных состояниях, усвояемых растением и не усвояемых, одинаковых для химика, но очень различных для растения. Он доказал преобладающее питательное значение селитры и аммиака, встречающихся в природе в таких ничтожных количествах, что его первые определения их в миллионных и десятиллионных долях вызывали сначала только недоумение современников, пока не вошли в обычный обиход науки. И рядом с этим он показал почти полную инертность, как непосредственных источников питания, органических соединений азота, составляющих его преобладающую часть в почве. Союзниками Буссенго и соперниками Либиха в этом споре выступили два, мало известных в то время, английских исследователя— Лооз и Гильберт. Еще незадолго пред тем встреченный в Англии как триумфатор Либих оскорбился этой критикой непризнанных судей и обрушился на них в своих саркастических выходках. Усматривая в своих соперниках представителей специфически английского, узкого эмпиризма, противоположаемого его широкой научной дедукции, он думал даже обратиться до корня этого эмпиризма и поразить его в его первоисточнике— в лице Бэкона. Но строго индуктивный бэконский опыт на этот раз победил хотя и блестящие, но недостаточно справлявшиеся с действительностью и не проверенные опытом дедукции знаменитого химика.

Вскоре вопрос об азоте перешел еще в другую фазу. Из сельско-хозяйственной статистики Буссенго выходило, что круговорот этого элемента необъясним иначе, как при допущении, что в нем участвует азот воздуха. Позднее своими точными опытами Буссенго доказал, что, тем не менее, растение не усваивает азота воздуха. Таким образом перед учеными и практиками раскрылось непримиримое противоречие,— круговорот вещества в поле необъясним без допущения, что азот атмосферы поглощается; а прямые опыты над растением доказывали, что этого поглощения не существует. Тогда выступил на сцену уже упомянутый Жорж Вилль, заявивший, что его опыты доказывают, что азот воздуха поглощается. Вся слава Буссенго, как точного экспериментатора, казалась подорван-

ной. Его положение стало еще более неприятным, когда комиссия из шести академиков, повторив опыты Вилля, склонилась в их пользу. Но Лооз и Гильберт вновь явились на выручку Буссенго и, повторив его опыты, подтвердили вполне верность его выводов. Точность опытов Буссенго и ошибочность опытов Вилля и академической комиссии и в настоящее время не подлежат ни малейшему сомнению ¹⁾.

Объяснение загадки пришло, как известно, позднее и совершенно с иной стороны (см. VI лекцию). Его принес открывшийся перед наукой новый мир—микроорганизмов,— хотя справедливость требует сказать, что первый толчок, побудивший искать их деятельности *в почве*, был дан опытами того же Буссенго над нитрификацией. Противоречие же с опытами шести академиков объяснилось очень просто: Буссенго делал свои опыты всегда сам, а шесть академиков передали их, в конце-концов, в мало надежные руки, в чем и должны были покаяться,— случай назидательный для тех, кто часто провозглашает преимущество коллективного научного труда перед индивидуальным.

По отношению к другому важнейшему элементу—углероду—Буссенго первый, несомненно, установил факт, многими до него отрицавшийся, что источником этого элемента служит так скудно рассеянная в природе углекислота. Этот опыт чувствительностью употребленного им метода поразил современников еще более, чем его определения аммиака и азотной кислоты. Буссенго любил рассказывать на своих лекциях, как знаменитый физик Реньо подкрадывался в его отсутствие и дышал в его аппарат, для того, чтобы изобличить своего коллегу «или убедиться в том, что он не шар-

¹⁾ Почему нельзя без удивления и негодования читать предположение пр. Боронеекого в его пересказе этого любопытного спора, что Буссенго мог в качестве академика оказывать давление на своего соперника. В чем заключалось давление, когда отзыв академики был именно благоприятный для Вилля и несправедливый по отношению к Буссенго? Не говоря о том, что он не был на это способен, не ему было подчинить себе торжествующую бонапартистскую клику, а жившим тогда в Париже приходилось слышать совершенно исключительном благоволении Наполеона III к Жоржу Виллю. Ходил упорный слух, что он был его сын.

латанит»¹⁾). Позднее Буссенго еще дал целый ряд методов для изучения этого основного процесса растительной жизни,—методов, которыми, часто того не сознавая, пользуются все современные ученые.

Вообще точность и удивительная простота приемов, ясность в постановке вопроса, а в результате того и другого, строгая определенность и несомненность выводов характеризуют всю научную деятельность Буссенго. По тем вопросам, которые он задавал природе, не приходилось ее переспрашивать, а если и переспрашивали, то получали неизменно те же ответы.

В заключение этого затянувшегося, но, боюсь, бледного очерка позвольте вам показать симпатичные решительные, но в то же время оживленные слегка насмешливой улыбкой черты этого великого экспериментатора-скептика одного из последних представителей того могучего, здорового телом и бодрого духом поколения натуралистов, которые, родившись с веком, теперь, когда век близится к концу, один за одним сходят в свои могилы.

Буссенго, как позднее Пастёр, был одним из тех представителей науки девятнадцатого века, которые всей своей деятельностью доказывали тесную связь между чистой наукой и прикладной, доказывали необходимость для второй опираться на завоевания первой, без чего она призвана только блуждать в пустыне грубого, ремесленного эмпиризма. Если, с одной стороны, по точности введенных им методов исследования его деятельность уподобляли деятельности Лавуазье, то, с другой стороны, то глубокое влияние, которое он оказал на земледелие, можно только сравнить с влиянием Пастёра на медицину.

¹⁾ См. мою книгу «Растение и солнечная энергия», 1918 г.

III.

Физиология растений, как основа рационального земледелия ¹⁾).

Лектор, берущий на себя ответственную обязанность — занять в течение часа или двух внимание хотя бы самой снисходительной аудитории, прежде всего бывает озабочен выбором для своей беседы предмета, который представлял бы, по возможности, живой современный интерес. Этот выбор становится еще более затруднительным, когда приходится ограничиваться тесными пределами одной специальной науки. По несчастью, — с своей узко-эгоистической точки зрения лектора, я чуть было не сказал по счастью, — по несчастью существуют вопросы, которые всегда возбуждают живой интерес, на которые не существует моды. Таков вопрос о насущном хлебе.

Несколько лет тому назад, с этого же места, по поводу грозного народного бедствия, мне приходилось напоминать о том, что одним из главных предметов изучения и забот человека должно быть растение ²⁾. Теперь та же мысль невольно представляется уму в еще более настоятельной форме. В эту минуту, после ряда благодатных в метеорологическом отношении годов, возникает вопрос уже не об остром, временном, а о хроническом недуге нашего земледелия или, вернее, земледельца. Из-за технического вопроса — значения низких цен на хлеб — выступает целый ряд более глубоких и жгучих вопросов: что такое наш крестьянин-земледелец, производитель или только потребитель хлеба? Покупает ли

¹⁾ Лекция, читанная в Историческом музее, в Москве, 15 марта 1897 г.

²⁾ См. лекцию: «Борьба растения с засухой».

он хлеб или не покупает, продает или не продает? И если продает, то от избытка ли, а если не продает, то чем же возмещает свой, хотя бы до невозможности, скромный бюджет и свою менее скромную долю участия в постоянно растущем бюджете страны. И не продает ли он, наконец, по дешевой цене, покупая по дорогой? Вот ряд вопросов и недоумений, с головокружительной стремительностью пробегающих в уме. И в то же время всякий смутно сознает, что должен разобраться в них, так как они касаются самых коренных основ общественного благосостояния, общественной нравственности.

Пока была верна поговорка: «цены Бог строит», т.-е. скудность или обилие продукта, или, другими словами, естественные законы производства определяли ему цену, натуралист еще мог разобраться в этом вопросе. Но когда к ним стала примешиваться произвольная деятельность человека, мудрость государственных людей, в международных отношениях выражающаяся в том, чтоб как-нибудь повредить соседу, а во внутренней экономической политике—в покровительстве одной части населения, хотя бы к явному ущербу остальной, натуралисту, изучающему только неизменные законы природы, тут делать нечего. По счастью, обе спорящие в настоящую минуту стороны согласны в одном положении, в том, что урожай лучше недорода.

Как только произнесено это слово *урожай*, натуралист начинает чувствовать почву под ногами, так как его задача к тому и сводится, чтобы определить условия урожая, причину недорода и средства борьбы с этой невзгодой. Так, по крайней мере, смотрят на свою задачу лучшие представители науки Запада. «Наука бессильна повлиять на цены,—говорит Дегерен,—она может только научить нас поднять урожай; этим ограничивается ее роль». Ту же мысль развивал он недавно в разговоре со мной. Подтрунивая над запретительными пошлинами, в которых французские аграрии ищут спасения в борьбе с падением цен, он справедливо заметил: «Трудно человеку брать на себя роль земного провидения», и закончил остроумною шуткой: «*ces messieurs prétendent que nous avons trop de pain. Eh bien nous allons manger des dindes*».

(«Если у нас лишние хлеба, будем есть индеек»). Едва ли состояние нашего земледелия подает повод к таким оптимистическим шуткам ¹⁾. Едва ли у нас низкие цены на хлеб будут иметь своим последствием появление индейки на столе нашего крестьянина. Возвышение урожая и превращение его в наиболее ценный продукт—вот, следовательно, совет, который подает западная наука своему земледельцу. И на первом плане возвышение урожая.

Но что же нужно для обеспечения урожая? Прежде всего, конечно, знакомство с потребностями растения и умение им удовлетворить, а затем уже — изыскание наиболее выгодных условий разрешения этой задачи при помощи средств, имеющих под рукою. Наука может снабдить только первыми знаниями, вторая половина задачи всегда была делом личной находчивости, особого практического чутья. Но какого же рода эти научные сведения, чем отличается современное рациональное земледелие от того чисто эмпирического искусства, каким оно было еще так недавно? Чем отмечены научные успехи за этот последний век, отразившиеся на земледелии, совершенно изменившие его характер, превратившие его из бессвязного собрания рецептов и слепого подражания успешным примерам в более или менее сознательную разумную деятельность? Конечно, возникновением двух отраслей знания: *агрономической химии и физиологии растений*. Не даром величайший из теоретических и практических авторитетов за истекший век, Буссенго поставил в заголовке собрания своих сочинений эти три слова: *Agronomie, Chimie agronomique, Physiologie*. («Агрономия, агрономическая химия, физиология».) Такова в действительности их логическая последовательность: агрономия ставит вопросы; агрономическая химия дает средства для их научного разрешения; физиология растений, исследуя их на живом объекте деятельности агронома, дает окончательный ответ на запросы практики. Успехи агрономической химии, появление новых методов расширяют

¹⁾ А между тем у меня на столе лежит брошюра одного моего коллеги по Société nationale d'agriculture, известного практика, получившего премию за свои высокие урожаи и серьезно доказывающего прибыльность откармливания скота пшеницей.

область науки, но только проверка непосредственно на растении сообщает полную достоверность ее объяснениям и выводам. Земледелие стало тем, что оно есть, только благодаря *агрономической химии и физиологии растений*; это очевидно a priori (вперед, само собою) и доказывается всею историей. И не странно ли, что у нас, именно с той поры, как стали особенно много говорить о подъеме научного земледелия, эти две его научные основы исчезли как самостоятельные предметы преподавания в наших высших земледельческих школах ¹⁾.

Будущий историк развития у нас научного земледелия, конечно, затруднится объяснить себе эту непонятную аномалию.

Не подлежит сомнению, что растение составляет центральный предмет деятельности земледельца, а отсюда следует, что и все его знания должны быть приурочены к этому предмету. В последнее время много говорится и пишется о значении *сельско-хозяйственной метеорологии* и в особенности *почвоведения*, но все эти знания интересуют земледельца лишь настолько, насколько они касаются растений ²⁾. Климатические условия представляют интерес лишь тогда, когда нам рядом с ними известны требования, предъявляемые им растением; без этих последних сведений, бесконечные вереницы цифр метеорологических дневников останутся только бесплодным баластом. Знание свойств почвы получает смысл лишь с того момента, когда нам становится понятным их значение для растения и притом не эмпирически, а сознательно ³⁾. Ми-

¹⁾ Один из них—агрономическая химия—совершенно уничтожен, а другой—физиология растений—идет как-то на буксире бактериологии, т. е. целое является придатком своей части. По слухам, проникшим ту же в печать, и из нового сельско-хозяйственного института в Киеве предполагается изгнать эту основу современного нарочного земледелия—*агрономическую химию*; какая участь постигнет [физиологию] растений, мне точно неизвестно (примеч. 1897 г.).

²⁾ Само собою понятно за исключением патологической бактериологии в применении к ветеринарии и т. д.

³⁾ Могу привести в качестве иллюстрации следующий случай. Один юный почвовед, увидав на опытной станции на Нижегородской выставке водные культуры, был поражен их противоречием с одним из положений почвоведения, по которым почва с содержанием воды свыше известного предела счи-

микроскопические организмы почвы играют роль в глазах земледельца лишь настолько, насколько их деятельность причиняет пользу или вред культурному растению. Следовательно, культурное растение и предъявляемое им требование—вот коренная научная задача земледелия; все остальное важно лишь настолько, насколько имеет отношение к ней; это следует иметь прежде всего в виду при оценке значения той или иной отрасли естествознания для земледелия.

Где же и как разрешается эта задача? Всего естественнее ответить: конечно, там, где протекает жизнь этого растения, т.-е. в поле. Но многолетний научный опыт отвечает: нет, не в поле, а в особенной для того приспособленной физиологической лаборатории, на так называемой опытной станции физиологического типа. Десятки лет отстаивал я у нас эту мысль; насколько мог, пытался приводить ее в исполнение и потому с удовольствием могу указать на успехи, которые она делает в последнее время. Соплюсь на свидетельство киевского профессора Богданова, подводящего итоги впечатлениям, вынесенным им из прошлогодней поездки по германским опытным станциям в статье: *«Во что превращаются опытные поля»*. «В близком будущем,—так заканчивает он свою статью,—обширные опытные поля при решении вопросов земледельческой культуры уступят свое место *опытным станциям, широко пользующимся методом выращивания растений в сосудах*» ¹⁾. Такие-то опытные станции физиологического типа были мною устроены в 1872 году в Петровской академии, в 1890 в Московском университете и, наконец, образцовая подобная станция была мною организована, по поручению министерства земледелия и государственных имуществ, на прошлой выставке в Нижнем-Новгороде ²⁾. Опыты, произ-

тается непригодною для культуры,—а тут выводят растения прямо-таки в воде! Очевидно, недостаточно знать, что избыток воды в почве вреден, нужно—еще понимать, почему именно, а этому учит физиология растений, а не почвоведение.

¹⁾ См: „Хозяин“, 1897 г., 12 января.

²⁾ Еще в 1885 году мною был составлен подробный проект такой станции для Москвы, и если б я нашел поддержку там, где имел полное основание ее ожидать, Москва давно обладала бы подобным образцовым учреждением,

веденные на этой станции, доставят нам наглядный материал для дальнейшего изложения, тем более интересный, что все они производились на глазах тысяч зрителей.

Но к чему же сводится задача изучения культурного растения в зависимости от *нормальных* условий его существования¹⁾? Условия эти всего удобнее приурочить к четырем факторам, пожалуй, соответствующим четырем стихиям древних: земле, воде, воздуху и огню. Растение и почва, растение и влага, растение и воздух, растение и солнце,— вот эти четыре порядка явлений; с ними приходится считаться земледельцу; во всяком случае ему необходимо понимать их относительную роль.

I. Растение и почва.

Всего яснее, всего нагляднее выступает зависимость а́стения от почвы; в то же время этот фактор более остальных находится во власти человека, потому неудивительно, что ему с незапамятных времен приписывалась выдающаяся, чуть не исключительная роль. Почве всегда приписывалось значение не только твердого материка, к которому растение прикрепляется корнями—почти столь же естественным представлялось, что этот корень пользуется ее «соками». Но в чем заключаются эти *соки*, мы начали понимать всего какое-нибудь столетие, да и в настоящую минуту не разрешено еще многих сюда относящихся вопросов. Чем питается растение и как это узнать? Вот коренной вопрос, на котором зиждется рациональное земледелие, а между тем полный и обстоятельный ответ на него мы получили только около половины текущего столетия. Казалось бы, ничего не может быть проще. Раз, благодаря вековым успехам химии, мы знаем состав растения и почвы, все сводится к установлению соответствия между тем и другим. Питательная почва должна содержать

где летом производились бы исследования, а зимой читались бы публичные курсы научного земледелия, о пользе которых в последнее время так много говорится. См. статью: „Полвека опытных станций“.

¹⁾ Этим мы ограничиваем свою задачу, исключая из нее патологию растений.

те вещества и в том отношении, в каком они находятся в растении. Но это положение, несомненное в общих чертах, нуждается еще в целом ряде поправок. Во-первых, растение питается не одной только почвой (разумея под нею совокупность твердых и жидких частей), но и воздухом; этому не могло научить одно сравнение анализов почвы и растения. Во-вторых, если почва *должна* содержать то, что входит в состав растения и не могло быть ему доставлено из воздуха, то, наоборот, растение *может* содержать известные вещества, не потому, что они для него необходимы, а потому только, что они находились в почве. Решить, какие вещества должны быть признаны необходимыми для растения, одна химия не в силах; ответить на это может только физиология—прямой опыт над растением. Наконец анализ может указывать на присутствие известного элемента в растении, а опыт доказывать, что этот элемент должен быть отнесен к числу необходимых; спрашивается, достаточно ли на этот раз одного анализа почвы, выясняющего обилие в ней или недостаток этого элемента, чтобы судить об ее значении для растения, т.-е. о степени ее плодородия по отношению к данному растению? Еще раз нет; только само растение, т.-е. умеющий допросить его физиолог, может доставить решительный ответ. Таким образом химический анализ, без которого, конечно, наука не могла бы сделать шага, еще сам по себе не дает ответа на непосредственные запросы земледелия, и пока ученые не прониклись этой мыслью, они бродили вокруг да около истины. Поясним примером. В состав самой плодородной почвы, например, чернозема, входит углеродистое органическое вещество—перегной; оно же входит в состав важнейшего из удобрений,—навоза; растение также состоит из органического вещества; не ясно ли, что для своего питания оно нуждается в органическом веществе почвы и что содержание этого вещества может служить мерой плодородия; это—так долго господствовавшая в земледелии так называемая теория *гумуса* (перегноя). Но произведем соответствующий опыт, и растение нам ответит, как мы сейчас увидим тому примеры, что оно может питаться нормально, даже роскошнее, чем в унавоженной почве, и без следов орг

ского вещества ¹⁾. Другой пример. В золе растений, особенно наших хлебных злаков, в числе других веществ встречается кремнезем, и вот Либих на основании указаний химического анализа предлагает в состав своих минеральных удобрений вводить растворимые кремнекислые соли, как наиболее благоприятную для растения форму кремнезема. Но растение, допрошенное физиологом, отвечает, что оно может обойтись и без кремнезема. Еще последний пример. Химический анализ показывает, что растения из группы бобовых (горох, бобы, клевер, вика и пр.) содержат значительно больше азота, чем хлебные злаки; казалось бы, им необходимо доставлять его в изобилии в почве, но прямой опыт отвечает, что они то именно наименее благодарно относятся к этому удобрению. Удобрять почву азотом под бобовые растения, значило бы бесцельно разоряться. Итак, только опыт прямой, точный, физиологический опыт над данным растением, над данной почвой и удобрением один вполне разрешает все вопросы. Заметим притом, что произвести анализ почвы, анализ растения,—задача далеко не всякому доступная. Даже не всякий, умеющий производить химический анализ, имеет под рукой необходимую лабораторную обстановку. Производство же физиологических опытов для разрешения самых насущных вопросов агрономической теории и практики по большей части вполне доступно каждому.

Как же производятся подобные опыты? Бесчисленные исследования приводят к заключению, что только весьма незначительная часть почвы служит непосредственно для питания; остальная составляет только мертвый остов, прямо в питании не участвующий. Отсюда один шаг до заключения, что этот, сложный по своему составу и затемняющий результаты опытов, остов может быть заменен каким-нибудь простым и совершенно бесплодным веществом, например, песком (прокаленным, обработанным кислотой для удаления всех следов питательных веществ) или, наконец, водою, перегнан-

¹⁾ Напомним, что здесь идет речь лишь о питательном значении органического вещества, а не о других второстепенных качествах, которые оно сообщает почве и пользу которых нельзя отрицать.

ной или дождевой, также для того, чтобы быть уверенным, что растение не получило других питательных веществ, кроме тех, которые мы ему умышленно доставим. Сообразно с этим различают двоякого рода искусственные культуры, пес-



Фиг. 5.

чаные и водяные. Первый прием принадлежит Буссенго, но особенно подробно разработан он Гельригелем; второй прием систематически выработан Кнопом. Водные культуры представляют самый простой и в то же время самый изящный и совершенный способ. Не даром их называют *прозрачными*, так как корни развиваются в глазах у наблюдателя, как и

воздушные части, и допускают такой же тщательный за собой уход (фиг.) ⁶⁾.

Всякому известно, что если почва залита водою, то обыкновенные, не болотные растения на ней не развиваются, а здесь растения находятся своими корнями прямо в воде. Это может навести на мысль о неестественности самого приема. Но нужно знать, почему избыток воды действует вредно. Опыт научает, что вред причиняется главным образом вытеснением из почвы необходимого для корней воздуха. Поэтому через воду культурных сосудов необходимо, как и в аквариумах, продувать воздух, по возможности ежедневно. Это делается обыкновенно при помощи всем известных каучуковых мячиков, употребляемых при пульверизаторах. При значительном же числе сосудов приходится прибегать к помощи особого приспособления ²⁾.

Проращенное семя закрепляют при помощи ваты и пробки в горлышке культурного сосуда так, чтобы корешки были погружены в воду. Этим почти ограничиваются простые приемы этих культур. Но, конечно, самое важное условие успеха—состав той питательной жидко-

¹⁾ Для этого употребляются стеклянные сосуды, завернутые клеенкою. Эта последняя предосторожность необходима, так как иначе в растворах заводятся зеленые водоросли, они зацветают. Форма сосуда также не безразлична. Широкие банки неудобны, так как из них раствор легко расплескивается; банки с узким горлом неудобны потому, что из них нельзя уже извлечь разросшегося корня, а это бывает нужно, когда он случайно поврежден и необходимо удалить какую-нибудь загнившую мочку. Самой удобной формой должно считать изображенный на стр. 51 (третий справа) сосуд с широкой шлифованной пробкой, имеющей посредине горлышко. Этот тип сосудов был выработан мною для Нижегородской выставки и выполнен по моему заказу фирмой Герхардт в Бонне.

²⁾ На фиг. стр. 43 справа виден особый газометр, состоящий из двух частей; нижняя содержит воздух, верхняя—воду, которая, падая через трубку с краном в нижний приемник, вытесняет из него воздух, распределяемый каучуковыми трубочками по культурным сосудам. Когда вся вода перелилась в нижний сосуд, небольшим ручным насосом, изображенным влево от газометра, ее перекачивают обратно в верхний. Пр. Арциховский придумал еще третий способ воспитывать растения корнями в воздухе, вспрыскивая их от времени до времени растворами,—но это уже совершенно не имеющее смысла усложнение дела.

сти, в которой выращиваются растения. Здесь необходимо обратить внимание на количество и качество доставляемых веществ. Долголетний опыт показал, что всего лучше давать две части питательных веществ на 1.000 ч.



Фиг. 6.

воды. Что касается состава этой пищи, то оказалось существенно необходимым доставлять растению следующие восемь элементов: азот, фосфор, серу, хлор, калий, магний, кальций и железо. Первые четыре образуют кислоты, последние — основания, те и другие вместе — соли. Число этих солей и их относительное количество у различных эксп

ментаторов различно. Мы употребляем обыкновенно нормальную смесь Кнопа:

1. Азотнокислого кальция	1
2. „ калия	0,25
3. Фосфорнокислого „	0,25
4. Сернокислого магния	0,25
5. Хлористого калия	0,25
6. Фосфорнокислого железа	

2 ч. на 1.000 частей воды.

Пять первых из перечисленных солей при указанной концентрации вполне растворяются в воде; одна только шестая нерастворима даже при этой слабой концентрации. Ее доставляют в виде рыжого осадка, который постоянно должно взмучивать, чтобы он оседал на корешки, а не оставался на дне сосуда. Это достигается, побочно, ежедневным продуванием воздуха, о котором мы только что упомянули. В растворе Кнопа растения получают все для них необходимые питательные вещества и развиваются так же роскошно, как в самой плодородной почве ¹⁾.

¹⁾ Многих интересует непосредственное применение таких растворов к целям садоводства и комнатного цветоводства. Для этих целей рецепт Кнопа может быть значительно упрощен, т.-е. из него можно выкинуть вещества, которые в почве обыкновенно находятся в достаточном количестве. Таких упрощенных рецептов предложено много; наибольшей популярностью пользуются так называемые „питательные соли Вагнера“. Привожу один из новейших рецептов, предложенный в 1896 году Мюллером Тургау и особенно пригодный для комнатной культуры:

Азотнокислого калия	30 частей
Фосфорнокислого „	25 „
Сернокислого аммония	10 „
Азотнокислого „	35 „

100 частей.

От 5 до 8 частей всей смеси растворяют в 10.000 частях воды и поливают горшки ежедневно, через два или три дня, смотря по надобности, а в остальное время простой водой. По описаниям Мюллера, при употреблении этих солей можно довольствоваться очень незначительными количествами почвы; так, в одном случае вес выращенного им растения в два с половиною раза превышал вес взятой земли. Эта смесь, развешанная в па- трончики (граммовые гомеопатические трубочки), рассчитанные на один штоф раствора, раздавалась на моей лекции публично.

Если мы желаем произвести опыт в условиях, более близких к природе, т.-е. в твердой среде, то по примеру Гельригеля берем бесплодный песок и поливаем его указанным питательным раствором. При этом прежде всего нужно озаботиться, чтобы количество жидкости было надлежащее, т.-е. чтоб ее было достаточно, но не было бы избытка, так как в последнем случае доступ воздуха к корням был бы затруднен. Опыт показал, что для этого нужно брать воды в количестве 60% полной влагоемкости. Мы узнаем это таким образом: берем на воронке сухой песок, обливаем водой, даем стечь избытку, определяем, сколько удержалось воды в песке. $\frac{6}{10}$ этого количества и будет наилучшее содержание воды, которое мы и поддерживаем в течение всего опыта в наших сосудах, взвешивая их от времени до времени на обыкновенных десятичных весах.

Наконец, если бы мы желали еще более приблизиться к естественным условиям, то остановимся на приеме профессора П. Вагнера. Вагнер основой берет не дистиллированную воду или песок, а прямо *обеспложенную* или заведомо *бесплодную* естественную почву. Обеспложивание почвы достигается продолжительной истощающей культурой. Бесплодная почва берется, конечно, такая, которая неспособна давать урожаев вследствие недостатка питательных веществ, а не вследствие вредного присутствия какого-нибудь вещества, как, напр., в солончаковой почве и т. д. Каким бы из этих трех путей мы ни пошли, все они сходны в том, что собственно питательные вещества мы вводим в смеси вполне известного состава.

Как же узнаем мы, что именно и в каких количествах необходимо для растения? Очень просто: мы делаем всегда два параллельных опыта, отличающихся между собою отсутствием *одного* и, понятно, непременно одного только *вещества*, т.-е. в одном случае растение получает *всю* питательную смесь; в другом — ту же смесь без одного какого-нибудь вещества. Если отсутствие этого вещества отражается на развитии растения, которое получает ненормальный, хилый вид, то, очевидно, это вещество принадлежит к числу необходимых, а не случайных составных начал растения. Затем

мы вносим это вещество в различных количествах, пока мы не достигаем предела, за которым дальнейшее увеличение не будет оказывать более действия или может оказаться даже вредным, вновь понижая урожай. Если опыт произведен тщательно, т.-е. с сохранением равенства всех прочих условий, то увеличение урожая до достижения им высшей точки идет пропорционально количеству этого одного питательного вещества. Этот закон доказан особенно удачно по отношению к азоту (селитре) опытами Буссенго, Гельригеля, Вагнера и др. Это так называемый закон *минимума*, высказанный Либихом и состоящий в том, что развитие растения, а следовательно, и урожай находится в прямой зависимости от того вещества (или вообще условия), которое присутствует в недостаточном количестве.

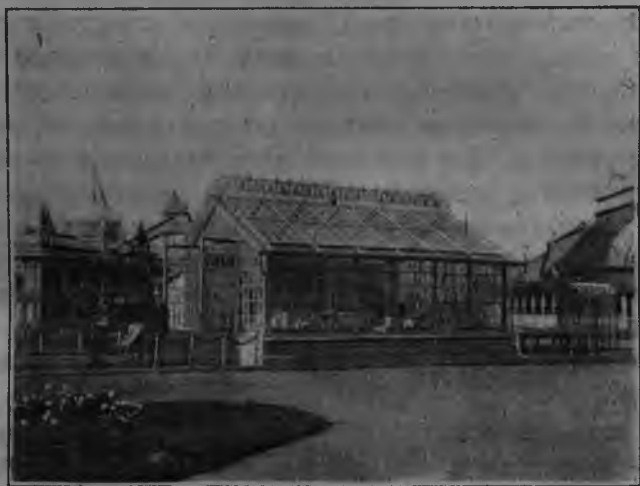
Сказанного, я полагаю, достаточно, чтобы показать все теоретическое и практическое значение таких опытов. Вместо дорого стоящих, но в результате почти ничего не дающих анализов и других исследований почвы ряд таких простых и в сущности всякому доступных опытов может дать ответ на самые коренные вопросы земледелия: чего недостает той или другой почве? что и в каком количестве должно быть ей доставлено? насколько увеличится от этого урожай, и окупит ли эта надбавка урожая расход на удобрение? Если б оставалось какое-нибудь сомнение относительно возможности из опытов в горшках делать такие заключения по отношению к полевой культуре, то эти сомнения вполне устраняются блестящими опытами П. Вагнера на его известной опытной станции в Дармштадте.

Вагнер производил параллельные опыты над действием удобрения на данную почву в сосудах и в поле, и результаты оказались совершенно сходными — опыт в сосудах мог предсказать результаты, которые получались в поле ¹⁾).

Но все изложенные опыты для своего производства нуждаются в известной обстановке. Для того, чтобы опыты в сосудах давали действительно нормальные растения, необхо-

¹⁾ Эти опыты Вагнера были иллюстрированы на Нижегородской станции его превосходными фототипическими таблицами и культурами в особых сосудах, выписанных из Дармштадта.

димо их производить на открытом воздухе, при полном доступе света и т. д. Но, оставляя растения при таких условиях, мы рисковали бы лишиться очень ценных и стоивших не мало труда результатов, благодаря какому-нибудь внезапному порыву ветра, ливню или граду. Для ограждения себя от этих случайностей необходимо помещать растения так, чтобы в случае надобности их можно было быстро убирать под крышу. Если бы дело касалось нескольких сосудов, то это условие не представляло бы затруднений, но на современных (осо-



Фиг. 7.

бенно немецких) опытных станциях такие сосуды насчитываются сотнями, число их иногда заходит за тысячу. Для разрешения этой задачи растения помещают в особого рода холодных тепличках (т.-е. без отопления) или стеклянных сарайчиках, на низеньких столах или вагонетках, движущихся по рельсам. Целый день растения остаются на открытом воздухе и только ночью или в ненастье вкатываются в теплицу. Первая образцовая подобная тепличка, приспособленная к целям искусственной культуры, была устроена профессором Ноббе в Таранте. Через два года после тарантской, в 1872 году, первая такая теплица в России, как уже ска-

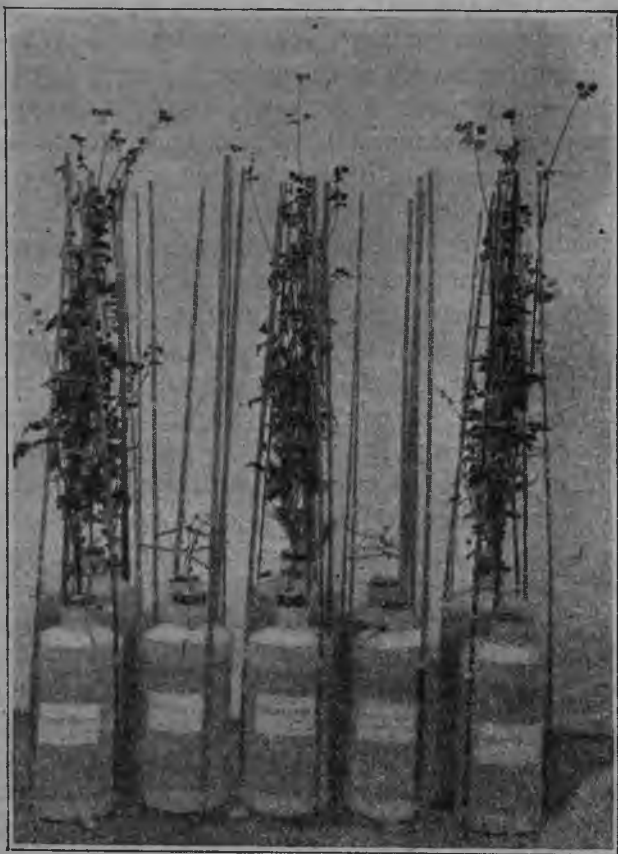
зано, была устроена мною в Петровской академии и существует до сих пор. Другую подобную же ей теплицу через несколько лет я устроил на крыше Московского университета, где столики выкатываются на открытую со всех сторон асфальтовую платформу. Наконец, образцовую подобную постройку, исключительно из стекла и железа можно было видеть в отделе земледелия на Всероссийской выставке в Нижнем-Новгороде (фиг. на ст. 47 дает ясное понятие об ее внешности, а фиг. на стр. 43—об ее внутреннем устройстве) ¹⁾. Такие постройки составляют самую существенную часть опытной станции современного типа, заменяя в известном смысле, как мы видели, даже опытные поля. Но они представляют значительную ценность, а между тем желательно, чтобы производство подобных опытов получило наиболее широкое распространение. Для этой цели мною выработан другой тип, более простой и дешевый, но, понятно, меньших размеров. Сосуды с растениями остаются неподвижными; они стоят на земле или, еще лучше, как было показано в Нижнем, погружены в землю, а служащая для их защиты железная клетка на ночь или в ненастье накатывается на них, двигаясь также на рельсах (фиг. на стр. 47, в глубине подвижная клетка с открытою дверью) ²⁾.

Но довольно о самой обстановке опыта — посмотрим на нескольких примерах, как резки и убедительны получаемые при их помощи результаты, воспользовавшись для этого фотографиями, снятыми с нижегородских опытов. Вот одна серия опытов, занимавших целую вагонетку. Девять сосудов (фиг. 8 стр. 49 по три сосуда с краев и посередине) получили полный питательный раствор и по два зерна гречихи. Все восемнадцать растений развились роскошно и по своим размерам и по урожаю веских, спелых зерен оставили за собою все, что можно видеть при самой успешной полевой культуре. По определению Н. С. Понятского, урожай можно считать приблизительно в сам-двести, и на единицу сухого ве-

¹⁾ В настоящее время она перенесена в Петровскую академию.

²⁾ Когда желают еще удешевить эту клетку, ее можно было сделать из дерева и металлической сетки. См. статью «Наука и земледелец».

щества посеянных семян получилось более трехсот пятидесяти единиц сухого вещества в урожае. А между тем ни одно из этих растений не видало под собою земли, — убедительнейшее доказательство, что изо всех веществ, находящихся



Фиг. 8.

в почве, растение нуждается только в той щепотке солей, которая была растворена в воде этих сосудов. Но удалите из питательной смеси только одно какое-нибудь вещество, например, азот (селитру)—и получатся хилые, тщедушные заморыши, как в двух сосудах во втором ряду слева. Или дадим растению нормальное количество азота, но откажем

ему в фосфоре и калии, этих главных составных частях золь, — результат будет тот же (во втором ряду справа).

Можно ли требовать более наглядного доказательства необходимости этих источников питания и полной остановки развития растения в отсутствии любого из них? Эта равноправность каждого из перечисленных восьми тел еще нагляднее обнаруживается в следующем опыте. Железо, как мы видели, — единственный элемент, который приходится брать в нерастворимом состоянии, в виде осадка, который растворяется, только приходя в прикосновение с корневыми волосками. В золе растения оно также встречается в ничтожном количестве и, тем не менее, стоит не доставить его корням, и растение окончательно захиреет и погибнет. Рисунок стр. 51 нам это доказывает самым наглядным образом. Посредине находится один экземпляр кукурузы в момент цветения, к концу лета доросший до крыши теплицы. Два других экземпляра низкорослой, скороспелой, так называемой огородной разновидности кукурузы (по краям) дали каждый по нескольку початков со зрелыми зернами и вообще не отличались от экземпляров той же разновидности, разводимых по соседству с теплицей, на участке садоводства г-на Иммера. Наоборот, в растворах без железа получились два (2—4, считая с краев) жалких растеньица, давших пять мелких, узких листочков и затем погибших. Эти два растеньица получили, как и остальные, полный питательный раствор, но были лишены одного только железа. Результат поразительный особенно, если принять во внимание, что железо составляет около *одной стотысячной* доли веса экземпляра нормальной кукурузы. Отсутствие железа еще разительнее обнаруживается в окраске листьев: вместо того, чтоб быть окрашенными в здоровый зеленый цвет, они являются бесцветными и почти белыми¹⁾. Болезнь, вызываемую отсутствием железа, называют бледной немочью, *хлорозисом*. Своевременно прописав растению железо, можно его вполне излечить. Этот опыт невольно напоминает приемы железа, возвращающие

¹⁾ Первые листья, до третьего включительно, бывают еще зелены; это зависит от присутствия железа в зернах.

нормальный румянец малокровному больному. Сходство это и некоторые другие факты давно давали повод сравнивать зеленое вещество растения—хлорофил с красящим началом крови—гемоглобином. Благодаря новейшим исследованиям,



Фиг. 9.

в особенности профессора Ненского, это сближение получает реальную почву. Оказывается, что из хлорофила и гемоглобина можно получить производные, почти между собою тождественные, и это невольно наводит на мысль об общем происхождении этих двух тел и еще раз сближает два царства природы.

Заговорив о хлорофиле, не могу не остановиться на одном, совершенно превратном представлении, которое было высказано несколько лет тому назад французским ученым Жоржем Виллем и почему-то особенно понравилось некоторым нашим агрономам-практикам, поспешившим его признать одним из величайших открытий в области научной агрономии. Из общеизвестного факта, что без хлорофила невозможно питание растения, Вилль заключил, что по яркости их зеленой окраски можно, прямо судить об успешности этого питания, и предложил даже прием оценки этой окраски. Для людей сведущих, напротив, было ясно, что Виллю незнакомы факты, как, например, превосходные опыты Гильберта, доказавшие, что одно растение может быть зеленее другого и, тем не менее, будет питаться хуже.

Вот еще пример опытов, которые легко мог бы провести каждый хозяин, вместо того, чтобы восхищаться беспочвенной фантазией Вилля.

Таковы простейшие приемы, при помощи которых мы легко и точно можем разрешить главнейшие вопросы касательно как источников питания, доставляемых растениям почвой, так и относительно наиболее благоприятной формы и наиболее выгодного количества, в котором они должны быть им доставлены. Водные культуры, песчаные культуры, культуры в бесплодной почве нас постепенно приближают к более сложным, но и более близким к природе условиям произрастания растения в поле. Но существует форма опытов, еще более близкая к естественным условиям и в то же время разрешающая новый ряд любопытных вопросов. Это опыты в так называемых *cases de végétation* (ящиках для выращивания) французских исследователей, т.-е. в зарытых в землю ящиках, наполненных исследуемой почвой. Устройство этих ящиков может быть очень различно. Я остановлюсь на самом целесообразном, образец которого интересующиеся могли видеть на Нижегородской выставке, рядом с опытной тепличкой. Три ящика, изображенные на прилагаемой фотографии, фиг. 10, сделаны из цемента; емкость каждого из них—в один кубический метр. Они погружены краями своими вровень с землей и опираются на кирпичную кладку, оставляющую под

каждым ящиком пустое пространство. Параллельно одной из сторон ящиков (на нашем рисунке передней) сделана в земле траншея, глубиною метра в два и настолько широкая, чтоб опускающийся на дно ее наблюдатель мог свободно двигаться и пропускать руки в пустое пространство под ящиками. Дно ящиков, также цементное, выбрано пирамидальной воронкою, а на конце воронки находится отверстие, под которое в пространстве, находящемся под каждым ящиком, помещены стеклянные бутылки для собирания просачивающейся через почву ящиков воды. Ящики наполняют до



Фиг. 10.

краев исследуемой почвой, удобренной или получившей удобрение, действие которой желают проследить, и засевают изучаемыми растениями. Понятно, что подобный опыт уже совсем подходит к условиям произрастания в поле и дает возможность легко перечислить получаемые результаты на гектары или десятины, т. е. переходить от результатов строго-научного опыта к задачам практики. Возможность собирать просачивающуюся воду, подвергать ее анализу бросает свет на целый ряд новых вопросов. Остановлюсь только на одном, в качестве иллюстрации этого приема изучения. Известно, что целый ряд ценных удобрительных веществ — калий, фос-

форная кислота, аммиак, — в силу так называемой поглотительной способности почвы, не вымываются просачивающеюся и уходящею в почву водою. По отношению к ним почва распоряжается очень экономно, сохраняя их к услугам растения; но зато она крайне расточительна по отношению к едва ли не самому ценному, как мы видели, началу плодородия — к селитре. Селитра, как показывают опыты с подобными ящиками, легко вымывается из почвы, уносясь в источники и реки.

Таким образом совершенно непроизводительно спускаются в море, как вычислено, громадные капиталы. Что бы сказал какой-нибудь хозяин, если бы ему объяснили, что для успеха его культуры необходимо вносить из года в год, на десятину рублей на двадцать минеральных удобрений? Конечно, поморщился бы и, может-быть, ответил, что эта затрата ему не под силу. А между тем Дегерен доказывает, что при известных условиях из почвы вымывается селитры именно на такую сумму. Следовательно, сами того не подозревая, мы можем *непроизводительно*, в прямой себе ущерб, тратить такую сумму, *производительное* израсходование которой заставило бы призадуматься. Но как же избежать этой траты или, по крайней мере, ее обнаружить? Остановлюсь на одном опыте бельгийского ученого Петермана, сделанном именно в подобных культурных ящиках. Два ящика, засеянные одним и тем же растением, отличались только тем, что в одном была почва неудобренная, а в другом — удобренная селитрой. Анализ просачивавшейся через почву в течение года воды показал, что в последнем случае в этой воде было менее селитры, чем в первом. Этот результат до того неожидан, до того парадоксален, что на первый раз думается, уж не обмолвился ли тот, кто его заявляет. Как согласить, что селитра легко вымывается из почвы, и рядом с этим ее оказывается тем менее в просочившейся воде, чем более было селитры в почве, через которую вода эта просочилась? Ключ к этой загадке дает опять само растение. В удобренном селитрой ящике оно развивается гораздо роскошнее, производит большую поверхность испаряющих воду листьев и сосущих эту воду корней, благодаря чему извлекает не только ту селитру, кото-

рую внесли в виде удобрения, но и прихватывает ту, которая уж находилась в пчве. Селитра не успевает вымываться, так как еще ранее перехватывается корнями. Удобрив почву селитрой, мы дали растению возможность использовать не только это удобрение, но и естественное плодородие почвы. Отсюда понятно, как невыгодно для хозяина, чтобы его земля была покрыта тощей растительностью. Еще менее выгодно, когда она вовсе пустует, особенно осенью, когда селитра всего более вымывается из почвы. Как же сохранить эту селитру, как оградить себя от непроизводительного расточения одного из существеннейших условий плодородия? Для борьбы с этим злом практикуются так называемые «воровские» культуры, *cultures dérobées* французских агрономов, т.-е. вслед за жатвой делается посев быстро растущих растений, которые своими корнями продолжают до глубокой осени высасывать селитру почвы, превращая ее в органическое вещество и затем запахиваются, как зеленые удобрения. Для этой цели годно всякое растение, быстро растущее и развивающее обильную корневую систему, но мы увидим далее соображения, которые заставляют ограничивать свой выбор по преимуществу растениями бобовыми.

Таковы выводы, к которым приводит западных ученых зависимость растения от почвенной селитры. У наших практиков распространено мнение, что при нашем континентальном климате вымывание селитры не имеет значения, как будто у нас не бывает дождливой осени. С другой стороны, и у нас можно встретить практиков, придающих значение этим фактам. Таковы, например, любопытные опыты г. Топоркова в Елисаветградском уезде; он объясняет вред вымочек на низинах, сопровождающихся желтением всходов, именно вымыванием селитры, так как ему случалось наблюдать, что удобрение селитрой восстанавливало нормальный зеленый цвет начавших желтеть растений. Только опыт и лучше всего опыт в подобных ящиках может дать ответ на этот важный практический вопрос.

Гораздо существеннее возражение, которое делают против таких пожнивных культур, заключающееся в том, что, заботясь о сохранении почвенной селитры, мы можем израс-

ходовать осенний запас почвенной влаги, который при наших климатических условиях, при наших частых засухах должен составлять предмет наших забот, пожалуй, еще более существенный, чем запас питательных веществ. Растение, собирая своими корнями селитру, в то же время своими листьями будет расходовать воду, которая иначе сохранилась бы в почве для потребностей последующей культуры, и эта трата иной раз будет еще чувствительнее. В этом примере весьма наглядно проявляется вся сложность задачи, которую приходится постоянно разрешать сельскому хозяину. Нигде, быть может, ни в какой другой деятельности не требуется взвешивать столько разнообразных условий успеха, нигде не требуется таких многосторонних сведений, нигде увлечение односторонней точкой зрения не может привести к такой крупной неудаче, как в земледелии. Слишком заботясь о снабжении растения пищей, мы могли бы лишить его необходимой влаги, этого второго важнейшего условия растительной жизни, к рассмотрению которого и переходим.

II. Растение и вода.

При оценке потребности растения в воде, приходится разрешать два вопроса: сколько расходует оно воды и точно ли все это количество для него необходимо, т.-е. вопрос, сходный в основе с тем, который приходилось рассматривать и по отношению к веществам, доставляемым растению почвой.

Следовательно, еще ранее необходимо решить вопрос: какую роль играет вода в жизни растения. Она, конечно, входит в его химический состав—эта самая ничтожная ее часть. Затем она растворяет, делает подвижными его составные части, без чего невозможно никакое деятельное проявление жизни—это только приложение к физиологии старой химической поговорки: *corpora non agunt nisi soluta*. Тела не действуют, если не растворены. Различие сухого и размоченного в воде семени всего проще это поясняет. Вода не ограничивается, однако, этой исключительно химической ролью, она играет и роль механическую, являясь главным

деятелем, определяющим процесс роста. Притяжение воды содержимым молодых клеток, давление этого увеличивающегося на счет воды содержимого на стенку и вызывает то, что называют ростом клеточки. Но и это количество сравнительно невелико — ограничась потребностью растения только им, сельский хозяин никогда и не знал бы, что такое засуха. Предмет забот хозяина составляет вода, которую в отличие от первой или *организационной*, т.е. идущей на строение растения, мы можем назвать *расхожей*, — та, которую растение всасывает корнями, повидимому, только для того, чтобы испарить ее листьями. Количество этой воды поражает своими размерами. Чтобы убедиться в этом, стоило только следить за выражением удивления появлявшегося на лицах посетителей нашей нижегородской теплицы, где были выставлены для пояснения этого факта известное отвешенное количество пшеничных зерен и рядом посудина с водой, которую испаряют за свою жизнь растения пшеницы для образования этого количества зерен. Вес этой воды, как известно, в круглых цифрах превышает в тысячу раз вес полученных зерен. Люди, незнакомые с этим фактом (да и знакомые также), оставались изумленными при виде этого наглядного сопоставления.

Вот по отношению к этой-то расхожей воде необходимо прийти к определенному заключению: нужна ли она растению в таких количествах или не нужна; другими словами, испарение воды в таких размерах представляет ли оно необходимый физиологический процесс или только неизбежное физическое зло. В чем заключается его роль. До недавнего времени предполагали, что растение вынуждено перегонять через себя эти громадные количества воды для того, чтобы осадить в своих тканях так скудно рассеянные в почве, необходимые для его питания, минеральные вещества. В другом месте ¹⁾ я имел случай доказать несостоятельность этого воззрения. Для покрытия своих потребностей в почвенной пище растение может довольствоваться гораздо менее значительным испарением. Недавно один немецкий ботаник,

¹⁾ См. статью „Борьба растения с засухой“.

Габерланд указывал, что прийти к такому выводу он мог только благодаря путешествию на Яву с ее роскошной растительностью и относительно слабым испарением воды, благодаря значительной влажности ее климата. Он даже видел в этом одно из доказательств необходимости этих, ставших теперь модными, ботанических паломничеств. Габерланд доказывал, что европейский опыт не мог будто бы привести ботаников к такому заключению. Тем не менее, этот вывод сделан мною раньше Габерланда на основании исключительно европейских опытов и позже еще раз подтвержден одним молодым русским ботаником г. Литвиновым, не ездившим за тем дальше Тульской губернии. Г. Литвинов показал, что при искусственном понижении испарения гречихи ¹⁾, приблизительно в 5—6 раз, количество образовавшегося органического вещества не убыло, а даже увеличилось в $2^{1/2}$ раза, так что расход на воду понизился в 12—15 раз. Такие опыты, во всяком случае, доказывают, что для целей питания растение не нуждается в тех громадных количествах воды, которые они обыкновенно испаряют.

Другая польза, которую растения извлекают уже прямо из испарения, заключается в понижении его температуры, в ограждении его от летнего солнечного зноя, но и от этого вреда оно могло бы в значительной мере оградить себя иными путями ²⁾.

Значит, растение могло бы обойтись без этой громадной траты воды на испарение; сам по себе этот процесс, в таких размерах, как он совершается, бесполезен и даже вреден. Но как же себе объяснить тогда эту непроизводительную трату? Мы должны допустить, что эта трата не физиологическое отправление, а лишь неустранимое физическое зло. Откуда оно проистекает, нетрудно себе объяснить. Растение, как мы увидим вскоре, прежде всего и главным образом прибор для улавливания воздуха и солнечного света, а такой прибор, представляя большую поверхность нагрева, роковым об-

¹⁾ В замкнутом пространстве, под стеклянными колпаками.

²⁾ См. также «Борьба растения с засухой».

разом является прибором для испарения воды. Можно сказать, вся организация воздушных частей растения направлена к тому, чтобы бороться с этим злом испарения, хотя бы даже в ущерб питанию. Растение, можно сказать, обрекло себя на постоянный пост и воздержание в пище, лишь бы только не подвергнуться опасности умереть от жажды. Вся поверхность воздушных частей покрыта изолирующими веществами, препятствующими испарению воды, но в то же время препятствующими и свободному соприкосновению с воздухом, извлечению из него питательных веществ. Это соприкосновение, как известно, обеспечивается маленькими автоматически раскрывающимися и закрывающимися отверстиями—устыцами, как это было, между прочим, очень наглядно совсем недавно показано Ф. Н. Крашенинниковым, при помощи придуманного им очень простого и остроумного прибора. Что питание листьями могло бы совершаться гораздо успешнее, не будь растение вынуждено снабдить себя непроницаемой для воды (а вследствие этого и для газа) кожицей, доказывается хотя бы следующим опытом. Как мы увидим вскоре, питание листа на счет воздуха выражается накоплением в его тканях крахмала. Шталь показал, что если проколоть лист булавкою, то вокруг каждого отверстия, через которое откроется доступ воздуха внутрь листа, отложение крахмала будет происходить гораздо обильнее. Из этого мы должны заключить, что лист, с которого мы сорвали бы кожицу, питался бы еще лучше, если б... если б он ранее не завял и не засох. Следующий пример, быть-может, еще разительнее. Посетители Парижской всемирной выставки 1889 года могли видеть в агрономическом отделе странные искусственные деревья из проволоки, с белыми листьями из асбестовой бумаги. Эти искусственные деревья дали возможность Мюнцу, ученому, известному своими химико-агрономическими исследованиями, доказать следующий любопытный факт: если смочить эти искусственные листья соком, выжатым из живых листьев, то они будут поглощать из воздуха аммиак, и в таком количестве, что его, пожалуй, будет достаточно для покрытия всей потребности в азоте растения с такою же листовой поверхностью. А между тем настоящие листья

получают этим путем только ничтожное количество аммиака, потому что они сообщаются с атмосферой только через свои устьяца. Значит, опять, сорви мы с листьев кожицу, оставь мы листовой мякоти возможность всей своей свободной поверхностью поглощать аммиак из атмосферы, и растение могло бы обойтись и без азота почвы, но—опять то же «но»—оно еще ранее погибло бы от недостатка влаги. Итак, мы видим, что испарение воды, в таких размерах, как оно обычно совершается, есть зло, но зло, вытекающее из необходимости воздушного питания растения, и далее, что вся организация растения направлена к борьбе с этим злом к наиболее выгодному компромиссу между двумя трудно согласуемыми условиями существования¹⁾.

Легко понять, как важно для земледелия установить эту основную точку зрения. Пока можно было думать, что растение прямо нуждается в том количестве воды, которое оно испаряет, приходилось подчиниться необходимости и во что бы то ни стало доставлять его. Но мы видели, что растение может мириться с гораздо меньшим количеством воды, что оно само борется с этим злом. Сельскому хозяину приходится только подражать растению и брать его себе в союзники при своей борьбе с тем же злом. Но для того, чтобы эта борьба не велась в темную, важнее всего знать ту цифру, то отношение между количеством испаряющейся воды и образующимся в растении органическим веществом, о котором мы говорили выше. Эта цифра одна может определить нам выбор того или другого культурного растения, иногда даже разновидности—выбора того или другого культурного приема—по отношению к разумному использованию находящегося в нашем распоряжении количества воды! Узнать ее, по счастью, очень нетрудно²⁾. И здесь мы снова встречаемся с широким полем для исследования, доступным всякому сознательно относящемуся к своей деятельности сельскому

¹⁾ Новейшие исследования Гораса Брауна заставляют нас несколько изменить наши воззрения на роль устьиц в воздушном питании. В обычном открытом состоянии они очень легко пропускают газы и пары воды, но зато, закрываясь, почти не пропускают.

²⁾ См. «Борьба растения с засухой».

хозяину, даже лишенному сложной, дорогой лабораторной обстановки. В 1892 году я указывал на пользу и важность таких исследований для характеристики наших культурных растений. В появившейся вскоре за тем интересной работе г. Винера мы получили ценную характеристику некоторых наших культурных растений с этой точки зрения. Так, например, для проса, этого по преимуществу приспособленного к нашему континентальному климату хлебного злака, отношение между количеством испаряемой воды и урожаем оказалось наиболее выгодным.

Одним из наиболее любопытных средств понижения этого отношения между количеством испаряемой воды и количеством образуемого растением органического вещества является более успешное воздушное питание растения, с которым теперь нам необходимо познакомиться.

III. Растение и воздух.

Если бы факт зависимости питания растений от воздуха не был так широко известен, то одних, приведенных выше, опытов водных и песчаных культур было бы достаточно для его доказательства.

В самом деле, ни в одной из этих культур мы не доставляли растению элемента, наиболее важного, образующего почти половину его сухого веса—*углерода*. Не было его ни в прокаленном песке, ни в дистиллированной воде, ни в той щепотке соли, которой покрывались все потребности наших растений. Для углерода, очевидно, остается один источник — воздух. Воздух всегда содержит углерод в виде его соединения — углекислоты. Но количество этого газа в атмосфере очень невелико, примерно, 2 или 3 *десяти тысячных*, и нужно собственными глазами увидеть, как мал этот кусочек угля, растворенного в громадном объеме воздуха, чтобы понять, как ничтожно это содержание ¹⁾. И, тем не менее, только это ничтожное количество углерода в атмосфере

¹⁾ В нашей теплице это было наглядно показано при помощи следующей модели: большая стеклянная кубическая клетка изображала объем воздуха, а помещавшийся на ней едва заметный кубик угля—содержание углерода в этом объеме.

делает возможным существование растения, а следовательно, и существование человека с его земледелием. Питание растения на счет скудно рассеянной в атмосфере углекислоты долго смущало даже ученых, пока не было доказано классическими опытами Буссенго, но самый этот опыт вследствие своей хлопотливости после Буссенго почти не повторялся, и поколения не только агрономов, но и ботаников, исповедуя этот факт, не имели возможности убедиться в нем собственными глазами. Благодаря остроумному приему, придуманному Дегереном, мы теперь легко можем показать это явление каждому. Возьмем две стеклянных трубки по метру в длину и сантиметров пять в диаметре и положим их горизонтально на общей подставке. С обоих концов трубки заткнуты каучуковыми пробками и с одного конца получают через узенькие каучуковые трубочки струю обыкновенного воздуха, подаваемого уже знакомым нам газометром (см. стр. 43). С другого конца, выходя через такие же тонкие стеклянные трубочки, прошедший через трубки воздух промывается в двух колбочках с баритовой водою. Одну из двух длинных трубок наполняют свежесобранными листьями так, чтобы они образовали как бы внутреннюю обкладку трубки. Когда прибор, таким образом, собран, выставлен на солнце, и струя воздуха пущена из газометра, через несколько времени убеждаемся, что между тем как воздух, прошедший через пустую трубку, замутил баритовую воду, воздух, омывший поверхность листьев, уже не мутит ее в другой колбе. Осадок углекислого барита в первой колбе показывает присутствие углекислоты в атмосфере; отсутствие его в другой колбе доказывает, что вся углекислота извлекается из воздуха, пришедшего в прикосновение с листьями, освещенными солнцем. Что явление зависит именно от солнца, нетрудно также доказать: стоит набросить черное сукно на трубку с листьями, и мы увидим, что тогда выходящий из нее воздух начнет мутить баритовую воду так же, как воздух, не прошедший над листьями, и даже сильнее, потому что листья в темноте не разлагают, а еще выделяют углекислоту.

Над этим опытом, хотя он не приводит к непосредственным практическим выводам, сельскому хозяину не мешает

почаще задумываться, так как в нем выражается одна из особенностей его промысла. Говорят, существуют такие промышленники, которые торгуют щенками, предварительно обучив их, куда бы их ни занесли, возвращаться к ним домой; понятна выгода такого промысла, если б только он не сталкивался с соображениями этического характера. Но сельский хозяин может без укоров совести торговать углекислотою воздуха, которая без всякого с его стороны участия сама к нему возвращается. В этом и заключается основная мысль рационального хозяйства, провозглашенная Либихом. Продавайте, отчуждайте из своего хозяйства только то, что вам ничего не стоит, что даром возвращается через воздух, а обо всем, что вы извлекаете из почвы, помните, что оно само уж не вернется к вам, что или вы должны его возместить в форме удобрения, или должны готовиться к упадку плодородия ваших полей. Точно ли несоблюдение этого правила — бессознательное удаление из почвы того, что само собою в нее не возвращается, — было одной из причин падения древних цивилизаций, как это красноречиво проповедывал Либих, и еще ранее Дэви, — трудно сказать, но, во всяком случае, его учение о необходимости «возврата» неузвимо, как закон природы. И едва ли правы те писатели-экономисты, которые пытались доказать рациональность «*хищнического*» хозяйства на том будто бы основании, что практика «возврата», т.-е. возвращении в удобрениях всего того, что извлечено урожаем, появится сама собою, когда это окажется экономически необходимым. Этим противникам закона возврата нужно было бы еще прежде доказать существование а priori (т.-е. вперед) очевидного и столь же несомненного, как закон возврата, закона природы, в силу которого *везде*, где истощенная земля откажется родить по-прежнему, под рукою землевладельца *всегда* окажется экономически выгодное удобрение. А пока такого закона природы не найдено, предусмотрительность, вытекающая из знакомства с действительным законом природы, указанным Либихом, должно признать за правило более дальновидной экономической деятельности, если не с личной, то с общественной точки зрения.

Но если, сами о том не заботясь, мы успешно эксплуатируем так скудно рассеянную в воздухе углекислоту, то что же сказать о кислороде и азоте? Необходимость кислорода, если не для питания, то для дыхания, весьма наглядно выразилась в тех опытах, с которыми мы уже успели ознакомиться. Мы видели, что при водных культурах в растворы необходимо пропускать воздух, а в культурах в песке необходимо заботиться, чтобы вода не выполняла всех промежутков между твердыми частицами почвы, а оставляла место для воздуха. Как в нашей научной практике, так и в земледелии, если человеку и приходится заботиться о доставлении растению кислорода, то разве только по отношению к корням, — с этим связаны различные приемы обработки почвы, дренажа и проч.

А самая главная составная часть воздуха, его азот, составляющая $\frac{4}{5}$ атмосферы, пользуется ли ею растение, научился ли ею пользоваться человек? Открытие возможности питания растения свободным азотом воздуха, открытие удивительных условий, при которых совершается это питание, составляет одно из крупнейших приобретений науки за последние десятилетия. Оказалось, что тайной усвоить свободный азот атмосферы обладают только микроорганизмы, бактерии, или в связи с другими растениями, как это открыл Гельригель, или и без их участия, как это позднее доказал Виноградский. Первое открытие, как известно, бросило яркий свет на эмпирические приемы земледелия, практиковавшиеся в глубокой древности, но получившие особенно широкое применение с конца прошлого столетия, — на значение бобовых растений в плодосмене ¹⁾. Что растения этой группы предъявляют почве иные требования, чем злаки, что они как-то обогащают почву, являлось эмпирическим результатом агрономической опытности, что эта особая роль бобовых растений в плодосмене должна быть связана с вопросом о происхождении азота этих растений, высказал еще в 40-х годах Буссенго, но только в 1884 году Гельригелю удалось

¹⁾ Вопрос этот подробно разобран мною в лекции „Происхождение азота растений“.

доказать, что бобовые растения могут быть выращены в песке, не содержащем следов азота, лишь бы в нем находились известные бактерии, вызывающие, как это показал еще ранее М. С. Воронин, на корнях бобовых растений особого рода желвачки. Когда на корнях имеются эти наросты, бобовые растения получают способность жить на счет атмо-



Фиг. 11.

сферного азота; когда этих желвачков нет, а почва не содержит соединений азота, растение погибает. Вот наглядная форма опыта, в том виде, как нам удалось ее также показать тысячам посетителей Нижегородской выставки¹⁾. Ряд

¹⁾ Могу смело сказать, что еще ни одному ученому не удавалось в одной лекции иллюстрировать все основные факты, касающиеся питания растений, как это удалось мне 20 августа 1896 года на Нижегородской выставке. Все основные положения были доказаны, не на рисунках или

стеклянных банок наполнен промытым и прокаленным песком, полит уже известным нам раствором, но *без селитры*, следовательно, *без азота*, и засеян горохом. Затем в некоторые сосуды (нечетные на нашей фотографии, стр. 65) прилито с наперсточек (несколько кубических сантиметров) воды, в которой была предварительно разболтана обыкновенная полевая или огородная почва, всегда содержащая необходимые для нас бактерии. После этого мы можем быть уверены, что в четных сосудах, так как песок их был прокален, бактерий нет, в нечетные же мы их умышленно ввели. Какой получается от этого результат, превосходно показывает нам фотография. Растения в четных сосудах за неимением азота погибли; в нечетных, где, благодаря доставленным их почве бактериям, они могли добывать азот из воздуха, они превосходно развились, цвели и принесли обильные стручки и спелые горошины.

На основании всего сказанного, одного взгляда на развитые (нечетные) растения достаточно, чтобы предсказать, что их корни должны быть покрыты желвачками, но, признаюсь, не без некоторого замирания сердца стали мы их отмыывать на глазах у публики, предварив вперед, что экземпляры развитые *должны* иметь желвачки на своих корнях, экземпляры же не развившиеся должны отличаться их отсутствием. Ожидание, конечно, и на этот раз оправдалось. Третий сосуд справа представляет такой отмытый от песка и перенесенный в воду экземпляр, корни которого были покрыты желвачками.

Итак, бобовые растения при содействии бактерий пользуются даровым азотом, этим самым дорогим из удобрений; мало того, они оставляют часть своего азота в виде корней в почве, удобряя ее для последующих культурных злаков; мы, наконец, можем запахать все растение в землю, как зеленое удобрение, которое заменит нам навоз, и т. д. И

засушенных экземплярах, а на живых культурах, при том выращенных во всех св их стадиях в течение месяцев на глазах у публики. На Брюссельской выставке 1897 г. предполагалось обратить особое внимание на такие научные демонстрации, но, повидимому, на ней не было ничего такого, что могло бы выдержать сравнение с нашей опытной станцией.

все это благодаря присутствию ничтожного количества бактерий, которые сообщают этим растениям ценную способность существовать не только на счет дарового углерода, что делают все растения, но и на счет такого же дарового азота. Такая роль этих бактерий, естественно, подала мысль разводить их искусственно. И с 1896 года возникла новая промышленность — торговля бактериями, заменяющими азотистые удобрения. Удобрение для целого поля в жилетном кармане,—эти слова звучат чем-то фантастическим, но, взглянув на эту фотографию, кто же усомнится в полной возможности такого факта? Весною 1896 года мне привелось видеть один из первых образцов этого нового удобрения (нитрагина) у самого его изобретателя, профессора Ноббе в Таранде,—запаянную стеклянную трубочку с застывшей в ней желатиной, содержащей разводку бактерий. Стоит распустить эту желатину в воде, смешать с землею, разбросать по полю, и поле удобрено самым ценным удобрением — азотом. Пока, впрочем, еще не приходится слышать об особенно широком применении этого нового удобрения. Может-быть, оно и лучше. Лучше потому, что доказывает возможность в большей части случаев обойтись и без него; сама природа торопато рассыпала его в любой почти почве. Только в некоторых исключительных случаях, например, на почвах торфяниковых, где, повидимому, нет этих микроорганизмов, удобрение ими оказалось, несомненно, полезным. Таким же образом оно, быть-может, окажется полезным для более редких из культивируемых бобовых растений, так как опыты Ноббе показали, что бактерии, поселяющиеся на различных растениях, повидимому, различны ¹⁾. Что же касается обыкновенных почв и обыкновенных бобовых растений, то, по всей вероятности, мы будем и впредь довольствоваться теми дозами естественного нитрагина, которые природа, земля доставляет даром.

Что касается самого процесса усвоения свободного азота, при содействии этих бактерий, поселяющихся в корнях бобо-

¹⁾ Завод Луциуса изготовляет по указанию Ноббе различные бактерии для различных бобовых растений. (Примеч. 1906 г.).

вых, то мы должны признаться, что ничего пока о нем не знаем. Мы не знаем даже, где и как совершается этот процесс, — одно только очевидно, что мы не имеем здесь дела с явлением так называемого симбиоза, т.-е. союза двух организмов; это, напротив, какая-то борьба с переменным счастьем. В первые моменты поселения бактерий на корнях, растение как будто даже хиреет, но потом оправляется, пожирает своих постояльцев и на их счет откармливается.

Как бы то ни было, открытие Гельригеля дает в первый раз человеку рациональное средство эксплуатировать азот атмосферы, как он до той поры эксплуатировал только ее углерод. Для извлечения углерода ему достаточно было культивировать свои зеленые растения, для извлечения азота приходится подумать об одновременной культуре невидимых бактерий. Но, может-быть, культура этих последних, для той же цели, окажется возможной и без участия растений, прямо в почве. Исследования последних лет, — в особенности замечательны работы Виноградского, Бергло и Дегерена, — повидимому, позволяют ожидать многого и в этом направлении. Быть-может, они принесут нам научную разгадку и для других приемов практики, например, объяснят нам значение пара и т. д.

Итак, земледелие эксплуатирует не одну только почву и ее влагу, как это представлялось человеку вполне понятным с незапамятных времен, но прежде всего и главным образом воздух, о чем мы узнали по отношению к углероду всего одно столетие, а по отношению к азоту с небольшим одно десятилетие тому назад.

IV. Растение и солнце.

Только что приведенный опыт Дегерена, доказывающий поглощение углекислоты, в то же время самым наглядным образом показывает нам зависимость растения от последнего и, быть-может, самого важного условия его существования — от солнца. Между тем как листья, освещенные солнцем, извлекали из воздуха всю его углекислоту, питаясь ею, — стоило набросить на трубку черное сукно, и это явление

прекращалось, даже изменялось в обратное; листья начинали выделять в атмосферу новое количество углекислоты, образовавшейся чрез окисление растительного вещества кислородом воздуха. В темноте растения не только не увеличивают своей массы, но еще уменьшают ее, сжигая свое вещество в этом процессе дыхания.

Итак, самый существенный процесс питания растения, приобретение им главной его составной части — углерода, зависит от света. Эту зависимость мы должны понимать в строго *количественном* смысле. От количества получаемой солнечной энергии зависит количество сбразующегося вещества; вывод этот с очевидностью вытекает из следующего соображения: растение получает углекислоту, состоящую из углерода и кислорода; углерод оно удерживает, а кислород выдыхает обратно в воздух, но химия нас учит, что для такого разложения углекислоты необходимо *затратить* столько же тепла, сколько выделил бы его этот освободившийся углерод, сгорая обратно в углекислоту. Мы знаем, сколько в нашем урожае находится органических веществ, сколько углерода, знаем далее, сколько этот углерод освободил бы тепла, если бы его сжечь. Такое же, по меньшей мере, количество тепла, в форме солнечных лучей, должно было получить растение. Из этого строго количественного отношения между солнечным светом и усвоением углерода растением вытекает, между прочим, и тот результат, о котором мы вскользь упомянули выше. Мы сказали: чем лучше питается растение на счет воздуха, тем менее оно испаряет воды. Этот факт поставлен вне всякого сомнения исследованиями французских ученых Дегерена и Жюмеля, и мы можем дать ему такое объяснение. На разложение углекислоты затрачивается энергия солнечных лучей, но она же тратится и на испарение воды; чем более будет та доля, которая *производительно* затрачивается на питание, тем менее останется для *непроизводительной* ее траты на испарение. Но, с другой стороны, доказано, что питание листьев находится, между прочим, в зависимости от доставленных растению солей калия, откуда можно усмотреть, как сложно иногда сплетается влияние почвы, влаги, воздуха и солнца и как бесконечно сложна задача сельского хозяина,

закрывающаяся в наилучшей эксплуатации всех этих четырех факторов.

Может-быть, мне готовы возразить: эти соображения о зависимости растения от солнца очень любопытны, но какой же они могут представить практический интерес,—ведь, все равно, нам не прибавить и не убавить ни одного луча солнца.

Конечно, так, но из этого вытекает с очевидностью тот малоизвестный вывод, что предел плодородия данной площади земли определяется не количеством удобрения, которое мы могли бы ей доставить, не количеством влаги, которую мы ее оросим, а количеством световой энергии, которую посылает на данную поверхность солнце. Между тем, только отпрываясь от этого положения, можем мы вполне понять экономическое значение земледелия. А такое понимание важно не для одного только земледельца, но и для государственного человека. «Наш министр финансов, — остроумно замечает Г. Фогель в речи, произнесенной на последнем съезде немецких натуралистов, — конечно, и не подозревает, что теми 87 миллионами, которые ему дает сахарный акциз, он обязан химическому действию света», т.-е. солнцу. В последнее время у нас часто приходится слышать рассуждения о «недрах земли», о тех богатствах, которые в них сокрыты, о каменном угле, который таится в этих недрах, откуда русский рабочий призван его извлекать, хотя бы в ущерб себе, но зато в подрыв английскому рабочему, как-то ухитряющемуся доставлять нам его дешевле, чем он обходится нам дома. Каждый раз, как случается слышать эти рассуждения, невольно приходят на ум такие соображения. Ведь этот черный уголь только солнечный луч, схоронившийся в земле, а какие потоки этих лучей изливает солнце на бесконечный простор нашей родины! Или мы уж изловчились уловить их всех, и наша безграничная равнина покрыта возделанными полями и лугами, как поверхность Англии? И, наоборот, не потому ли английский рабочий вынужден был зарыться в землю, потому что на его тесном островке не всякий может предъявить свое *droit au soleil* (право на солнце)? Говорят, труд земледельца плохо окупается, но неужели подземный труд углекопа оплачен лучше? Почему же тогда порою заходит речь о том, что

было бы полезно, вероятно, для возбуждения благородного соревнования, заменить этот свободный труд трудом арестанта-каторжника? Если мы так озабочены извлечением из недр земли тех лучей солнца, которые рабочий обречен добывать ползком и скрючившись в беспросветном мраке шахты, то почему же не позаботиться нам ранее о лучшем использовании тех неисчислимых сокровищ даровой силы, которые он может добывать на вольном воздухе, под ясными лучами для всех равно светящего солнца, гордо подняв голову и молодецки потряхивая кудрями, как его прототип—Микула? И не забудем, что этот черный уголь *никогда* не уйдет от нас, хотя бы мы его приберегли на черный день, а каждый луч солнца, не уловленный зеленою поверхностью поля, луга или леса,—богатство, потерянное *навсегда* и за растрату которого более просвещенный потомок когда-нибудь осудит своего невежественного предка.

Земледелец из дарового сырого материала — воздуха и даровой силы — солнечного света изготовляет ценности; в этом главная тайна производительности его труда. Но мыслимый предел производительности этого труда, приложенного к данной площади, определяется солнцем. Уже теперь, конечно, в очень несовершенной форме, можем мы приблизительно определить физический предел этого плодородия, т.-е. тот предел, которого человеческое искусство *при помощи растения* никогда не переступит. Оказывается, что самые интенсивные наши культуры утилизируют 1 — 2% всей солнечной энергии, получаемой с данной площади. Можно ли из этого заключить, что нам когда-нибудь удастся использовать все эти 100% солнечного света? Конечно, нет,—потому что тогда растение было бы не зеленое, а черное. Растение может использовать только ту часть солнечного света, которую оно поглощает, а это поглощение зависит от его зеленого вещества — хлорофила. Это вещество, оказывается, поглощает, примерно, около 20—30% всего падающего на него света. Но это еще не все. Непосредственные опыты, излагать которые здесь было бы неуместно, убеждают, что и эта величина должна быть понижена вдвое. Следовательно, 10 — 15% солнечного света—вог все, что может быть утилизировано растением, а

мы только что видели, что при помощи самых интенсивных своих культур мы утилизируем уже до 2⁰/₀. Значит, когда человек когда-нибудь успеет увеличить производительность самых интенсивных своих культур раз в пять, то, вероятно, будет в праве сказать, что получил все физически возможное, все, что дает ему солнце.

Это—предел теоретический, далекий; посмотрим же пока, что означает тот предел, который осуществлен на практике; как относится он к количеству затраченного на него труда. Другими словами, насколько может, а следовательно, должен вознаграждаться труд, приложенный к земле. Рислер вычисляет, что для всех работ на гектаре пшеницы нужно 50 рабочих дней, а при урожае в десять гектолитров получится количество, примерно, в двадцать два раза более того, которое затратится на пищу рабочего за это время. Но человеку нужно прокормить себя не 50, а целых 365 дней,—следовательно, при сказанном урожае получится количество хлеба, достаточное на троих. Понятно, что такой урожай,—продолжает Рислер,—немыслимо мал, — не может же человек довольствоваться одним хлебом ¹⁾; откуда же покроет он другие свои потребности, постоянно возрастающие с развитием человеческой культуры? Очевидно, — заключает он, — необходимы урожаи в 20—25—30 гектолитров, и они вполне осуществимы. Возможны урожаи в 40—60, наконец, известен случай, когда он доходил до 72 гектолитров на гектар. Но что же такое этот урожай в 10 гектолитров, который признается французским ученым неммыслимо малым? Это—наш обычный средний крестьянский урожай в 5 четвертей ржи на десятину (по профессору А. Ф. Фортунатову), падающий для целых уездов до 4 и даже 3. А между тем датский крестьянин получает для своей пшеницы средний урожай в 18 четвертей!

Откуда же такая разница, где ее причина? Говорят, величайший благодетель человечества тот, кто научит получать два колоса, где прежде родился один. Сколько должно народиться этих благодетелей для русского крестьянина, пока

¹⁾ Что сказал бы почтенный французский ученый о населенных, для которых и такое довольство—не всегда достижимый идеал?

его доля сравнивается с долей датского собрата? Не можем ли мы, по крайней мере, угадать, откуда, с какой стороны ждать их пришествия? Мы, натуралисты, даже в области догадок руководимся индукцией. Наше поколение воспиталось на книге, о которой, повидимому, вспомнило и молодое поколение, судя по тому, что появляется ее новый перевод, — на «*Ложке*» Милля ¹⁾; а в ней имеется так называемый *второй канон* экспериментального исследования, поясняющий, что «если один случай, когда наблюдается данное явление, отличается от другого, когда оно не наблюдается одним условием, то это условие и есть причина или часть причины наблюденного явления». Только что мы видели блестящий ряд применений этого приема индуктивной логики. Почему та гречиха развилась хорошо, а эта захирела; чего недоставало ей? Опыт отвечает нам — азота. Почему та кукуруза разрослась до потолка, а эта замерла на первых же листочках; чего недоставало ей? Опыт говорит — железа. Чего же недостает русскому крестьянину такого, что есть у его датского собрата? Быть-может, на этой необозримой равнине ему недостает угодий? Или земля у него хуже, чем у датчанина? Или солнце светит ему не так приветливо? Или его самого обидела природа и не хватает ему сметки и уменьья? Или, быть-может, он слаще ест и долее спит и не привык к тяжелому труду? Конечно, нет! Так где же кроется различие? Я полагаю, история отвечает одним словом; это слово — школа ²⁾. Школа всем доступная и сильная всеобщим к ней сочувствием — вот та «причина или часть причины», которая приносит на полях датского крестьянина урожай, о котором

¹⁾ С глубокой благодарностью всп минается при этом дорогой для целого ряда поколений петербургских студентов Андрей Николаевич Бекетов. В наши студенческие годы он собирал у себя студентов-натуралистов для чтения рефератов, научных споров и т. д. На этих четвергах пишушему эти строки приходилось именно излагать логику Милля. Остаюсь при убеждении, что это была более здоровая пища для молодых умов, чем Шопенгауэр и Ницше, которыми дурманяли головы позднейших поколений.

²⁾ Читатели «Мира Божьего», где печатается эта лекция, кстати, недавно имели случай познакомиться с историей датской народной школы в XIX столетии и с современной политической ролью датского крестьянства.

не смеет и помыслить наш крестьянин. Мы с радостью передаем известие, что то здесь, то там крестьяне стали сеять клевер, а история земледелия повествует, что этот клевер спас немецкое крестьянство от неминуемого разорения сто слишком лет тому назад. Культура поля всегда шла об руку с культурой человека. Немецкий учитель, говорят, победил под Седаном. Будем утешать себя надеждой, что наш учитель поведет наш народ к иной победе — бескровной и не угрожающей отместкой, к победе над природой, над невежеством и его неизменной спутницею — нищетою ¹⁾.

¹⁾ Лекция читана в пользу Общества попечения об улучшении быта учащихся в начальных училищах. Как мало оправдались высказываемые здесь надежды, — те, кто взялись быть руководителями народа, повели его к завоеванию Царьграда и привели — к голоду. (Примеч. 1919 г.)

IV.

Основы разумного удобрения.

П. Вагнера.

От переводчика.

В присутствии грозного бедствия ¹⁾, занимающего в эту минуту все умы, вслед за мыслью о том, как по возможности ослабить его ужасы в настоящем, является мысль и о том, как предотвратить его повторение в будущем. И вот с самых разнообразных сторон приходится с удивлением слышать очевидную, казалось бы, не нуждающуюся в повторении, истину, что пора обратить должное внимание на ту форму народного труда, на которой, в конце-концов, держится весь экономический строй нашей страны. Высказывается мысль, что необходимо поднять наше земледелие, если уже не до того уровня производительности, которого достигли страны Запада, то хоть до того, который представляют наиболее культурные уголки нашего отечества. И, конечно, нельзя сомневаться в том, что, кроме прямых оборонительных мер против засухи, к сожалению, очень ограниченных, самым действительным средством защиты от причиняемого ей вреда является обеспечение возможно высоких урожаев в климатически благоприятные годы. А в свою очередь едва ли подлежит сомнению, что в ряду факторов, обеспечивающих этот результат, не последним должно считать знание.

Земледелие, насколько оно является победой человека над природой, предполагает, конечно, знание законов этой природы. Злорадное «а философ без огурцов» отошло в область истории с той поры, как между «философом» и огородником выступил некто третий — ученый, основавший свое знание не на темном эмпиризме огородника и не менее темной схоласти-

¹⁾ Голода 1891 г.

ческой мудрости «философа», а на точном наблюдении природы и строго научном опыте.

Но возникающая вера в науку нередко идет рука об руку с преувеличенной на нее надеждой, — надеждой, что наука придет и совершит чудо. Оставляются без внимания прочные завоевания действительной науки и жадно хватаются на лету известия о каких-нибудь чудотворных новых приемах культуры, в результате чего появляется естественное разочарование и новое недоверие к науке. Стоит припомнить о наделавшей недавно столько шума, пресловутой *электрокультуре*, сразу увеличивающей будто бы урожай чуть не на сотни процентов; о соблазнившем некоторых практиков-свекловодов известии, что простым подкожным впрыскиванием сахара можно создать породу свекловицы, особенно богатую сахаром; о лишенном научного основания и тем не менее также соблазнившем многих заявлений Жоржа Виля, что по содержанию желтого вещества в листьях можно судить о том, чего недостает растению, и прописать ему рецепт и т. д.

В виду такого положения дела: с одной стороны, еще продолжающегося упорного недоверия к науке, а с другой — слишком легкого отношения к сомнительной науке, — нельзя достаточно заботиться о широком распространении в кругах людей, заинтересованных в земледельческих знаниях, но не обладающих достаточной научной подготовкой, — простых, здравых и свежих научных сведений, притом изложенных в возможно краткой, доступной форме. Изучать толстые книги не всякому досуг и охота, прочесть же десятка два-три страничек удосужится всякий, а затем может явиться и желание заглянуть более полными сведениями.

Предлагаемые в переводе, появившиеся в настоящем году, три лекции профессора Вагнера, имя которого пользуется заслуженной известностью и не в одной Германии, представляют, на мой взгляд, очень удачное и крайне наглядное изложение, пером и — фотографией, *научных основ* современного учения об удобрении. Я позволил себе прибавить даже в заголовке книги слово «основы», чтобы тем подчеркнуть мысль, что на этих немногих страницах читатель не должен искать готовых указаний, как удобрять *свои* поля и луга, а лишь сжатое на-

учное объяснение, как действует то или другое удобренье, на какие растения, при каких условиях и, следовательно, какой образ действия наиболее выгоден при той или иной хозяйственной обстановке. Нельзя, кажется, достаточно часто повторять, что *наука, теория* не может, не должна давать готовых рецептов; умение выбрать надлежащий прием для *своего случая* всегда останется делом личной находчивости, личного искусства. Это-то искусство и составляет область того, что должно разуметь под *практикой*, в лучшем смысле этого слова,—того, чего нельзя требовать ни от книги, ни от школы, чему учит только личный опыт да время, то-есть сама жизнь.

Мне редко случалось встречать, в такой сжатой, простой, непритязательной форме, изложение важнейших сведений, необходимых всякому, кто хочет понимать, что происходит в его полях и лугах. Изложение особенно выигрывает от превосходных фотографий, наглядно подтверждающих главные положения. Я убежден, что даже специалист, который, конечно, не найдет ничего нового на этих страницах, с удовольствием поставит эту книжку на полку своей библиотеки, хотя бы только ради этих красноречивых фотографий ¹⁾.

Автора, быть-может, упрекнут за излишние повторения одной и той же мысли на несколько ладов, но едва ли можно сомневаться, что он это делает умышленно, имея в виду тех из своих слушателей, которые мало знакомы с делом.

Некоторые редкие подробности изложения, с которыми я не вполне согласен, я позволил себе оговорить в подстрочных примечаниях ²⁾.

Как переводчик, я старался по возможности избегать тех варварских иностранных слов с русскими приставками, которыми мы так часто, без нужды, засоряем русскую речь.

К. Тимирязев.

¹⁾ Фотографии эти изданы Вагнером в большом размере, особым атласом, мало доступным по своей высокой цене. В немецкой брошюре они помещены в тексте. Я предпочел дать читателю копии с оригиналов, прекрасно воспроизведенных в фототипиях К. А. Фишером.

²⁾ Единицы метрической системы я переводил на пуды и десятины только тогда, когда речь идет об абсолютных величинах (напр., урожая), и находил это бесполезным в тех случаях, когда цифры выражают только отношения.

I.

Учение об удобрении сделало за последние годы значительные успехи. Благодаря научным исследованиям, удалось окончательно разрешить целый ряд вопросов первостепенной важности, пролить свет на коренные основы этого учения.

Дармштадтская опытная станция приняла свою долю участия в этом научном труде. В течение целого ряда лет производили мы опыты как в поле, на особых делянках, так и в приспособленных для того сосудах, и моя задача заключается в том, чтобы ознакомить вас с полученными выводами.

Перехожу прямо к делу и ставлю прежде всего вопрос:

Какие растения следует удобрять селитрой или аммиачными солями и какие не следует?

Вам, конечно, известно, что в чилийской селитре и сернистым аммиаке мы имеем могучее средство увеличивать урожайность наших полевых растений, а следовательно, и увеличивать нашу чистую прибыль. 100 фунтов чилийской селитры могут увеличить урожай на $3\frac{1}{2}$ центнера зерна и 6 центнеров соломы, 40 центнеров свекловицы, 26 центнеров картофеля¹⁾. Но я спрашиваю: с любым ли растением получим мы такое же увеличение урожая при удобрении азотом селитры или аммиачной соли? Опыт отвечает—*нет*. Попрошу вас только взглянуть на эти фотографии.

Прежде всего взгляните на *таблицу 1*, наглядно представляющую результаты опытов над яровой пшеницей и ячменем. Изображенные на ней сосуды весной были наполнены полевой землей, бедной азотом. Обозначенные буквой O сосуды получили удобрение, состоявшее из фосфорной кислоты и кали, обозначенные буквой S—получили фосфорную кислоту, кали и азот. Азот был доставлен в виде селитры. Вы замечаете резкое различие между растениями, получившими азотистое удобрение и не получившими его. В сосудах, обо-

¹⁾ В переводе на русскую меру 120 фунтов селитры повысят урожай на 10 пудов зерна и 18 пудов соломы, на 122 пуда свекловицы, 79 пудов картофеля.

значенных О, не получивших азота,—развитие жалкое, в сосудах, получивших азот, оно роскошно. Азотистое удобрение увеличило урожай втрое. Вы видите ясно, что взятая для опыта почва не могла вызвать роскошного развития ячменя или пшеницы; этой почве недоставало азота; растения голодали, и только удобрив каждый сосуд 10 граммами ¹⁾ чилийской селитры, мы довели их до наивысшего урожая.

Совершенно иную картину представит вам *таблица 2*. В сосуды такой же величины, как те, которые служили для культуры ячменя и пшеницы, наполненные той же землей, получившие те же количества тех же удобрений, в тот же день посажен был горох, уход за которым во всех отношениях был тот же, что и за ячменем и пшеницей. Но результат, как видим, совершенно иной. Там, где пшеница и ячмень в отсутствии азота голодали и развились крайне плохо (в сосудах, обозначенных О на таблице 1), там горох достиг превосходного развития, а удобрение селитрой (как показывают обозначенные буквой S сосуды, таб. 2) только едва повлияло на урожай.

То же самое видите вы на *таблице 3*. Вика, здесь изображенная, возделывалась совершенно так же и дала совершенно такой же исход, как и горох. Без всякого азотистого удобрения вика дала роскошный урожай, а удобрение чилийской селитрой не оказало никакого действия.

Как объяснить себе такой исход опыта? Откуда добыли себе горох и вика тот азот, который мы должны были доставить пшенице и ячменю в форме чилийской селитры, чтоб получить возможно высокий урожай?

Ответ:

Из атмосферного воздуха.

Опыты профессора Гельригеля неоспоримым образом доказали, и мы могли это вполне подтвердить, что азот *воздуха* доступен гороху, вике и им подобным растениям; он ими усваивается, и это открытие представляет громадную практическую важность. На основании его все возделываемые

¹⁾ 2, 3 золотника.

сельско-хозяйственные растения мы можем разделить на два отдела:

1) на такие, которые живут только на счет азота почвы и удобрений, и

2) на такие, которые кроме азота почвы и удобрений, могут пользоваться и азотом воздуха.

Это необыкновенно важно. Азот должно считать самым дорогим питательным веществом растения; он обходится в два или три раза дороже фосфорной кислоты и кали. Если же существуют растения, которые способны это в высшей степени ценное вещество добывать из воздуха,—из воздуха, который доставляет его даром, то было бы непозволительной расточительностью удобрять такие растения чилийской селитрой или аммиачными солями. И действительно, только в *исключительных* случаях, когда имеем дело с почвами *крайне* бедными азотом, может быть выгодно доставить вика, гороху и молодому клеверу легкое удобрение селитрой или аммиаком для того, чтобы ускорить их развитие.

Мы испробовали много сельско-хозяйственных растений по отношению к их способности пользоваться различными источниками азота и пришли к следующим выводам:

Пшеница, рожь, овес, ячмень, картофель, репа, табак, виноградная лоза, цикорий, гречиха, горчица, шпегель, все капустные растения *неспособны* добывать азот из воздуха; они *потребляют* азот почвы и удобрения, они пожирают хозяйственный капитал азота, почему мы их и называем потребителями азота, и по отношению к ним задача сводится к удобрению их такими количествами азота, чтобы получить наибольший урожай или вернее наибольшую чистую прибыль.

Прямую противоположность этим растениям составляют растения, *обогащающие* почву азотом: горох, вика, бобы, чечевица, лупины, птиценожка, различные клеверы, эспарцет, люцерна,—все вообще растения, имеющие плоды в виде бобов, добывают себе азот из воздуха. При нормальных условиях они не нуждаются в удобрении азотом; они не только не уменьшают хозяйственного капитала азота в удобрении или в почве, а напротив, *увеличивают* его. Они улавливают азот из воздуха и накапливают его в почве: в виде корней,



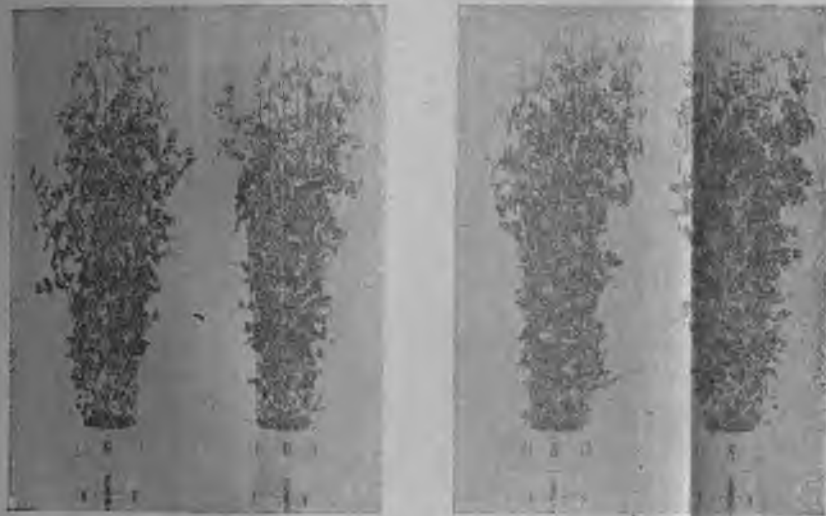
Без азота. С азотом. Без азота. С азотом.

Таблица 2. Горох.



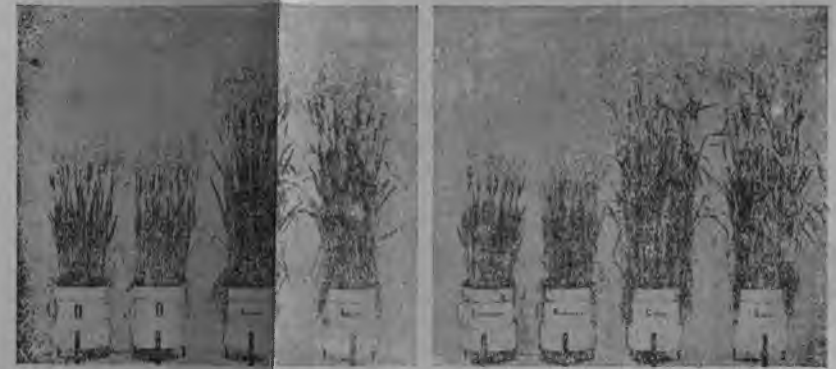
Без азота. С азотом. Без азота. Без азота.
(10 гр. селитры). Зел. удобрение (горчица). Зел. удобрение (вика).

Таблица 5. Овес.



Без азота. С азотом.

Таблица 3. Вика.

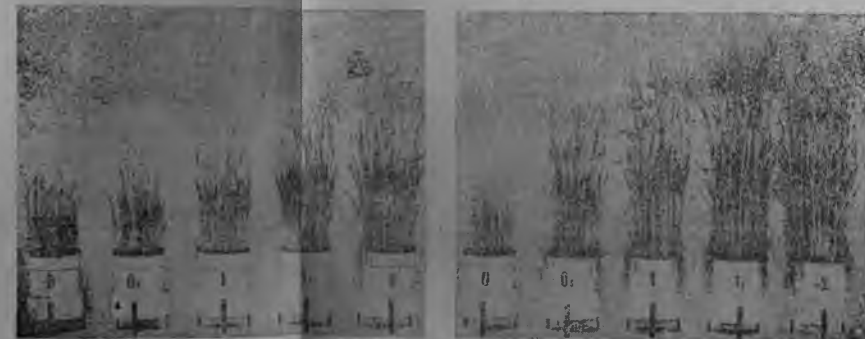


Без азота. С азотом. Без азота. Без азота.
Зел. удобрение (лупин). Зел. удобрение (гречиха). Зел. удобрение (горох).

Таблица 6. Овес.



Без азота. С азотом.



0 гр. 1/2 гр. 1 гр. 1 1/2 гр. 2 гр.
Азот (селитры) доставлен горчице, посеянной, как зел. удобр., в предшествующую осень.

0 гр. 1/2 гр. 1 гр. 1 1/2 гр. 2 гр.
Азот (селитры) доставлен непосредственно овсу при посеве.

стеблей и листьев или в стойле — в виде корма скоту; они *увеличивают* запас азота в хозяйстве, потому мы и их называем растениями, *обогащающими азотом*.

То обстоятельство, что после долгих поисков нам, наконец, удалось окончательно разрешить этот вопрос, представляет громадную важность.

Теперь для нас ясно, к чему сводится наша задача в отношении питания азотом возделываемых нами растений: она состоит в том, что все наши потребляющие азот растения, а именно: злаки, репа, картофель и все вместе с ними перечисленные — мы должны удобрять азотом, если желаем получить высший урожай, наибольшую чистую прибыль. Весь азот, потребный этим растениям для достижения высшего урожая, должен им быть доставлен почвой и удобрением и мы должны заботиться, чтобы они никогда не терпели недостатка в азоте, так как растение, терпящее недостаток в азоте, никогда не даст наивысшего урожая.

Далее наша задача заключается в том, чтобы доставить перечисленным растениям необходимый им азот, с наименьшей затратой. У торговцев удобрениями азот стоит больших денег, это, как уже сказано, самая дорогая пища растения, воздух же доставляет нам его даром. Нам нужно только уметь его уловить, оплачивая одни расходы этого улавливания и так как эти расходы, как мы увидим, не велики, то выгодно извлекать из воздуха как можно более азота. Я говорю как можно более, а не все необходимое количество, так как извлекать из воздуха все необходимое количество оказывается невозможным, кроме разве редких исключительных случаев. Мы не можем обойтись без селитры, аммиачных солей или каких иных азотистых удобрений, если имеем в виду получить наивысший урожай, наибольшую чистую прибыль.

Но все же мы должны доставлять нашим злакам, картофелю, свекловице, рапсу как можно более этого дешевого *воздушного азота*, и так как эти растения не могут сами его извлекать из воздуха, то мы должны, очевидно, превратить его в азот *почвы*, в азот *удобрения*. Но возможно ли это? Да, возможно. Мы возделываем клевер, люцерну, вику и проч.

и скармливаем их скоту. Тогда азот воздуха, уловленный кормовыми растениями, переходит в азот *удобрения*, превращается в хлевной навоз, который мы доставляем почве. Значит, когда мы хотим уловить много азота из воздуха и превратить его в азот удобрения, мы возделываем много кормовых растений, держим много скота и получаем много навоза.

Но всегда ли это осуществимо? Нет, по крайней мере, не в безграничных размерах. Возделывание кормовых растений и разведение скота нельзя расширять по произволу. Но существует другой путь, приводящий к той же цели: мы можем производить азотистое удобрение *прямо в поле*. Вместо хлевного навоза или рядом с ним мы можем производить так называемое *зеленое удобрение* и достигаем этого, *возделывая растения для зеленого удобрения и запахивая их в почву*¹⁾.

Мы высеем lupины, птицепожку или клевер вместе со злаками. После жатвы последних, предназначенные для зеленого удобрения растения продолжают развиваться и, извлекая из воздуха азот, превращают его в растительное вещество, которое поздней осенью запахивается в землю, разлагается в ней и служит пищей для следующего растения (картофеля, репы, злаков).

Если же высеянные вместе со злаками растения недостаточно развились или являются какие-нибудь другие по-

¹⁾ Автор, по счастью, придерживается старого, всякому понятного выражения „зеленое удобрение“. В нашей сельско-хозяйственной литературе это выражение, к сожалению, вытесняется, с легкой руки Жоржа Вилья, словом *сидерация*. Слово *sideratio* встречается у Плиния, для обозначения *болезни* растений, вызываемой вредными влияниями. Конечно, не в таком смысле понимает его Жорж Виль. Если же рассматривать его как свежеспеченную латынь, то необходимо производить это слово от *sidera*—звезды. Говорить о зависимости земледелия от звезд можно было разве только во времена астрологии—остается предположить, что под звездами Виль разумеет солнце. Но с одной стороны, какое же зеленое растение не зависит в своих жизненных отправлениях от солнца, а с другой стороны, способность бобовых растений усваивать азот воздуха именно от солнца не зависит. Следовательно, как ни смотреть на дело, слово *сидерация* является варварским, темным, не имеющим смысла, обозначением ясного и определенного понятия—зеленое удобрение.

воды прибегнуть к такому посеву немедленно *после* жатвы, то как можно скорее запахивают жниво и засевают викой или (еще лучше) викой с горохом, или озимой викой, или пунцовым клевером все с тою же целью, запахать их поздней осенью или—когда посеян пунцовый клевер—на следующую весну.

На прилагаемых фотографиях я покажу вам, какое громадное действие оказывает при благоприятных условиях зеленое удобрение и в то же время в какой степени успех зеленого удобрения зависит от надлежащего выбора растений, а именно—от выбора таких, какие могут поглощать атмосферный азот и обогащать им почву.

Я попрошу вас обратить внимание на таблицу 4. Она показывает действие зеленого удобрения в сравнении с удобрением чилийской селитрой. Оба первые (обозначенные буквой О) сосуда не получили никакого азотистого удобрения, и, как видите, овес развился в них крайне плохо. Два следующие, обозначенные словом «селитра», получили удобрение, состоявшее из 10 граммов селитры, и вы видите, какое действие оказала эта селитра. Урожай овса поднялся с 7 до 300. Далее следующие сосуды, на которых написано «горчица», получили зеленое удобрение. В августе мы посеяли в эти горшки белую горчицу, поздней осенью мы ее срезали, искрошили и закопали в землю, а на следующую весну посеяли в те же сосуды овес. Вы видите, что это зеленое удобрение не принесло **никакой** пользы, да иначе и быть не могло, так как горчица относится к растениям, питающимся только азотом **почвы** и **удобрения** и неспособным пользоваться азотом воздуха, а следовательно, и обогащать им почву. Теперь всмотритесь в выросшие после горчицы овсы и сравните их с теми, которые получились в горшках, обозначенных буквой О, и вы убедитесь, что зеленое удобрение горчицей не только не увеличило урожая овса, но даже *понижило* его. И это вполне понятно. Горчица поглотила легко растворимый азот, который находился в почве, и превратила его в трудно растворимый азот растительных остатков, а этот последний стал недоступен для овса в такой короткий срок.

Совершенно иначе подействовало удобрение *викой*, как это видно на двух последних сосудах. Вика заимствовала азот из воздуха, превратила его в азот растительного вещества, в стебли, листья, корни, а через гниение этого зарытого в землю растительного вещества образовались азотнокислые соли, вызвавшие такое роскошное развитие растений, что после этого удобрения зеленой вилой получился урожай овса, мало уступающий тому, который дало удобрение 10 граммами чилийской селитры.

Так же успешны оказались опыты, изображенные на таблице 5.

Зеленое удобрение *лупинами*, зеленое удобрение *горохом* в сравнении с сосудами, обозначенными буквой О, вызвало необычайное возвышение урожая, между тем как удобрение *гречихой* несколько не повысило урожая, так как гречиха относится к числу растений, не обладающих способностью черпать потребный им азот из воздуха.

Эти опыты доказывают вам самым очевидным образом, что при помощи зеленого удобрения мы можем дешевый азот воздуха сделать доступным даже тем растениям, которые сами не могут себе его добыть под условием, конечно, что для зеленого удобрения мы будем выбирать растения, *обогащающие* почву азотом, т.-е. лупины, горох, различные сорта клевера, конские бобы, птиценожку, вику и др., а не такие растения, как горчица, гречиха, рапс и др., которые сами нуждаются в азотистом удобрении. Растения, сами нуждающиеся в азотистом удобрении, понятно, не могут производить азотистого удобрения.

Горчица, гречиха, рапс вообще дают плохое зеленое удобрение; они сами нуждаются в удобрении азотом. Сеять же их осенью после других растений, удобрять селитрой и затем запахивать, как это иногда советуют, на основании наших опытов, оказывается *бесполезным*, так как этим способом превращают легко растворимую селитру в азотистые соединения, действие которых обнаруживается только через долгий срок. Вы это можете увидеть, взглянув на таблицу 6.

На этой 6 таблице показано постепенное повышение урожая овса при удобрении 0,5 гр., 1 гр., 1,5 гр. и 2 грам-

мами азота в форме селитры. Вы видите, как правильно идет в гору развитие овса соответственно возрастающим количествам доставляемой селитре. Но вы замечаете также с первого взгляда, что левый ряд развился гораздо слабее правого. От чего же это зависит? Да очень просто, от того, что в расположенных с левой стороны сосудах селитра доставлялась не прямо овсу, а выращенной в горшках, в предшествовавшем августе, и зарытой в их почву горчице, между тем как ряд, изображенный с правой стороны, получил селитру только весной при самом посеве овса.

Непосредственно доставленный овсу в виде селитры азот подействовал *значительно* лучше, чем доставленный чрез посредство выращенной в качестве зеленого удобрения горчицы¹⁾.

Теперь пойдём далее.

И привел выше цифры, которые выражают прибавок урожая, получаемого средним числом от удобрения 100 фунтами чилийской селитры при возделывании злаков, картофеля, свекловицы; теперь я ставлю вопрос:

При всяких ли условиях дает удобрение селитрой этот прибавок урожая?

Опыт отвечает: *нет*, не при всяких условиях, а только тогда, когда налицо все условия, при которых удобрение может оказать полное свое действие. А какие же это условия? Перечислю важнейшие:

1) В этом месте своего изложения автор недостаточно ясно подчеркивает различие между условиями опыта в горшках и в поле. В поле, приносимая зеленым удобрением, польза двоякая: от накопления атмосферного азота (если возделываются бобовые растения) и от высасывания корнями селитры, которая иначе в течение всей осени вымывается из почвы. Эту вторую пользу приносит любое растение, а не одни бобовые. В опытах с овсом (табл. 6) селитра доставлялась ему *непосредственно весной*. Сходство с тем, что происходит в поле, было бы полное только в том случае, если бы селитра была распределена в горшках с осени, и они подвергались бы до весны вымывающему действию дождей и пр. При такой постановке опыта действие горчицы как *собирателя селитры* выступило бы яснее. Впрочем, на последней странице (пункт 5) автор отчасти исправляет эту неполноту своего изложения.

Примеч. переводчижи.

Достаточное количество **воды**, а также достаточное количество **фосфорной кислоты** и **кали**.

Но везде ли эти условия осуществимы? Да, по крайней мере, насколько дело касается *фосфорной кислоты* и *кали*. О воде приходится возлагать надежды на небо, сельский хозяин немного тут в силах помочь.

Но и достаточное насыщение растения **фосфорной кислотой** и **кали** представляет громадную важность. Доставьте злакам, картофелю, свекловице и др. азотистое удобрение в виде чилийской селитры или аммиачной соли — и оно не окажет никакого действия; дорого стоящий азот будет брошен на ветер, если почве недостает фосфорной кислоты и кали. Возделывайте растения для зеленого удобрения, возделывайте люцерну, птиценожку, вику, горох и др., и растения эти не будут добывать азота из воздуха, представляя самое жалкое развитие, пока почве недостает фосфорной кислоты и кали. Ваши клеверы, люцерны, эспарцет не будут пользоваться богатым и даровым источником азота доставляемым воздухом, пока вы их оставите голодать от недостатка фосфорной кислоты и кали, и *ваши луга* будут давать плохие укусы, пока вы не позаботитесь о том, чтобы луговая почва, обыкновенно истощенная, получила вновь достаточный запас фосфорной кислоты и кали.

И этот важный вопрос — вопрос об **удобрении фосфорной кислотой** и **кали** могут наглядно пояснить вам следующие фотографии.

Прошу вас обратиться к **таблице 7**.

На ней изображено два ряда опытов: один с *горохом*, другой с *овсом*. Почва и удобрение, а равно день посева и все остальные условия были те же в обоих случаях.

Обозначенные буквой **O** сосуды не получили никакого удобрения, обозначенные **K P** получили кали и фосфорную кислоту, обозначенные **KPS** получили кали, фосфор и *азот*.

Обратите теперь внимание на действие удобрений. Как видим, овес в сосудах неудобренных представляет жалкое развитие; так же жалок он и при удобрении кали и фосфорной кислотой. Между тем как получивший удобрение из кали, фосфорной кислоты и *азота* дал роскошный урожай.

Совсем иначе обстоит дело с *горохом*. Между тем как на овес кали и фосфорная кислота оказали действие только совместно с *азотным* удобрением, горох имел в своем распоряжении достаточные количества азота из неисчерпаемого его запаса в воздухе. Горох нуждался только в кали и фосфорной кислоте для того, чтобы приобрести возможность черпать азот из этого запаса и, как видите, во много раз увеличил свой урожай. Он не нуждался в удобрении селитрой, как видно из двух последних сосудов, означенных КРS; селитра на него не оказала никакого действия.

Я полагаю, что вывод из этих двух рядов опытов представляет громадную важность, потому что, как в этом опыте горох, благодаря удобрению из кали и фосфорной кислоты, получил возможность извлекать азот из воздуха и достиг роскошного развития, так точно относятся к этому удобрению вики, дупин, клевер, птиценожка, люцерна, эспарцет и др. Все эти, улавливающие азот и потому столь важные в сельском хозяйстве растения поглощают этот азот с тем большею жадностью и дают тем более высокие урожаи, чем скорее и чем обильнее доставляют им кали и фосфорную кислоту. Точно так же и злаки, свекла, картофель, рапс тем скорее и полнее перерабатывают азот почвы и азот *удобрений* (навоза, зеленого удобрения, селитры, аммиачной соли) в высокие урожаи, чем менее они голодают от недостатка кали и фосфорной кислоты.

Эта таблица 7 показывает вам в то же время, с каким успехом можно удобрять кали и фосфорной кислотой луга. Вы видите на этой таблице, как относится к кали-фосфорному удобрению овес, принадлежащий, как известно, к семейству злаков; это удобрение не оказывает на него *никакого действия*, пока не сопровождается удобрением, содержащим азот. Напротив, действия его на горох, принадлежащий, как известно, к отряду «бобовых», очень сильно. Та же картина представляется вашим глазам после удобрения луга кали и фосфорной кислотой. Даже на первый год, вслед за удобрением, бобовые растения, различные *вики* и *клеверы*, роскошно развиваются и заглушают злаки, на которых кали и фосфорная кислота не оказывают никакого действия. Если же

одновременно будет доставлено и азотное удобрение (навозная жижа, компост, селитра, аммиачные соли), то и *злаки* развиваются не менее успешно. Истощенный голодом луг, покрытый только тощим злаком да вереском, может, благодаря повторенному удобрению фосфорной кислотой и кали, превратиться в роскошный клеверный луг. Когда, несколько лет тому назад, я высказал эту мысль, что при помощи удобрения фосфорной кислотой и кали можно превратить «травяной луг» в «клеверный», мне плохо верили, — теперь же это всеми признано, и со всех сторон доносятся голоса практиков, громко подтверждающие успех такого удобрения лугов ¹⁾.

Подведем краткий итог:

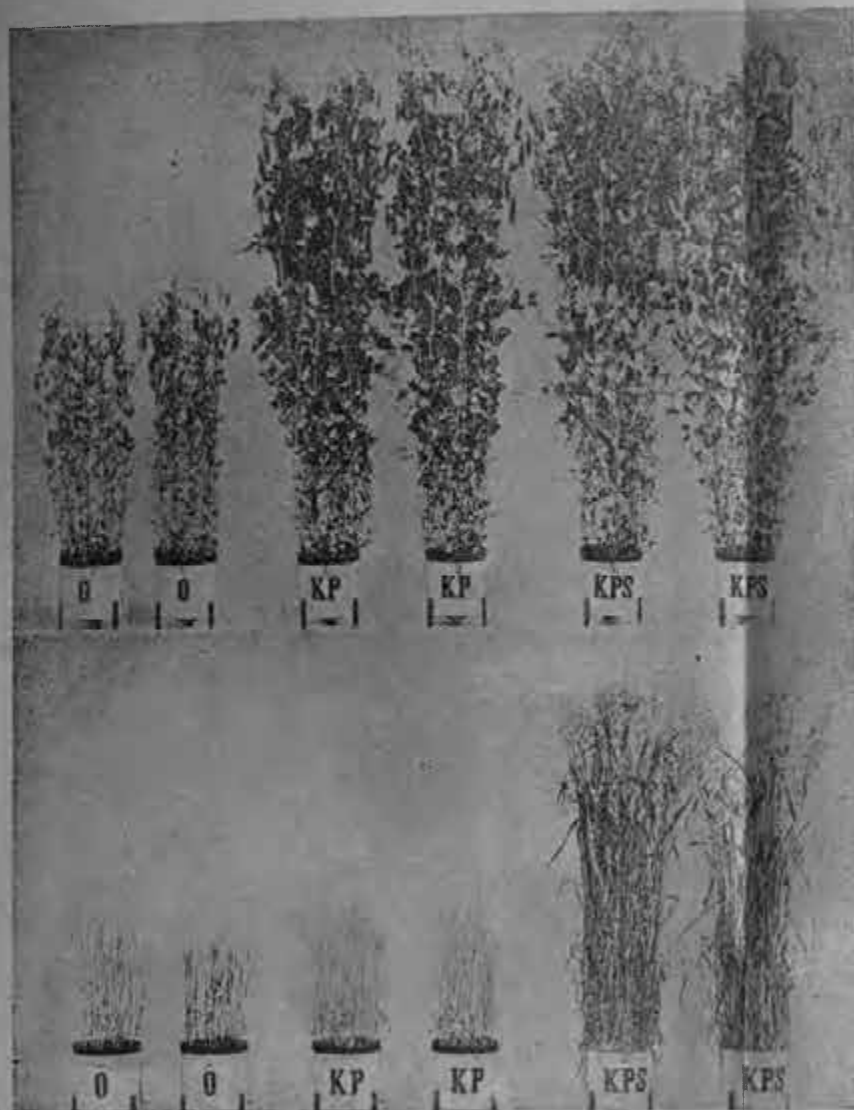
Чтобы наши сельско-хозяйственные растения могли использовать вполне азот, доставляемый им *воздухом*, почвой, навозом, зеленым удобрением, *чилийской селитрой*, *аммиачными солями*, и могли дать *возможно высокий урожай*, нужно заботиться, чтобы они никогда не страдали от недостатка *фосфорной кислоты* и кали. Нужно при помощи сильных удобрений обогатить почву в такой мере, чтоб она располагала запасом фосфорной кислоты, обеспечивающим наивысший урожай, и постоянно поддерживать этот запас фосфорной кислоты чрез возврат тех количеств ее, которые извлекаются урожаем.

Но эту фосфорную кислоту необходимо получить возможно *дешево*, так как задача сельского хозяина всегда сводится к тому, чтобы при *наименьших затратах* получить наивысший урожай, и вот этот-то вопрос я и постараюсь выяснить в следующей лекции.

¹⁾ На этот раз почтенный автор несколько преувеличивает свою заслугу, забывая, что этот вывод был сделан гораздо ранее в капитальном и, можно сказать, колоссальном труде, произведенном на Ротгамстедской станции Лоозом и Гильбертом. Исследование над составом луговой флоры, в зависимости от минерального удобрения, производилось там с 1856 года. Еще в 1877 году я сам видел способ производства этой работы. С десятков мальчуганов-ботаников, вооруженных пинцетами, сортировали отвешенные количества сена — былинка к былинке — и определяли их ботанический характер. Только таким кропотливым трудом можно было установить точную статистику луговой растительности.

Таблица 7.

Горох и овес. Удобрение калием и фосфорной кислотой.



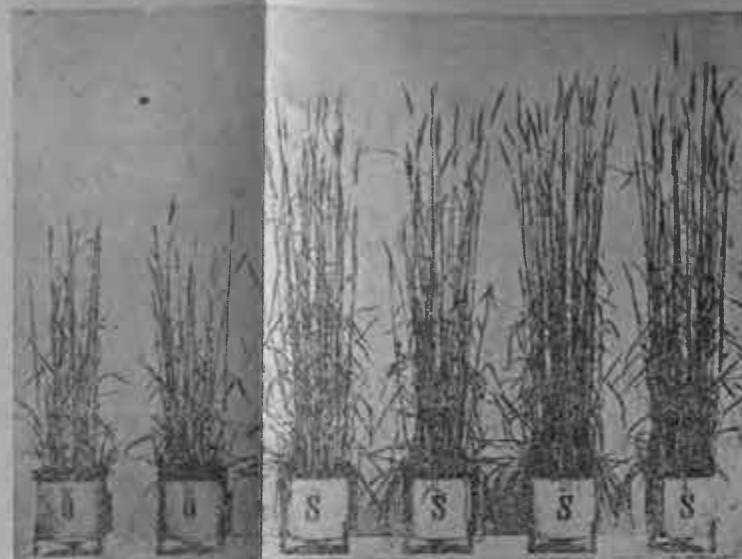
Без удобрения.

Удобрение калием
и фосфорн. кисл.,
без азота.

Удобрение калием,
фосфорн. кислотой
и азотом.

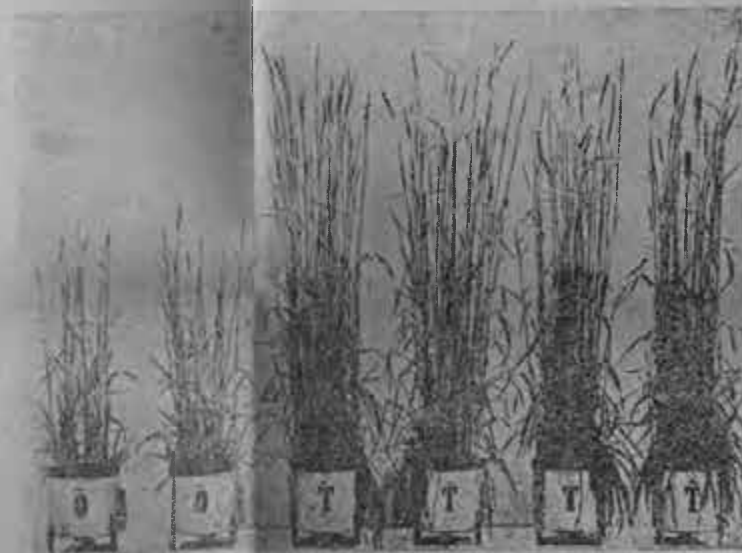
Таблица 8.

Яровая рожь. Удобрение фосфорной кислотой.



Без фосфорно-
кислого удобрения.

Осенью. Весной.
Удобрено 1 частью фосфорной кислоты
(суперфосфата).



Без фосфорно-
кислого удобрения.

Осенью. Весной.
Удобрено 2 частями фосфорной кислоты
(Томасова шлака).

II.

Когда дело касается удобрения, первой заботой является вопрос об издержках. Мы видели, что должны как можно *дешевле* добывать себе азот, собирать как можно более дешевого азота из *воздуха*, чтобы тем увеличить капитал удобрения при возможно малых затратах. Теперь возникает другой вопрос:

Как всего дешевле достать фосфорную кислоту?

Позвольте же поведи об этом речь.

Если заглянем в преис-куранты торговцев удобрениями, то увидим, что килограмм (2,44 фунта) фосфорной кислоты в виде муки из Томасовых шлаков обходится на половину почти дешевле, чем в виде суперфосфата, и что фосфорная кислота костяной муки занимает средину между этими двумя удобрениями. В каком же виде выгоднее всего покупать фосфорную кислоту?

Чтобы ответить на этот вопрос, мы должны узнать, как быстро начинает действовать фосфорная кислота Томасова шлака и костяной муки сравнительно с легко растворимой фосфорной кислотой суперфосфата, так как и цена фосфорной кислоты зависит от быстроты ее действия. Если фосфорно-кислая соль должна пролежать в почве каких-нибудь десять лет, прежде чем она будет до конца высосана растением, то эта соль, конечно, менее ценна, чем другая «легко растворимая», которая тотчас же и сполна будет использована растением.

На Дармштадтской опытной станции за эти последние годы произведено большое число опытов, которые должны были дать ответ на вопрос: как скоро при нормальных почвенных условиях обнаруживается действие фосфорной кислоты Томасова шлака и костяной муки в сравнении с действием суперфосфатов? В моих различных сочинениях вы найдете ближайшие указания на выводы, к которым привели

эти опыты. Сообщу вкратце только следующее. Во всех опытах, произведенных с распаренной костяной мукой нормального состава и различных степеней измельчения, получился неизменный результат, что действие фосфорной кислоты костей обнаруживается значительно позже, чем действие фосфорной кислоты Томасова шлака. Если же, как оказывается на деле, фосфорная кислота Томасова шлака обходится дешевле фосфорной кислоты, костяной муки да еще, сверх того, фосфорная кислота шлаков проявляет свое действие значительно ранее, то мы, очевидно, должны признать, что фосфорная кислота костяной муки обходится относительно дороже. Покупать костяную муку там, где можно иметь ту же фосфорную кислоту в виде *более дешевого* шлаков, было бы невыгодно.

Установленное нами правило о медленном действии костяной муки вполне подтверждается и опытом сельских хозяев. Хотя и не найдется точных опытов, произведенных в поле, которые могли бы дать определенный ответ на этот вопрос, но зато любой сельский хозяин, обративший внимание на действие костяной муки, сумеет рассказать кое-что о «продолжительности» этого действия; он знает, например, что при удобрении костяной мукой под люцерну действие сказывалось еще на третий, четвертый, даже пятый год. Так, наприм., один саксонский хозяин, увидав прошлым летом наши опыты, рассказал нам, что он удобрил в 1886 году свою землю в размере 2 центнеров на морген (26 пудов на десятину) и, не заметив в 1887 г. никакого действия, удобрил вторично 2 центнерами. Не заметив и после этого никакого действия, он решил, что его земля не нуждается в фосфорной кислоте. Но оказалось, что он ошибся, так как в 1888 и 1889 году действие удобрения выступило с полною очевидностью на делянках, получивших удобрение в два предшествовавших года. Это заключение совершенно согласно с выводами, которые мы сделали из своих опытов: фосфорная кислота костяной муки обнаруживала свое действие только после продолжительного пребывания в почве. но заключенный в костяной муке *азот* начинал действовать значительно ранее.

Приведу следующие числовые итоги наших опытов:

1. При возделывании в 1889 г. ржи с подсевом клевера на полевых участках с песчано-глинистой почвой получено:

100	частей	урожая	при	удобрении	фосфорной	кислотой	суперфосфата	1).
59	"	"	"	"	"	"	"	Томасовых шлаков.
8	"	"	"	"	"	"	"	костяной муки.

2. При опытах в сосудах с глинистой почвой получено:

100	част.	урожая	при	удобрен.	фосфорной	кис.	суперфосфата	} в первый год.
5	"	"	"	"	"	"	"	
100	"	"	"	"	"	"	"	} на второй год.
15	"	"	"	"	"	"	"	
100	"	"	"	"	"	"	"	} на третий год.
17	"	"	"	"	"	"	"	

Очевидно, что фосфорная кислота костяной муки только медленно обнаруживает свое действие: на первый год ее действие было ничтожно, на второй и третий год несколько лучше, между тем как 2 части фосфорной кислоты в виде Томасовых шлаков оказали такое же почти действие, как одна часть фосфорной кислоты в виде суперфосфата.

Я могу вам показать очень наглядную картину действия фосфорной кислоты Томасовых шлаков в сравнении с фосфорной кислотой суперфосфата. Прошу вас обратить внимание на опыты с яровой рожью, изображенные на таблице 8.

Все сосуды, показанные на этой таблице, были наполнены почвой (глинистой), содержавшей столько кали и азота, что рожь везде могла дать высший урожай. В первых двух, обозначенных O, развитие ржи, как видите, самое жалкое. Два следующие сосуда, обозначенные S, получили с осени удобрение 1 частью фосфорной кислоты в виде суперфосфата; два последние, помеченные также S, удобрены также 1 частью фосфорной кислоты в виде суперфосфата, но получили они ее весной. Вы видите, как роскошно развилась рожь, благо-

1) Удобрения везде брались в таком количестве, чтобы содержание в них фосфорной кислоты было одинаковое.

даря фосфорно-кислоту удобрению. Вы видите, что в почве, содержащей достаточное количество кали и азота, уже одно *исключительное* удобрение фосфорной кислотой вызывает паразитическое увеличение урожая, видите в то же время и то, что *весеннее* удобрение оказывает лучшее действие, чем, *осеннее*. Оно и понятно, растворимая фосфорная кислота, придя в соприкосновение с известью, железом и глиной почвы, стала более трудно растворимой, и вследствие этого осеннее удобрение будет всегда действовать медленнее весеннего, под условием, конечно, что это последнее внесено в почву достаточно *глубоко*. Большого различия между осенним и весенним удобрением во всяком случае не оказывается.

Теперь сравните верхний ряд опытов, произведенных с суперфосфатом, с нижним, который отличается от верхнего только тем, что вместо 1 части фосфорной кислоты суперфосфата растениям доставлено 2 части фосфорной кислоты в виде Томасовых шлаков. Вы заметите две особенности:

1. Фосфорная кислота этих шлаков, взятая в количестве 2 частей, дала урожай, немного превышающий урожай, полученный при удобрении 1 частью фосфорной кислоты в виде суперфосфата.

2. Осеннее удобрение Томасовым шлаком оказало немного более действия, чем удобрение весеннее, но, впрочем, и здесь (как и при удобрении суперфосфатом) различие между весенним и осенним удобрением невелико.

Я бы мог привести вам целые ряды цифр, подтверждающих это отношение между действием Томасовых шлаков и суперфосфата, но я не желаю вас утомлять. Вы найдете эти цифры в моих подробных исследованиях.

Но мы попытаемся сделать расчет, когда на основании только что сказанного и при существующих ценах на Томасовы шлаки может быть выгодно их применение ¹⁾.

Килограмм (2,44 фунта) растворимой в воде фосфорной кислоты стоит круглым числом 60 пфеннигов (18,6 коп.), ки-

¹⁾ Под именем „Томасовых шлаков“ здесь постоянно разумеются молотые шлаки с немецких заводов, содержащие до 80% мелких частей (Feinmehl).

лограмм Томасовых шлаков 22 пфеннига (6,8 коп.), откуда выходит, что за 100 марок (31 рубль) можно иметь в суперфосфате 167 килогр. (10 п. 7 ф.) фосфорной кислоты, в Томасовых шлаках 455. „ (27 „ 12 „) „ „

Теперь предположим, что вы удобрили поле в 4 гектара 167 килограммами (или 2,7 пудами на десятину) фосфорной кислоты в виде суперфосфата. Предположим, что в другом случае вы удобрили также 4 гектара 455 килограммами (или 4 пуд. 35 фун. на десятину) фосфорной кислоты в виде Томасовых шлаков. В том и другом случае вы возделывали овес и клевер. Расход был один и тот же, но каков же будет успех в том и другом случае?

Окажут ли 455 килограммов трудно растворимой фосфорной кислоты шлаков такое же действие на овес, как 167 килограммов легко растворимой фосфорной кислоты суперфосфата? Да. На основании моих многочисленных опытов, производимых над различными растениями и в различных почвах, вы можете с уверенностью допустить, что 455 килограммов Томасовых шлаков окажут по меньшей мере такое же действие на первый урожай, как и менее чем на половину сильное удобрение суперфосфатом.

А теперь посмотрим, что же будет далее.

Допустим, что избыток урожая овса, вызванный фосфорно-кислым удобрением — в том и другом случае — поглотит 100 килограммов фосфорной кислоты; сколько же останется в почве того и другого удобрения? Ответ: в поле, удобренном суперфосфатом, останется 67 килограммов, в поле, удобренном шлаками, — 355 килограммов фосфорной кислоты. Теперь спрошу: эти 355 килограммов фосфорной кислоты не окажут ли они более действия на последующее развитие клевера, чем 67 килограммов суперфосфатной фосфорной кислоты на другое поле? Очевидно: да, окажут. Клевер на шлаковом поле даст лучший урожай, чем на суперфосфатных, и в этом последующем действии Томасовых шлаков, в этом «обогащении» почвы фосфорной кислотой, вызванном нашим удобрением, и заключается неоцененное в настоящее время преимущество этого удобрения перед одинаково стоящим количеством суперфосфатного удобрения.

Хотите вы обогатить свою почву, обеспечить ее запасом фосфорной кислоты на длинный ряд лет для культуры многолетних кормовых растений, лугов, виноградников, плодовых садов? Смело берите Томасовы шлаки, никакое фосфорнокислое удобрение не сравнится с ним.

Позвольте мне привести еще пример. Положим, вы обзаводитесь полем люцерны и желаете обеспечить его запасом фосфорнокислого удобрения на четыре года. Я считаю, что для этого достаточно 200 килограммов фосфорной кислоты на гектар (13 пуд. 12 фун. на десятину). Доставите вы эти 200 килограммов вашему полю в виде суперфосфата? Конечно, нет, это было бы неразумно. Это было бы слишком сильное удобрение. На первый год оно могло бы оказать только вредное действие, на третий же и четвертый год ваша люцерна могла бы голодать от недостатка фосфорной кислоты, так как растения в первый год пересытились бы фосфорной кислотой — без соответственного этой расточительности увеличения урожая.

Но вы смело можете доверить почве эти 200 килограммов в форме *Томасовых шлаков*. Вреда от них растение не ощутит; оно не может также поглотить в первый год слишком много фосфорной кислоты. Медленно действующие Томасовы шлаки равномерно обеспечат люцерну на все четыре года, а расход будет на половину менее, чем при удобрении суперфосфатом.

В сельско-хозяйственной практике встречается много случаев, когда нет особенной надобности спешить с удобрением фосфорной кислотой и тогда вместо растворимой в воде фосфорной кислоты выгоднее доставлять растению более трудно растворимую и сравнительно дешевую фосфорную кислоту Томасовых шлаков.

Положим, вы имеете почву, из которой растения ежегодно извлекают 50 килограммов с гектара (3 п. 13 ф. с десятины). Если вы желаете сохранить плодородие этого поля на постоянной высоте, то вы должны ежегодно возвращать ему в виде удобрения эти 50 килограммов фосфорной кислоты. Необходимо ли для этого возвращать эти 50 килограммов непременно в форме *легко растворимых суперфосфатов*? Нет, по крайней

мере, не во всех случаях. Все зависит от того, насколько плодородна почва.

Имеете ли вы дело с почвой от природы **богатой** или обогащенной продолжительным удобрением суперфосфатом, — с почвой, которая в своем пахотном слое содержит приблизительно 1000 килограммов фосфорной кислоты, на счет которых покрываются эти потребные растению 50 килограммов, — тогда, очевидно, спрос на легко растворимую фосфорную кислоту будет не велик. Каждые 100 килограммов этой фосфорной кислоты должны уступать растению всего 5 килограммов.

Если же, наоборот, почва сама по себе **бедна** фосфорной кислотой и плохо удобрена, так что для покрытия потребных растению 50 килограммов она имеет в запасе всего 500 килограммов, тогда, понятно, спрос на растворимую кислоту окажется более высоким, так как на этот раз каждые 100 килограммов запаса должны доставлять растению уже 10 килограммов фосфорной кислоты. Почва, *богатая* фосфорной кислотой, нуждается в фосфорной кислоте с 5⁰/₀ усвояемости, а почва *бедная* — в фосфорной кислоте с 10⁰/₀ усвояемости. Только при таких условиях они дадут равные урожаи.

Отсюда вытекает, что богатая почва не требует такой быстрой растворимости фосфорной кислоты, как почва бедная, и вам станет ясно, что существуют такие почвы, на которых удобрение 100 килограммами дешевых Томасовых шлаков может оказать такие же почти услуги, как и удобрение 100 килограммами дорогих суперфосфатов, несмотря на более медленное действие первого удобрения.

Все дело сводится к тому, как велик капитал фосфорной кислоты, с которым приступают к работе. Работает сельский хозяин, как уже сказано, с капиталом в 1000 килограммов фосфорной кислоты на гектар, в таком случае из этого капитала ежегодно растворяется только 50 килограммов, т. е. 5⁰/₀, и эта убыль, соответствующая ежегодному урожаю, может быть возмещена *трудно растворимой, дешевой* фосфорной кислотой *шлаков*. Иначе обстоит дело при почве *бедной*. Если вместо 1000 она содержит всего 500 килограммов фосфорной кислоты, то этот капитал для применения его с таким же успехом должен быть в большей степени растворим,

он должен ежегодно переходить в раствор уже не в количестве 5%, а в количестве 10%, а потому и убыль его, зачисляемая от ежегодного урожая, должна возмещаться *легче растворимыми* и более дорогими *суперфосфатами* или трудно растворимыми шлаками, взятыми в больших количествах.

Таким образом можно принять за правило:

Кто работает при *большом* капитале почвенной фосфорной кислоты, тот может поддерживать свой капитал, а следовательно и плодородие своей почвы на той же высоте, при помощи дешевой трудно растворимой фосфорной кислоты. Кто, наоборот, желает получить те же урожаи при малом капитале почвенной фосфорной кислоты, должен работать при помощи быстро действующей, более растворимой фосфорной кислоты и пополнять ежегодную убыль этого капитала, причиняемую урожаем, более *дорогой* легко растворимой фосфорной кислотой суперфосфата, или же соответственно *более значительным* количеством медленно растворяющейся фосфорной кислотой *шлаков*.

Отсюда, на богатой почве Томасовы шлаки могут часто оказывать более полезное действие, чем на бедной, так как могут встретиться случаи, при которых удаленная урожаем фосфорная кислота почвы может быть возмещена в такой же мере 150 килограммами фосфорной кислоты шлаков, стоящими только 33 марки, как и 100 килограммами суперфосфата, стоящими 60 марок.

Напомню вам еще о некоторых сельско-хозяйственных опытах, — о выводах, получаемых из опытов в поле, при которых оказалось, что на богатой почве фосфорная кислота Томасовых *шлаков* проявляла такое же действие, как и равное количество фосфорной кислоты суперфосфатов. Так, напр., в Англии были обнародованы отчеты об опытах, подтверждавших этот вывод — именно по отношению к глинистым почвам. Этот вывод — который нельзя, само собою разумеется, понимать так, что 1 килограмм шлаков или суперфосфата всегда и везде окажет равное действие, — во всяком случае достоин внимания. Он только подтверждает, что существуют условия, при которых можно извлечь *особенную* пользу из применения Томасовых шлаков. Эти условия встречаются с

одной стороны в *кислых*, *богатых почвах*, которые быстро способствуют переходу фосфорной кислоты шлаков в растворимое состояние, а с другой стороны, как мы уже сказали и разъяснили — в *обогащенных* фосфорной кислотой почвах, не нуждающихся в замещении, извлеченной урожаем, фосфорной кислоты такой *легко растворимой* формой ее, какую мы имеем и так дорого оплачиваем в суперфосфатах.

Но всю необходимую для потребностей немецкого земледелия фосфорную кислоту нельзя же получить в виде Томасовых *шлаков*. Они могут покрыть не более *трети* общей потребности. Если вы меня спросите, где же удобрять шлаками, где суперфосфатом, чтобы извлечь из тех и других наибольшую пользу, то на основании всех до сих пор мною произведенных опытов я могу дать следующий ответ.

Томасовы шлаки применяйте предпочтительно на почвах торфянистых, луговых, бедных известью, но богатых перегноем, хорошо проветриваемых, деятельных и богатых фосфорной кислотой. Удобряйте преимущественно многолетние кормовые травы и вообще растения с длинным сроком растительности.

Растворимые суперфосфаты применяйте, наоборот, на бедных перегноем, страдающих от недостатка влаги, химически не особенно деятельных почвах. Применяйте их в тех случаях, когда имеете дело с растением быстро растущим, когда требуется получить высший урожай на полях, предварительно не получавших богатого удобрения фосфорной кислотой.

Не следует также забывать, что возможен и средний путь: можно доставлять растениям часть фосфорной кислоты в виде суперфосфата, для удовлетворения ближайшей, неотложной потребности, а другую часть в виде Томасовых шлаков — для позднейшего потребления, для обогащения почвы.

Что же касается в частности удобрения *лугов*, то я желал бы остановить ваше внимание на том факте, что удобрение каинитом и Томасовыми шлаками нередко вызывает поразительное повышение урожая, так что никакой хозяин не должен бы упускать случая испробовать на своих лугах действие таких удобрений. Луга обыкновенно дурно удобрены: они голодают, и голодают, главным образом, от недостатка

фосфорной кислоты. Правда, луга удобряют иногда навозной жижей, но этого недостаточно. Навозная жижа доставляет лугам много кали, но вовсе не дает им фосфорной кислоты. Где удобряют навозной жижей, необходимо применять и роскошное удобрение Томасовыми шлаками, иначе первое удобрение не будет использовано. Где приходится иметь дело с голодающей луговой растительностью, где виднеются редкие, жалкие истощенные травы, а то и вереск или мох, и вовсе нет или только изредка попадается клевер, там необходимы для восстановления луга *неоднократные* и *сильные* удобрения Томасовыми шлаками и каинитом (приблизительно 6 центнеров Томасовых шлаков и 3—4 центнера каинита на морген или 78 пудов первого и 39—52 пуда второго на десятину). Но именно необходимо *неоднократное* сильное удобрение. Большая часть первого удобрения идет на устранение голодного состояния, на восстановление растительности, снабженной глубокими корнями и способной к более высокой производительности. Только вслед за тем начинает возрастать самая производительность. Легкое или неправильное, перемежающееся удобрение оказалось бы вовсе неразумным. Только с той поры, когда урожаи достигнут удовлетворительной высоты, можно умерять и удобрение, и возвращать ежегодно лугу немного более того количества кали и фосфорной кислоты, которые находятся в удаляемом сене.

На этом я и покончу. В третьем чтении я буду говорить о значении калия, как удобрения.

III.

Позвольте мне сегодня остановить ваше внимание на вопросе:

Какие сельско-хозяйственные растения полезно удобрять солями калия?

По этому важному вопросу предприняты только в новейшее время обширные исследования, при чем оказалось, что в прежних воззрениях на это удобрение не обошлось без ошибок.

Я вам представлю некоторые из наших опытов в фотографических изображениях.

На таблице 9 вы видите опыты удобрения гороха солями калия на глинистой и на песчаной почве. Глинистая почва была естественно богаче калием (0,23%), чем песчаная (0,04%). Вследствие этого в сосудах, обозначенных 0 и не получивших калия, а только азот и фосфорную кислоту в количествах, обеспечивающих высший урожай, развитие оказалось более благоприятным на почве глинистой, чем на почве песчаной.

В то же время вы видите, что и на той и на другой почве удобрение солями калия значительно повысило урожай. Нужно ли этому удивляться? Нет, потому что уже давно известна польза удобрения солями калия — гороха, вики, клевера, люцерны и вообще бобовых растений.

Теперь потрудитесь взглянуть на таблицу 10.

Здесь изображены такие же опыты, с теми же почвами, с теми же удобрениями, но над другим растением, именно над яровой рожью.

Что же мы видим? Мы видим, что *без* удобрения калием рожь — а именно на песчаной почве — развилась крайне *жалко*, с калийным же удобрением *роскошно*, и если вы сравните эти опыты над рожью с изображенными на 9 таблице опытами над горохом, то увидите, что на неудобренной почве рожь развилась гораздо хуже, чем горох, откуда необходимо сделать вывод, что рожь нуждается в калийном удобрении гораздо более, чем горох. Но соответствует ли это прежним воззрениям на потребность наших злаков в этом удобрении? Нет. Прежде считали, что злаки не особенно нуждаются в удобрении калием. Шульц-Луниц первый стал заявлять о необходимости удобрения калием под рожь, и наши опыты подтверждают, что он был вполне прав. Удобрение солями калия гораздо важнее для злаков, чем думали до сих пор.

Но не все злаки в одинаковой мере нуждаются в калийном удобрении.

Доказательством тому служит таблица 11.

Это опять те же опыты, которые вы видели на таблицах 9 и 10, с тем только различием, что на этот раз взят был *овес*. Сравните обозначенные буквой 0 сосуды на табли-

пах 10 и 11, и вы увидите, что овес гораздо менее пострадал от недостатка калия, чем рожь. В его распоряжении было не более калия, чем у ржи, и, однако, в каждом сосуде с песчаной почвой он дал урожай в 96 граммов, в сосуде с глинистой почвой — 151 гр. урожая, между тем как в совершенно сходных условиях рожь дала урожай в 35 и 64 грамма, следовательно, менее половины того, что дал овес. Значит, рожь нуждается в калийном удобрении более, чем овес.

Еще более, чем рожь, нуждается, повидимому, в калийном удобрении ячмень. В наших опытах с неудобренной калием почвой ячмень дал только 25 граммов урожая; овес же при совершенно одинаковых условиях дал 100 граммов.

Мне представляется очень вероятным, что ячмень окажется растением, наиболее нуждающимся в почве богатой калием, так как во всех наших опытах он обнаруживал совершенно *исключительную* требовательность по отношению к этому удобрению. Я убежден, что сельско-хозяйственная практика не замедлит подтвердить, что не только для ржи, для которой это доказано Шульц-Лупицем, но в еще большей степени для ячменя возможно полное использование доступного азота достигается только при помощи калийного удобрения.

Мне даже кажется, что практике нет надобности подтверждать это положение: она, хотя и бессознательно, уже его подтвердила.

Укажу только на следующий факт. Если вывести среднюю из произведенных в Саксонии, по мысли профессора *Меркера*, опытов удобрения селитрой под ячмень и под овес, то окажется, что на каждые 100 килограммов селитры приходится на равные количества безазотистого удобрения: овса — 460 килограммов зерна и 720 килограммов соломы, а ячменя только 110 килограммов зерна и 320 килограммов соломы.

Как это себе объяснить? Каким образом одно и то же количество азота дало только 110 килограммов зерна ячменя и 460 килограммов зерна овса? Или, быть-может, ячмень в меньшей степени способен использовать данный ему азот? На основании моих опытов это предположение невозможно допустить. Также и Гельригель доказал, со всею желаемую точ-

ностью, что на 1 часть азота удобрения овес, а равно и ячмень дают круглым числом 100 частей зерна и соломы.

Не будет ли этот результат полевых опытов только делом случая? Конечно, нет. Во-первых, при таком большом числе опытов и резком различии между урожаем овса и ячменя это предположение едва ли возможно, а затем результаты, полученные в Саксонии, вполне *подтверждаются* и моими опытами. На почве с бедным содержанием калия и фосфорной кислоты я получал на каждый 1 грамм азота в удобрении следующую прибыль в урожае:

	Зерна грам.	Соломы грам.	Зерна и соломы грам.
Овса	49	70	119
Ячменя только .	16	25	41

Как же объяснить себе такое поразительно малое использование азотистого удобрения ячменем? Ответ:

Исключительно большим запросом ячменя на фосфорнокислое и калийное удобрения.

Для овса находящихся в почве фосфорной кислоты и калия было достаточно, чтобы вполне использовать 1 грамм азота, для ячменя их не было достаточно, как показывают следующие результаты.

Избыток урожая в сравнении с неудобренными растениями состоял в:

	Везде 1 грам. азота и сверх того.	Зерне грам.	Соломе грам.	Соломе и зерне грам.
Овес {	О	49	70	119
	$\frac{1}{2}$ грам. кали и $\frac{1}{2}$ грам. фосф. к.)	57	75	132
Ячмень {	О	16	25	41
	$\frac{1}{2}$ грам. кали и $\frac{1}{2}$ грам. фосф. к.)	36	52	88

Очевидно, кали-фосфорнокислое удобрение только мало повысило урожайность овса, между тем как урожайность ячменя оно *удвоило*.

Таким образом ячмень гораздо более нуждается в калии и фосфорной кислоте, чем овес, и если Шульц-Луниц говорит: «можно считать дознанным на опыте, что даже для тяжелых, глинистых, богатых калием почв стасфуртские калийные соли имеют гораздо более значения, чем это общепринято между практиками»,—то мне кажется, что этот вывод особенно применим к ячменю ¹⁾.

Практик знает, что ячмень хуже окупает удобрение селитрой и притом не потому только, что он легче полегает. Практикам известно также, что сильное удобрение азотно-кислыми солями дает плохой ячмень, слишком богатый белковым веществом и мало пригодный для солода. Но до сих пор не было известно, что потребность ячменя в калии-фосфорнокислом удобрении так необычайно велика и что при помощи сильного удобрения калием и фосфорной кислотой можно вынудить его давать более богатый урожай зерна относительно бедного белками и потому более пригодного для приготовления солода.

Перехожу к другому вопросу. Существует растение, для которого Шульц-Луниц предлагает не непосредственное, а предварительное удобрение калием, под предшествовавшую ему в севообороте культуру; растение это — *картофель*. К сожалению, я не могу вам сказать в этом отношении ничего строго определенного, так как *точные* опыты над действием калиевого удобрения на картофель стали удаваться всего только два года. Но насколько я могу судить на основании этих опытов, а также и прежних моих опытов, мне кажется, что картофель не любит особенно сильного удобрения легко растворимыми солями калия, в особенности тогда, когда он возделывается на легкой песчаной почве. Между тем как удобрение калием в легкой песчаной, бедной калием почве

¹⁾ В исследовании, недавно (1891) сделанном на опытной станции в Галле, авторы его приходят по отношению к ячменю к выводу прямо противоположному. Но на мой взгляд метод исследования Вагнера точнее и выводы его определеннее. Во всяком случае в виду еще не вполне выяснившейся сложности вопроса должно с крайнею осторожностью делать прямые практические заключения.

вызвало роскошное развитие ячменя, такое же удобрение, при таких же условиях, в малых количествах почти не оказало влияния на картофель, а в больших количествах оказало вначале даже *вредное* действие.

Таблица 12 дает нам фотографическое изображение этих опытов.

На глинистой почве калийное удобрение, как это видно из более роскошного развития ботвы, оказало действие, между тем как то же удобрение при тех же условиях, но на песчаной почве, не вызвало соответственного развития стеблей и листвы. Только после цветения можно было заметить действие калийного удобрения и на песчаной почве. Ботва удобренных растений с конца июля начала разрастаться сильнее, чем у неудобренных, и действие отразилось и на урожае клубней.

При удобрении 2 граммами кали на сосуд получился избыток урожая над неудобренными растениями:

на глинистой почве в 260 граммов клубней.

» песчаной » » 192 » »

Очевидно, что песчаная почва представляет менее благоприятные условия для действия кали, чем почва глинистая. Этот вывод невольно вызывает на следующее объяснение: картофель, повидимому, легче усвоит связанное «*поглощенное*» почвой кали, чем легко растворимые его соли, и вследствие этого на почве глинистой, как известно, обладающей большею поглотительною способностью, можно скорее рискнуть и ожидать более удовлетворительных результатов от сильного калийного удобрения. Во всяком случае на основании всего имеющегося опыта можно посоветовать сильное калийное удобрение применять только под растение, *предшествующее* картофелю.

Но при всяком сильном калийном удобрении не должно забывать пользу значительного его *разжижения*, так как существуют растения, чувствительные к слишком концентрированным растворам этих солей. Поэтому их желательно рассыпать по возможности заблаговременно, всего лучше с осени или зимой.

На основании сказанного я могу еще прибавить следующие указания относительно удобрения сельско-хозяйственных растений солями калия.

а) Всего выгоднее окупается калийное удобрение на *торфяных и легких песчаных* почвах. Эти почвы так бедны калием, что нельзя обойтись без значительных количеств стасфуртских солей, если желаем получить удовлетворительные результаты.

Более тяжелые почвы необходимо тщательно изучить по отношению к их потребности в калийном удобрении, прежде чем решиться на систематическое его применение.

б) Следующее место по потребности в калийном удобрении и по степени, в которой она окупает это удобрение, занимает *луговая почва*. Во-первых, с лугов обыкновенно удаляется гораздо более кали и фосфорной кислоты, чем сколько им доставляется в виде удобрения или орошения, а во-вторых, урожаи трав обыкновенно — как это в последнее время несомненно доказано — *значительно* ниже тех, какие могли бы быть получены при щедром удобрении калием и фосфорной кислотой.

Где содержание почвенной влаги благоприятно, где луга не страдают от недостатка воды, а также не слишком залиты водой, там применение Томасовых шлаков вместе с каинитом может вызывать поражающее увеличение урожая. Первого удобрения берется в первый год в количестве 800 килограммов на гектар (53 пуда на десятину), в последующие — менее. Каинита берется от 500 до 700 килограммов, на торфяной почве даже 1000 килограммов на гектар (от 33 до 46 пудов, на торфяной почве до 66 пудов на десятину). Не забудем, что в то же время улучшается и *качество* корма, так как благодаря этому удобрению хорошие злаки и клеверные растения берут перевес над другими, и содержание в корме непереваримых древесинных веществ уменьшается.

Если мы имеем дешевый азот, жидкие извержения из городов или навозную жижу, для которых не находится иного назначения, то дадим этот *азот* нашим лугам — это удобрение принесет несомненную пользу. Но его нельзя признать *необходимым*, а удобрение дорогами, содержащим

Таблица 9. Удобрение калием.

Горох. Почва глинистая.

Горох. Почва песчаная.

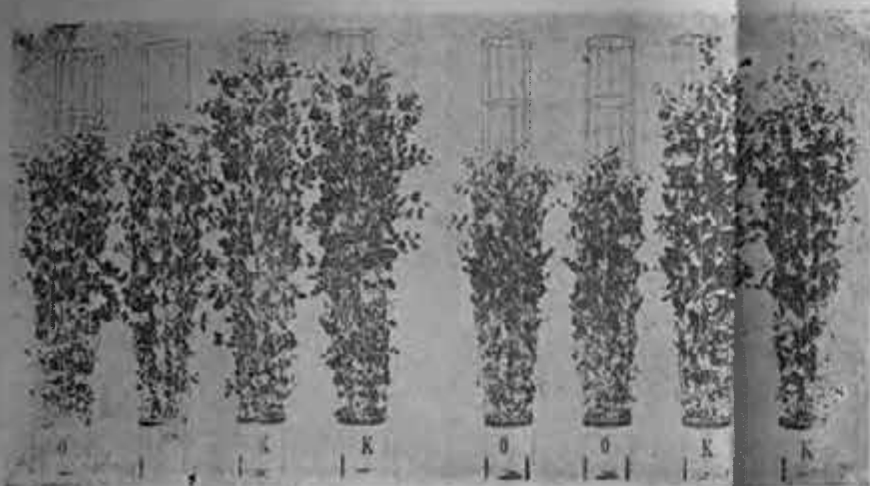


Таблица 11. Удобрение калием.

Овес. Почва глинистая.

Овес. Почва песчаная.



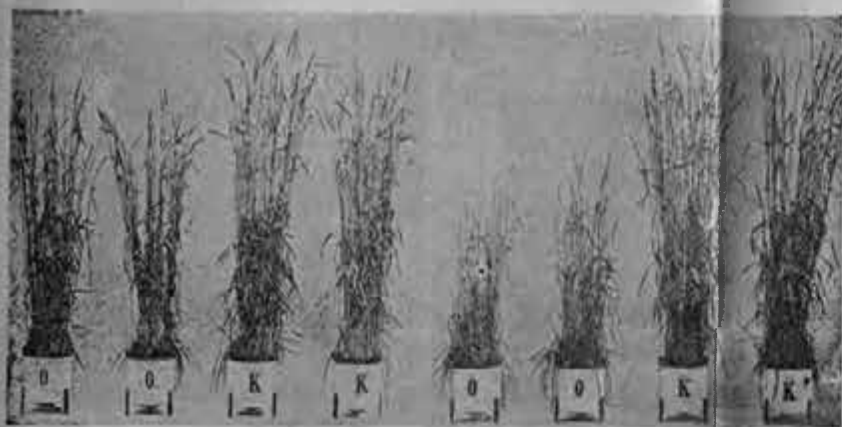
Без кали. $\frac{3}{4}$ гр. кали.

Без кали. $\frac{3}{4}$ гр. кали.

Таблица 10. Удобрение калием.

Рожь. Почва глинистая.

Рожь. Почва песчаная.



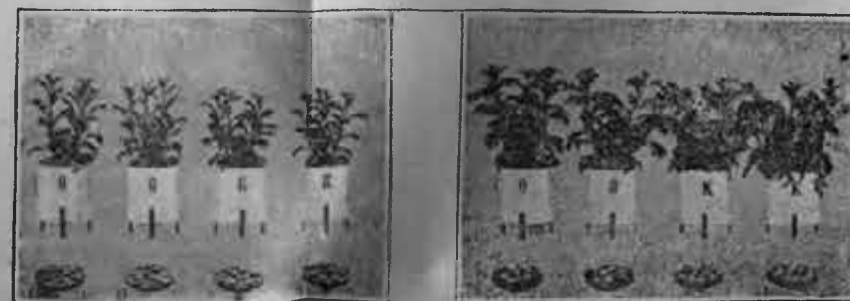
Без кали. $\frac{3}{4}$ гр. кали.

Без кали. $\frac{3}{4}$ гр. кали.

Таблица 12. Удобрение калием.

Картофель. Почва песчаная.

Картофель. Почва глинистая.



Без кали. 2 гр. кали.

Без кали. 2 гр. кали.

азот солями было бы прямой расточительностью, которая никогда не окупилась бы. Луга должны жить не на счет азота почвы и удобрений; задача луговодства *обогащать* хозяйство азотом, почерпнутым из воздуха и переходящим в азот навоза.

с) Ту же прибыль, которую мы извлекаем из удобрения лугов калийными и *фосфорнокислыми* удобрениями, получим мы и при культуре гороха, бобов, чечевицы, вики, люцерны, клевера, эспарцета, сераделы, lupinov и др., так как все эти растения не нуждаются в удобрении солями, содержащими азот, по крайней мере, при нормальных почвенных условиях. Азот доставляется этим растениям даром из воздуха, а благодаря богатому удобрению калийными и фосфорнокислыми солями растения получают возможность вполне использовать этот даровой источник.

d) Как «обогащающие почву азотом» растения должны получать вдоволь кали и фосфорной кислоты, чтоб они могли извлекать возможно большие количества азота из воздуха и превращать его в вещество урожая,—точно так же и «потребляющие азот почвы» растения, злаки, корнеплоды, масличные растения нуждаются в избытке кали и фосфорной кислоты для того, чтобы вполне воспользоваться азотом, доставленным им почвой, навозом, зеленым удобрением и еще более богатыми азотом искусственными туками. Только при этом условии можно ожидать высших урожаев. Азот—самое ценное из веществ, которыми питается растение; его возможно полное использование составляет цель всякого удобрения. Если нам удалось при помощи лугов, клевера, зеленого удобрения собрать много азота из воздуха, если еще сверх того мы, не жалея средств, покупали чилийской селитры и аммиачных солей, чтобы получить возможно высокие урожаи злаков, репы, картофеля, то было бы прямою глупостью скупиться доставкой растению необходимых ему кали и фосфорной кислоты и тем лишить его возможности переработать все возможное количество с такими хлопотами или такою дорогой ценой купленного азота. Не избыток *дорогого азота* должны мы давать растению, чтоб оно могло вполне использовать в обрез доставленные ему кали и фосфорную кислоту, а, наоборот, мы должны снабжать его избытком *дешевого калийного и фосфорнокислого*

удобрения, чтобы при их помощи оно могло вполне усвоить и переработать осмотрительно доставляемый ему дорогой азот. Вот что необходимо постоянно иметь в виду.

е) Я нахожу целесообразным удобрять все *употребляемые в корм скоту* растения (клевер, кормовую свеклу, луговые растения, зеленый маис), а равно и все *злаковые растения*, служащие для *подстилки*, — такими количествами кали, чтобы не только достигнуть наивысшего урожая, но чтобы получилось растительное вещество с нормальным содержанием кали. Нужно получать богатое калием кормовое вещество потому, что оно дает богатый калием навоз, а поступивший в почву в виде навоза калий оказывается наиболее пригодным для питания большинства растений.

ф) Главным образом картофелю и сахарной свекловице необходимо доставлять кали в виде богатого им навоза, в виде удобрения под предшествовавшее растение и, наконец, если еще понадобится, в виде *осеннего* удобрения стасфуртскими солями.

г) На *глинистой* почве картофель выносит непосредственное и богатое удобрение калием лучше, чем на легкой песчаной почве.

h) Злаки по отношению к калийному удобрению заслуживают такого же внимания, как и другие растения. Из всех злаков менее всего нуждается *овес*, несколько более требует его рожь, пшеница и в особенности *ячмень*. При помощи сильного удобрения калийными и фосфорно кислыми солями, если только нет избытка азота в почве, получается ячмень, менее богатый белковыми веществами и потому более пригодный на солод.

и) Там, где почвенные условия и природа культурных растений позволяют это, лучше удобрять калийными солями в *сыром необработанном* виде, а не в виде очищенных концентрированных солей, каков хлористый калий или сернокислый калий. Находящаяся в сырых необработанных продуктах поваренная соль оказывает на многие культурные растения благотворное действие, которым нельзя пренебрегать.

j) Удобрять калийными солями всего лучше осенью или зимой, на заливных лугах своевременно весной. Соль рассы-

пают рукой или машиной в разброс и запахивают. На лугах достаточно одного разбрасывания. Если одновременно вносятся в почву Томасовы шлаки или другие фосфорнокислые удобрения, то полезно предварительно перемешать оба удобрения; не следует только делать этого заранее, так как перемешанные соли легко затвердевают. Подмесь торфяного порошка (по указанию Флейшера) препятствует этому затвердеванию.

1. При обильном удобрении калийными солями должно обращать внимание, чтобы почва была достаточно снабжена углекислой известью. Повторное известкование или мергелевание (Томасовы шлаки также доставляют известь) на почвах, бедных известью безусловно необходимо, если мы желаем достигнуть верного и роскошного действия калийных удобрений, особенно если они употребляются в сыром, необработанном виде.

На этом я и покончу.

Если вы окинете одним взглядом все, о чем я говорил в этих трех чтениях, то убедитесь, что я пытался все разнообразные вопросы об удобрении связать одним общим, выражающим современное состояние науки, целостным воззрением. Это воззрение выражается тремя словами:

Разумное сбережение азота.

И я думаю, что эта точка зрения самая целесообразная, так как она раскрывает перед нами ясно сознаваемую задачу, к осуществлению которой мы должны стремиться.

Азот—одно из самых подвижных питательных начал растения. Из воздуха поступает он в растения, а из растения или его разлагающихся остатков слишком легко возвращается обратно в воздух. Мы должны его *уловить, задержать и использовать по возможно высокой цене*—вот три задачи, к которым сводится все учение об удобрении, так как только с точки зрения этих задач рассматриваем мы и вопросы об удобрении *фосфорной кислотой и калием*. Постараюсь все в этом смысле сказанное свести к следующим кратким правилам:

1. Мы должны *накопляющие азот растения*: горох, бобы, лушины, вику, клевер, птицепожку, чечевицу, эспарцет, люцерну и пр. оставлять *вроголодь по отношению к азоту*

и тем вынуждать их черпать возможно более азота из его воздушного запаса, а это достигается только при достаточном снабжении их *калием* и *фосфорной кислотой*.

2. Мы должны для питания *потребляющих азот* растений, т.-е. злаков, корнеплодов, масличных растений, запастись как можно более воздушного азота, так как это самый *дешевый* источник этого вещества. Это достигается *обильным удобрением лугов, расширением возделывания бобовых растений*, в особенности же возделыванием растений на *зеленое удобрение* и *обильным удобрением фосфорной кислотой и калием*.

3. Мы должны,—если не достанет уловленного из воздуха или доставленного в навозе и зеленом удобрении и находящегося в почве азота,—доставить потребляющим азот растениям *чилийскую селитру* и *аммиачные соли* и в таких количествах, какие при данных почвенных и климатических условиях растение может вполне переработать.

4. Мы должны уловленный при помощи кормовых растений и превращенный в навоз азот оградить от потерь. Этого достигают, посыпая подстилку или гноевище *содержащими магнием калийными солями и кислыми фосфорнокислыми солями*.

5. Мы должны заботиться, чтобы уловленный при помощи возделывания бобовых растений, при посредстве зеленого удобрения, жнива, корневых остатков навоза и накопившийся в почве азот не подвергался трате чрез вымывание селитры почвенной водой в течение осенних и зимних месяцев. Эти потери устраняются посевами по жниву растений на *зеленое удобрение*, снабженных притом достаточным количеством *фосфорной кислоты и кали*.

6. Мы должны заботиться о возможно полном и выгодном использовании того азота, который мы вносим в почву в виде зеленого удобрения, навоза, чилийской селитры, аммиачных солей и пр. Это опять достигается достаточным обеспечением растений *калием и фосфорной кислотой*.

7. Мы должны везде, где недостает *известки*, прибегать к известкованию или удобрению мергелем, чтобы достигнуть этим беспрепятственного действия азотистого фосфорно-кислого и калийного удобрения.

V.

Борьба растения с засухой ¹⁾.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

За последние годы, под давлением бедственных последствий засухи 1891 года, задачи нашего земледелия начинают обращать на себя общее внимание в той степени, какая принадлежит им по праву, а вместе с тем все более пробуждается интерес к научным знаниям, которые одни могут осмыслить эти задачи, пролить на них истинный свет.

В ряду этих знаний едва ли не первое место должно быть отведено физиологии растений; сошлюсь в этом на свидетельство авторитета, очевидно, беспристрастного, — на слова известного химика-агронома Грандо, так начинающего одну из своих недавних агрономических хроник: «Все задачи агрономии, если вникнуть в их сущность, сводятся к определению и возможно точному осуществлению условий правильного питания растений».

Узнать потребности растения — вот область теории; прибыльно для себя удовлетворить эти потребности — вот главная забота практики. Неудачи чаще всего происходят от смешения этих двух задач. Практик нередко пытается заменить сведения, доставляемые только наукой, указаниями своего личного опыта, а теоретик порою готов подать совет, может-быть, полезный для растения, но убыточный для

¹⁾ Публичная лекция, читанная в Москве 26 марта 1892 г. Здесь она приведена в том виде и с тем предисловием, как в первом отдельном издании 1893 года.

хозяина. Какие результаты дает подчас замена науки так называемым практическим опытом, можно увидеть хотя бы из следующего примера, имеющего прямое отношение к вопросу, которому посвящен настоящий очерк. Недавно мне привелось прочесть на страницах одного почтенного сельскохозяйственного периодического издания такое, авторитетно выдаваемое за результат многолетней практики, положение: так как известно, что растение поглощает своими листьями влагу, то в числе мер борьбы с засухой можно посоветовать культуру широколиственных растений! Понятно, чего следует ожидать от такого смешения ролей пирожника и сапожника.

Корень зла, очевидно, лежит в недостаточном разграничении областей теории и практики, в вечном недоразумении, порождаемом игрою слов «опыт» и «опытность». То, что практик нередко величает своим «опытом», логически представляет только самую несовершенную форму наблюдения. Одно дело — подметить явление и совершенно иное дело — дать этому явлению верное объяснение. Разъяснить практикам условия научного опыта, способ научной постановки и разрешения вопросов, связанных с сельскохозяйственной практикой, — вот одна из первых задач, к разрешению которых должны стремиться представители науки.

Что касается формы, то, быть-может, я ошибаюсь, но мне кажется, что она должна удовлетворять двум требованиям: во-первых, она не должна превышать известного объема, свыше которого простое чтение превращается в непосильный для каждого читателя труд изучения, а во-вторых, она должна равно избегать и педантической учености и притязаний на непосредственную практичность приложений. Правда, что эти два последние качества обыкновенно очень выгодны для авторов: ряд щетиных цифр, нередко недопускающих никакого вывода, перечень взаимно противоречащих мнений, очевидно, непереваренных самим автором подстрочные ссылки на многочисленные источники и, наконец, категорические рецепты или соблазнительные посулы, — все это сообщает произведениям внешность чего-то авторитетного и веского. Наоборот, общедоступное изложение, скры-

вающее от читателя всю внутреннюю работу автора, популярная статья, хотя бы заключающая самостоятельные взгляды, не всегда встречающиеся и в специальных произведениях, — труд обыкновенно вполне неблагодарный для ученого специалиста. Но неблагодарность такого труда, мне кажется, может с избытком вознаграждаться сознанием, что широкое распространение серьезного знания способствует развитию в обществе верного понятия об истинных задачах науки и сознательному к ней отношению.

СОДЕРЖАНИЕ.

I. Испарение воды растением.

Необходимость ботанических знаний для верной оценки явлений сельско хозяйственной практики. Вода организационная и вода расхожая. Определение расхода воды в растении. Отношение его к количеству Дождя. Физические условия, влияющ: е на испарение воды растением: влажность воздуха, теплота, непосредственное нагревание солнечными лучами.

II. Значение испарения воды для растения.

Испарение воды—физиологическое ли отправление или только физическая необходимость? Другие механизмы, доставляющие растению воду. Испарение в тех размерах, в каких оно совершается, не необходимо для питания. Сильное испарение не способствует и росту, но оно может служить регулятором, ограждающим от летнего зноя. Роковая неизбежность испарения. Для успешного питания растение вынуждено развивать большую поверхность освещения, которая является в то же время большой поверхностью испарения.

III. Самозащита растения от убыточного испарения.

Непроницаемые для воды кожица и пробка. Устьица, как регуляторы испарения. Опушение, как защита от ветра и солнца. Глубокие корни. Сокращение испаряющей поверхности. Свертывание, складывание листовой пластины. Расположение пластины ребром к зениту и в плоскости меридиана. Сокращение испарения без ущерба питанию.

IV. Автоматичность приспособления растения в борьбе с засухой.

Зависимость образования: пробки—от кислорода; волосков—от сухости воздуха; утолщения кожицы, размеров и положения органов—от света. Механизмы закрывания устьиц, свертывания листьев, движения воды в сосудах—вызываются самым недостатком воды. Растение обращает в свою пользу враждебные ему силы природы.

V. Выводы для сельско-хозяйственной практики.

Человек должен подражать растению: 1) ослабляя испарение без ущерба питанию; 2) достигая этого при помощи автоматических приспособлений. Двоякая деятельность человека—сокращение расхода и обеспечение прихода воды. Сокращение расхода: отбор выносливых разновидностей; удобрение; устранение сорных растений; ограждение от ветра. Обеспечение прихода: накопление почвенной влаги; устройство водохранилищ; орошение при помощи ветра и солнца. Человек должен подражать растению в подчинении себе враждебных сил природы и еще прежде в замене кровавой междоусобицей борьбы бескровною борьбой с природой.

I.

Вот уже скоро год, что мысли русского человека невольно, снова и снова, возвращаются к тому же предмету—к страшному бедствию, лишившему значительную часть населения насущного хлеба и отразившемуся, в ширь и в даль, на всех почти сторонах народной жизни. Естественно, что и мысль натуралиста обращается к тому явлению, которое было ближайшей физической причиной этого бедствия. Где же исходная точка этого грозного явления? На известной площади обширной хлебородной равнины возделываемые растения не получили необходимого для них количества влаги; или, вернее, получили его не во-время; или, выражаясь, быть-может, еще определеннее, израсходовали его в известный момент своего существования более, чем имели в своем распоряжении ¹⁾. Едва ли какие рассуждения могут красноречивее этого рокового опыта убедить в том, как тесно связано благоденствие русского человека с существованием растения. Живется хорошо растению,—хорошо живется и человеку; гибнет растение,—неминуемое бедствие грозит и человеку. А от этой мысли недалеко и до вопроса: все ли мы делаем, чтоб удовлетворить потребностям, даже только чтобы узнать потребности этого общего кормильца—растения?

В настоящую минуту, когда всеобщее внимание сосредоточено на изыскании мер борьбы с засухой, я полагаю, не бесполезно ознакомиться с теми мерами, которые применяет само растение в борьбе с этим злом, постоянно грозящим его существованию. Во избежание недоразумений считаю необходимым с первых слов оговориться, что не имею в запасе каких-либо прямых практических советов, которые так обильно сыплются со всех сторон, как призванных, так и непризванных. Дело людей, стоящих лицом к лицу с грозным

¹⁾ Повидимому, главную причиной засухи были иссушающие ветры, «суховей», вызвавшие усиленное испарение воды растениями.

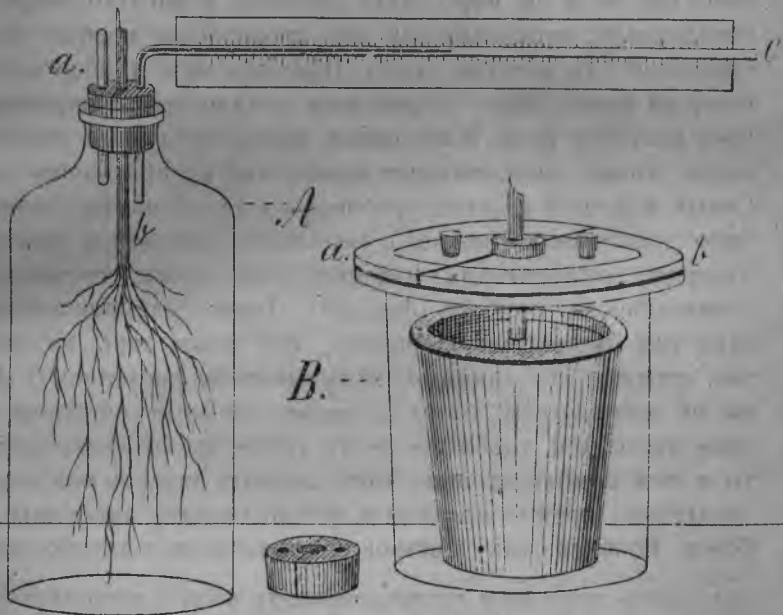
бедствием, оценить, в чем и насколько человек может с пользой подражать природе; ботаник может только снабдить их необходимым материалом для более глубокого понимания явления.

Прежде всего поставим ребром вопрос: для чего нуждается растение в воде? С первого взгляда вопрос этот может показаться праздным. Во-первых, вода входит в химический состав вещества растения; во-вторых, старое химическое изречение: *corpora non agunt nisi soluta* ¹⁾—учит, что никакие химические взаимодействия, а следовательно, и те разнообразные химические процессы, которые совершаются в растении, не могут проявляться иначе, как в этой среде, да и ежедневный опыт подтверждает, что в сухом семени жизнь таится, дремлет, пробуждаясь только при его разбухании. К этим общеизвестным фактам физиология еще добавляет, что вода является не только важным фактором в химизме питания, но что она же определяет и механизм роста. Рост, все равно,—целого растения или определяющий его рост отдельных клеток, сводится в конечном результате на поглощение воды. Отнимая известным образом воду, ботаники умеют вызывать явления, обратные росту, заставляют растение, так сказать, попятиться назад, сократиться, вернуться в известной мере к прежним размерам. Таким образом, и химизм и механизм растительной жизни тесно связаны с наличием некоторого количества воды. Эта потребность сама по себе очевидна; она не нуждается в дальнейшем объяснении, а с другой стороны, если бы дело ограничивалось только ею, растение едва ли когда-либо страдало от недостатка воды, и нам едва ли когда-нибудь приходилось бы слышать о засухах и их последствиях.

Но рядом с этой *организационной* водой, которую растение задерживает на свои существенные потребности, оно еще предъявляет требования на гораздо более значительные количества воды, которые, получая с одного конца, расходует с другого,—поглощая корнями, испаряет листьями. Вот

¹⁾ «Тела не оказывают действия, если не растворены». Здесь разумеется химическое действие.

эта-то *расхожая* вода, только проходящая через растение, и составляет источник всех бед для растения и стоящего в зависимости от него человека. Естественно возникает вопрос: нуждается ли, строго говоря, растение в этой воде, которую оно тут же отдает воздуху? Это явление—испарение воды—представляет ли оно необходимое физиологическое жизненное отправление, или только неизбежное физическое зло, бороться с которым приходится растению и человеку? Ответить на этот вопрос уже далеко не так легко.



Фиг. 12.

Прежде всего посмотрим, как узнаем мы, что растение испаряет воду, как приблизительно оцениваем или более точно измеряем количество этой испаряемой воды. В том, что растение испаряет воду, мы убеждаемся, конечно, из необходимости поливки для предотвращения завядания, при чем очевидно, что количество употребляемой для поливки воды значительно превышает объем растения. Но для того, чтобы узнать в точности, сколько испаряет растение, необходимо поступать так, чтобы устранить испарение с поверхности

плотно вогнать пробку (фиг. 12 А). Просверлим в этой пробке отверстие и, разрезав ее пополам, охватим плотно двумя половинками стебель (ветви или отмытого от почвы целого растения с корнем) и закрепим его в горлышке нашей банки. Просверлим в той же пробке еще два маленьких отверстия: одно, чрез которое по мере надобности будем доливать воду в банку, заткнем стеклянной палочкой, а в другое воткнем загнутую под прямым углом длинную горизонтальную трубку (вс¹). Если все части, банка и горизонтальная трубка, напол-



Фиг. 13.

нены водой, а отверстие, чрез которое проходит стебель, тщательно замазано воском, получается крайне чувствительный прибор для изучения испарения. По мере испарения воды чрез листья корень сосет воду из банки, и столбик воды в горизонтальной трубке начинает втягиваться. Снабдив трубку делениями, вытравленными на стекле или просто нанесенными на полоске бумаги, мы можем измерять количество испаряющейся воды. Если просвет трубки мал, то нетрудно

¹) Лучше всего брать плоскую трубку, какие употребляются для больших уличных термометров.

сделать прибор, который будет показывать количество воды, испаряемой на этот раз уже не в час, а в одну минуту¹⁾: Но всего проще следующий прибор, одинаково удобный и для продолжительных и для кратковременных опытов, не требующий к тому же, чтобы стебель был плотно заделан в пробку, что во многих случаях (как, напр., со злаками) неудобно и даже недостижимо. В широкое горлышко банки *A* (фиг. 14) при помощи просверленной пробки закрепляют исследуемое растение. Через другое отверстие той же пробки проходит два раза изогнутая трубка *abc*, служащая сифоном. Конец ее снабжен короткой надставкой из каучуковой трубки, заткнутой стеклянной палочкой: Если вынуть эту палочку, вода вытечет из сосуда до уровня *mn*. Тогда затыкают палочку и через третье отверстие пробки *d* приливают в сосуд определенное количество воды, отмеренное (раз или несколько раз) до верхней черты цилиндрика *B*. После желаемого промежутка времени (напр., каждое утро) вынимают стеклянную палочку и дают всему количеству воды, оставшемуся выше уровня *mn*, стечь обратно в цилиндр *B*. Зная, сколько прилили воды и сколько вытекло обратно в цилиндр, знаем, сколько испарилось. Стоит дополнить цилиндр снова до верхней черты и вылить в банку *A*—и прибор готов для следующего наблюдения. При помощи таких крайне простых, самодельных приборов можно, тем не менее, произвести целый ряд любопытных наблюдений над зависимостью испарения от различных внешних влияний. Строго говоря, на этот раз мы измеряем не испарение, а вызываемое испарением всасывание воды корнем; но эти две величины очень близки, так что измерение этой последней может часто вполне заменить более хлопотливое измерение первой.

Получив понятие о способах измерения этого явления (самом совершенном и самом простом), посмотрим, как велик этот расход воды за весь жизненный период однолетнего растения. Таких определений произведено очень много; одни

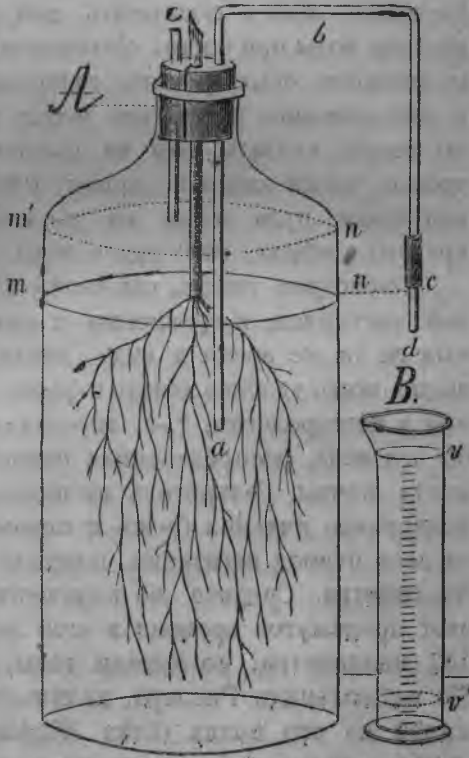
¹⁾ Помещенное в таком приборе растение лал-фиоли на лекции ясно показывало испарение воды в одну минуту. Вдвигая стеклянную палочку *a*, вгоняем воду обратно в трубку *bc* каждый раз, когда столбик воды дойдет до начала делений скалы.

из наиболее надежных принадлежат Вольни. Приводим цифры для четырех растений, выраженные в фунтах, за полный вегетационный период:

Кукуруза	Овес	Горох	Горчица
27	17	10	10

Посмотрим, сколько окажется при перечислении на десятину, засеянную кукурузой¹⁾. По Дегерену можно считать 30 растений на квадратный метр или 300.000 на гектар. Переводя на десятину и пуды или ведра, получим 217.000 пудов или 290.000 ведер. Следовательно, десятина кукурузы испаряет за вегетационный период в круглых цифрах 200.000 пудов или 300.000 ведер воды. Но эти цифры, как и вообще всякие большие цифры, говорят более воображению, чем уму. Они приобретают более определенный смысл, если сравнить их, с одной стороны, с урожаем, а с другой — с количеством дождя, получаемым за тот же промежуток времени и растением.

По самым многочисленным и обстоятельным исследованиям Гельригеля можно считать, что на каждую единицу сухого вещества, образуемого нашими злаками, растение испа-



Фиг. 14.

¹⁾ По отношению к этому растению: вычисление более надежно, так как число растений определено точнее.

ряет 300 единиц воды¹⁾. Это количество испаряемой воды громадно в сравнении с тем, которое мы назвали водой *организационной*. Сочные травянистые части растения содержат до 20% сухого вещества,—следовательно, для поддержания растения в нормальном состоянии достаточно на 1 часть сухого вещества доставить ему 4 части воды; испарит же оно за всю жизнь 300 частей. Найденное отношение между сухим весом и количеством воды, испаряемой в течение жизни растения, может послужить для приблизительной оценки расхода воды при наших обыкновенных культурах. Принимая во внимание обыкновенное содержание воды в зерне и соломе и обыкновенное отношение между урожаем зерна и соломы, мы можем сказать, что на каждую единицу веса зерна в урожае наши злаки испаряют 1000 единиц воды, т.-е. для получения пуда зерна мы должны доставить растению, в круглых цифрах, 1000 пудов воды.

Посмотрим теперь, как велик этот расход воды, испаряемой растением, в сравнении с количеством воды, получаемым за то же время в виде дождя. Такие сравнения, очевидно, всего удобнее делать в форме, обыкновенно употребляемой в метеорологии, т.-е. определяя, какой высоты достигла бы эта вода, распределенная равномерным слоем на поверхности почвы. Гельригель вычисляет, что количество воды, испаряемое ячменем (рожь и пшеница дают близкие цифры) за весь период вегетации, покрыло бы поле слоем воды в 102 миллиметра. Среднее же количество воды, выпадающее за этот промежуток времени в этой местности (Сев. Пруссия),— 152 миллиметра; но бывали годы, когда оно падало до 77. По наблюдениям Рислера, количество воды, испаряемое пшеницей на его полях (близ Женевского озера), равнялось приблизительно 2,7 миллиметрам в день, а среднее количество дождя за четыре летние месяца равнялось 2 миллиметрам в день. Таким образом, количество воды, выпадающее в виде дождя, или очень близко к количеству, испаряющемуся чрез растение, или может быть даже менее его. В последнем слу-

¹⁾ По другим исследованиям и для других растений получают величины от 200 до 800 на единицу сухого вещества.

чае недостаток, очевидно, пополняется из запаса воды в почве, а когда количество дождя падает значительно ниже обыкновенного, обнаруживается засуха. Так было, повидимому, у нас летом 1891 года. По метеорологическим данным за четыре месяца (с апреля по июль) в восточных губерниях выпало 111 миллиметров вместо среднего количества 199, а в юго-восточных 69 вместо среднего количества 138 миллиметров.

Мы видим, следовательно, как ограничено доступное обыкновенно растению количество воды и как легко могут отражаться на проявлениях растительной жизни колебания в количестве атмосферных осадков. Собственно говоря, даже поверхностный взгляд на обычное течение растительного процесса у наших культурных растений ясно в том убеждает. Если в начале лета наши взоры тешит мягкая изумрудная зелень полей, а заостренные пожелтевшие былинки вселяют тревогу и отчаяние, то в исходе лета глаз ищет золотого моря клонящихся от тяжести колосьев и с опасением встретил бы на их месте сочную зеленую листву. То, что за несколько недель представилось бы неожиданным бедствием, является теперь входящим в наши расчеты, естественным условием успешной жатвы. Таким образом, очевидно, что желательный для человека ход растительного процесса совершается по отношению к влажности в очень тесных пределах, а так как результат зависит от равновесия между приходом воды в почве и ее расходом в растении, то понятно, какую важную роль играют все обстоятельства, определяющие этот расход.

От каких же условий зависит испарение воды растением? Ответ на этот вопрос, казалось бы, очень прост: от тех же условий, от которых зависит вообще испарение воды. Но, к сожалению, такой простой ответ долго не нравился, пожалуй, и теперь еще не нравится некоторым ботаникам, как слишком простой. Не раз пытались они доказывать, что этот процесс не подчиняется обыкновенным физическим законам, что это—процесс жизненный, не поддающийся физическим объяснениям, и настолько успели в этом, что мне еще недавно пришлось слышать от одного из наших известных метеорологов такой вопрос: «Да что же такое, наконец, это

ваше испарение — физический или физиологический процесс? Вопрос этот характеризует современное переходное состояние нашей науки. Если для физиологов-виталистов — все равно, старого или нео-виталистического толка — он возможен, то для физиологов положительной школы такого вопроса не может, не должно существовать; для них явления делятся не на физические и физиологические, а на объяснимые и необъяснимые или, вернее, необъясненные, еще ожидающие объяснения. Объясненным же мы можем считать только такой факт в растительной жизни, который вытекает из общих для всей природы физических законов, и, что бы ни говорили виталисты, только эти объясненные факты составляют достояние истинной науки; остальные можно только регистрировать, классифицировать, держать в памяти, до первой возможности их объяснения.

Спрашивается: понимаем ли мы явление испарения, можем ли объяснить его физическими причинами или не можем? Мне кажется, что, вопреки нередко высказываемым сомнениям, едва ли существует какая-либо сторона этого явления, которая оправдывала бы виталистическую точку зрения. Рассмотрим последовательно, от каких условий оно зависит.

Прежде всего, понятно, от степени влажности воздуха. Чем менее относительная влажность воздуха, тем сильнее будет испарение; наконец, в воздухе, насыщенном паром, испарение прекратится вовсе. Еще недавно некоторые физиологи пытались подвергнуть сомнению этот основной закон, утверждая, что растение может продолжать испарять воду и в атмосфере, насыщенной парами; но это заключение основывалось на неточном толковании наблюдаемых фактов. Несостоятельность его была вполне устранена точными опытами, в особенности Леклера, показавшего, что испарение воды растением может быть выражено формулой Долтона.

Но если насыщенный парами воздух будет постоянно устраняться из ближайшего соседства испаряющей поверхности растения, если он будет находиться в движении, постоянно возобновляясь, то испарение должно ускориться. Другими словами, ветер должен в значительной степени

ускорять испарение. Если б могло в этом отношении возникнуть сомнение, то оно вполне устраняется обстоятельными опытами венского профессора Визнера. Он или приводил в движение исследуемые части растения на вращающемся приборе и определял путь, описываемый испаряющим органом, или дул на испаряющий орган из мехов и определял скорость ветра обыкновенным, употребляемым в метеорологии анемометром. Даже при скорости 3 метров в секунду, которую метеорологи обозначают выражением «слабого» ветра, испарение возрастало в 2—3 раза, иногда в 20 раз. Понятно, какое влияние должны оказать более сильные и сухие ветры, те роковые «суховеи», которым приписывают выдающуюся роль в прошлогодней засухе ¹⁾. При этих опытах Визнера обнаружился крайне любопытный факт: некоторые растения под влиянием ветра испаряли менее воды, чем в спокойном воздухе. Этот опыт мог бы доставить удовольствие господам виталистам, если бы в конечном анализе не получал, как мы увидим далее, удовлетворительного физического объяснения.

Испарение возрастает с температурой; это подтверждается многочисленными опытами, да в этом едва ли кто и сомневался ²⁾. Растение более всего нагревается солнцем; отсюда вполне понятна зависимость испарения от солнечного нагревания. Но эту зависимость пытались приписать какому-то особенному действию света. В одном из новейших французских элементарных учебников (Бонье) даже категорически высказывается положение, что испарение воды растением тем и отличается от обыкновенного испарения, что зависит от света. Для доказательства особого влияния света приводили, напр., такой опыт: если выставить на солнечный свет два одинаковой поверхности листа в стеклянных сосудах с двойными стенками, между которыми находилась бы вода, в одном

¹⁾ На лекции этот факт был наглядно показан при помощи описанного выше простого прибора и струи нагретого воздуха, скорость которой определялась маленьким карманным анемометром.

²⁾ Выскакивалось то же удивление (Рисслер), что испарение непропорционально температуре, но этого и быть не должно, если оно подчиняется формуле Долтона.

случае нагреваемая солнцем, а в другом постоянно охлаждаемая до 0° , то испарение второго листа будет сильнее. Значит, говорили, второй лист находится при более низкой температуре, а испаряет более; значит, действие солнечного света не может быть сведено к нагреванию. Но здесь, очевидно, делали грубую ошибку. Температура листа, как тела темного, нагреваемого лучами солнца, была, очевидно, иная, чем температура воздуха и стенок сосуда, и чем более была эта разность, тем успешнее перегонялась вода из темного и теплого листа на прозрачную холодную стенку сосуда. Последующие опыты показали, что испарение зависит от цвета органа и тех лучей, которые на него падают. Итальянский ученый Комез доказал это весьма наглядным опытом. Желтые цветы испаряют более под синим колпаком, чем под желтым; синие цветы—наоборот. Это само собою понятно: желтые тела поглощают синие лучи и в них нагреваются и пропускают почти без поглощения желтые лучи, — следовательно, и не нагреваются ими. Вот в каком смысле должны мы понимать зависимость испарения от света ¹⁾.

Бонье утверждал, что испарение воды не зависит от цвета лучей, но ему было показано, что стоит подкрасить ее, и она обнаружит такое же отношение к цвету падающих на нее лучей.

Итак, мы видим, что, вопреки нередко высказываемым мнениям, испарение воды растением вполне подчиняется физическим законам и что главнейшими внешними факторами должно признать влажность атмосферы, ветер и нагревание солнцем.

II.

Ознакомившись со способами изучения занимающего нас явления, убедившись, что это—процесс, подчиняющийся известным нам физическим законам, переходим к рассмотрению уже возбужденного нами вопроса: представляет ли он простое физическое явление — результат условий существо-

¹⁾ Существует и другое влияние света на испарение,—его влияние на устьица,—о нем мы упомянем в своем месте.

вания растения и только, или мы должны видеть в нем процесс физиологический в том смысле, что он необходим для поддержания жизненных отправлений растения? Вопрос в высшей степени важный. Эта громадная трата воды — производительна она или нет? Польза, извлекаемая растением, соответствует ли тому риску, той опасности, которой подвергается постоянно растение? Нужно ли растению испарять воду, как ему нужно питаться, дышать и т. д., или оно только не может не испарять, потому что таковы условия его существования? Одним словом, испарение воды есть ли необходимое физиологическое отправление, или только неизбежное физическое зло? От разрешения этого вопроса, очевидно, должна зависеть основная точка зрения на это явление.

Посмотрим, в каком отношении стоит испарение к другим, несомненно существенным, отправлениям растения, а затем обсудим вопрос, могло ли бы растение обойтись и без этого процесса.

Очень часто представляют себе, будто без испарения невозможно было бы питание растения. Растения, говорят, всасывают корнями пищу из почвы, а для того, чтобы всасывать ее, они должны испарять воду с другого конца. Высчитывают даже, сколько питательных веществ растворено в почвенной воде и, следовательно, как велики должны быть количества проходящей чрез растение воды для отложения в нем необходимых минеральных веществ. Но эти рассуждения грешат с двоякой точки зрения: во-первых, испарение и вызываемое им движение воды — не единственный нам известный механизм, доставляющий растению минеральные вещества из почвы; а во-вторых, для снабжения растения необходимым количеством минеральных веществ из почвы нет надобности в таких громадных количествах воды, как те, которые испаряются растением.

Воззрение на испарение, как на процесс, обеспечивающий растение питательными веществами, было возможно, когда полагали, что растение всасывает питательные вещества, приблизительно, как светильня масло. Но несостоятельность такого элементарного представления была дока-

зана в начале столетия Соссюром, а позднее, благодаря успехам физики в исследовании явлений так называемого осмоса и диффузии, стало возможно и более удовлетворительное понимание процесса принятия питательных веществ. Всякое вещество, растворенное в воде, стремится равномерно рассеяться, диффундировать во всей массе доступной ему воды. Это легко доказать, наливая осторожно поверх окрашенного раствора чистую воду; еще удобнее можно это наблюдать, если в узкий, глубокий сосуд налить окрашенного желатина, а когда он застынет, покрыть его сверху слоем бесцветного желатина, который также застынет. Таким образом устранится возможность неосторожного взбалтывания жидкостей. Не пройдет и несколько часов, как мы заметим, что резкая граница между цветным и бесцветным желатином ступается, красящее вещество начнет диффундировать в бесцветный верхний слой, пока не распределится равномерно во всей студенистой массе ¹⁾. Таким образом, растение, приходящее своими влажными корнями в прикосновение с почвенною жидкостью, должно проникаться, насыщаться растворенными в жидкости веществами, даже если бы самая жидкость и не всасывалась. Конечно, это движение очень медленно, но мы могли бы его ускорить, взяв умышленно не неподвижный студень, а воду, и слегка взбалтывая ее от времени до времени. Такое взбалтывание, как справедливо указал голландский ученый де-Фриз, действительно происходит в живых клетках вследствие движущейся в них протоплазмы. Следовательно, в явлениях диффузии, в связи с движением протоплазмы, мы имеем уже механизм для доставления питательных веществ из почвы.

Но этого мало, — корни растений помимо всякого испарения способны всасывать воду из почвы и гнать ее в стебли и листья. По примеру немецких ботаников, мы называем это явление корневым давлением или напором корня. Вот как обнаруживается это явление. Срежем стебель какого-нибудь растения, почти вровень с почвой, и на оставшийся отрезок стебля надвинем загнутую коленом стеклянную тру-

¹⁾ На лекции была показана целая коллекция таких опытов.

бочку, наполнив ее предварительно водой. Через несколько времени заметим, что из отверстия трубочки начнет вытекать вода, и вскоре мы убедимся, что вытечет воды значительно более, чем сколько могло заключаться в обрубке стебля и корня. Значит, эта вода не выжимается только из корня, а всасывается им из почвы и гонится в стебель. Мы можем измерить силу этого напора воды чрез корень,—стоит вместо отводной трубочки приставить ртутный манометр. В кропиве, напр., этого напора было бы достаточно, чтобы поднять воду на высоту более двух сажен. По классическим определениям Гельза, в виноградной лозе этот напор вытекающего сока мог бы поднять воду более чем на 6 сажен. Нет даже надобности калечить растение для того, чтоб обнаружить это явление истечения сока под напором корня. Стоит любое растение, напр., молодые всходы овса или маиса, накрыть колпаком, и чрез несколько времени на верхушке былинки появятся капельки, которые будут скапывать и вновь появляться, указывая на выталкивание воды из тканей. То же явление наблюдается по вечерам летом, когда воздух насыщается парами: вода, которая днем успевала испаряться, выступает в виде капель. Следовательно, растения, во всяком случае травянистые растения, и без испарения могли бы быть обеспечены притоком воды из почвы. Но, повидимому, и у многих древесных растений под одним напором корня вода могла бы достигнуть вершины стеблей, так как известны многочисленные случаи выделения воды листьями и нераспустившимися почками древесных растений. Таким образом вполне допустимо, что растение во многих случаях могло бы покрыть свою потребность в воде для питания без содействия испарения.

Но не имеем ли мы более убедительных, прямых указаний на то, что растение могло бы получать из почвы необходимые питательные вещества и без испарения, или, по крайней мере, без испарения в таких размерах, в каких оно обыкновенно совершается. Устранить вполне испарение невозможно,—для этого пришлось бы, как мы видели, лишить растение света; но можно в значительной степени ослабить этот процесс и посмотреть, будет ли растение, тем не менее,

обеспечено необходимыми питательными веществами из почвы. Вполне определенный ответ на этот вопрос дают опыты Шлэзинга над табаком. Этот ученый воспитывал три экземпляра табака на открытом воздухе и два под стеклянным колпаком. В среднем выводе, каждое из первых трех испарило *втрое* более воды и образовало менее органических веществ, чем растение под колпаком ¹⁾. Растения более испарявшие были богаче золой (в растении под колпаком было 13⁰/₀, на воздухе 21⁰/₀); это только доказывает, что растения при сильном испарении получают ненужный для них избыток минеральных веществ ²⁾. Более того, анализ показывает, что этот избыток приходился, главным образом, на долю тех веществ, которые должны быть признаны несущественными составными началами золы, как, например, кремнезем, хлор и пр. Таким образом, эти опыты самым недвусмысленным образом говорят нам, что для нормального образования органического вещества растение не нуждается в испарении таких громадных количеств воды, какие оно испаряет в действительности. Так, на одну часть образовавшейся органической массы на воздухе растение испарило 800 частей воды, а под колпаком—всего 175. Не можем ли мы заключить, что это был предел, что растение для покрытия своей потребности питания не могло бы довольствоваться меньшим количеством воды. Если руководиться вышеприведенными соображениями о концентрации доставляемых корням растворов, то мы можем прийти к заключению, что это количество могло бы быть еще менее. На двадцать частей органического вещества растение под колпаком содержало (в круглых цифрах) 2 части золы; для растворения этого количества мине-

¹⁾ Более успешное образование органического вещества в этих опытах может быть объяснено большим количеством углекислоты, которая доставлялась растению под колпаком, но это обстоятельство для нас несущественно. Нас интересует только *отношение* между органическим веществом, золой и водой, и по этому вопросу опыты дают вполне ясный ответ.

²⁾ Опыты Жодена также показывают, что можно получать в нескольких поколениях нормальные растения с половинным содержанием фосфорной кислоты. Отсюда видно, что усиленное испарение без пользы истощает почву.

ральных веществ достаточно 1000 частей воды ¹⁾. А мы видели, что растение на воздухе испаряло $800 \times 20 = 16.000$, т.-е. в *шестнадцать* раз более, чем необходимо для доставления ему пищи из почвы.

Итак, мы видим, что растение, вероятно, могло бы питаться вполне нормально и без обычной громадной траты воды на испарение.

Что касается другой важнейшей функции растительной жизни—роста, то мы имеем убедительные опыты, доказывающие, что при ослабленном испарении рост только ускоряется. При помощи чувствительных приборов это можно показать даже в очень короткие промежутки времени, но и без всяких приборов нетрудно убедиться, что во влажной атмосфере органы растения достигают больших размеров. Высказанные выше общие воззрения на основной механизм роста делают это отношение к испарению вполне понятным. Основною причиной роста клеточек мы считаем давление жидкого содержимого клеточек на стенку; но если вода будет испаряться, то это давление будет уменьшаться. При дальнейшей трате воды наступят признаки завядания, т.-е. ткани, находившиеся прежде в напряженном состоянии (под напором соков), спадутся.

Значит, ни для питания, ни для роста испарение в тех размерах, как оно обычно совершается, не может быть признано необходимым.

Но испарение может играть и третью роль в экономии растения: это—роль регулятора температуры, умеряющего действие слишком сильного зноя. В жаркие летние дни, даже в наших широтах, растения могли бы подвергаться температурам прямо вредным, даже убивающим. Этот предел для

¹⁾ Такова обыкновенная концентрация растворов, употребляемых при искусственных культурах, такво же приблизительно содержание, напр., азотно-кальциевой соли в почве, по Шлезингу. О концентрации почвенных растворов других веществ нег повода говорить, так как такие вещества, как фосфорная кислота и калий, находятся, главным образом, в связанном состоянии, и при их поглощении играет роль растворяющее действие корня. Если приводимое рассуждение, быть-может, не вполне применимо к очень бедным почвам, то вполне верно по отношению к хорошо удобренным.

сочных частей растений обыкновенно принимают при 50—52° Цельсия, значит, при 40° наших термометров. Но именно такие температуры приходилось наблюдать одному ботанику (Аскенази, в Гейдельберге) при помещении термометра в листья мясистых растений, как мы увидим, слабо испаряющих воду. С другой стороны, начиная с классических трудов Гельза, в литературе встречаются указания, что летнее солнце может оказывать вредное действие именно при условии ослабленного испарения, напр., в очень влажной атмосфере. На этом, вероятно, основано очень распространенное убеждение во вреде поливки на солнце, во вреде солнца «сквозь дождь»¹⁾. Следовательно, полезная роль испарения, как регулятора температуры, понижающего её, когда растение подвергается слишком сильному нагреванию солнечными лучами, не подлежит сомнению; но зато этому вреду растения, вероятно, подвергаются сравнительно редко, и мы увидим далее, что растение имеет средство оградиться от него, и не прибегая к усиленному испарению.

Итак, в общем выводе едва ли можно признать, чтобы испарение воды растением, *в тех размерах, в каких оно обыкновенно совершается в природе*, соответствовало действительной, прямой потребности растения, — потребности, которая не могла бы быть удовлетворена помимо такой громадной траты воды.

Но если этот расход воды не представляется нам понятной, необходимой физиологической потребностью растения, то не является ли он неизбежным физическим последствием других, понятных нам условий существования растения?

На этот раз мы получаем вполне определенный положительный ответ. Да, растение вынуждено испарять большие количества воды в силу своего строения, необходимого для удовлетворения совершенно иной существенной его потребности. В самом деле, для того, чтобы не испарять воду, растению стоило бы только облечь свои воздушные части непроницаемым для воды веществом, как оно и делает со

¹⁾ Леклер прямо видит в насыщенной атмосфере причину желения злаков, но при описании своих опытов не упоминает о действии солнца.

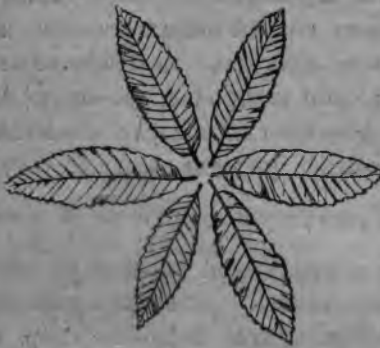
старыми стволами, покрытыми толстым слоем пробки, или, напр., с яблоком. Попробуем, напр., определить, как ничтожно испарение целого яблока, а затем, удалив с него кожицу, посмотрим, как быстро оно начнет испарять воду и сморщиваться. Почему бы растению не снабдить всей поверхности своих органов такой непромокаемой одеждой, которая уединяла бы его пропитанные водой ткани от соприкосновения с воздухом и оградила бы от убыточного, порою грозящего самой жизни, испарения?

Физиология учит нас, что такое строение растения было бы несовместимо с самым существенным отправлением его— питанием на счет углекислоты воздуха. Построенное таким образом растение, если б и получало, как мы видим, пищу из почвы, было бы лишено возможности получать еще более важную для него пищу из воздуха. Весь свой углерод (т. е. около 45% своего сухого веса) растение получает из воздуха, а в воздухе этот элемент в виде углекислоты, рассеян крайне скупо;

$\frac{1}{5000} - \frac{1}{3000}$ — вот обычное содержание углекислоты в нашей

атмосфере. Для того, чтобы извлекать свой углерод из такого скудного источника, растение должно развить громадную поверхность соприкосновения с воздухом. Подобно тому, как поверхность корня вытягивается в длину, на целые версты, поверхность листьев раскидывается в ширь, представляя площадь, во много раз превышающую площадь занятой растением почвы. Мало того, растение добывает углерод из воздуха только при содействии света,— значит, свою зеленую поверхность оно должно развернуть так, чтоб уловить возможно более света. Эта потребность удовлетворяется с удивительным совершенством. Поверхностному наблюдателю кажется, что листья разбросаны по растению в артистическом беспорядке, но уже великий художник и внимательный исследователь природы Леонардо да Винчи подметил, что в распределении листьев проглядывает строгий порядок. Ботаники давно изучали этот порядок, эти законы распределения листьев, но, как и в других областях биологического знания, только в сравнительно недавнее время стали рассматривать это явление с точки зрения его смысла, его физиологического

значения для растения. Можно сказать, в коротких словах, что в распределении листьев в размерах черешков, в размерах и форме пластины проглядывает одно основное правило: растение располагает свои листья так, чтобы не потерять ни одного луча солнца, воспользоваться каждым доступным местом, просунуть новый лист в каждый свободный промежуток между другими листьями. Если рассматривать листовую поверхность любого растения сверху или, еще лучше, по направлению преобладающего освещения, то все листья, выросшие и еще развивающиеся, смыкаются как бы в одну



Фиг. 15а.



Фиг. 15б.

сплошную поверхность, без свободных промежутков, представляя то, что известный ботаник Кернер метко назвал «листовой мозаикой». Особенно ясно бросается в глаза отсутствие случайности, а напротив, строгое соответствие в форме, размерах и распределении всех частей, если представить себе листья одного растения перенесенными на стебли другого. Тотчас обнаруживается, что между ними оказались бы непроизводительные просветы, или, наоборот, они еще более непроизводительно затеняли бы друг друга. Вот, напр., распределение листьев у клена и у каштана, если смотреть на их ветви сверху (фиг. 15а и 15б); широкие пластины первого на своих длинных черешках отнесены далеко от стебля; узкие пластины второго при своих коротких черешках почти сидят

на стебле. Таким образом не теряется пространства, и листья не затеяют друг друга. А вот что вышло бы, если бы листья клена были расположены как у каштана (фиг. 15а): сохраняя свои черешки (фиг. 16а) или заимствуя его черешки (фиг. 16б), в первом случае середина ветви представляла бы бесполезный просвет, во втором листья затеяли бы друг друга ¹⁾.

Следовательно, листовая поверхность для обеспечения воздушного питания, построена так, что представляет возможно большую поверхность соприкосновения с воздухом и в то же время возможно большую поверхность освещения. Но



Фиг. 16а.



Фиг. 16б.

ведь эти два свойства представляют в то же время самые благоприятные условия для усиленного испарения: большая поверхность поглощения воздуха вместе с тем и большая поверхность испарения воды, — большая площадь освещения в то же время и большая площадь нагрева. Доказательством того служит тот факт, что те лучи света, которые поглощаются зеленым веществом листа — хлорофиллом, служат и для разложения углекислоты и для испарения воды, так что растение, разлагающее углекислоту и затрачивающее на это часть солнечного тепла, испаряет слабее; растение же, не

¹⁾ Этот закон соотношений между шириной пластины и длиной черешка был указан профессором Бекетовым.

разлагающее углекислоты (напр., помещенное в атмосферу лишенную этого газа), испаряет сильнее. Трудно было бы найти два процесса, которые зависели бы от таких почти тождественных условий.

Следовательно, растение роковым образом вынуждено много испарять для того, чтобы успешно питаться, так как условия обоих процессов одни и те же. Растение могло бы себя оградить от опасности засухи, т.-е. жажды, только обрекая себя на верный голод. Ему приходится пролагать свой жизненный путь между сциллой и харибдой голода и жажды. Качественное, абсолютное разрешение этой дилеммы, повидимому, невозможно; возможно только количественное примирение антагонистических требований, сделка между наилучшим питанием и наименьшим расходом воды.

Посмотрим, как разрешает растение свою мудреную задачу.

III.

Выяснив себе, какую роль играет в жизни растения испарение, и рассмотрев те условия, при которых оно происходит, мы невольно пришли к заключению, что процесс этот, — по крайней мере, в тех размерах, в каких он совершается, — скорее должно признать за неизбежное физическое зло, чем за необходимое физиологическое отправление. Для проверки этого вывода, как и всегда, лучше всего спросить само растение. Если наше суждение верно, мы должны ожидать, что в организации растения обнаружатся приспособления, клонящиеся не к тому, чтобы способствовать, а к тому, чтоб умерять это явление, чтоб оградить себя от этого убыточного, опасного, порою грозящего самой жизни физического процесса. Так на деле и оказывается.

Самым простым, радикальным средством было бы покрыть все растение непроницаемью для воды оболочкой (как на яблоке и пр.), но мы видели, что это было бы несовместимо с питанием. Растение прибегает к средней мере: большую часть своей воздушной поверхности, но не всю, покрывает оно оболочкой, подобно нашей клеенке или вощанке. Это

сравнение почти буквально верно. Утолщенные наружные стенки клеточек кожицы пропитаны жирными или воскообразными веществами, вследствие чего вода не смачивает их, скатывается с их гладкой поверхности. Иногда воск этот выступает на поверхности в виде белесоватого налета, всякому знакомому на плодах сливы, на листьях капусты или ржи. Прямой опыт убеждает, что, если стереть или растворить этот налет, растение испаряет воду сильнее. Значение толстой, непроницаемой для воды кожицы всего лучше обнаруживается из следующего сравнения: стоит посмотреть как быстро, в несколько минут, завядают и засыхают на воздухе подводные растения и корни, лишенные такой кожицы. Особенно толстой, непроницаемую кожицей обладают гладкие блестящие, так называемые кожистые листья вечно зеленых растений жарких стран. Опыт также подтверждает, что эти кожистые листья испаряют менее воды, чем листья травянистые.

Оградив себя от убыточного испарения этой непроницаемой одеждой, растение разрешает вторую задачу — сохранение сообщения с атмосферой, изрешетив эту непроницаемую оболочку бесчисленными отверстиями или продушинами, так называемыми устьицами. Число этих устьиц громадно: на одном листе их насчитывают сотнями, тысячами, даже миллионами. Тем не менее, общая площадь их отверстий сравнительно очень невелика: по одному точному измерению если принять поверхность листа за 1.000, то сечение всех отверстий выразится цифрой 15.

Устьица представляют одно из наиболее распространенных и в то же время изумительных приспособлений, регулирующих испарение воды. Они открываются, когда растение переполнено водой, и сами собой закрываются, когда оно начинает страдать от недостатка воды, т.-е. завядает. Это, следовательно, предохранительные клапаны, выпускающие пары, когда вода находится в избытке, и задерживающие их, когда в ней обнаруживается недостаток. Это главный регулятор, при помощи которого растение во-время может сократить расход воды. Замечательно, что у некоторых растений, в егда обеспеченных водой, как, напр., у плавающей на

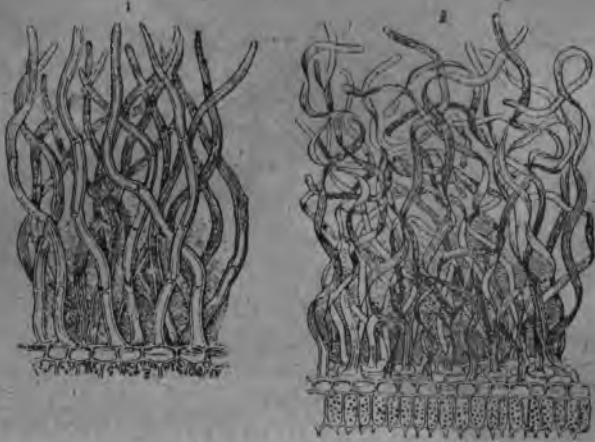
воде ряски, устьяца не представляют этого механизма раскрытия и закрывания ¹⁾).

Роль устьиц, как органов, умеряющих испарение, обнаруживается еще в целом ряде особенностей, касающихся их расположения на листе и свойств несущих их поверхностей. У растений с горизонтальною пластиною устьяца почти исключительно расположены на нижней поверхности. Значение этого широко распространенного факта, очевидно, следующее. Воздух в освещенной солнцем рыхлой ткани листа, нагреваясь и насыщаясь парами воды, становится по этим двум причинам легче, вследствие чего, если б устьяца находились на верхней поверхности листа, установился бы восходящий ток нагретого и влажного воздуха и входящий ток воздуха более холодного и сухого, а это значительно ускорило бы испарение. Наоборот, при устьицах, обращенных вниз, испарение будет зависеть только от разности в степени влажности внутреннего и наружного воздуха да еще от расширения внутреннего воздуха вследствие нагревания. Узнать, с какой стороны происходит испарение, обыкновенно очень легко, — стоит поднести к листу охлажденное стекло или зеркало, — получающийся легкий выпот обрисует на гладкой полированной поверхности все очертания листа.

Выше мы видели, что к числу главных условий, ускоряющих испарение, должно отнести ветер. Только немногие растения, как показали опыты Визнера, оказывают отпор ветру и под его влиянием испаряют даже менее воды. Это загадочное явление объяснилось очень просто: устьяца этих растений под влиянием ветра замыкаются прежде даже, чем обнаружатся признаки завядания в других частях листа. Но большинство растений лишено этого оригинального механизма и страдает от ветра, почему мы и встречаем иного рода при-

¹⁾ Кроме этого главного механизма открывания и закрывания устьиц под влиянием избытка или недостатка воды, некоторые растения открывают еще свои устьяца под влиянием непосредственного солнечного света. Польза этого механизма очевидна из того, что сказано выше об испарении, как регуляторе температуры растения. Но этот второй механизм не препятствует первому: он подчинен ему, когда растение начинает зарядать, оно закрывает свои устьяца и вопреки действию света.

способления для ограничения его вредного влияния. И на этот раз растение также применяет средства, до которых додумался и человек. В последнее время приходилось много слышать о лесных опушках и живых изгородях, как практических мерах для борьбы с засухой. Обсадкой полей деревьями полагают поставить преграду ветру и ослабить его иссушающее действие. Оказывается, что растение давно пользуется этим приемом, и если осуществляет его в микроскопических размерах, то зато на широкую ногу. Поверхность

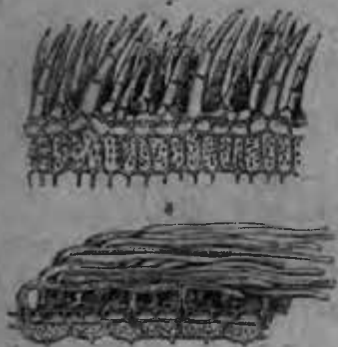


Фиг. 17.

листьев у растений сухих климатов, или подвергающихся сильной инсоляции, нередко бывает покрыта волосками — при наблюдении в микроскоп, густою зарослью, целым лесом волосков, под защитой которого схоронились отверстия устьиц (фиг. 17—20¹⁾). Волоски эти бесконечно разнообразны по форме и делают поверхность листьев бархатистой, пушистой, серой, порою почти белой, и этим достигается двоякая польза: густой войлок слетающихся волосков не только задерживает движение ветра, но и служит полупрозрачной пеленой, умеряющей действие света. В тех случаях, когда

¹⁾ Рисунки эти представляют микроскопические изображения волосков, покрывающих поверхность листьев и стеблей различных растений.

волоски покрывают только нижнюю, несущую устьица поверхность листа, очевидно, достигается только первый результат, и иногда именно по присутствию незаметных для глаза волосков можно легко узнать поверхность листа, несущую устьица,—стоит погрузить такой лист в воду, и между тем как верхняя поверхность сохранит свой обычный цвет, нижняя представится блестящей, серебряной от покрывающего ее, удерживаемого волосками слоя воздуха, который даже очень трудно удалить.



Фиг. 18.



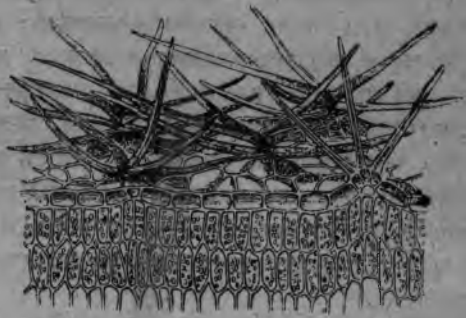
Фиг. 19.

Тот же результат, т.-е. замедление движения воздуха, достигается и другим путем. Вместо того, чтоб обсадить отверстия устьиц этими опушками из волосков, растение погружает их в глубь листовой пластины, на дно более или менее глубоких впадин. Эта особенность, как и волосатость, характеризует растения сухих, знойных климатов. Наконец встречается и то и другое приспособления одновременно, — устьице оказывается погруженным на дно глубоких впадин, вход в которые защищен волосками, как это наблюдается, наприм., у олеандра.

Мы только что заметили, что опушение верхней поверхности листа представляет другое значение, — оно ослабляет

падающий на растения свет. Здесь естественно возникает возражение: не будет ли эта польза достигаться в ущерб питанию листьев? Ведь мы видели, что испарение зависит не только от света, но даже от тех самых лучей, от которых зависит и питание. Не будет ли питание ослаблено в такой же мере, как и испарение? Оказывается, что нет, и в этом обнаруживается одно из любопытнейших приспособлений растения. Зависимость обоих отправления от света вполне сходна, пока мы имеем в виду *качественную* сторону дела, но они подчиняются совершенно различным *количественным* законам. Испарение воз-

растает не пропорционально освещению (или, что все равно, нагреванию) листа на солнце, а быстрее ¹⁾. Питание же листа *достигает своего высшего предела значительно ранее, чем солнечный свет достигает своего высшего напряжения*, считая за таковой освещение горизонтальной поверхности листа летними полуденными лучами. Половины напряжения этого полуденного солнечного света оказывается достаточно для потребностей питания; весь дальнейший избыток не может уже быть использован растением и тратится на непроизводительное испарение или опасное нагревание. Следовательно, полупрозрачный войлок волосков, превращающий внешнюю окраску листа из ярко-зеленой в серую или даже белую, если он ослабляет свет не более как наполовину, почти не препятствует питанию, значительно понижая



Фиг. 20.

¹⁾ Его можно считать, на основании исследований Леклера, пропорциональным упругости пара, при данных температурах, так что, наприм. когда температура листа возрастает с 25° С. до 50° (а мы видели, что растение может нагреваться до этого предела), т.-е. *вдвое*, упругость пара возрастает *вчетверо*.

испарение. К этому следует прибавить, что самое испарение; если трата воды не успевает возмещаться всасыванием ее через корень, понижая содержание воды в листьях, вместе с тем понижает и воздушное питание листьями, и притом ранее, чем недостаток воды обнаружится в завядании. Это доказано классическими исследованиями Буссенго и позднейшими исследованиями Крейслера. Этим объясняются и результаты опытов Фаминцына, показавшего, что лист, остающийся продолжительное время непосредственно на солнечном свете, разлагает менее углекислоты, чем лист, защищенный прозрачной папиросной бумагой. Высказанных соображений достаточно для того, чтобы показать, какую пользу извлекают растения, подвергающиеся засухе, из опущения листьев или из той шапки седых волос, которой прикрываются, напр., некоторые кактусы. Выражаясь метафорически, можно сказать, что растение воспользовалось различием в *количественных* законах, которым подчинены эти два явления — испарение воды и питание,—для того, чтобы выработать одно из самых удивительных приспособлений в своей борьбе с засухой ¹⁾.

Сокращая по возможности расход воды с поверхности листьев, растения пустынь и вообще местностей, страдающих от недостатка влаги, в то же время обеспечивают себе доступ к более глубоким запасам воды в почве посредством развития глубоко идущих корней.

Но всех этих мер может оказаться недостаточно. Тогда растение сокращает испаряющую поверхность листьев или, наконец, вовсе уклоняется от непосильной борьбы, отказывается от деятельной жизни, сбрасывает листву и на все время засухи приходит почти в такое же состояние оцепенения, в какое в наших широтах погружается при наступлении зимних холодов. Это явление нередкое под тропиками.

Уменьшение поверхности осуществляется весьма различными путями. Иногда, как, наприм., у растений из семейства

¹⁾ Мы не останавливаемся пока на любопытном факте прямого антагонизма между питанием и испарением, которого коснулись выше и еще коснемся далее, при оценке действия удобрений.

толстянковых, листья вместо тонких, пластинчатых становятся толстыми, мясистыми, сочными; иногда же дело доходит до полной потери листьев, которые заменяются тогда мясистыми стеблями. Последнее явление всего резче выражено у кактусов и молочаев. Эти два семейства далеки в систематическом отношении, принадлежат двум различным частям света и, однако, под давлением сходных потребностей выработали до того сходный внешний облик, что всякий не ботаник едва ли различит мясистый безлистный молочай от кактуса. Благодаря отсутствию листьев, растения эти, как показывают непосредственные определения, испаряют весьма мало воды. Тому же способствует малое число устьиц на сильно утолщенной коже, а также густой, богатый растворенными веществами сок, так как известно, что растворы, напр., сахара или соли испаряют менее, чем чистая вода. Многие растения из мотыльковых также не несут листьев, и их стебли представляют голые зеленые прутья. Сокращение испаряющей листовой поверхности покупается на этот раз ценою задержки питания; любителям известно, как медленно растут кактусы. Нечто подобное представляют и некоторые наши растения, вынужденные довольствоваться ничтожными количествами воды,—они также сокращают свою поверхность, подбираются, превращаются в карликов. Это болезненное явление в растительной патологии так и называют *нанизмом*. Известны примеры проса и крупки (*Draaba verna*), когда все растение было величиной в *один сантиметр* и, тем не менее, цвело, приносило семена и, что еще удивительнее, из этих семян при благоприятных условиях вырастали нормальные растения.

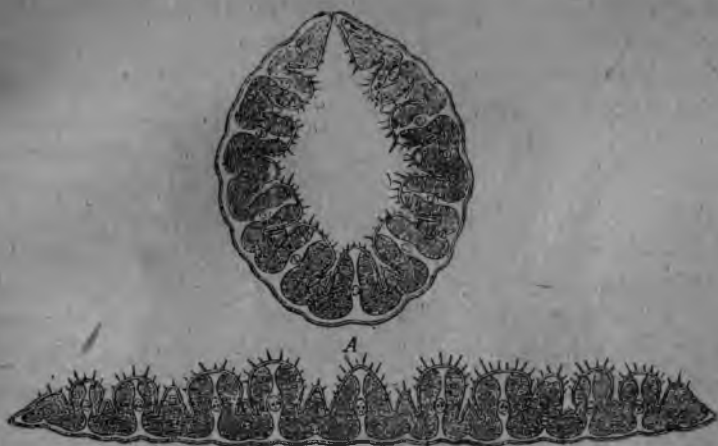
Это уже меры, так сказать, отчаяния. Но, спрашивается, не может ли растение уменьшать поверхность испарения, не уменьшая в такой же степени поверхности питания? Как ни покажется это парадоксальным, но в известном смысле растение успело разрешить и эту задачу.

Многие травы, горные и степные, в том числе наш ковыль (не перистый, *Stipa penata*, а так называемая тырса, *Stipa capillata*), обладают листьями, которые свертываются, как только растение начинает страдать от недостатка воды.

Свертывание или складывание листа происходит всегда так, что устьяца остаются на поверхности, обращенной внутрь (фиг. 21, 22) ¹⁾, при чем они нередко лежат еще в глубине желобков (фиг. 22а), которые, в свою очередь, также смыкаются краями, вследствие чего отверстия устьиц (а) оказываются вдвойне защищенными от сообщения с сухой, знойной атмосферой. Но эта защита, очевидно, только временная, проявляющаяся только при наступлении уже недостатка в воде, вероятно еще ранее, как мы видели, сопровождающегося уже ослаблением воздушного питания. Более совершенную мерой обороны против непроизводительной траты воды должно считать такие листья, которые в течение всей жизни растения ограждают себя от излишнего испарения без ущерба для питания. И на этот раз растение утилизирует *количественное* различие в условиях, управляющих обоими процессами. Выше мы видели, что в большинстве случаев листья располагаются горизонтально, некоторые даже принимают такое положение, что получают падающие на них лучи в отвесном направлении. Но существует целый ряд исключений из этого правила, целый ряд растений с листьями, обращенными к зениту не поверхностью, а ребром. Таковы австралийские акации и эвкалипты, давно обращавшие на себя внимание путешественников тем, что не дают обычной тени. Сходное явление представляют некоторые мотыльковые, кисличные и другие растения, периодически, в полуденные часы, приподнимающие листочки своих сложных листьев так, что они обращаются уже не плоскостью, а ребром кверху. У всех только что указанных растений стоящие на ребро листья не имеют определенного направления по отношению к странам света, но существуют еще более любопытные растения, которые располагают свои пластинки не только ребром к зениту, но и в плоскости меридиана, так что они подставляют наименьшую поверхность освещения именно полуденному солнцу. Таково получившее

¹⁾ Рисунок (фиг. 22) изображает наблюдаемое под микроскопом поперечное сечение листа тырсы в плоском и свернутом состоянии. Фиг. 22 — часть такого сечения при большом увеличении

в последние годы широкую известность растение-компас (*Silphium laciniatum*). Очень распространенное в прериях Техаса, оно давно было подмечено туземцами, пользовавшимися им как компасом; его даже воспел Лонгфелло в своей *Evangeline*, и только скептицизм ботаников долго не мирился с этим чудом, пока, уже в семидесятых годах, оно не было поставлено вне сомнения, а в восьмидесятых подвергнуто экспериментальному исследованию. В настоящее время растение это, принадлежащее к семейству сложноцветных, встречается почти во всех ботанических садах. Большие,

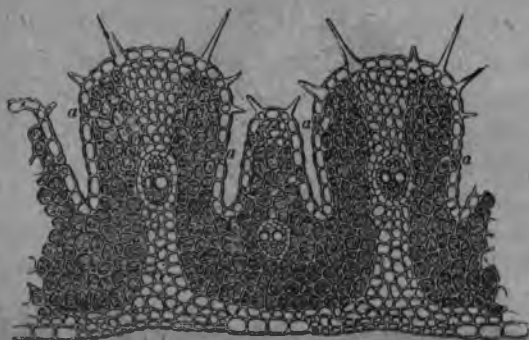


Фиг. 21.

жесткие, перистые листья его при первоначальном появлении не представляют ничего особенного, но по мере развития основания их черешков скручиваются, пока пластины не расположатся в плоскости меридиана, ребром кверху, концами попеременно на север и на юг. Вскоре оказалось, что растение-компас не единственное в своем роде; одно, встречающееся и у нас сложноцветное (*Lactuca scariola* — сродни нашему салату), представляет это явление почти в такой же степени, как и сильфиум, а позднее нашлось и еще несколько растений, более или менее ясно обнаруживающих склонность располагать свои листья ребром кверху в плоскости меридиана.

Это положение листа, благодаря которому растение в самые жаркие часы дня находится как бы в тени, приобретает значение по мере приближения к тропикам, где полуденное солнце светит отвесно на горизонтальную поверхность листа. Прилагаемый рисунок (фиг. 23) наглядно показывает, какую выгоду извлекает из положения своих листьев растение-компас на знойных, страдающих от засух равнинах Техаса.

Кривая ABC представляет напряжение солнечного света, падающего на горизонтальную поверхность листа в различные часы летнего дня в указанной местности ¹⁾. Кривая ADDDC

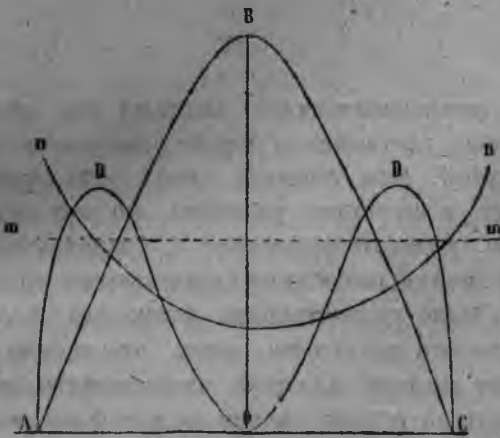


Фиг. 22.

представляет напряжение света, падающего на лист растения-компас. Одного взгляда на площади ABC и ADDDC достаточно, чтоб убедиться, от какого избытка нагревания спасается этот второй лист. Но простого сравнения этих площадей еще недостаточно. Вспомним, что испарение возрастает не пропорционально нагреванию листа, а быстрее; вспомним, что оно зависит от степени влажности воздуха, которая, особенно в континентальных климатах, в полуденные

¹⁾ В основу этой кривой я положил актинометрические наблюдения, произведенные мною в Москве (с актинометром Крова) еще в 1884 году и давшие результаты, весьма согласные с данными Крова и Савельева. При пересчете на горизонтальную поверхность принято соответствующее число июля месяца при широте 30°.

часы представляет минимум (что выражено схематически на нашем чертеже кривой линией pp); наконец, примем во внимание, что, благодаря такому распределению дневного испарения на два периода, разделенных большим промежутком, растение в средние часы дня успеет через корень в значительной мере пополнить недостаток воды, вызванный утренним испарением. Только взвесив все эти обстоятельства, мы можем вполне оценить, какую громадную пользу, в смысле понижения расхода воды, извлекает это растение из положения своего листа в плоскости меридиана.



Фиг. 23.

Но не будет ли в такой же мере угнетено и питание? Мы уже знаем, что этого не может быть. Мы видели, что растение может утилизировать на свое питание только приблизительно половину полуденной инсоляции, т.е. то количество, которое на нашем чертеже лежит под чертой mn, а это количество вертикальный лист (как видно из чертежа) утилизирует почти так же хорошо, как горизонтальный. Если же мы припомним, что с уменьшением содержания воды в горизонтальном листе быстро падает его способность разлагать углекислоту, то, вероятно, будем в праве заключить, что вертикально стоящий лист питается не хуже, а

может быть, и лучше горизонтального ¹⁾). Таким образом, положение листовой пластины в плоскости меридиана, ребром к зениту, должно быть рассматриваемо как одно из самых совершенных разрешений, казалось было, неразрешимой задачи: понизить испарение листа, не ослабляя его способности питания.

Весьма любопытно, что эти самые совершенные приспособления в борьбе с засухой растение выработало в самых высших своих представителях, позднее всех явившихся на нашей планете, — в растениях из семейств мотыльковых и сложноцветных.

IV.

Перед нами развернулся длинный ряд приспособлений, выработанных растением в борьбе с постоянно грозящим ему злом — засухой. Нам понятен смысл этих приспособлений, их значение в экономии растения, но это телеологическое объяснение, удовлетворительное с современной экологической точки зрения, никогда не удовлетворяло вполне, не могло, не должно было удовлетворять физиолога. Если для современного биолога достаточно знать, что та или другая черта организации полезна для того, чтобы понять, что она должна была сложиться и закрепиться, то для физиолога нужно еще раскрыть физические условия, вызвавшие первоначальное возникновение и развитие этой особенности, найти ее механическую причину.

Это раскрытие средств, которыми достигнуты поражающие нас результаты, еще более вызывает наше удивление, чем простое знакомство с результатами. Выражаясь кратко, мы можем сказать, что механизмы, выработанные растением для защиты от засухи, действуют *автоматически*, при помощи тех самых враждебных сил, с которыми растение вступает в борьбу. Условия, вызывающие или ускоряющие испарение, равно как и наступившие уже его последствия обра-

¹⁾ Изложенные здесь соображения были мною развиты в сообщении, сделанном в ботанической секции последнего съезда естествоиспытателей в Петербурге.

щаются растением в орудия успешной борьбы с грозящим злом. Рассмотрим их последовательно ¹⁾.

Первым условием испарения является, конечно, соприкосновение с воздухом (у подводных растений, понятно, об испарении, не может быть и речи). Но именно воздух или, выражаясь определеннее, его кислород вызывает образование пробки, защищающей органы от дальнейшего испарения. Это, несомненно, доказано опытами Кни над образованием пробки на пораненном картофеле ²⁾. Вероятно, с этим основным свойством растительной клеточки — способностью изменять, под влиянием воздуха, химический состав своих стенок — связана самая возможность наземной растительности. Не обладай растительная клеточка этим свойством, первоначальное водное население нашей планеты едва ли выработалось бы далеко на сушу.

Но воздух тем более способствует испарению, чем он суше, и вот, на основании многочисленных экспериментальных исследований мы убеждаемся, что именно сухость воздуха вызывает волосистость растений, что это условие, ускоряющее испарение, является в то же время средством для выработки одного из важных приспособлений, его умеряющих.

Свет (или, вернее, нагревание солнечными лучами) относится к числу факторов, наиболее влияющих на испарение, и в то же время целый ряд опытов показывает, что под более продолжительным влиянием света вырабатываются формы, испаряющие менее, чем формы, выросшие в тени. Это зависит от того, что клеточки, в особенности клеточки кожицы, получают стенки более толстые, менее проницаемые ³⁾. Сверх того, в общей сложности, листовые органы на

¹⁾ Развитые здесь идеи позднее некоторыми немецкими учеными были положены в основу совершенно неудачного учения о *прямом приспособлении*.

²⁾ Сказанное о пробке, вероятно, применимо и к веществу стенок кожицы.

³⁾ Относительно *ближайшей* причины такого изменения мнения ботаников в последнее время расходятся. Неизвестно, действует ли свет непосредственно, или только косвенно, чрез усиление испарения. Но для нас это безразлично; для нас важен результат, — что свет, ускоряющий испарение, при продолжительном действии понижает его.

солнце не достигают такого размера, как в тени, — следовательно, на солнце сокращается общая поверхность испарения. Наконец именно свет вызывает движение листочков мотыльковых растений и скручивание черешков растения-компыаса, приводящее его пластины в плоскость меридиана. В тени этих явлений не происходит, а у последнего растения Шталю удалось, изменяя часы освещения, изменять и положение листьев.

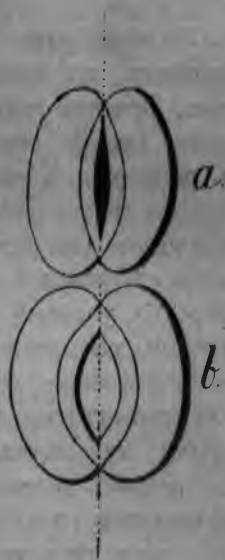
Еще замечательнее механизмы, пускаемые в ход самим испарением или, вернее, наступающим завяданием. Таково свертывание листовой пластины, наблюдаемое у степных трав. В простейших случаях оно осуществляется так: во внутреннем углу складок, по которым перегибается листовая пластина, находится нежная ткань, переполненная водой и распирающая дольки листа, встречающиеся здесь под очень тупым углом. Как только приход воды перестанет покрывать расход ее на испарение, прежде всего спадается эта легко испаряющая ткань, и не распираемые более дольки листа захлопываются. Словом, мы имеем здесь механизм, подобный дверной пружине, но двойной, так что дверь открыта, пока одна пружина преодолевает действие другой, и захлопывается, когда первая пружина ослабевает.

Еще проще устроен удивительный механизм автоматического закрывания устьиц, когда в растении обнаруживается недостаток в воде. Механизм этот вполне удовлетворительно изучен Швенденером. Постараемся объяснить его хотя бы в самых общих чертах. Отверстие устьиц образовано продолговатую щелью между двумя серповидными клеточками (фиг. 24). Стенки этих клеточек, прилегающие к щели, могут выпрямляться, и тогда щель закрыта (а), или могут становиться вогнутыми в сторону щели, и тогда она широко раскрывается (б). Прямая или искривленная дугою форма окаймляющих клеточек, в свою очередь, зависит от того, что стенки их, обращенные к щели, более толсты, чем стенки, обращенные внаружу. Вследствие такого неравномерного утолщения стенок, клетки, переполненные соком, искривляются дугой, раскрывая щель. Но как только, при начинающемся завядании, давление сока начнет убывать, внутренние толстые стенки,

как пружины, выпрямляются и, сближаясь краями, закрывают щель. Благодаря этому простому регулятору, испарение само себе кладет предел.

Наконец самым совершенным *автоматическим* приспособлением, очевидно, должно считать вызываемое испарением поднятие воды в растении. Здесь мы можем только коснуться этого сложного вопроса. Для нашей цели, впрочем, достаточно следующих, вполне установленных положений. В сосудах, по которым движется вода, почерпнутая корнем из почвы, встречаются пузырьки воздуха. Этот воздух находится в разреженном состоянии, так что сосуды, с этой точки зрения, могут быть уподоблены всасывающим насосам. Причиной, вызывающей и поддерживающей это разрежение воздуха, оказывается испарение воды листьями. Таким образом, самый процесс испарения воды приводит в действие насос, качающий воду из почвы. Действие этого насоса очень совершенно; он подает воду по мере ее расхода, так что, как мы раньше видели, всасывание воды может служить даже мерой ее испарения. Тем не менее, полного соответствия между двумя процессами не существует, и завядание в большей части случаев является признаком не положительного недостатка воды в почве, а только последствием временно нарушенного равновесия между ее приходом и расходом в растении.

Только выработав этот аппарат для автоматического возмещения испаряемой воды, выбравшееся на сушу растение могло смело подняться в воздух, потянуться к солнцу, пройти все те стадии совершенствования, которые отделяют приземистый мох от великана эвкалипта, узколистый плаун от широколистного платана, ищущий влажности и тени папоротник от смело борющегося с засухой и зноем сложноцветного.



Фиг. 24.

Итак, мы имели полное основание сказать, что выдающаяся черта всех механизмов, выработанных организмом для защиты от засухи, выражается в их *автоматичности*, в том, что они обращают на пользу растения действие тех самых сил, с которыми оно ведет борьбу.

V.

Подводя итог тому, что мы знаем об испарении воды растением, мы можем остановиться на следующих общих выводах. Процесс испарения — процесс физический, подчиняющийся вполне определенным и понятным нам законам. В тех размерах, в каких он обыкновенно совершается в природе, он может быть скорее рассматриваем как неизбежное физическое зло, чем как необходимое физиологическое отправление. Причиной этой неизбежности является почти полное тождество условий этого процесса с условиями воздушного питания растения. Отсюда становится понятным, что все приспособления, встреченные в растении, направлены к тому, чтоб ограничить, умерить эту непроизводительную трату воды. Самыми совершенными из них, очевидно, должно признать те, которые осуществляют наибольшую экономию в воде с наименьшим ущербом для питания. Наконец главная особенность всех этих приспособлений заключается в том, что они представляют характер *автоматических* регуляторов, приводимых в действие теми самими условиями, которые вызывают испарение, или самым процессом испарения.

Узнав, как борется с засухой растение, естественно задаться вопросом: может ли и в чем может подражать ему человек? Мне кажется, что может и в очень многом.

Прежде всего полезно остановиться на той мысли, что нет основания принимать, чтобы испарение, в тех размерах, в каких оно обыкновенно совершается, само по себе было необходимо для растения. Напротив того, мы видели, что оно может быть без вреда значительно понижено и что, наоборот, усиленное, не возмещаемое корнем испарение даже до появления очевидных признаков завядания угнетает пи-

тание растения и его рост¹⁾). Таким образом, в большей части случаев понижение испарения может быть только благотворно для растения²⁾). Затем само собою очевидно, что человек может регулировать отношение растения и в воде двумя путями: пассивно — подчиняясь тем климатическим условиям, которые даны природой места, т.-е. возможно экономно расходуя естественный запас воды, или активно — увеличивая этот запас, создавая для растения искусственную обстановку, более благоприятную, чем та, которая дана непосредственно природой.

Остановимся подробнее на мерах первой категории, как имеющих более близкое отношение к предмету этой лекции. Регулировать расход воды в растении, как и вообще все, касающееся отправления и строения растения, человек может также двумя путями: пользуясь наличными свойствами организма, или оказывая на него воздействие при помощи внешних факторов. В первом случае он должен воспользоваться всеми особенностями организации, которые осуществило само растение, так как *создать новые* в буквальном смысле он обыкновенно бессилён. При выборе культурного растения он должен, следовательно, считаться с его потребностью в воде, или—еще лучше—должен *выработать* на месте породу, довольствующуюся наименьшим количеством воды. Здесь могучим средством является к его услугам начало *искусственного отбора*. Начало это широко прилагалось для выработки усовершенствованных пород, но едва ли когда-нибудь с той специальной целью, которую мы теперь имеем в виду. Обращалось почти исключительное внимание на органы, ради которых культивируется данное растение, и едва ли когда в достаточной мере на органы, без посредства которых не получались бы эти продукты, не обеспечивалась бы самая возможность существования организма, при тех или иных неблагоприятных условиях. Урожайность, качество съедобной

¹⁾ Наложню еще вывод, сделанный выше, что усиленное испарение, снабжая растение бесполезным избытком минеральных веществ, непроизводительно истощает почву.

²⁾ Кроме тех, вероятно, редких условий, когда, как мы видели, испарение служит *регулятором температуры* растения.

или так или иначе идущей в пользу части — вот главная, почти исключительная забота хозяина при выборе породы, при чем не всегда еще принимается во внимание, что растение, дающее хорошие результаты при одних условиях, может их и не дать при совершенно иных. Обращалось ли при выборе той или другой породы достаточное внимание на длину корней, обеспечивающую более обильный приход воды? Обращалось ли когда-нибудь внимание на толщину кожицы, на опущение или восковой налет листьев, на число устьиц, свертывание или периодическое складывание листовых пластин, или, наконец, на их положение к горизонту? Все это обстоятельства, сокращающие расход воды. Мы видели, например, что одно вертикальное положение листьев при известных климатических условиях могло бы внести экономию на испарении, равносильную обильному орошению,—и, кто знает, со временем, при внимательном изучении, не удастся ли подметить и усовершенствовать отбором это явление, обнаруженное в более или менее ясной степени у некоторых наших культурных и дико растущих форм? В самое недавнее время обнаружился факт, имеющий более близкое отношение к занимающему нас вопросу. Оказывается, что ости наших злаков испаряют значительные количества воды—свыше 40% всего количества испаряемого растением в этот период его жизни. Отсюда понятно, какое важное значение в борьбе с засухой имело бы предпочтение безостых равновидностей. Насколько полезна и осуществима была бы такая мера, может решить, конечно, только точно поставленный опыт, и это, несомненно, один из вопросов, заслуживающих самого серьезного внимания ¹⁾).

Этими указаниями я только хочу выяснить мысль, что с распространением физиологических знаний, при выборе своих пород, сельский хозяин не будет руководиться только свойствами одних ценных продуктов, а более дальновидно будет обращать внимание на свойства и других органов и

¹⁾ Высказывают, например, предположение, что ости своим испарением способствуют привлечению пылятельных веществ в колос, но это нуждается еще в подтверждении.

при должной наблюдательности и терпении выработает путем отбора такие приспособления в борьбе с засухой, которые будут превосходить все то, с чем мы только что успели ознакомиться, в такой же мере, как и сочные плоды и тяжеловесные зерна наших садовых и полевых растений превосходят соответствующие органы их отдаленных дикорастущих предков.

К числу внешних воздействий, при помощи которых человек может понизить непроизводительную трату воды растением, относится прежде всего применение удобрений. Целый ряд наблюдателей приходит к согласному заключению, что для растений, получающих удобрение (особенно азотистое), понижается указанное выше отношение между образующимся органическим веществом и испаряемою водой, т.-е. на каждую единицу веса образуемого органического вещества растение, получившее удобрение, испаряет менее, чем растение, не получившее его. Не следует, однако, понимать этого вывода так, что растение удобренное испаряет менее неудобренного,—такое толкование могло бы повести к печальным недоразумениям. Растение, получившее удобрение, испаряет *абсолютно* более воды, что и понятно, так как оно разовьется роскошнее и образует большую поверхность испарения, но эту воду оно расходует с *относительно* большей пользой, так как за равное количество воды дает более органического вещества в сравнении с растением, не получившим удобрения. Это различие, очевидно, очень существенно, и его полезно всегда иметь в виду. Если, например, растению будет доступно количество воды, только строго обеспечивающее малый урожай, то удобрением мы, пожалуй, можем поставить его в такие условия, что оно даст урожай еще худший, так как несвоевременно может истощить свой ограниченный запас воды. Понижающая испарение роль удобрения еще не вполне разъяснена теоретически. Возможно, что более обильное присутствие органических веществ в соке растений просто понижает скорость испарения этих растворов, но возможно и следующее объяснение. Мы видели выше, что на солнечном свете испарение и питание (т.-е. разложение углекислоты) зависит от лучей, поглощаемых зеленым веще-

ством листа (хлорофиллом); так что французские физиологи предлагают обозначить этот частный случай испарения особым термином—*хлоровапоризацией*. Вследствие этого в присутствии углекислоты испарение на солнце понижается, так как часть солнечной энергии, идущая иначе на испарение, затрачивается на химический процесс разложения углекислоты. В настоящее время мы еще не имеем возможности строго учесть количественное отношение этих процессов между собою и с количеством солнечной энергии, поглощаемой хлорофиллом листа¹⁾. Но уже на основании приблизительных данных об испарении на солнечном свете мы можем заключить, что при ослаблении полуденного света наполовину поглощаемой зеленым веществом солнечной энергии будет недостаточно для поддержания прежнего испарения и полного питания. Таким образом, при всяком напряжении солнечного света, ниже указанного, питание листа и хлоровапоризация будут находиться в антагонизме, — другими словами, питание листа будет прямо содействовать понижению испарения. Отсюда ясно, как существенны даже и с точки зрения испарения воды заботы о том, чтобы питание листа было наилучшее; а это, в свою очередь, осуществимо только под условием удовлетворительного удобрения.

Если необходимо заботиться о том, чтобы культурное растение экономно пользовалось доступной ему водой, то еще важнее заботиться о том, чтобы сорная растительность не отдавала бесполезно воздуху той воды, которую она косвенно отнимает у культур. То же соображение, быть-может, не мешает иметь в виду и при оценке одного культурного приема, получающего все более и более широкое распространение. Так как одно из самых ценных питательных начал почвы—селитра—легко вымывается, особенно осенними дождями, то предлагают осенью, после уборки хлеба, засеять поля каким-нибудь быстро растущим растением, кото-

¹⁾ Это составляет в настоящее время предмет моих исследований (1891). В настоящее время уж имеются приблизительные данные (см. мою статью *Истории нашего времени*—«Успехи ботаники в XX веке». 1918 г., изд. бр. Гранат. (1918).

рое своими корнями собирало бы селитру и затем само шло на зеленое удобрение ¹⁾). Дегерен приводит пример подобного опыта с горчицей, при чем действительно совершенно прекратился сток дренажных вод ²⁾). Если горчица своим испарением задерживала только тот избыток почвенных растворов, который так или иначе удалился бы из почвы, то, конечно, она приносила бы только пользу; но если она еще черпала из запаса осенней влаги, то, спрашивается, при всяких ли климатических условиях польза от сбережения азота вознаграждает за израсходованную воду?

На основании сказанного о необходимости устранения сорной растительности для ограничения расхода воды можно было бы сделать вывод (и он был сделан), что в случае опасения за недостаток воды полезно сокращать и число растений, возделываемых на данной площади, т.-е. прибегать к более редкому посеву; но это заключение нужно принимать с некоторой оговоркой. При наступлении засухи для растения важно не абсолютное количество воды в окружающей его почве, а количество ее в *ближайшем* соседстве с корнями или степень насыщения почвы водой. Так Гельригель показал, что при одном и том же абсолютном количестве воды в малом горшке растение могло существовать, между тем как в большом оно уже завядало.

Но если хозяину важно обеспечить свое растение от сорных трав, расхищающих его запас воды, то он только с пользой может прибегать к защите более крупных растений — в форме живых изгородей и лесных опушек, замедляющих движение ветра и тем значительно умеряющих испарение. На этот раз он только повторяет в большем масштабе то, что, как мы видели, растение широко прилагает в микроскопических размерах.

¹⁾ Когда зеленым удобрением служат бобовые растения, то эта польза увеличивается еще усвоением азота из воздуха.

²⁾ Горчица должна быть отнесена к сильно испаряющим воду растениям, так как, по Вольни, для нее отношение между образующимися органическим веществом и испаряемою водой — $\frac{1}{300}$, между тем как для злаков, мы видели, оно — $\frac{1}{300}$.

Переходим теперь к рассмотрению мер, в которых человек выступает активным деятелем, не приспособляясь к данным климатическим условиям, не подчиняясь, а подчиняя себе природу. Как ни покажется это парадоксальным, но и в этой активной своей роли человек, в основе, мог бы с пользой подражать растению. На этот раз задача должна заключаться не в ограничении расхода, а в обеспечении прихода воды на культурной площади. Круговорот воды в природе, обеспеченный в общих чертах, может оказаться нарушенным в известном месте, в известное время, и потому в большей части случаев, а засуха является последствием не абсолютного недостатка в воде, лишь неравномерного, не соответствующего условиям культуры распределения осадков в течение годовичного периода. На нашей хлебородной равнине, очевидно, главную роль должно играть сохранение осенних, а еще важнее весенних вод,—задержание той массы в краткий срок прибывающей и сбегаящей без пользы воды, которую дают тающие снега¹⁾. Здесь, очевидно, могут принести пользу две меры: во-первых, задержание возможно большего количества воды в самой почве при помощи ее разрыхления, г.-е. глубокой, особенно осенней вспашки, и сохранение неударживаемого почвой избытка в оврагах, превращенных в водохранилища²⁾. О пользе устройства запруд приходится достаточно часто слышать, но их устройством разрешается

¹⁾ Я не касаюсь здесь ни искусственного вызывания дождей, ни облесения. Замечу кстати, что растение представляет нам также примеры зааслиivosti. Существует целый ряд особенностей, главным образом, в строении листовых черешков, превращающих их в водохранилища; самым разительным примером служит *Ravenala madagascariensis*, так называемое „дерево путешественников“, и один вид ворсянки. Сюда же относится особая водоносная ткань, встречающаяся под кожицей многих растений и служащая запасом воды.

²⁾ Польза глубокой вспашки, как одной из мер борьбы с засухой, кажется, не подлежит сомнению вследствие достигаемого ею двойного результата—накопления и лучшего сбережения влаги. Припоминаю разительный пример, который мне самому случилось наблюдать. В 1867 году Вольное экономическое общество организовало несколько опытных полей. Мне пришлось наблюдать за опытами в Симбирском уезде, где этот год отличался продолжительною засухой. Три во всех отношениях сходные участ-

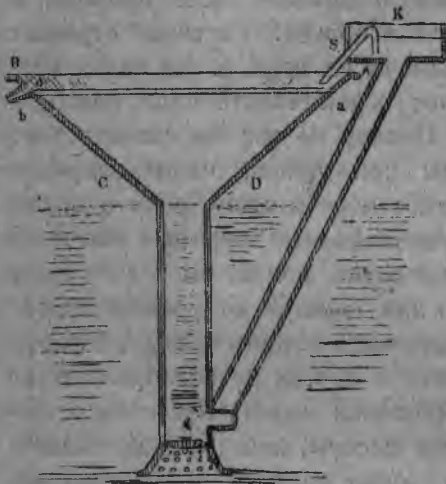
только половина—и сравнительно более легкая половина—задачи ¹⁾. Из обыкновенно глубоких оврагов, превращенных в водохранилища, воду еще нужно поднять для орошения полей, так как немного найдется, вероятно, местностей, где бы можно было воспользоваться естественным скатом, устроив запруды в более высоко расположенных верховьях оврагов. Прибегать к паровым двигателям для подъема воды при дороговизне топлива едва ли окажется под силу большинству наших хозяев. Здесь, естественно, рождается мысль о необходимости подражать растению и заставить работать на себя те самые враждебные и даровые силы природы, с которыми приходится вступать в борьбу. Растение страдает от иссушающих ветров и солнечного зноя, и эти самые враждебные силы оно заставляет ограничивать свой расход и обеспечивать приход воды. Почему не мог бы сделать того же человек? Если голландцы при помощи своих ветрянок борются с океаном, превращают море в сушу, если в наших городах различные усовершенствованные ветряные двигатели качают воду в верхние этажи домов, почему бы тот же ветер не мог бы поднять воду со дна оврагов до уровня полей? Почему не заставить его возвращать корням ту воду, которую он отнимает у листьев? А солнце... почему не воспользоваться его палящими лучами для орошения полей? Известна остроумная попытка Мушо устроить насосы, действующие солнечным нагреванием,—насосы, словно сознательные существа, подающие тем более воды, чем сильнее засуха.

Основная идея солнечного насоса Мушо крайне изящна по своей простоте. Представим себе конусообразный сосуд из листового железа ABCD, продолжающийся в трубку, погруженную в воду (фиг. 25). Металлическая крышка конуса (ab) вычернена и представляет поверхность солнечного на-

ка были вспаханы на различную глубину (сохой и плугом), и одним из главных результатов оказалось преимущество глубокой вспашки. Глубокая вспашка, очевидно, важна не только как средство для увеличения запаса воды, но и как средство для развития более глубоко идущих за нею корней.

¹⁾ Т.-е., придерживаясь терминологии нашего известного специалиста этого дела генерала Жилинского, обеспечивается только водо-набжение, но не оводнение.

грева. При *s* и *d*—клапаны, оба открывающиеся вверх. Представим себе, что прибор уже отчасти наполнен водой. Вследствие расширения нагретого воздуха в верхней части воронки вода закрывает клапан *d* и, открыв клапан *s*, через боковую трубку подымет в сосуд *K*, откуда через сифон *S* выльется на нагретую черную поверхность *ba*. Тогда воздух в воронке охладится и, сжимаясь, засосет новое количество воды (закрывая клапан *s* и открывая *d*). Тем временем вода на крышке воронки успела стечь через *b* в водопровод, а вычерненная поверхность снова начнет нагреваться солнцем, и т. д. Аппарат, как видно, действует совершенно автоматически, без всякого за ним ухода и тем успешнее, чем жарче греет солнце. В последнее время во Франции появились солнечные насосы другой системы, принадлежащей Телье, и получившие, повидимому, уже практическое применение ¹⁾. Аппарат Телье основан на нагревании раствора аммиака. Приемником солнечного тепла (инсолятором) служит крыша изображенного на рисунке птичника (фиг. 26); она состоит

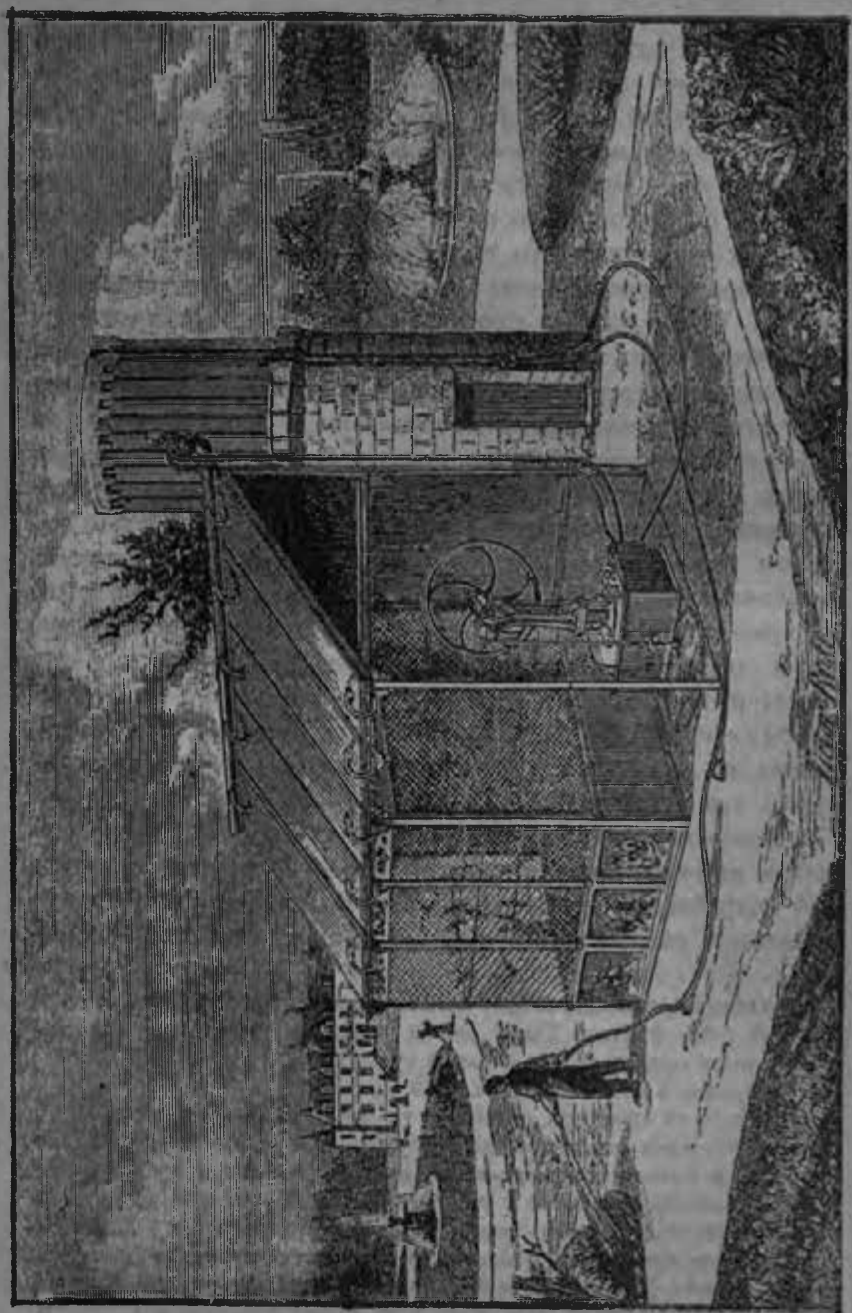


Фиг. 25.

из спаянных между собою двух листов железного толя, промежутки между которыми наполнен раствором аммиака. Освобождающийся аммиачный газ приводит в движение обыкновенный газовый двигатель и, отработав, поглощается холодной водой и возвращается назад в инсолятор. При поверхности нагрева в 70 кв. метров насос подымает в час 60 кубич. метров воды на высоту 10 метров ²⁾. Такой насос доставлял бы в час

¹⁾ О практическом применении насоса Мушо мне, к сожалению, ничего неизвестно. Его паровую машину, действовавшую солнцем, видели все, кто побывал на Парижской выставке в 1878 году.

²⁾ Т.-е. на 4 слишком сажени,—высоту во многих случаях достаточную.



на десятину слой воды в 7 миллиметров, а все количество воды, которого не достало в 1891 году (с апреля до июля) полям восточной России, равнялось 69 миллиметрам. Другими словами, такой насос, действующий даровой силой солнца, доставил бы в *десять часов* на десятину все то количество, которого ей не доставало в засуху 1891 года. Мы, очевидно, близки к осуществлению таких солнечных насосов, которые дают вполне практические результаты ¹⁾. По основной идее насосы Мушо гораздо проще. Правда, они поднимают воду на сравнительно небольшую высоту полутора метра, но при дешевизне их устройства их можно расположить целые ряды постепенно возвышающимися террасами, а главное, насколько мне известно, еще нигде не применялась другая остроумная мысль Мушо—значительно увеличить действие этих насосов, зарядив их (раз навсегда!) жидкостью с низкой точкой кипения. Простота устройства таких насосов и их целесообразно-автоматическое действие при помощи даровой силы заслуживали бы, кажется, чтобы над ними были произведены опыты, тем более, что и необходимая жидкость у нас, кажется, найдется под руками: это те легкие нефтяные продукты, с которыми наши нефтепромышленники, как приходилось не раз слышать от людей хорошо осведомленных, не знают что и делать ²⁾.

Ветер и солнце, качающие воду из оврагов, превращенных в запруды, и подающие тем более воды, чем сильнее в ней потребность,—вот радикальное, теоретически удовлетворительное разрешение вопроса о борьбе с засухой ³⁾. При-

¹⁾ Остается, конечно, вопрос экономический. Насосы Телье стоят от 3.000 до 5.000 франков. Такой расход пока, вероятно, только под силу интенсивным огородным или садовым культурам.

²⁾ Сказано в 1891 г. (Примеч. 1919 г.).

³⁾ Говоря об орошении, не мешает указать и на следующее обстоятельство. Несколькими наблюдателями удостоверяется факт, что растение, получавшее в начале своего развития воду в изобилии, и в позднейшем возрасте более требовательно к ней, более страдает от засухи, легче может быть спалено солнцем. Эта привычка не представляет ничего таинственного и вполне может быть объяснена на основании известных физиологических данных. Во всяком случае, с этим фактом должно считаться при распределении орошения, если запас воды только ограниченный.

рода, превращенная в послушного автомата, как бы сознательно предупреждающего грозное бедствие еще до его наступления, — вот идеальное разрешение задачи, на котором только и может вполне успокоиться вооруженный наукой человеческий ум.

Фантазия, воздушные замки!—скажут люди практические. Но сколько таких фантазий осуществилось уже на глазах одного нашего поколения. Электрический свет стал такою заурядною вещью, что ему смешно даже удивляться, а далеко ли то время, когда мы сбегались, съезжались издалека, чтобы на несколько минут полюбоваться диковинным зрелищем, о повсеместном, будничном применении которого, казалось, не могло быть речи? Или еще ближе: я очень хорошо помню, как весь ученый Париж любовался вторичными элементами Планте. Для теоретиков-фантазеров сразу было понятно, что означают эти элементы: это электричество, запасенное впрок, электричество в кармане, электричество-товар. Скептики, как всегда, мотали головами, но не прошло десяти лет—и весь свет, ученый и не ученый, заговорил об аккумуляторах Труве. Такими ли еще чудесами поразит нас будущее! Будем же надеяться, что те же «суховеи», тот же солнечный зной, которые иссушают наши поля, будут со временем только орошать поля наших потомков ¹⁾.

Но даже доведя свою борьбу с засухой до такого благополучного конца, человек будет только последовательно идти по пути, как бы намеченному ему растением. И единственный ли это пример для подражания, доставляемый нам изучением растения? Мне кажется, попутно мы могли подметить и другой, имеющий еще более широкое значение. Не раз в течение всей лекции приходилось нам повторять то слово, которое поставлено в ее заголовке. То роковое слово «борьба»,

¹⁾ Солнечные двигатели и пр. продолжают быть задачей дня, при чем изобретатели идут в двух противоположных направлениях; одни добиваются возможно могучих, но в то же время и дорогих приспособлений, другие заботятся о возможной простоте и доступности (Энеас в первом, Шуман во втором направлении). Несомненно, практическими уже оказываются кухонные приборы, действующие солнечной теплотой, особенно для жарких климатов. (Примеч. 1919 г.).

которое так часто по недоразумению, а еще чаще с вполне определенным умыслом бросают в лицо современным натуралистам, обвиняя их в том, что вместе со словом они ввели в обиход человеческой жизни и самое понятие, оправдывая им водворение чуть не звериных нравов. Недавно мне случилось прочесть мнение одного юриста, будто учение о «борьбе за существование» в значительной мере ответственно даже за тот расцвет милитаризма, свидетелем которого привелось быть нашему поколению. Если б это было верно, то пришлось бы допустить, что никогда еще, за память истории, научная идея не приносила таких скороспелых и уродливых плодов. Идеи Дарвина проникли в Германию в начале шестидесятых годов, а в 1864 г. немецкие войска уже штурмовали Дюппель! Не вероятнее ли допустить, что дюппельские герои не несли в своих ранцах «Происхождение видов» и что бесполезно взваливать заслуги проповедника «крови и железа» на плечи Дарвина,—с него довольно и своих. Во всяком случае в применении к тем фактам, с которыми мы только что ознакомились, мы могли убедиться, что на языке ботаники, к которому охотно прибегал и Дарвин, слово «борьба» означает не истребление себе подобных, а только самооборону,—победу жизни над враждебными силами мертвой природы. И человек, казалось, мог бы смело подражать этой борьбе. Если бы свои силы, затрачиваемые во взаимной борьбе, глухой или открытой, он дружно сосредоточил на бескровной борьбе с природой, если бы хоть часть труда и знания, которые он растратил на изобретение орудий истребления—хотя бы на изобретение пороха, бездымного и дымного, которое, по какой-то злой иронии, избрал символом своей изобретательности и ума,—он обратил на изучение и подчинение себе природы, то, конечно, бедствия, подобные засухам и голоду, уже давно стали бы достоянием истории ¹⁾.

¹⁾ Сказано в 1891 г. Замечу, как давно люди науки угадывали будущее и предостерегали от тех ужасов, с которыми человечество борется безуспешно вот уже пятый год. (Примеч. 1919 г.).

VI.

Источники азота растений.

Мало найдется примеров, где бы так ясно определилась взаимная роль теории и практики, как в тех исследованиях, в которых научный вопрос о происхождении азота растения неразрывно сплелся с чисто практическим вопросом о пользе возделывания клевера и вообще бобовых растений.

Факт совершенно исключительной пользы, извлекаемой из возделывания этих растений, не мог ускользнуть от наблюдения земледельцев, но только длинный ряд строго научных исследований мог дать ему истинное толкование и тем осветить дальнейший путь практики; стоит припомнить множество более или менее неудачных догадок, предлагавшихся агрономами, пока путем точного опыта не выяснилось с полной очевидностью, что при помощи этих растений мы пользуемся даровым удобрением — воздухом. Нетрудно было также додуматься до того, что навоз можно заменить зеленым удобрением, но только строго научное изучение могло объяснить, на каких именно растениях для этой цели должен остановиться наш выбор.

Как часто, и с самых разнообразных сторон, приходится слышать авторитетно высказываемое заявление, что наука в своем поступательном движении должна руководиться исключительно пользой, которой может ожидать от нее человек, и между тем подобное воззрение свидетельствует только о совершенном незнакомстве с тем путем, по которому наука действительно движется вперед.

Наука не может двигаться по заказу в том или другом направлении; она изучает только то, что в данный момент созрело, для чего выработались методы исследования. Никакие потребности, как бы они ни были настоятельны, никакие поощрения, как бы они ни были соблазнительны, не вызовут скачков строго логически развивающейся научной мысли,—я разумею мысли творческой, раскрывающей новые горизонты. Наука во времена Тэера была бессильна разрешить занимающий нас вопрос. Для этого Буссенго должен был основать химическую статику органических существ; для этого Пастёр должен был основать современную микробиологию. В каком положении находился бы и теперь этот вопрос, если бы Буссенго возражали, зачем он изучает действие на растение селитры, когда свои поля мы удобряем навозом, или Пастёру—к чему тратит он время на изучение явления самозарождения организмов, не имеющего никакого отношения к вопросам практической жизни? И, однако, результатом этих исследований, казалось, стоявших далеко или совсем в стороне от запросов жизни, явились бесконечные приложения. в том числе и то, изучению которого посвящены следующие строки. Наука всегда идет *своим* путем, таровато рассыпая по сторонам бесчисленные драгоценные приложения, и только крайняя близорукость может ловить приложения, не замечая, откуда они сыплются ¹⁾.

¹⁾ Предлагаемый очерк представляет содержание публичной лекции, читанной в Москве 17 декабря 1890 года и появившейся отдельным изданием в 1893 г.

СОДЕРЖАНИЕ.

I.

Значение возделывания клевера. Существуют ли растения, обогащающие почву? Питание растения на счет воздуха. Питательные вещества с обеспеченным и необеспеченным круговоротом.

Значение Буссенго для научного земледелия. Его объяснение роли бобовых растений в плодосмене. Отношение к азотистым удобрениям злаков и бобовых растений.

Метод искусственных культур. Опыты Буссенго над усвоением свободного азота растением. Характеристика Буссенго и Жоржа Вилля. Опыты Лооза и Гильберта. Противоречие между опытами в лаборатории и в поле. Неудачные попытки их примирения.

II.

Деятельность Гельригеля. Его рабочая гипотеза. Роль микро-организмов. Подтверждение гипотезы. Желвачки на корнях бобовых растений. Доказательство их связи с усвоением азота. Другие исследования, подтвердившие теорию Гельригеля.

Объяснение происхождения желвачков, данное Ворониным. Возражение берлинских ботаников и его опровержение. Исследования Пражмовского. Изучение бактерий, вызывающих появление желвачков. Доказательство, что именно они определяют усвоение азота. Существуют ли различные бактерии, свойственные различным бобовым растениям? Удобрение почвы бактериями.

Своеобразие отношений между бактерией и заражаемым ею растением. Не паразитизм и не симбиоз. Вероятная причина клеверного утомления. Незнание относительно того, где и как усваивается азот.

Заключение. Относительная роль различных ученых в этом открытии. Нуждается ли земледелие в науке?

I.

Ровно сто лет тому назад в Германии еще царствовали два монарха, оставившие по себе в истории совершенно противоположную славу. Один видел успех своих начинаний и сошел со сцены, сопровождаемый восторженным удивлением современников и потомства, этим неизменным спутником удачи. Другой еще при жизни вынес горькое сознание, что все его благие намерения потерпели крушение, встретив отпор, главным образом, в своекорыстии правящих классов, и сошел в могилу, оставив по себе память коронованного неудачника. Я разумею Фридриха II и Иосифа II. Но преследовавшие последнего в течение всей его жизни неудачи не помешали, конечно, беспристрастной истории видеть в нем одного из просвещеннейших и передовых представителей своего века, как не помешали воспоминанию о нем сохраниться в благодарной памяти австрийского поселянина, освобожденного им от крепостной зависимости. Если всякому знакомо изображение Фридриха II на коне, оруженного сонмом полководцев, то и теперь еще, в глухих уголках Австрии, можно встретить популярную гравюру, изображающую Иосифа II, пашущего плугом.

Постоянная забота Иосифа II о насущных потребностях самого многочисленного класса его подданных выразилась между прочим, в одном его действии, конечно, не встретившем большого сочувствия в рядах его врагов — спесивых австрийских аристократов. В 1784 году он возвел в дворянское достоинство Иоганна Христиана-Шубарта. Поводом к тому были не какие-нибудь выдающиеся подвиги на поле брани, не блестящая деятельность на поприще дипломатии или администрации, — нет, вся заслуга Шубарта заключалась

только в том, что он деятельно, печатным словом и примером, пропагандировал возделывание клевера и тем, по словам историка земледелия, «положил краеугольный камень благосостоянию немецкого поселянина». Так как немецкий дворянин должен быть непременно *von*, то Иосиф II дал Шубарту титул *von Kleefeld* (клеверного поля), а в герб пожаловал ему клеверный лист.

Сто лет прошло с тех пор, как значение культуры клевера было так торжественно признано; эта культура проникла всюду, куда только достигли здравые сельскохозяйственные понятия; и едва ли в истории найдется много открытий, которые были бы таким благодеянием для человечества, как это включение клевера и вообще бобовых растений в севооборот, так поразительно увеличившее производительность труда земледельца. Но если польза, получаемая от культуры клевера, была так очевидна, что она встречала восторженных сторонников почти в каждом, кто решался ее испробовать, то потребовалось целое столетие научных исследований для того, чтобы выяснить причину этого факта. Почти через сто лет после Шубарта, в 1886 году, на съезде немецких натуралистов в Берлине, Гельригель сделал сообщение о своем блестящем открытии, разрешавшем вековую загадку, бросившем, наконец, яркий свет на роль бобовых растений в экономии природы, а следовательно, и в практике сельского хозяина. Разъяснение этого явления имеет не только несомненное значение для сельского хозяина, но в то же время представляется одним из интереснейших приобретений физиологии растений и с этой двоякой точки зрения, конечно, вполне заслуживает внимания всякого образованного человека.

Понятно, что здесь было бы неуместно вдаваться в подробности, и потому мы остановимся только на выдающихся моментах развития и на центральном интересе занимающего нас вопроса.

Вводя бобовые растения в круг своих культур, сельский хозяин в значительных размерах увеличивает производительность земли, т.-е. с той же площади собирает более органического вещества, чем при исключительной культуре.

напр., злаков. Но можно было бы подумать, что при помощи этих более интенсивных культур мы только вымогаем лишнее у почвы, расходуем заключенный в ней капитал питательных веществ, живем на счет завтрашнего дня, т.-е. попросту, запускаем руку в карманы будущих поколений. Оказывается, что нет. Оказывается, что разумною культурой бобовых растений мы не истощаем, но, наоборот, улучшаем почву, так что после этих культур, нас более обогащающих, сдадим почву грядущим поколениям не в ухудшенном, а в улучшенном положении. У сельских хозяев, на основании векового опыта, сложилось убеждение, что бобовые растения обогащают почву. Ученые неоднократно объявляли это воззрение ересью, но сельские хозяева стояли на своем, и оказалось, что правда, разумеется, в известном ограниченном смысле, была на их стороне.

Обогащающая почву культура... С первого раза это положение представляется парадоксом, пожалуй, даже абсурдом,—расходы еще никого не обогащали. А между тем, удаляя с поля массу растительного вещества, мы, конечно, расходуем часть веществ, заимствованных из почвы,—следовательно, в строгом смысле слова, всякая культура, очевидно, должна истощать почву. Но не может ли земледelec, истощая почву в одном направлении, обогащать ее в другом? Каким же образом возможно, в буквальном смысле, обогащать почву, увеличивать в ней запас питательных веществ, не делая соответственных затрат, не приобретая соответственных ценностей (в форме удобрения) на стороне? Существует предмет, не имеющий цены, — предмет, на который еще не предвьявлялось права собственности; это—воздух. Можно сказать, что производительность труда земледельца, главным образом, зависит от того, что своим трудом из неимеющего цены воздуха, при участии даровой силы—солнечного луча, — он созидает ценность, те бесконечно разнообразные органические вещества, которые удовлетворяют многочисленным потребностям человека. Ясно, что и землю обогащать в буквальном смысле можно только на счет воздуха.

Все это так очевидно, что, кажется, не нуждается в доказательстве, и, однако, мы увидим, каким длинным путем

должна была пройти наука для того, чтобы доставить этому выводу полную достоверность.

Химический анализ учит нас, что в состав растения входят четыре элемента, которые образуют его сгорающее вещество: это — углерод, водород, кислород и азот и еще несколько элементов, которые при сгорании образуют золу. Из каких источников и в какой мере обеспечена растению доставка этих элементов, — вот исходный, коренной вопрос, который прежде всего должен разрешить сельский хозяин.

Одни из этих элементов лежат неподвижно в почве: это — элементы золы. Раз извлеченные из почвы, они сами не вернутся обратно, — их может вернуть только та же сила, которая их извлекла оттуда, т. е. человек. Отсюда зола, извлеченная любым растением, — злаком ли или бобовым, — есть затронутый капитал почвы, который должен быть возмещен так или иначе, если мы желаем сдать землю потомкам такую, какую получили ее от предков. Это знаменитый «закон возврата», провозглашенный Либихом и представляющий, как бы ни пытались ограничить его значение, одно из величайших приобретений науки.

Представителем другой категории питательных веществ служит углерод. Будучи собран с известной площади земли, он сам возвращается к ней в форме атмосферной углекислоты, из которой растения черпают его своими листьями. Благодаря способности углерода органического вещества в каждом процессе горения, дыхания, тления принимать подвижную, газообразную форму углекислоты и, таким образом, возвращаться в атмосферу, устанавливается круговорот этого вещества, и растение всегда им обеспечено. В этом, как мы сказали, выражается одна из особенностей земледельческого производства: главный свой материал — углерод — земледелец даром и без хлопот получает обратно.

Таким образом в числе питательных веществ, в которых нуждается растение, есть элементы, которые по своей неподвижности вовсе не представляют круговорота, и такие, круговорот которых обеспечен природой. Но между этими двумя помещается еще третья категория: это — вещества хотя и подвижны, но с круговоротом несовершенным; относительно

этих веществ только опыт, в каждом данном случае, может решить, насколько растение ими обеспечено.

Такова в известном смысле, например, вода. Ее круговорот всякому знаком. Но сельские хозяева слишком хорошо знают, как он мало обеспечен. Испарившаяся или сбежавшая вода рано или поздно возвращается в виде дождя и проч., но мы знаем, что этот механизм возврата действует не так безукоризненно и верно, как механизм возврата углекислоты. Метеорологи могут утешать нас своими годовыми средними, но земледелец знает, что важно доставить растению эту воду именно там и тогда, когда оно в ней нуждается.

В сходном положении находится растительность по отношению к азоту. На этот раз она имеет дело с элементом хотя отчасти подвижным, но представляющим круговорот необеспеченный, т. е. далеко не всякое растение и не всегда снабжено в окружающей его среде достаточно обильными источниками азота.

Здесь, следовательно, задача земледелия усложняется: вместо простого качественного разрешения вопроса, как по отношению к снабжению растения золой или углеродом, мы имеем перед собой количественную задачу.

Весьма естественно, что почти одновременно с возникновением научной агрономии возник и вопрос, не объясняется ли исключительная роль бобовых растений в культуре тем, что они находятся в каких-нибудь особенно благоприятных условиях по отношению к источникам азота. Не в состоянии ли они легче других растений добывать свой азот? Но если легко было поставить вопрос, то для получения основанного на точном опыте ответа потребовалась такая масса научного труда, которую в настоящее время, когда самые способы исследования стали так доступны и широко распространены, мы едва ли можем вполне оценить.

Этот труд предпринял и осуществил один человек. В конце тридцатых годов Буссенго задался для того времени колоссальной задачей — изучить вопрос о значении различных севооборотов с химическими весами в руках, т. е. для сложного химического процесса, происходящего в поле, в течение целого ряда лет составить такое же уравнение, каким

химик выражает реакцию, вызываемую в его реторте или колбе. В своей «Economie rurale», положившей основание строго-научной экспериментальной агрономии, Буссенго сознается, что на первых порах сам отшатнулся перед громадностью задуманного труда. Точно определить количество сухого вещества в зерне, соломе, сене, корневых остатках и проч., целого ряда разнообразных культур, взвесить количество сухого вещества, вывозимого в поле в виде навоза, сделать длинный ряд точных элементарных анализов всех этих разнообразных продуктов и удобрений, для того, чтобы получить возможность с полною уверенностью сказать, что за такие-то четыре, пять лет в это поле поступило столько-то и удалено с него столько-то килограммов углерода, водорода, азота и проч., это был научный подвиг, до той поры невиданный, и потому совершенно справедливо мнение Дюма, что Буссенго явился в области агрономии тем, чем был для химии Лавуазье ¹⁾.

В результате этого исследования получился вывод, что за период полного севооборота собирается в урожаях и проч. более органического вещества и в частности более азота, чем сколько доставлено было в форме удобрения. Этот избыток выступает особенно резко при введении в севооборот бобовых растений, клевера, люцерны и др.

Значит, при культуре бобовых мы получаем значительный избыток азота в сравнении с тем, который находится в удобрении. Этот избыток может происходить или из почвы, или из воздуха. Но если б он происходил из почвы, то эти культуры только успешнее истощали бы ее, — в чем же заключалась бы их польза? Остается заключить, что этот избыток азота бобовые растения берут из воздуха. Такова точка зрения Буссенго в его классическом произведении «Economie rurale», вышедшем в 1842 году; но основной вывод из опытов был формулирован им еще ранее, в 1838 году, — следовательно, за два года до выхода в свет знаменитой книги Либиха. Это

¹⁾ Интересующимся земледелием и физиологией растения, вероятно, любопытно познакомиться с чертами лица, несомненно, самого выдающегося деятеля в этой области (см. заголовок очерка Ж. К. Буссенго).

следует помнить тем, кто пытается в настоящее время, в виду новых открытий, умалить значение деятельности Буссенго. Для полной оценки значения этого взгляда Буссенго стоит сравнить его с воззрениями его предшественника Тэера, от которого сельские хозяева любят вести начало рационального земледелия. По учению Тэера, как известно, истощение почвы измерялось количеством органического вещества в урожае, и с этой точки зрения бобовые должны были, конечно, оказаться наиболее истощающими почву. Следовательно, ложные в основе представления Тэера о питании растений не могли дать объяснения для значения бобовых растений в плодосмене. Не менее выигрывает воззрение Буссенго и при сравнении с позднейшими воззрениями Либиха. Стоит сравнить главы о плодосмене у того и у другого. Увлеченный одно-сторонностью своей минеральной теории, Либих по отношению к азоту, стал, как известно, на совершенно неверную точку зрения, считая на основании неточных данных, что растение с избытком снабжается азотом в форме атмосферного аммиака. Буссенго показал, как поспешен этот вывод и каким сложным оказался в действительности этот вопрос об источниках азота. Вообще можно сказать, что Тэер хотя и сознавал значение для земледелия научных основ, но, не обладая ими сам, не мог самостоятельно применить их к сложным вопросам земледелия; Либих, наоборот, не обладал непосредственным знакомством с фактами земледелия и в своей деятельности шел почти исключительно дедуктивным путем, не проверяя достаточно своих дедукций прямым опытом ¹⁾. Один Буссенго совмещал агрономические знания Тэера с научными знаниями Либиха; у него одного опыта в поле и в лаборатории служили взаимною проверкой, при чем для новых задач науки он сам находил новые пути, новые методы исследования. Но для того, чтобы вывод, сделанный Буссенго более чем полвека тому назад, получил строгое экспериментальное оправдание, наука должна была пройти еще длинный, утомительный путь, полный загадочных противоречий.

¹⁾ Стоит, например, припомнить ту роль, какую играла в минеральной теории Либиха кремневая кислота, между тем как ни один опыт не оправдывал придаваемого ей значения.

Прежде чем ознакомиться с строго научным способом разрешения вопроса, приведем несколько позднейших и еще более убедительных данных, полученных, по примеру Буссенго, известными английскими исследователями Лоозом и Гильбертом ¹⁾. Эти результаты в особенно простой и поразительной форме обнаруживают громадное влияние культуры бобовых растений на увеличение производительности земли, несомненно, указывая в то же время, что их роль находится в связи с особенностями их питания на счет азота.

На одном полевом участке производилась культура пшеницы, без всякого удобрения, последовательно в течение десяти лет. Другой, совершенно сходный участок находился под пшеницей только в течение пяти лет, чередовавшихся с пятью годами пара. Наконец, на третьем подобном же участке в течение пяти лет сеялась пшеница, а в промежуточные пять лет—бобы. Оказалось, что в десяти урожаях пшеницы первого участка и в пяти урожаях последних двух участков содержались следующие количества азота:

	Получено азота (с акра).
В 10 (последовательных) урожаях пшеницы.	234 ф.
В 5 (чередовавшихся с паром) урожаях пшеницы	219 ф.
В 5 (чередовавшихся с 5 урожаями бобов) урожаях пшеницы	от 225 до 244 ²⁾ .

Таким образом, пять урожаев пшеницы, чередующихся с пятью годами пара, дают такое же количество азота, как и десять последовательных урожаев, что, пожалуй, до известной степени понятно. Но невольно поражает факт, что пять урожаев пшеницы после бобов содержат столько же и даже более азота, чем пять урожаев после пара ³⁾. Едва ли какие цифры более красноречиво поясняют удивительное увеличе-

¹⁾ Последнего русские авторы обыкновенно столь же упорно, как и неправильно, называют Джильбертом.

²⁾ Этот опыт был произведен вдвойне.

³⁾ Позднее Лооз и Гильберт приводили пример, в котором 16 снятых под ряд урожаев пшеницы содержали столько же азота, сколько 8, чередовавшихся с 8 урожаями бобов.

ние производительности земли при включении в культуру бобовых растений. Все количество органического вещества, добытое в пяти урожаях бобовых растений, является прямою прибылью, так как чередующиеся с ними урожаи злаков даже превышают урожаи, снимаемые после пара.

Прибавим к этому, что урожаи бобовых заключают значительно более азота, чем урожаи злаков ¹⁾.

Это еще мало. Бобовые растения, содержащие более азота, менее отзываются на азотистое удобрение, чем злаки. Удобрим селитрой или сернокислым аммиаком под злаки и получим поразительный, бросающийся в глаза результат ²⁾. Удобрим теми же веществами поле под бобовые растения, — и обыкновенно не получится почти никакого результата.

Значит, бобовые растения как будто не нуждаются в почвенном азоте. Естественнее всего предположить, что они черпают свой азот из воздуха, — вывод этот сам собой напрашивается, — и однако до 1886 года мы не имели права его сделать. Что же служило препятствием? Точно обставленные научные опыты. Для того, чтобы разъяснить себе этот пара-

1) В среднем выводе, Лооз и Гильберт считали на 24 фунта азота в урожае пшеницы — 47 фунтов в урожае бобов.

2) Мне случилось видеть эти результаты, между прочим, в самом Ротгамстеде. Участки, засеянные злаками и удобренные аммиачною солью, издали отличались ростом и густым зеленым цветом растений, так что, когда Гильберт обратил мое внимание на их особенности, я мог без ошибки указать на другие участки, получавшие то же удобрение. Впрочем, сельским хозяевам не мешает иметь в виду и тот случайный вред, который может наносить это удобрение. Производя в 1867 году опыты, по поручению Вольного экономического общества, в Симбирской губернии, я был поражен теми отрицательными результатами, которые дало удобрение аммиачною солью: участки, получившие ее, были покрыты чахлою, очевидно, болезненною растительностью. В то время я не мог найти в литературе объяснения для этого факта, но когда, через несколько лет, упомянул о нем в разговоре с Буссенго, он меня перебил словами, что, вероятно, в тот год было мало дождя, — и действительно, лето 1867 года отличалось сильною засухой. Следовательно, аммиачная соль, в обыкновенно употребляемых количествах, дающих превосходные результаты, в случае засухи может оказать прямой вред (1891). Этот вопрос превосходно разъяснен Д. Н. Прянишниковым именно в том смысле, как предполагал Буссенго, — именно вредным действием серной кислоты.

докс, посмотрим, как же производятся эти опыты. Как разрешается строго научным образом вопрос, откуда получает растение свою пищу и в частности свой азот?

Для того, чтобы решить вопрос, чем питается растение и откуда берет оно эту пищу, существует один только путь — точного физиологического опыта. Для этого мы должны воспитывать растение в строго определенных, легко учитываемых условиях. Так называемый опыт, а в действительности только очень несовершенное наблюдение в поле, по большей части не удовлетворяет этому требованию. Окружающая растение среда и внешние влияния представляют такое сложное сплетение условий, что исключают возможность верного индуктивного заключения — нахождения действительной причины наблюдаемого явления или действительных последствий изучаемой причины. Отсюда явилась в науке необходимость изучать жизненные явления в более простой, искусственной (но возможно близкой к природе) обстановке, все составные факторы которой лежали бы в нашей власти и могли бы по произволу быть изменяемы или вовсе устраняемы. Инициатором этого метода исследования должно также считать Буссенго; он первый воспитывал растения, в течение целой их жизни, в искусственно приготовленных почвах, состав которых был ему вполне известен, и в целях разрешения определенно поставленных вопросов. Этот метод он применял к разрешению занимающего нас вопроса еще в начале тридцатых годов, и можно сказать, что многие современные исследования, обнаруживающие притязания на новизну и оригинальность, представляют только повторение прежних работ Буссенго.

Укажем в кратких чертах, в чем заключаются основные приемы этих искусственных культур, и затем перейдем к изучению их роли в разрешении изучаемого вопроса.

Так как в почве питательные вещества находятся в сравнительно незначительных количествах, то понятно, что главная масса ее составных начал относится к питанию почти безучастно, т.-е. служит только твердой основой или остовом, — таковы: песок, глина и проч. Питательные вещества почвы, выделенные из нее, также не могут непосредственно

служить для питания, — такая пища была бы слишком концентрирована. В золе, например, нельзя выращивать растений. Отсюда другая роль веществ, образующих остов почвы: они разжижают, разбавляют собственно питательные вещества. Из этих двух положений вытекает основной прием искусственных культур. Необходимо прежде всего получить среду абсолютно бесплодную и в нее вносить желаемые питательные вещества в достаточно разбавленном состоянии. Такою, безучастною в питании, средой может служить песок или перегнанная вода ¹⁾; отсюда два типа искусственных культур — песчаная и водная. В этот песок или воду вносят в надлежащем количестве все необходимые питательные вещества. Так как относительно углерода, водорода и кислорода, несомненно, известно, что они получаются из воздуха и воды, то исследователю остается только озаботиться об элементах золы и об азоте. Первые так и берут, в виде золы исследуемого растения (или навоза) или еще лучше в виде смеси химически-чистых солей, представляющей состав золы. Остается азот. Только длинный ряд опытов мог ответить на вопрос, в какой форме и каким путем, т.-е. чрез корни или чрез листья, поступает он в растение, так как в естественном состоянии и почва и атмосфера могут одинаково служить источниками этого важного в экономии растения элемента.

В почве он находится в трех формах: в виде сложных органических веществ, в виде аммиачной соли и в виде селитры, т.-е. соли азотной кислоты. В воздухе находятся следы аммиачных солей и азотной кислоты, и, наконец, 79^{0/0} его состоят из свободного газообразного азота.

Таковы разнообразные источники, которые природа предлагает растению, — спрашивается, какие из них ему, действительно, доступны? Понятно, что для земледелия важнее всего узнать, черпает ли растение свой азот из неистощимого источника, каким представляется свободный азот атмосферы, или из гораздо более скудных источников—

¹⁾ Вместо песку иногда берут, по примеру Буссенго, пемзу. Материал этот удобен тем, что его можно употреблять в различных состояниях измельчения, ближе подражая естественным почвам.

аммиачных и азотнокислых соединений в почве и атмосфере и органического вещества почвы.

На разрешение этого вопроса и было направлено все внимание исследователей.

Самые очевидные результаты получены по отношению к азотной кислоте, т.е. к селитре. В бесчисленных опытах удалось получить совершенно нормальные растения, воспитывая их в прокаленном песке или в воде, не содержавших других источников азота, кроме селитры. Селитра стала даже обычной формой азота, в которой этот элемент доставляется растению при искусственных культурах ¹⁾. Аммиачные соли в общей сложности дают результаты менее благоприятные, и остается еще не вполне доказанным, не превращаются ли они предварительно в селитру ²⁾. Несравненно менее действия оказывают содержащиеся в почве сложные органические соединения азота. Весьма остроумными опытами Буссенго показал, что почвы, содержащие только этот источник азота, фактически почти бесплодны. Значит, находящаяся именно в этой форме большая часть азота почвы прямо непригодна для питания; она представляет запасный капитал, расходуемый по мере превращения этих сложных соединений в аммиачные соли и, наконец, в селитру. Следовательно, лучшим, вполне удовлетворяющим потребностям растения почвенным источником азота мы должны считать селитру: доставляя ее в достаточном количестве, мы на любой искусственной почве можем получить нормальные урожаи. Это положение было в первый раз блистательно доказано исследованиями Буссенго при помощи песчаной культуры и позднее подтверждено Кнопом на водной культуре.

¹⁾ Фиг. 1 изображает результаты опытов Буссенго. Большие растения (вида подсолнечника, близкого к обыкновенному) выращены на счет азота селитры. Рядом, для сравнения, помещен лист нормального растения. Растеньица в горшке выращены без селитры. Хотя они и двели (цветки были величиною в 3 миллиметра), но это, очевидно, карлики или, как Буссенго предложил их назвать, предельные растения—*plantes linites*.

²⁾ Впрочем, последние опыты Мюнца, повидимому, доказывают возможность питания растения аммиачными солями и без предварительного превращения в селитру (1891). Позднейшие опыты Д. Н. Прянишникова еще более подтверждают этот вывод (1919).

Для обеспечения полного успеха подобных искусственных культур, на которых основано все учение о питании растения, а следовательно и, рациональное земледелие, необходимо, чтобы воспитываемые растения оставались все время под открытым небом, при нормальных условиях освещения и пр. Но так как подвергать их в течение опыта

всем случайностям ненастья, бурь, ветра и т. д. было бы непрактично,—в несколько минут можно было бы потерять труды целых месяцев,—то опыты эти производятся в особых, специально для того приспособленных теплицах. Существенная черта этих теплиц заключается в том, что сосуды, в которых воспитываются растения (горшки с песком или банки с раствором, обыкновенно очень многочисленные), помещаются на столах, снабженных колесиками. Столы эти по рельсам легко выкатываются на открытый воздух и только ночью или в ненастье возвращаются под защиту своей стеклянной крыши. Первая образцовая теплица этого типа была построена в Таранде, для профессора Ноббе, в 1897 году. Возвратившись в 1870 году из-за границы, я обратился к бывшему в то время министром государственных имуществ А. А. Зеленому с просьбой о постройке подобной же теплицы в Петровской академии. Если не ошибаюсь, теплица эта и до сих пор единственная в России. Приложенный рисунок изображает эту теплицу и общую обстановку подобных опытов.



Фиг. 27.

В последние годы учебные заведения, находящиеся в городах (как, наприм, берлинская *Landwirtschaftliche Hoch-*

schule), устраивают эти безусловно необходимые для растительно-физиологических работ помещения на крышах своих зданий. Подобною теплицей, но более обширною, чем берлинская, обладает с настоящего года и Московский университет.

Полный успех при питании растения селитрой еще не исключает возможности, что при естественных условиях растение черпает весь свой азот, или хотя часть его, из воздуха, и в этом заключается самый узел вопроса.

Еще в 1838 году,—следовательно одновременно с изучением химической статики плодосменной системы,—Буссенго предпринял и прямые опыты для разрешения вопроса, усваивают ли непосредственно растения свободный азот воздуха. На первый раз опыт был произведен таким образом. В горшках, содержавших прокаленный песок или глину (прокаливание необходимо для того, чтобы получить уверенность, что в песке не сохранилось никаких соединений азота), выращивались пшеница и горох. Растения развивались, хотя ненормально ¹⁾. Для разрешения вопроса, сопровождалось ли развитие усвоением азота, Буссенго здесь, как и во всех последующих опытах, употреблял такой прием. Опыт показал, что по возможности однородные семена того же вида растения представляют постоянный элементарный состав. Этого, конечно, могло и не быть, но благодаря этому драгоценному для физиолога и тщательно проверенному свойству семян, мы, на основании химического исследования взятых для анализа семян, можем знать состав семян, послуживших для опыта. Таким образом, зная, сколько было азота в семени и произведя по окончании опыта анализ развившегося растения, узнают, обнаружилась ли прибыль этого элемента.

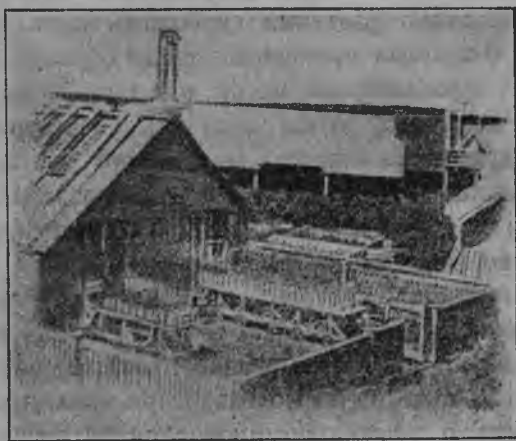
Опыт показал, что пшеница не усвоила азота, а горох усвоил, если и не в значительном, то, во всяком случае, в заметном количестве.

В начале пятидесятых годов Буссенго повторил эти опыты в более совершенной форме: растения получили, в качестве почвы, прокаленную пемзу и золу и были покрыты

¹⁾ Это объясняется, между прочим, и тем, что в этих самых старых опытах растениям не было доставлено необходимой золы

стеклянными клетками, под которые были подложены брусочки, так что воздух имел свободный доступ к растениям. Стеклоклетки были необходимы для того, чтобы в горшки не попадала дождевая вода, которая всегда содержит аммиак и азотную кислоту. Результат опытов был тот, что растения, хотя в очень малых количествах, усвоили азот, при чем бобовые оказались в более благоприятных условиях, — в общей сложности они усвоили втрое более азота, чем злаки.

Наконец еще, позднее, в конце пятидесятих годов, Буссенго произвел, хотя с иною целью, ряд опытов, в кото-



Фиг. 28.

рых брал, как всегда, прокаленный песок и золу, но с примесью небольших количеств *высушенной* огородной земли с определенным содержанием азота. Во всех этих опытах, за одним исключением, можно было обнаружить небольшую прибыль азота, наиболее заметную, когда культивировались бобовые, ничтожную, когда культивировался маис. Поверочный опыт в песке с золой (следовательно, без примеси огородной почвы) обнаружил прибыль азота, когда культивировалась фасоль, и убыль, когда культивировался маис. На основании всех этих опытов Буссенго пришел к заключению, что растения (а также и почва) заимствуют часть своего азота

из атмосферы, но высказывает этот вывод с крайнею осторожностью ¹⁾.

Но в этих опытах оставалось невыясненным одно обстоятельство, и притом самое существенное. За исключением нескольких случаев в последнем ряде, растения находились в сообщении с воздухом ²⁾. Если они и поглощали азот, то оставалось невыясненным, из какого источника брался этот азот, — из неисчерпаемого источника свободного азота, или из скудно рассеянных в атмосфере аммиака и азотной кислоты. Вычисления показывают, что всего количества этих соединений, доставляемых почве дождем, недостало бы (в круглых цифрах) на покрытие одной десятой потребностей наших обыкновенных культурных растений ³⁾. Следовательно, если бы приведенные только что опыты Буссенго объяснились усвоением азота из его соединений, доставляемых атмосферой, они не объяснили бы результатов приведенных выше опытов в поле. Напротив, объяснение было бы очень просто, если б оказалось, что бобовые растения способны пользоваться азотом. Отсюда понятно то внимание, которое Буссенго сосредоточил на этом последнем вопросе.

Вопрос этот: усваивает ли растение свободный азот атмосферы, был, можно сказать, злобой дня для ботаников и агрономов-химиков в пятидесятых и начале шестидесятых годов.

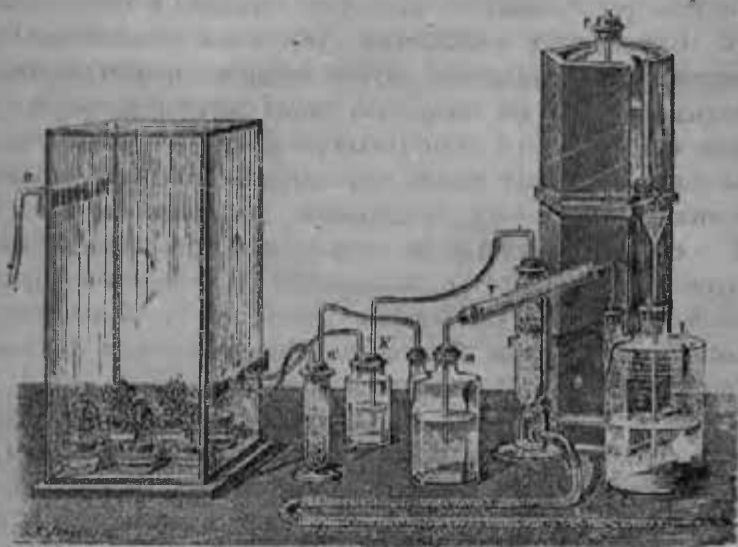
При помощи опытов, представляющих и до сих пор классический образец такого рода исследований как по тщательности выполнения всех подробностей, так и по определенности постановки вопроса и полученных результатов, Буссенго разрешил этот вопрос в отрицательном смысле. Ни одно из исследованных растений не оказалось способным усваивать азот. Опыты были произведены так: семя, с известным содержанием азота, помещалось в искусственную почву из песка

¹⁾ Эти последние опыты Буссенго весьма схожи с опытами Берто, Франка, Акустера и др., произведенными уже в восьмидесятых годах.

²⁾ О тех случаях, когда растения находились в закрытых сосудах, нам придется еще упомянуть в дальнейшем изложении.

³⁾ Сколько может их поглощать почва прямо из воздуха, до настоящего времени, к сожалению, не выяснено; по крайней мере, Шлезинг и Берто приводят совершенно несогласные между собой цифры.

или пемзы, как всегда, прокаленных и с примесью золы. Поливка производилась тщательно дистиллированной водой не содержащей следов аммиака. Для устранения источников, связанного азота, растения в течение всего опыта находились в закрытых больших стеклянных баллонах, воздух которых (обогащенный углекислотой) не возобновлялся, или же в стеклянных приборах, также тщательно закрытых и полу-



Фиг. 29.

чавших приток воздуха, обогащенного углекислотой, но лишенного содержащегося в нем аммиака (фиг 3). Фиг. 4 дает общее понятие о постановке такого опыта. Растениям, находящимся в клетке, доставляется (путем h—d) воздух, лишенный аммиака и (путем L—c) необходимая для питания углекислота. Не вдаюсь в дальнейшие технические подробности, так как без знания химии они были бы непонятны, а для обладающих этими знаниями—излишни. Таким образом, растение было снабжено всеми необходимыми питательными веществами, в качестве же азотистой пищи получало только

свободный азот атмосферы. Результат был неизменно отрицательный,—растения получались чахлые, хилые; если они достигали цветения и даже плодоношения, то всегда представляли карликовые формы—предельные растения, *plantes limites*, как их называл Буссенго. Увеличение органической массы было ничтожно, усвоения азота вовсе не оказывалось. Тщательный анализ показывал в продукте: в растении, корневых остатках, почве, измельченном горшке и пр. то же количество азота или даже менее его, чем было в семени. Буссенго было сделано возражение, что его растения не могли развиваться потому, что находились в неестественной, спертой атмосфере. Для устранения этого возражения он повторил свои опыты в той же самой обстановке, с тем только различием, что вносил в свою искусственную почву; сверх золы, еще известное количество селитры и получил вполне благоприятное развитие растений. Значит, отрицательный результат должен быть всецело приписан отсутствию азота в усвояемой форме, свободный же азот, находившийся постоянно в избытке, не может быть признан пригодным для питания растений.

Этот вывод Буссенго скоро был подвергнут сомнению. Противником его выступил Жорж Виль. Трудно было бы найти контраст более резкий, чем между этими двумя исследователями, имена которых встречаются обыкновенно рядом в истории занимающего нас вопроса. Точный и неутомимый экспериментатор-скептик, обнимавший вопрос со всех его сторон, постоянно изобретавший новые пути исследования, строго и беспристрастно взвешивавший степень убедительности своих результатов, Буссенго был идеалом ученого в этой едва початой области, можно сказать, им же созданной молодой науки. Самоуверенный, хвастливый, падкий на рекламу и бесцеремонно смешивавший свой более чем скромный научный багаж с приобретениями своих предшественников Буссенго и Либиха, Жорж Виль выдвинулся вперед исключительно благодаря поддержке Наполеона III. Блестящая обстановка, которую доставлял ему его могущественный патрон, играла немалую роль в том значении, которое приписывалось его работам и далеко не соответствовало их внутреннему содер-

жанию ¹⁾). Наполеон III, как известно, любил изображать из себя покровителя земледелия; но так как это покровительство, на первых же порах, выразилось в закрытии Версальского агрономического института и так как отношение Буссенго к декабрьскому перевороту было ему известно, то он с удовольствием поспешил выставить Буссенго соперника в Жорже Виле. Такими-то, чуждыми науке, соображениями объясняется та роль, которую играл Виль в пятидесятых и шестидесятых годах,— правда, более за пределами научных кругов.

На основании своих опытов Виль пришел к выводу, что все исследованные им растения усваивали свободный азот атмосферы и в значительных количествах.

Это резкое фактическое разногласие по вопросу такой капитальной важности,—по вопросу, от правильного разрешения которого зависело не только понимание одной из главных сторон учения о питании растения, но и верная оценка одного из важнейших факторов рационального земледелия,—побудило Парижскую академию избрать в 1854 году комиссию для оценки достоверности фактов, предъявляемых Вилем.

История деятельности этой комиссии поучительна как пример бесплодности подобного официального контроля научных истин и бесполезности коллективного труда в такой деятельности, где ничто не может заменить личной энергии и той преданности свободно избранному и излюбленному делу, которая одна может одушевить исследователя, с удовольствием переносящего тяжелые стороны труда, для постороннего являющиеся непосильным бременем ²⁾).

¹⁾ Так, например, Севрская мануфактура поставляла ему цветочные оршки, и я очень хорошо помню, как однажды на лекции в *jardin des plantes* он пояснял, что в иных даже и неудобно работать. Вообще, стоило только послушать гасконады Вили хотя бы на его пр. словутых *Conférences* на Венсенском опытном поле, чтобы составить себе ясное о нем представление.

²⁾ Большую часть своих, уже по одному количеству труда, капитальных исследований Буссенго производил обыкновенно без посторонней помощи, в свободное от официальных занятий вакационное время, в той небольшой лаборатории, которую он себе устроил в своем Эльзасском имении Бехельбронн.

В состав комиссии вошли почти все химические знаменитости, заседавшие в то время в академии: Шеврёль, Дюма, Реньо, Пайен, Пелиго и ботаник Декен. Под их наблюдением, в *jardin des plantes*, Виль повторил свои опыты. Результат был согласен с его утверждением: из четырех растений кресса три обнаружили усвоение, четвертое, напротив, только потеряло известное количество азота. Правда, усвоение было в десять раз слабее, чем в собственных опытах Вилья, но и этот скромный результат терял всякое значение при ближайшем знакомстве с, так сказать, житейской обстановкой исследования. Над ним оправдалась поговорка у семи нянек ребенок без глаза. Шесть ученых пригласили себе на помощь седьмого, также известного химика Клоеза, и возложили на него главный надзор над опытами. Но случилось так, что Клоезу понадобилось отлучиться из Парижа, и он сдал опыты на попечение своего помощника. В один злосчастный день и этому помощнику потребовалось не надолго отлучиться в город, и он возложил одну ответственную операцию на сторожа. В результате этого рокового стечения случайностей оказалось, что когда Пелиго прислали для анализа дистиллированную воду, предназначенную для поливки, он нашел в ней такое количество аммиака, которое, если б эта вода получила свое назначение, могло бы вполне объяснить полученные результаты ¹⁾. Одного этого обстоятельства, в котором Шеврёль, как докладчик комиссии, должен был покаяться перед академией, достаточно, чтобы судить о степени доверия, которое внушал результат опытов. Хотя комиссия сама довольно скептически отнеслась к своей деятельности, но, тем не менее, ее окончательное заключение было то, что опыты подтверждают будто бы выводы, сделан-

¹⁾ Непонятное содержание аммиака объяснилось тем, что сторож, рядом с предназначенной для анализа дистиллированной водой, выпаривал какой-то аммиачный раствор. Комиссия утешала себя тем, что *эта* вода, вероятно, не употреблялась для поливки, но самый факт подобной неосторожности говорит за себя. Сверх того оказались и другие упущения: так, напр. по свидетельству Грандо, Виль, для получения углекислоты, доставляемой растению, употреблял *азотную кислоту*, т.-е. из всех кислот именно ту, которой следовало избегать.

ные Вилем из его прежних работ. Много лет спустя, в 1887 году, когда появились новые исследования, совершенно изменившие воззрения на отношения растения к свободному азоту, Шеврёль рискнул напомнить академии, что ее комиссия еще в 1855 году пришла к сходному результату. Почтенный, stodvухлетний ученый забыл только прибавить, что и Виль и комиссия получали усвоение азота при таких условиях (у таких растений, в такой почве), при которых, по новейшим исследованиям, *того именно не должно быть* ¹⁾.

Хотя доверие к исследованиям Буссенго, веденным с исключительной точностью, не могло быть поколеблено такими сомнительными опытами, тем не менее, важность вопроса побудила двух английских исследователей и горячих сторонников Буссенго—Лооза и Гильберта—подвергнуть этот вопрос новой экспериментальной проверке. Лооз, как известно, крупный землевладелец, пожертвовавший громадные средства на организацию одной из первых опытных станций, пригласил к себе в сотрудники химика Гильберта, так что их имена в течение почти полувека неизменно встречаются рядом на заголовках ученых трудов, выходящих из Ротгамстедтской лаборатории ²⁾. Произведенные ими в 1857, 1858 и 1859 годах, по широко задуманному плану, роскошно обставленные и тщательно выполненные опыты дали результаты, совершенно согласные с выводами Буссенго ³⁾. Когда был устранен доступ к растению каких-нибудь соединений азота, усвоение этого элемента не происходило; значит, в условиях опыта

¹⁾ Так в первых своих исследованиях Виль получал усвоение у различных растений, за исключением бобовых, и притом в прокаленной почве, чего, как мы увидим, новая теория не допускает.

²⁾ Трудно решить, которая из двух станций—Бехельброн Буссенго или Ротгамстед Лооза—должна быть признана первой по времени опытной станцией. См. статью: *Полвека опытных станций*.

³⁾ Так как Виль настаивал на особенностях его приборов, то Лооз и Гильберт обратились к нему с просьбой ссудить им его аппараты и часть опытов произвели в условиях, тождественных с его опытами. Это не мешало, однако, Вилю впоследствии, как я это сам слышал из его уст, говорить, что его удивляет только одно, каким образом Английское Королевское Общество могло присудить за такое жалкое исследование свою высшую награду.

свободный азот не может быть признан пищей для растения.

Но в виду указаний сельскохозяйственной практики (подкрепленных, как мы видели, ими же добытыми точными и красноречивыми цифрами) Лооз и Гильберт в заключении своего труда весьма осмотрительно делают оговорку, что необходимо было бы произвести опыты над бобовыми растениями при условиях, допускающих более нормальное их развитие.

Таким образом в начале 60-х годов точные опыты в поле и еще более точные опыты в лаборатории приводили к непримиримому противоречию. С одной стороны, вековая практика, подкрепляемая химическими анализами Буссенго и Лооза и Гильберта, невольно приводили к заключению, что роль бобовых растений в плодосменном хозяйстве объясняется тем, что для них доступен источник азота, недоступный для злаков, и что этот источник — свободный азот атмосферы. С другой стороны, точные физиологические опыты доказывали еще более очевидным образом, что этого источника азота для растения как бы не существует.

Более четверти столетия было потрачено на всевозможные попытки примирить это противоречие. Перечислим вкратце некоторые из этих неудавшихся попыток. Если растения не могут питаться свободным азотом, то не черпают ли они его из его соединений, хотя и скупо рассеянных природой в атмосфере,— тогда бобовые, представляющие более значительную листовую поверхность, будут находиться, очевидно, в более благоприятных условиях в сравнении со злаками? Но опыт показал, что этот источник азота нельзя считать существенным, т. е. этим путем растение может получить только очень мало азота, а главное — бобовые в этом отношении не представляют никакого преимущества перед злаками. Высказывалось предположение, что бобовые черпают свой азот не из воздуха, а из более глубоких слоев почвы, куда злаки не проникают своими, сравнительно более короткими, корнями. Понятно, что это различие могло бы только объяснить перемещение азота из одного слоя почвы в другой, а не продолжительное абсолютное ее обогащение. Наконец

быть может, бобовые отличаются только тем, что в состоянии лучше использовать почвенный азот, что они будут препятствовать его потере из почвы. В этом отношении не подлежит сомнению их преимущество перед злаками. Известно, что в почве постоянно происходит непроизводительная трата азота вследствие вымывания из нее ценной, как мы видели, для питания растений селитры, что доказывают анализы дренажной воды. Главным средством, препятствующим этой трате, являются растения, своими корнями всасывающие селитру по мере ее образования. Естественно, что бобовые, как растения многолетние, сосущие своими более развитыми корнями в течение всего года и особенно осенью, когда вымывание селитры наиболее значительно, будут лучше служить этой цели, чем менее продолжительно остающиеся в почве злаки. «Как нельзя требовать от человека, чтобы он в четыре месяца произвел такую же работу, какую другой производит в восемнадцать,—остроумно замечает Лооз,—так очевидно, и ячмень не может извлекать почвенную селитру в равной степени с клевером»¹⁾. Но и это объяснение, предложенное Лоозом, хотя оно и сохраняет свое значение, не разъясняло, очевидно, всех сторон вопроса и не удовлетворяло вполне даже самого предложившего. Загадка оставалась загадкой, пока разрешение ее не пришло с той именно стороны, в которую уже давно обращались взоры ботаников и агрономов, ожидавших услышать веское слово ученого, избравшего этот вопрос предметом своих многолетних исследований.

II.

Ключ к загадке, одинаково занимавшей и ученых физиологов и практиков сельских хозяев, предъявил скромный немецкий ученый в сообщении, сделанном на Берлинском съезде натуралистов в 1886 году. Это был Гельригель, чей

¹⁾ Я не касаюсь здесь предположения об усвоении азота под влиянием атмосферного электричества, во-первых, потому, что оно оказалось несостоятельным, а во-вторых, потому, что не могло объяснить различия между злаками и бобовыми растениями.

авторитетный голос по этому вопросу ученый мир давно уже желал услышать. После Буссенго, которого уже не было в живых, конечно, никто более Гельригеля не имел права на это открытие. Было бы несправедливостью судьбы, если б это открытие ушло из его рук. Какой-нибудь француз, охотник до фраз, не преминул бы сказать про него, что — *la providence lui devait cette découverte* ¹⁾. Более тридцати лет занимается он вопросом об источниках азота, необходимого для растения, и когда в 1883 году появилась его интересная книга «*Beiträge zu den Naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus*» ²⁾, знакомые с делом были очень разочарованы, не найдя в ней того, чего ожидали, — именно свода его исследований по вопросу об азоте. Это разочарование было с избытком вознаграждено, через несколько лет, появлением в 1888 г. небольшого томика, заключающего подробное изложение работы, с главнейшими результатами которой Гельригель успел уже познакомить ученых на Берлинском съезде.

Причина, почему Гельригель ранее не публиковал своих исследований, относящихся до бобовых растений, внушает глубокое уважение к ученому. Результаты по отношению к этим растениям в течение долгих лет были неясны, неопределенны, даже прямо противоречивы, и почтенный исследователь считал излишним появляться перед читателем с длинными рядами цифр, которых сам еще не был в состоянии связать руководящей идеей. Какое редкое явление в настоящее время, когда наука так бесцеремонно загромождается сырым материалом, нередко еще носящим название «ценного вклада», — массой наблюдений и опытов, не приведших самого наблюдателя ни к какому определенному заключению и тем более обременяющих беспомощного читателя. Гельригель предпочитал оставить ученый мир в неведении о потраченном им долголетнем труде, скорее, чем выступить с черновыми лабораторными журналами, не слагавшимися в его собственном представлении в какую-нибудь определенную теорию.

¹⁾ Провидение было обязано ему предоставить, а не кому иному, сделать это открытие.

²⁾ Материалы к научным основам земледелия.

Еще в начале шестидесятых годов предпринял он обширное исследование, представлявшее, собственно, развитие работы Буссенго над влиянием селитры, как источника азота. Мы уже видели, что, благодаря исследованиям Буссенго, установлен факт значения селитры, как наилучшего источника азота для растения. Буссенго доказал, что в известных пределах, — т. е. пока селитра не будет в избытке, — развитие растения, количество образуемого им органического вещества, пропорционально количеству доставленной селитры. Этот вывод Гельригель подтвердил рядом опытов над ячменем и овсом. Здесь в очевидной форме обнаружился закон Либиха, известный под названием закона *minimum'a*. Развитие растения оказывается пропорциональным количеству того вещества, которого будет недостаточно, при условии, понятно, чтобы другие вещества находились в избытке. Наблюдая это условие, мы можем найти численное выражение для питательного значения исследуемого вещества, предсказать, насколько известное количество этого вещества повысит урожайность исследуемого растения. Гельригелю это вполне удалось по отношению к селитре, в применении к овсу и ячменю. На каждый фунт азота в селитре (все с тою же оговоркой: пока она не будет в избытке) получается в круглых цифрах сто фунтов органического вещества растения ¹⁾. Эти цифры нагляднее всего показывают, как точны могут быть результаты искусственных культур, как полна, в известном направлении, власть экспериментатора над испытуемым растением.

Но как только от злаков Гельригель перешел к бобовым, картина совершенно изменилась. Получались совершенно неожиданные и, что еще хуже, капризные результаты. Исследователь никогда не мог их предвидеть, а следовательно, и управлять ими, — утрачивал тот дар пророчества и ту власть над природой, по которым только и узнается истинная наука. Эти продолжительные неудачи, конечно, остановили бы человека, ищущего в науке только средства прославиться, а представителей неовитализма, который после долгого молчания вновь затягивает свою старую песнь о том, что жизнь

¹⁾ Точнее — для ячменя 93 фунта, для овса 96.

своевольна и не подчиняется физическим законам, — эта капризность явления, пожалуй, даже заставила бы возликовать. Но не так, по счастью, отнесся к делу Гельригель. Как истинный ученый, он работал для себя, а не для других, и в неудаче находил только стимул к дальнейшему труду, тот пробуждающийся во всяком истинном ученом инстинкт борьбы, — непреодолимое желание подчинить себе строптивую природу. Не могу не припомнить по этому поводу слов, слышанных много лет тому назад из уст одного из величайших мастеров экспериментального искусства — Клода Бернара, обратившегося на одной из своих лекций с таким увещанием к своим слушателям-студентам: «Surtout, messieurs, ne craignez jamais les faits contraires — car chaque fait contraire est le germe d'une découverte» ¹⁾.

Противоречие, от которого заурядный ученый отвернулся бы с досадой, в руках Гельригеля стало именно зародышем одного из блестящих открытий современной физиологии.

А противоречие это заключалось в следующем. Когда к песку, в котором культивировался горох, прибавлялись различные количества селитры, нельзя было усмотреть не только пропорциональности между этими количествами и урожаем, но даже постоянного определенного действия. Большие количества селитры давали всегда хорошие результаты, но незначительные количества *нередко* давали результаты более удовлетворительные, чем можно было ожидать, а иногда и в полном отсутствии селитры горох развивался благоприятно, во много раз увеличивал органическую массу и содержание азота. Прилагаемый рисунок (фиг. 30) наглядно показывает это различие между злаками и бобовыми растениями (см. IV). Между тем как овес, не получивший селитры (сосуды обозначены КР), совсем не развивается, а овес, получивший ее (сосуды обозначены КРS), дает нормальные растения, на горохе присутствие или отсутствие селитры (обозначение то же) не обнаруживает никакого различия. Откуда же берется этот азот? Не из песка, потому что хотя он и не был про-

¹⁾ Главное, господа, не бойтесь противоречащих фактов, — в каждом противоречащем факте — зачаток нового открытия.

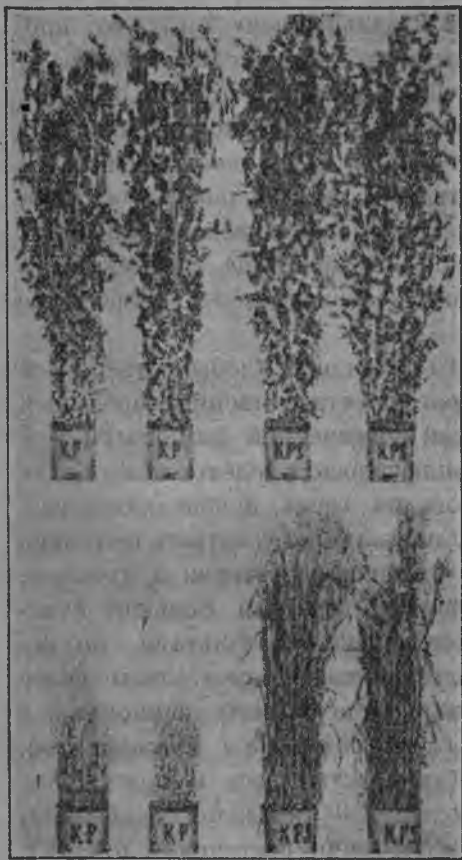
кален, но содержал ничтожные, точно известные количества, которыми можно было даже пренебречь. И чем объяснить противоречие этих опытов с опытами Буссенго? Там или вовсе

не было усвоения, а в тех случаях, где оно замечалось ¹⁾, было ничтожно, и растения получались чахлые, предельные, между тем как у Гельригеля получился горох, иногда не отличавшийся от средних экземпляров, выращенных в поле.

Никакое из ранее предложенных объяснений не могло быть применимо к фактам, открытым Гельригелем; оставалось только допустить, что бобовые растения действительно пользуются свободным азотом атмосферы.

Что же касается *причины*, определяющей такой результат, то было очевидно, что она не заключалась в числе тех строго определенных условий, которыми были обставле-

ны опыты. Колеблющийся, случайный исход опыта прямо указывал на случайность вызывающей его причины и на то, что она до той поры ускользала от контроля исследователя.



Фиг. 30.

¹⁾ Как в опытах с огородной почвой.

Эти два положения нашли себе выражение в гипотезе,— рабочей гипотезе, как ее характеризует сам Гельригель, которая должна была осветить и направить дальнейший ход работы.

Стоило вспомнить, что в почве существуют микроорганизмы, связывающие свободный азот,—факт этот незадолго перед тем был установлен исследованиями Бергло ¹⁾. Стоило вспомнить другой факт,—что на корнях бобовых растений уже давно было замечено присутствие особых образований, клубеньков или желвачков, происхождение которых давно приписывалось заражению микроорганизма. Стоило сопоставить эти факты и допустить, что существуют микроорганизмы, способные усвоить свободный азот атмосферы и в то же время обладающие способностью заражать только бобовые растения, но не злаки,—и весь сбивчивый хаос противоречивых фактов превращался в стройную научную теорию.

Смелая гипотеза была приложена к делу, и вся последующая деятельность Гельригеля представила ряд остроумных доказательств ее справедливости.

Прежде всего, чем объясняется, с точки зрения этой гипотезы, различие в результатах классических работ Буссенго и только что описанных опытов Гельригеля? Буссенго брал для своих опытов песок или гемузу, абсолютно лишенные азота и для этого прокаленные. Гельригель брал песок, только промытый и содержащий следы азота, определяемые анализом и столь ничтожные, что они не могли существенно влиять, но, во всяком случае, принимались во внимание при вычислении результатов. С точки зрения испытываемой гипотезы эти две среды представляли коренное различие. У Буссенго почва была стерилизована, не могла содержать микроорганизмов, у Гельригеля она не была стерилизована и, следовательно, могла содержать, но случайно могла и не содержать их; отсюда — капризные, не только количественно, но порой и качественно, различные

¹⁾ Строго говоря, исследования Бергло, послужившие исходной точкой для работ Гельригеля, едва ли обладают такою степенью убедительности, как эти последние.

результаты ¹⁾. Требовалось и этот случайный фактор подчинить власти экспериментатора.

Гельригель рассуждал так: если все дело в микроорганизмах, поселяющихся на бобовых, но не на злаках, то злаки должны давать неизменно отрицательные результаты на почве, не содержащей азота,—все равно, будет ли она стерилизована или нет; наоборот, бобовые на почве стерилизованной должны давать отрицательные, а на почве нестерилизованной, хотя и не содержащей азота, должны дать результат положительный, так как будут заимствовать свой азот из воздуха.

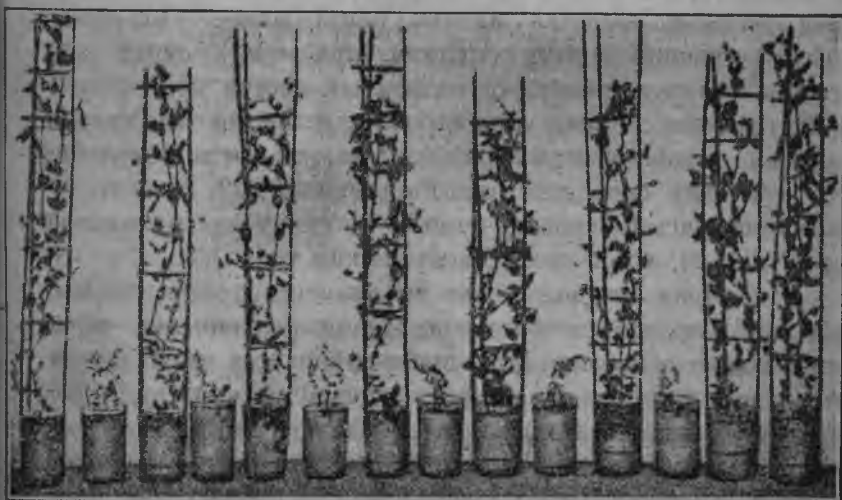
Стерилизация песка достигалась его нагреванием до 150—200 градусов. Но для того, чтобы устранить элемент случайности, по отношению к песку, не стерилизованному, Гельригель прибегнул к прямому его заражению предполагаемыми микроорганизмами. Для этого он брал немного почвы, на которой культивировались бобовые, взбалтывал ее с водой и несколько кубических сантиметров этого почвенного настоя, конечно, содержавшего микроорганизмы, приливал к стерилизованному песку ²⁾. Количество азотистых соединений, которые могли содержаться в этой жидкости было так ничтожно, что само по себе не могло оказать никакого влияния на ход опыта, но, тем не менее, оно определялось и принималось во внимание при окончательной оценке опытов.

Результаты опытов, произведенных в 1886 и 1887 г., вполне оправдали ожидания Гельригеля. По отношению к

¹⁾ В особом объяснении нуждаются еще опыты Буссенго, произведенные, хотя и с другою целью, в 1858—59 годах, когда он брал, сверх прокаленного песка, еще известное количество огородной почвы. Почва эта, понятно, не прокаливалась, но зато тщательно высушивалась, а такое высушивание почти неизменно, по наблюдениям Гельригеля, вызывает стерилизацию. Отсюда крайне ничтожное, но все же заметное усвоение, обнаруженное Буссенго в этой серии и зависевшее, вероятно, от неполной стерилизации, что и подтверждается присутствием на некоторых корнях упомянутых желвачков.

²⁾ Из того, что было сказано ранее о методах искусственных культур, понятно, что Гельригель прибавлял к своему песку все необходимые минеральные вещества; во всем дальнейшем изложении это подразумевается.

злакам (а равно и гречихе) оказалось, как и прежде, что растения эти неспособны заимствовать азот из другого источника, кроме доставляемой селитры. Одинаковые количества селитры вызывали, как и прежде, одинаковое возвышение урожая, при чем даже миллионная часть азота (по отношению к весу песка), внесенная в форме селитры, уже отражалась на повышении урожая. Стерилизация песка или, наоборот, заражение почвенным настоем не сопровождались никакими последствиями.



25 22 26 23 27 24 39 28 40 29 41 30 37 38

Фиг. 31.

По отношению к бобовым растениям обнаружилось коренное различие между песком стерилизованным и зараженным. К песку стерилизованному бобовые относились совершенно так же, как злаки и гречиха, т.е. без селитры не развивались и не увеличивали содержание азота. В присутствии же селитры они развивались благоприятно и пропорционально ее количеству. Совершенно иначе относились бобовые к песку зараженному. На этот раз *и без селитры развитие было совершенно нормальным*; усвоение азота достигало значительных размеров, — очевидно, растение черпало

его из источника, недоступного для злаков. Прилагаемый рисунок (фиг. 30) изображает результат одного из наиболее убедительных опытов Гельригеля. Почва в сосудах, обозначенных цифрами 22, 23, 24, 28, 29 и 30, была стерилизована, в остальных—не стерилизована, но и не содержала азота.

Не оставалось, следовательно, сомнения в том, что к почве стерилизованной, не содержащей микроорганизмов, и злаки и бобовые относятся совершенно одинаково; различие обнаруживается только с появлением на сцену предполагаемых микроорганизмов. А что в почвенном настое действующим началом является именно нечто живое, Гельригель доказал сравнительными опытами, при чем в одном ряде сосудов к песку приливался почвенный настой, приготовленный, как уже сказано, а в другом—тот же настой, предварительно прокипяченный. Оказывалось, что после кипячения он утрачивал свое действие. Растения 28, 29, 30 (фиг. 31) получили настой прокипяченный и ничем не отличались от 22, 23, 24, вовсе его не получивших.

Посмотрим теперь, точно ли эта способность бобовых растений заражаться предполагаемыми почвенными микроорганизмами обнаруживается присутствием тех давно известных образований на их корнях, которые обыкновенно называют клубеньками, а правильнее — шишечками или желвачками ¹⁾. Мысль, что эти желвачки стоят в связи с усвоением азота и, следовательно, в связи с ролью собирателей азота, которую эти растения играют в плодосмене, была в первый раз высказана Шиндлером. Опыты Гельригеля доставили этому предположению убедительные доказательства. Когда почва была стерилизована и поддерживалась в этом состоянии в течение опыта (для чего поверхность горшков покрывалась ватой, для ограждения от случайного заражения через атмосферу), корни были всегда лишены желваков. В почвах же нестерилизованных и особенно в почвах, умышленно зараженных, на корнях появлялись обильные желвачки. В

¹⁾ Клубнями (как, напр., у картофеля) ботаники, как известно, называют подземные стеблевые органы; здесь же мы имеем дело с наростами на корнях.

первом случае, как мы видели, не было усвоения азота, во втором—он усваивался. Зависимость появления желвачков от инфекции почвенным раствором Гельригель доказал еще следующим красивым опытом. Корни гороха, выращенного в стерилизованной почве, были разделены на две пряди, так что одна из них была погружена в сосуд с раствором, содержащим немного неизмененного почвенного настоя, а другая—в сосуд, получивший немного почвенного настоя, предварительно прокипяченного. На первой пряди появились вскоре обильные желвачки, на второй они не образовались вовсе.

Другим убедительным доводом в пользу причинной связи между присутствием желвачков и усвоением азота представляется ход развития растения в бесплодной (т.-е. не содержащей селитры) почве. Прорастающее растение вначале питается на счет запасов семени; когда они истощены, его развитие останавливается; оно начинает чахнуть, обнаруживая явные признаки голодания. Но это продолжается недолго; растение вдруг оправляется: начинавшие желтеть листья вновь зеленеют, образуются новые нормальные листья и т. д. Эта перемена в общей картине, представляемой воздушными органами, наступает только после образования желвачков.

Таким образом, устраняется всякое сомнение относительно главного положения, что бобовые растения при участии своих корневых желвачков усваивают азот из атмосферы и одним этим источником могут покрыть всю свою потребность в этом элементе. Уже одного этого факта почти достаточно, чтобы сделать маловероятным, что источником этого азота могли служить соединения его, так скудно рассеянные в атмосфере и оказывающие, как мы видели ранее, такое слабое непосредственное действие. Гораздо вероятнее, что этим источником служит неиссякаемый запас свободного атмосферного азота.

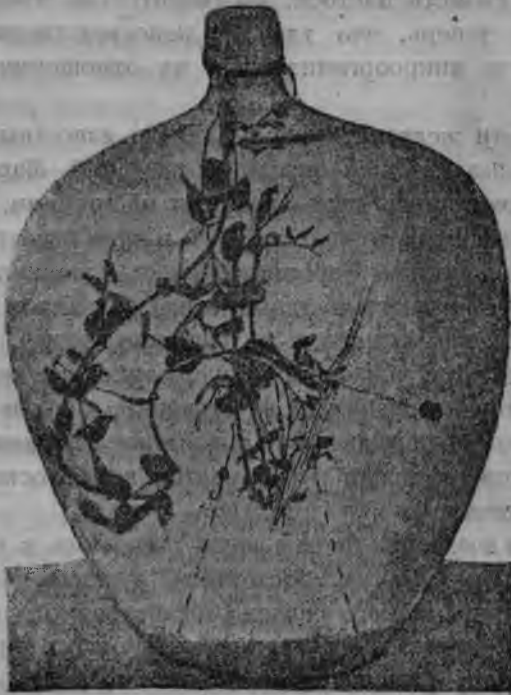
Гельригель поставил, однако, и это положение вне всякого сомнения. Остановимся на одном его опыте, едва ли не самом замечательном по своей простоте и наглядной очевидности. Опыт был совершенно подобен одному из опытов Буссенго, с тою только разницею, что Буссенго брал песок

прокаленный, а Гельригель—нарочно зараженный. В большой стеклянный баллон (фиг. 32) горкой насыпался песок, как всегда, смоченный раствором питательных солей, но без селитры, и зараженный почвенным настоем, и вносилось три семени—овса, гречихи и гороха. В течение трех месяцев, пока длился опыт, баллон оставался тщательно закрытым, только несколько раз припускалась необходимая для питания углекислота. Таким образом, в течение всего своего развития растение находилось в присутствии одного свободного азота, так как количество его соединений, заключавшееся в баллоне, по ничтожности своей не может даже итти в расчет. Результат опыта был следующий: получилось хорошо развитое растение гороха, содержавшее в пятьдесят раз более органического вещества, чем было в семени, и почти в тридцать раз более азота. Не стоит и говорить, что корни были покрыты желвачками. Находившиеся при совершенно одинаковых условиях семена овса и гречихи дали чахлые, предельные растения и не увеличили своего содержания азота ¹⁾. Едва ли какой другой опыт может сравниться с этим по своей убедительности, так как он одновременно доказывает оба положения: что только бобовые растения усваивают свободный азот, и что это усвоение находится в связи с присутствием на их корнях желвачков.

Таковы образцовые, по ясной постановке вопроса и точности выполнения, исследования Гельригеля; они, конечно, займут место на ряду с классическими трудами Соссюра, Буссенго и др., положившими основание учению о питании растений. Подтверждения полученных им результатов не замедлили последовать. Во Франции Бреаль, в Англии Уорд привели новые факты в защиту теории Гельригеля. Вскоре после появления первого сообщения Гельригеля физико-математический факультет Московского университета предложил этот вопрос—о происхождении азота бобовых растений, как тему на соискание золотой медали. Ответом на эту тему

¹⁾ Фиг. 32 представляет верную копию подлинного рисунка Гельригеля. К сожалению, и подлинник не особенно ясен; во всяком случае, видно, что горох прекрасно развился, а гречиха и овес не развились вовсе.

явилось исследование студента университета г. Коссовича удостоенное медали и напечатанное в «Известиях Петровской академии» за 1890 г. Опыты г. Коссовича были произведены в описанной выше физиологической теплице Петровской Академии, так как Московский университет в то время не обладал еще этим важным пособием для физиологических



Гречиха.

Овас.

Фиг. 32.

работ. Результаты, полученные г. Коссовичем, были вполне согласны с фактами, установленными Гельригелем.

В 1890 году опубликованы результаты обстоятельных опытов, произведенных в 1888 и 1889 гг. Лоозом и Гильбертом в Ротгамстеде и приведших их авторов к заключениям, вполне подтверждающим теорию почтенного немецкого ученого. К тому же выводу пришел и один из наиболее опытных наблюдателей в этой области Ноббе.

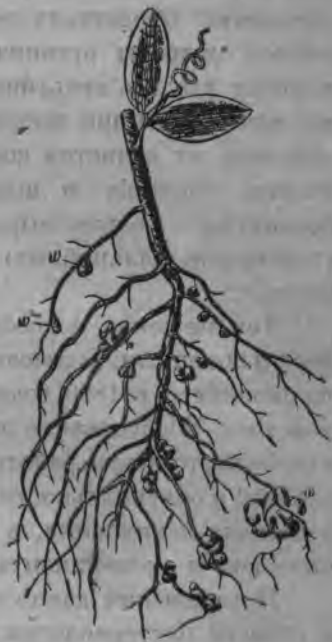
Мы уже неоднократно повторяли, что определяющие усвоение свободного азота желвачки на корнях бобовых должны быть признаны за образования, вызванные заражением какими-то микроорганизмами, встречающимися в почве. И действительно, этот вывод неизбежно вытекает из опытов заражения почвенным настоем и еще более из утраты заражительных свойств настоем, предварительно прокипяченным. Посмотрим теперь, что удалось непосредственно узнать о природе этих микроорганизмов и их отношении к бобовым растениям.

Хотя эти желвачки (фиг. 33) были известны уже двести лет тому назад творцу анатомии растений Марчелло Мальпиги и упоминались даже древними писателями, но природа их была выяснена только в 1866 г. нашим известным микологом М. С. Ворониным. Воронину удалось несомненным образом показать, что известная ткань этих желвачков содержит в своих клеточках несметные мельчайшие тельца, которые по внешнему виду и движениям совершенно похожи на бактерии. Воронин и признал их за бактерии, а самые желвачки — за болезненные образования, вызванные заражением корней, что в настоящее время и признается всеми основательными исследованиями ¹⁾.

Но это воззрение не так легко привилось в науке, благодаря, главным образом, достойным лучшей цели усилиям ботаников берлинского сельско-хозяйственного института — профессора Франка и его учеников Брунгорста и Чирха. Эти исследователи, отчасти ранее, но главным образом вслед за появлением работы Гельригеля, пытались доказать, что желвачки вовсе не вызываются заражением бактериями и что, следовательно, открытие Гельригеля не имеет приписываемого ему значения. Они утверждали, что образования, принимаемые за бактерии, представляют только внешнее сходство с бактериями, и предложили назвать их «бактериоидами», видя в них не патологические, а нормальные физиологические обра-

¹⁾ Следует припомнить, что, когда появилась работа Воронина, вопрос о болезнетворном значении бактерий почти не был затронут; это еще более увеличивает значение открытия нашего уважаемого ученого.

зования клеточной плазмы — запасы белковых питательных веществ, отложенные для дальнейших потребностей растения. Уже в своей капитальной работе Гельригель возражал Франку, что трудно понять, каким образом растение в среде, лишенной азота, проявляя, несомненно, признак голодания, будет непроизводительно слагать в запас эт : недостающие для его питания вещества, рискуя погибнуть прежде, чем воспользуется плодами этой неуместной запасливости. И почему, наоборот, в почве богатой азотом (в форме селитры), но стерилизованной, растение не образует этих запасов белкового вещества. Вскоре со всех сторон посыпались наблюдения, подтверждавшие верность фактов, установленных Ворониным, и обнаруживавшие всю несостоятельность теории берлинских ботаников, тщетно пытавшихся отнять у блестящего открытия Гельригеля его значение¹⁾. Исследования эти были двух родов: одни экспериментально подтверждали несомненный инфекционный характер процесса, проявляющегося в образовании желвачков, другие, на основании тщательного микроскопического исследования, раскрывали шаг за шагом историю их развития и обнаруживали, что заражающее начало и результат его — тельца, отлагающиеся в ткани желвачка, действительно бактерии, или очень сходные с ними, несомненные организмы.



Фиг. 33.

¹⁾ Впрочем, и сам Франк должен был в последнее время отказаться от своих воззрений и весьма развязно дал свое название микроорганизму, установленному другими и существование которого он сам упорно отрицал. Вообще, в его отношении к Гельригелю, сквозят досада и скрытое недоброжелательство, вызванные блистательным разрешением вопроса, в изучение которого сам Франк внес только путаницу и хаос противоречий.

К числу первых исследователей должно отнести Маршала Уорда и Бреалья, подтверждавших факт возможности непосредственной прививки желвачка от одного растения другому посредством укола зараженною иглой или иными способами.

Ко второй категории должно отнести таких исследователей, как Вюильмен, Лундштрем и Бейринк. В особенности последний представил несомненное доказательство бактериальной природы организмов, вызывающих заражение. Ему первому удалось культивировать их обыкновенным способом, употребляемым при исследовании бактерий, и, таким образом, получить их в чистом состоянии. Он назвал организм этот *Bacillus radicolis* и показал, что бактериоиды берлинских ботаников — только выродившиеся, метаморфозированные и утратившие дальнейшую способность развития формы этих бацилл.

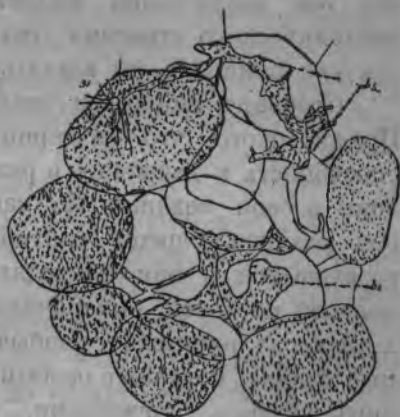
Тем не менее, и после работ Бейринка многое оставалось неразъясненным. Большая часть этих темных сторон выяснена появившимся в 1890 году исследованием профессора Пражмовского. Исследование это, по своим достоинствам, занимает второе место, после работы Гельригеля. Уступая, конечно, последней в оригинальности и новизне, оно имеет преимущество в деталях исполнения, в параллельной обработке микроскопической и экспериментальной стороны.

Пражмовский давно известен, как точный исследователь в области бактериологии: он внес в изучение вопроса специальное знание и умение, которыми не обладал Гельригель, почему его работа и является желательным дополнением работы Гельригеля, так что после этих двух капитальных трудов всю последовательность и ход явления можно считать удовлетворительно выясненными.

Еще в 1885 году приступил Пражмовский к своему исследованию, но болезнь заставила его на время отказаться от исполнения широко задуманного плана. Труд его распадается на две части: тщательное изучение вызывающей образование желвачков бактерии и доказательство, что именно она обуславливает открытую Гельригелем способность бобовых усваивать свободный азот атмосферы. Отсюда видно, что задача

Пражмовского была гораздо сложнее и тоньше задачи Гельригеля. Последний только желал доказать и доказал, что оба процесса зависят от присутствия в почве чего-то, что *должно быть микроорганизмом*, так как уничтожается нагреванием, стерилизацией почвы или ее настоя. Пражмовский, как бактериолог, пожелал увидеть это *нечто*, убедиться, что это—бактерия, проследить ее участь в растении до образования желвачков и доказать, что именно *эта бактерия*, а не что иное способствует усвоению азота.

Познакомимся сначала с первой частью его работы. Прежде всего он снова и с особенною тщательностью подтвердил факт, так неудачно подвергнутый сомнению берлинскими ботаниками, что в почве, стерилизованной и охраняемой от заражения в течение всего опыта, желвачков никогда не образуется, а также, что заражение происходит только в молодых растущих частях корня. Затем он озаботился получением так называемой чистой культуры бактерий, чтобы при помощи этих изолированных несомненных бактерий вызвать образование желвачков в стерилизованной почве. Для этой цели бактерии, взятые из желвачка, разводились в жидкости (понятно, предварительно стерилизованной). Каплей этой жидкости заражалась другая порция и т. д. до двенадцати раз. Если эти последовательные культуры обозначить номерами 1—12, то затем брались №№ 1, 3, 6, 9, 12 и ими заражались посевы гороха в стерилизованной почве. Во всех опытах получились желвачки. На этот раз заражение вызывалось не чем-то предполагаемым, не неизвестным, а определенной бактерией.



Фиг. 34.

Далее Пражмовский проследил судьбу этой бактерии в зараженном растении. Самое заражение происходит только

через корневые волоски или поверхностные клетки молодых частей корня. В тех и других можно заметить движущиеся бактерии, но как проникают они сквозь оболочку клеточек,—Пражмовскому не удалось показать. Он полагает, что они образуют поры в оболочке, что согласно с мнением, ранее высказанным Уордом ¹⁾. Попадая в волосок, колонии бактерий облекаются чехлом, вытягивающимся в длинные трубки ²⁾. Трубки эти разрастаются, ветвятся, прободают встречающиеся на пути стенки клеток, проникая в глубь корня, и там бактерии, быстро размножаясь, выполняют собой клетки особой ткани, которые энергично делятся, обуславливая тем разрастание желвачков (фиг. 34) ³⁾. Объяснение анатомического строения этих органов было бы неуместно, так как пришлось бы вдаваться в технические подробности.

Особенно любопытен главный результат этой части работы Пражмовского, что бактерии сохраняют свой характер и способность к движению и размножению, только пока заключены в свои чехлики. Но как только, вероятно, под напором размножающихся бактерий, сдерживающий их чехлик разрушается и они приходят в прямое соприкосновение с плазмой клеточек, они начинают изменяться, увеличиваться в размерах, принимают необычайные, коленчатые, искривленные формы, получают особый блеск, утрачивают способность окрашиваться пигментами, характеризующими настоящие

¹⁾ В последнее время, исследуя первые моменты заражения одного бобового растения (язвенника — *Anthyllis vulneraria*), я мог наблюдать целые колонии бактерий (так называемые *Zoodloea*) на наружной поверхности корневых волосков. В некоторых случаях они встречались почти на каждом кончике волоска, в виде кисточки, следовательно, заражение идет весьма энергично.

²⁾ Из чего состоят эти оболочки, еще не выяснено; по мнению одних,—из плазмы, по мнению других,—из клетчатки. Вообще организмы эти представляют некоторые особенности, отличающие их от типических бактерий. В недавнее время (в ноябре 1890 г.) появилось исследование Лорана, сделанное в институте Пастёра; Лорен предлагает образовать для этих организмов новую группу, под названием *Pasteuriaceae*.

³⁾ Рисунок, заимствованный из работы Пражмовского, изображает часть ткани желвачка. (Одни клетки переполнены бактериями, в других—видны пронизывающие их трубки.

бактерии, — словом, вырождаются, превращаются в «бактериоиды», — тела только с виду напоминающие бактерии, но существенно от них отличающиеся. Это перерождение их происходит, вероятно, под влиянием избыточного питания. Пражмовский полагает, главным образом, — на счет крахмала, в обилии отлагающегося в соседних клетках и в самых клеточках, содержащих бактериоиды. Можно даже видеть зерна крахмала, как бы обглоданные, т.-е. растворяющиеся под влиянием окружающих их бактерий.

Как бы то ни было, но «бактериоиды», повидимому, далее неспособны размножаться; их деятельности положен предел ¹⁾. Тогда обнаруживается воздействие на них плазмы клеточек: мало-по-малу они дезорганизуются, растворяются, и так как ткань желвачков обильно снабжена сосудами, то продукты растворения легко всасываются растением. Желвачки становятся дряблыми, клетки их почти опорожняются, но часть бактерий, которые остались под защитой своих чехликов, сохраняются в неизменном состоянии. Наконец, под влиянием внешних условий — нападения животных организмов или других растительных паразитов или по каким другим причинам — наружные ткани желвачка разрушаются, и уцелевшие бактерии возвращаются в почву, распространяя заражение на новые корешки, на новые растения ²⁾.

Поставив вне сомнения инфекционный характер желвачков, проследив судьбу бактерий с момента их поступления в растение до момента их возвращения в почву, Пражмовский перешел ко второй своей задаче — доказательству, что именно эта бактерия и есть то неизвестное начало, которое, находясь в почвенном настое, вызывало явление, открытое Гельригелем.

¹⁾ Это относится к бактериоидам в тканях желвачков. Культивируя их на желатине, Пражмовскому удавалось получить из них обратно бактерии.

²⁾ Установление этого факта, уже указанного Уордом, весьма существенно, так как ботаники берлинской школы утверждали, что желвачки всегда покрыты неразрушающейся пробковой тканью, устраняющей возможность возвращения бактерий в почву.

Для этого он взял сосуд со стерилизованным песком (понятно, содержащим необходимые зольные вещества) и заразил его полученными при помощи чистых культур бактериями. Это еще не было самой хлопотливой стороной дела. Необходимо было еще позаботиться, чтобы в почву, поливаемую и проветриваемую в течение нескольких месяцев, пока длился опыт, не проник какой-нибудь другой микроорганизм. Пражмовский блистательно справился с своею задачей. Глухой сосуд, чрез крышку которого проходил только стебель и две трубки для поливки и проветривания, был так тщательно изолирован от проникания посторонних тел извне, что по окончании опыта в почве не оказалось ни одного микроорганизма, кроме внесенной бактерии¹⁾.

Раз не подлежит сомнению, что явление усвоения азота бобовыми растениями должно быть приписано деятельности известной бактерии, естественно возникает вопрос, — одни ли только бобовые растения обладают способностью заражаться этою бактерией и одна ли бактерия заражает безразлично все бобовые растения или, быть-может, существуют различные бактерии, заражающие только известные бобовые растения. В первой своей работе, как мы видели, Гельригель доказал, что ни злаки, ни гречиха свободного азота не усвоят; в новом ряде опытов (в 1888 г.) он показал, что этой способности лишены капуста, конопля и подсолнечник. Так как из всех культурных растений только у бобовых известно образование желвачков, то, вероятно, только им и присуща способность усвоить азот. По отношению ко второму вопросу, — одна ли бактерия заражает все бобовые растения или должно допустить существование нескольких таких бактерий, уже исследования 1887 года наводили Гельригеля на мысль, что неудачи опытов с более редко культивируемым желтым люпином могли зависеть от того, что для заражения его необходим был бы настой почвы, на которой уже ранее культивировалось это растение. Опыты, нарочно произве-

¹⁾ Это доказывается тем, что жидкость, взятая из сосуда после опыта, вызывает в питательном растворе только образование этой *Bacillus*, или, как Пражмовский ее называет, *Bacterium radicum*.

денные Гельригелем с этою целью в 1888 г., вполне подтвердили верность его предположения. В двух параллельных рядах опытов, лупин культивировался в песке, зараженном настоем с поля, в котором лупин прежде не возделывался, и в песке, зараженном настоем с лупинового поля. В первом случае не было ни образования желвачков, ни усвоения азота, во втором—обнаружилось и то, и другое. В появившейся позднее работе Бейринк подтверждает тот же факт на основании опытов прямого заражения чистыми разводками соответственных бактерий. Корни гороха не заражаются бактериями сераделлы (птиценожки—*Ornithopus sativus* и *pergriseus*) и наоборот. Следовательно, факт специфического различия бактерий, вызывающих способность того или другого бобового растения образовать желвачки, не подлежит сомнению. Факт этот представляет существенное практическое значение для сельского хозяина, доказывая, что бактерии, необходимые для того или другого растения, не представляют повсеместного распространения и что, следовательно, для успешности некоторых культур, очевидно, необходимо прибегать к предварительному заражению почвы *соответственно* бактерией, т. е. простою примесью почвы, уже производившей данное растение. Попытки подобных заражений уже делались и давали, повидимому, благоприятные результаты. Так Залфельд посыпал торфяную почву другою почвой, в которой он предполагал присутствие необходимых микроорганизмов, и тем почти вдвое увеличивал урожай гороха и бобов. Сходные результаты в недавнее время сообщены Франком по отношению к лупину. Не останавливаясь далее на этих опытах *удобрения бактериями*, так как нельзя быть достаточно осторожным при переходе хотя бы от самого верного теоретического положения к его практическому приложению. Ничто так не подрывает кредита науки, как слишком поспешное, опрометчиво-преувеличенное возбуждение надежд и следующее за ним неизбежное разочарование. За примерами ходить недалеко.

Теперь, когда нам известна общая картина деятельности этих бактерий, мы можем подвести общий итог взаимодействию между двумя организмами. Проникнув в бобовое расте-

ние, бактерия быстро размножается, но только пока ведет образ жизни, в известной степени обособленный от своей жертвы, пока отгорожена от его плазмы оболочками своих трубок. Как только, вследствие разрушения этих оболочек, бактерии приходят в непосредственное соприкосновение с этой плазмой, они от чрезмерного питания начинают вырождаться, подвергаются какому-то процессу ожирения и утрачивают свои боевые свойства: подвижность и способность к размножению. С этого момента они становятся жертвой своей жертвы. Старая история про Аннибаловы войска и Капуу¹⁾.

Таким образом, в явлениях развития и разрушения желвачков на корнях бобовых растений мы имеем нечто совершенно своеобразное. Это не *паразитизм*, в котором бывает одна жертва, один эксплуататор. Это и не *симбиоз*, т.-е. не мирное сожительство, ассоциация двух организмов, «взаимных обоюдную пользой». Это какая-то своеобразная борьба, из которой обе стороны выходят поочередно победителями, обе стороны извлекают свою долю пользы. Бактерии, просуществовав некоторое время в растении и пользуясь его пищей, возвращаются обратно в почву и, конечно, в большем числе, чем сколько их проникло в корни, — следовательно, с точки зрения сохранения вида, процесс этот не может не быть для них выгоден. Но они оставляют за собою еще более многочисленные трупы своих отяжелевших товарищей, которые идут на питание одолевающего их растения. Повидимому, бывают, однако, случаи, по счастью для сельского хозяина очень редкие, когда окончательная победа остается на стороне бактерии. Упомянем и об этой стороне дела, хотя она едва только затронута и не может даже считаться вполне выясненною. Известно, что на первых же порах восторги,

¹⁾ Не представляет ли это явление более широкого распространения в различных инфекционных болезнях? Не может ли зараженный организм избавляться от своих врагов именно тем, что их *закармливают*? Известно, что в растительных организмах вегетативное развитие и размножение, находится в антагонизме; способствуя первому, можно ограничивать второе. А главный вред бактериальных организмов и заключается именно в их быстром размножении.

возбуждаемые результатами, которые давала культура клевера, были омрачены наблюдением, что клевер не възя долго культивировать на той же площади, что при плодосменной системе он не должен слишком часто возвращаться на то же место. Даже сам Шубарт, как известно, отчасти разочаровался в надеждах, возлагаемых на клевер, и советовал возвращаться на то же место не ранее трех, четырех лет. Немецкие агрономы обозначают это явление термином *клеверного утомления* — *Kleemüdigkeit*. Самые тщательные опыты, как, напр., производившиеся в течение длинного ряда лет в Ротгамстеде, могли только подтвердить факт, не давая ему никакого объяснения. После нескольких лет бессменной культуры клевера почва отказывается его производить, и никакие удобрения—ни азотистые, ни минеральные—не возвращают ей этой способности; остается одно средство—прекратить на время эту культуру. В настоящее время весьма основательно высказывается предположение, что при долговременной культуре клевера почва слишком загрязняется остатками желвачков, переполняется бактериями в количествах, быть-может, уже вредящих нормальным отправлениям растения¹⁾. Если это объяснение «клеверного утомления» почв оправдается, то придется вернуться, хотя в несколько иной, ограниченной форме, к старой теории Декандоля, объяснявшей пользу плодосмена тем, что одно и то же растение не может долго оставаться на том же месте, вследствие накопляющихся будто бы в почве ядовитых выделений его корней. Против этого объяснения весьма основательно возражали, что предполагаемые (но недоказанные) ядовитые выделения эти, во всяком случае, должны быть вещества органические и, следовательно, не могут сохраняться в почве, не разлагаясь. Это возражение утрачивает свою силу в том

¹⁾ Описанные выше наблюдения над корнями *Anthyllis*, почти все волоски которых были покрыты колониями бактерий, делают для меня вероятным, что при еще более обильном загрязнении почвы бактериями нормальное развитие и отправление корней может быть нарушено, и вредное влияние окажется прежде, чем успеет обнаружиться польза от образования желвачков.

случае, когда этот яд — живой, способный к размножению¹⁾.

Остается выяснить еще один вопрос: как же происходит усвоение атмосферного азота при содействии этих бактерий? На этот коренной и самый естественный вопрос мы пока не в состоянии дать не только удовлетворительного, но даже какого бы то ни было ответа. Мы видели, что опыты Гельригеля вполне оправдали основное положение Буссенго, что высшие растения сами по себе не способны усвоить свободного азота. Мало того, такими же точными опытами Буссенго доказал, что эту способность не обладают и такие простейшие организмы, как плесень. Остается допустить, что бактерии представляют исключение, что они одни обладают способностью, которой лишены все другие растения. Но имеем ли мы какое-нибудь прямое основание для такого допущения? Что говорят прямые опыты над самыми бактериями? Пока еще очень мало. Из трех исследователей, пытавшихся при помощи чистых культур *Bacterium radicola*, решить вопрос, может ли этот микроорганизм покрывать свою потребность в азоте на счет свободного азота воздуха, один — Лоран — приходит, повидимому, к положительному результату, но откладывает подробное обсуждение вопроса, другой — Пражмовский — не решается высказать окончательное суждение и обещает вскоре вернуться к этому вопросу; наконец, последний — Бейринк — категорически отрицает возможность культивировать эту бактерию без соединений азота. Зато он ей приписывает способность выискивать в окружающей среде и усвоить малейшие следы каких бы то ни было соединений азота. Таким образом, исключительную способность этих бактерий усвоить азот воздуха, еще далеко нельзя считать доказанной, и это составляет пока самую уязвимую сторону всей теории²⁾. Но, конечно, отсутствие такого прямого доказательства роли бактерий в процессе усвоения азота

¹⁾ В настоящее время теория Декандоля вновь становится модной (примеч. 1919 г.).

²⁾ Позднее Виноградскому удалось найти бактерии, усваивающие свободный азот. Наконец, Мазе удалось доказать непосредственное усвоение азота бактерией желвачков в чистых культурах.

не может нисколько пошатнуть доверия к основному факту усвоения азота при совокупном действии бобового растения, бактерий и почвы. Если бы могла явиться тень сомнения, то и она устраняется следующим блестящим опытом Шлезинга-сына. Во всех до сих пор нами описанных случаях усвоение азота доказывалось так называемым *не прямым* путем—из разности в количествах азота в семени и в полученном из него растении. Зная, что в распоряжении растения не было иного азота, кроме свободного, мы неизбежно приходим к заключению, что усвоение его растением произошло на счет этого источника. Шлезинг попытался доказать *прямым* путем, что азот этот, действительно, взялся из воздуха. Для этого опыт Гельригеля он произвел в замкнутом пространстве и после опыта сделал анализ оставшегося в сосуде воздуха. Оказалась очевидная убыль в азоте и почти полное совпадение между количеством азота, исчезнувшим из воздуха и отложившимся в растении¹⁾.

Представляется еще вопрос: если не подлежит сомнению, что азот усваивается при совокупном действии растения бактерий и почвы, то не можем ли мы узнать, где именно происходит этот процесс? В своей последней работе, в которой он вынужден признать важность теории Гельригеля, Франк утверждает, но не приводя никаких доказательств, что заражение не ограничивается одними желвачками, а распространяется далее и сообщает всему растению, со включением листьев, способность усваивать азот, которой оно ранее не обладало. В виду голословности этого предположения, остается более вероятным, что способность к усвоению принадлежит подземным частям. Это предположение подтверждается новейшими (1892 г.) исследованиями Коссовича. Весьма тщательными опытами, произведенными также в описанной выше опытной теплице в Петровской академии, Коссовичу удалось доказать, что, когда из почвы будет устранен азот (почвенный воздух заменяется искусственной смесью кислорода и

¹⁾ Исчезло азота: в одном опыте—36, в другом—32 миллиграмма. Усвоено растением: в первом случае—40, во втором—34. Принимая во внимание сложность опыта, более полного совпадения трудно было ожидать.

водорода¹⁾, то растение (горох) не развивается. Следовательно, для усвоения азота необходимо, чтобы он находился именно в почве.

Остается сделать еще один шаг—задаться вопросом: где же лежит очаг деятельности этих бактерий? Всего естественнее предположить, что в самих желвачках. С этой точки зрения интересно было непосредственно изучить отношение этих желвачков к атмосферному воздуху, убедиться прямым опытом, поглощают ли они азот. Из частного разговора с Берглю мне было известно, что подобный опыт не дал ему результатов, но возможно, что его прием анализа газов не был достаточно чувствителен, и потому летом 1892 года я предпринял это исследование при помощи более чувствительного приема, который давал мне превосходные результаты в других областях физиологии. Опыты производились как над желвачками, отделенными от корней (что достигается без их повреждения), так и над корнями, покрытыми желвачками, и ни в одном случае нельзя было показать поглощения азота из атмосферы¹⁾. Чувствительность приема исследования в десять и даже во сто раз превышала потребную для обнаружения явления, если б оно существовало.

Таким образом, ближайшая сущность процесса остается для нас еще неясной. Мы не знаем, где и как происходит этот еще загадочный с химической точки зрения процесс усвоения свободного азота. В виду приведенных результатов становится более вероятным, что он происходит в самой почве, а не в растении²⁾. Во всяком случае, отсутствием сведений о том, *где и как* усваивается азот атмосферы, ни мало не под-

¹⁾ Всех опытов было произведено 40. Подробности изложены мною в реферате, сделанном в Петербургском ботаническом обществе в декабре 1892 г.

²⁾ Возможно, что полный жизненный цикл этих бактерий связан с разномыслием, т.-е. со странствованием из растения в почву и обратно, при чем в одной среде микроорганизм питается преимущественно на счет азота, а в другой—на счет углерода—это до некоторой степени напоминало бы так называемые фракционированные культуры, где растения получают все питательные вещества не одновременно, а последовательно. До известной степени даже мало вероятно, чтобы бактерии для усвоения азота проникали в ткани растения, где его находится приблизительно в 50 раз

вергается сомнению самый факт, что при взаимодействии бактерий и почвы свободный азот атмосферы служит для питания бобовых растений.

Как бы то ни было, но вековой вопрос о роли бобовых растений в плодосменной культуре получил блестящее и неожиданное разрешение. Этим значением своим, способностью увеличивать производительность земли, способностью обогащать земледельца на счет дарового источника удобрения—воздуха, бобовые растения обязаны одной из тех бактерий, в которых до сих пор мы привыкли видеть только страшных неотразимых врагов.

Но кому же из ученых, с деятельностью которых мы ознакомились в этом очерке, отведем мы первенствующее место в истории занимающего нас вопроса? Под впечатлением вновь открытых фактов является весьма естественное, но едва ли справедливое стремление преувеличить заслуги того, кто сказал последнее слово, завершающее стройное здание теории. Заслугу Гельригеля превозносят,—что было бы только справедливо,—но рядом с этим проскользает стремление унижить значение другого ученого, имя которого навеки связано с историей этого вопроса: я разумею Буссенго. Нередко можно услышать такое суждение: «А все же эти хваленые, признанные классическими опыты Буссенго оказались неверными, привели к ложному заключению, сбили науку с настоящего пути».—Я полагаю, тех фактов, с которыми мы ознакомились, достаточно для того, чтобы обнаружить всю несостоятельность такого мнения.

Не только все опыты Буссенго сохранили полное значение и остаются классическими образцами такого рода исследований,—Гельригель и Пражмовский сами о том свидетельствуют,—но едва ли можно сомневаться в том, что и общее направление, которое получил вопрос о роли бобовых

менее, чем в воздухе. Пр. Крашевинников повторил эти опыты и получил положительные результаты, т.-е. желвачки усвоили азот, но опыты эти еще мало убедительны, так как количества поглощаемого азота были ничтожны, результаты иногда противоречивы, а главное, условия не нормальны. Желвачки получали такие количества кислорода, каких в природе не бывает.

растений, дал именно Буссенго. Он, и никто другой, более чем полвека тому назад, опираясь на цифры, высказал мысль, что *вопрос о бобовых растениях есть вопрос об азоте*, вопрос об его утилизации из единственного дарового источника — из воздуха. Но, скажут, всеми своими последующими опытами он доказал обратное — невозможность усвоения свободного азота растением. Конечно, но эти опыты были необходимым и самым важным шагом, без которого немислимы были бы и дальнейшие шаги Гельригеля. Положение, установленное трудами Буссенго, что ни одно растение, не исключая и бобовых, *само по себе* не усваивает азота атмосферы, остается более широким законом природы, чем положение, выясненное Гельригелем, что *при известных условиях* бобовые приобретают эту способность. Факт, установленный трудами Буссенго, — общее правило; факт, открытый Гельригелем, — только исключение. Не будь правила, не была бы понятна и та *исключительная* роль, которую играют бобовые растения в экономии природы. Наконец, только повторяя и подтверждая исследования Буссенго над усвоением селитры, встретился Гельригель с уклоном, представляемым бобовыми растениями. Ключом, объяснившим это противоречие, послужило ему, по его собственному заявлению, мнение Бертоло, что в почве совершается под влиянием микроорганизмов усвоение азота. Но откуда эта мысль явилась у Бертоло? Толчком к тому, очевидно, было замечательное открытие Шлезинга и Мюнца, что образование селитры в почве — не простой химический процесс, как полагали до тех пор, а результат деятельности микроорганизмов¹⁾. Но что же могло, в свою очередь, навести этих двух ученых на мысль искать в деятельности микроорганизмов причину этого явления? Конечно, прежде всего влияние идей Пастера, который еще в 1862 году указывал на необходимость пересмотреть вопрос о нитрификации с новой точки зрения. Но несомненно, что и Буссенго фактически этому способствовал. В своей последней работе по этому вопросу он показал, что для успешного образования селитры

¹⁾ Сам Бертоло, как известно, сначала склонялся более в пользу влияния атмосферного электричества в процессе связывания азота почвой.

необходимо именно присутствие органического вещества почвы. Это вещество служит как бы ферментом, без которого нельзя быть уверенным в образовании селитры. Не подлежит сомнению, что этот факт, между прочим, обратил на себя внимание Шлезинга и Мюнца (учеников и ревностных последователей Буссенго) и побудил их применить идеи Пастёра к вопросу о нитрификации¹⁾. Итак, вот последовательность научной мысли, приведшей к открытию Гельригеля. Пастёр указывает, что нитрификация, вероятно, находится в связи с присутствием микроорганизмов; Буссенго показывает на опыте, что для нее необходимо присутствие органического вещества почвы. Шлезинг и Мюнц доказывают верность идеи Пастёра и объясняют факт, открытый Буссенго. Бергло приходит к заключению, что микроорганизмы, вероятно, усваивают азот в почве. Гельригель доказывает, что такие же микроорганизмы, поселяясь на бобовых растениях, сообщают им способность усваивать атмосферный азот.

Итак, вполне признавая упорный труд, проницательность и экспериментальное искусство Гельригеля, не станем выдвигать заслуг этого ученого в ущерб заслугам Буссенго, более разносторонним, даже в области занимающего нас частного вопроса, не говоря уже о широком значении этого деятеля, как творца современного научного метода исследования в смежной области рациональной агрономии и физиологии растений.

В последнее время, у нас нередко ставился вопрос: нуждается ли земледелие в науке, и каковы должны быть их взаимные отношения? Я полагаю, что в приведенном очерке найдется материал, на основании которого, желающие могут себе составить по этим вопросам определенное суждение.

¹⁾ Дегерен свидетельствует, что в разговорах Буссенго постоянно высказывал мысль, что в этих явлениях играют роль, как он выражался в шутку, «les champignons de Pasteur» — «Грибы Пастёра».

VII.

Полвека опытных станций¹⁾).

Мм. гг.! Политехнический музей, приглашая вас на ежегодное празднование дня своего открытия, в обзоре своей годичной деятельности, в сообщениях, обставленных богатыми новыми приобретениями, — представляет вам отчет в том, что им уже сделано, в тех успехах, которые ему удалось осуществить.

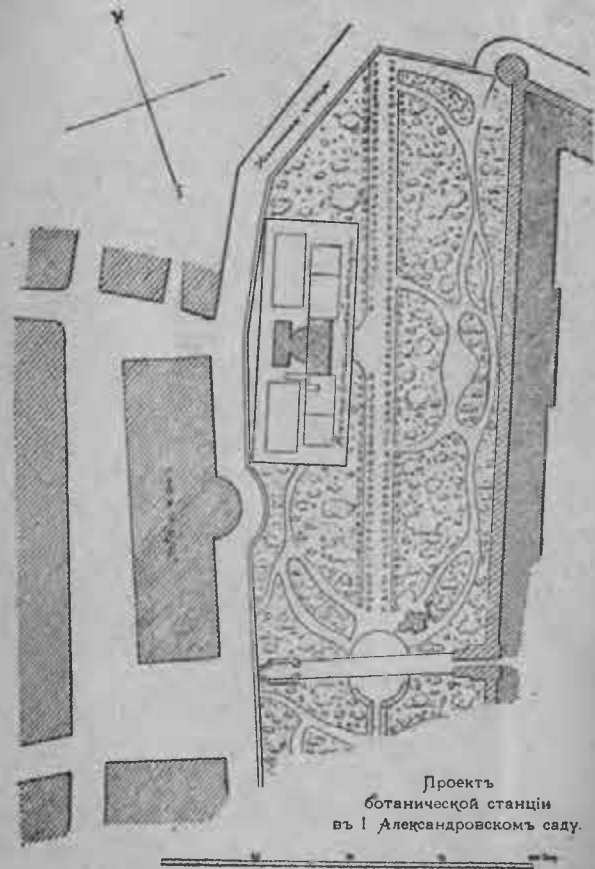
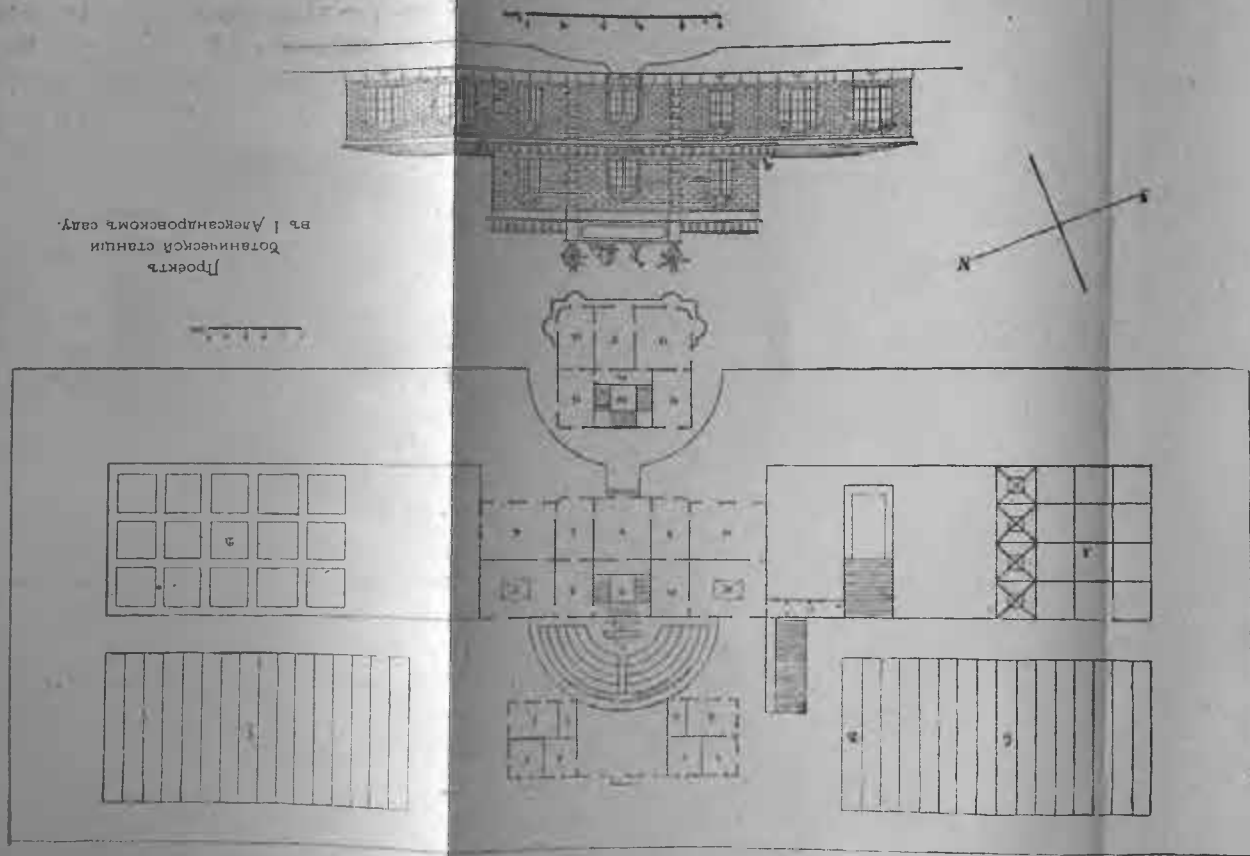
На мою долю выпадает сегодня задача совершенно иного рода; мне приходится говорить о том, что мы еще намерены или, выражаясь осторожнее, что мы желали бы осуществить. Председатель едва только начавшего свое существование ботанического отделения общества, директор еще не существующего ботанического отдела музея, о чем же и могу говорить, как не о планах и проектах, предположениях и надеждах.

Мне кажется, однако, что изложение намеченных музейем целей и задач полезно, даже необходимо уже потому, что, от степени сочувствия, которое они встретят в образованном обществе, от распространения убеждения в их полезности зависит их успех, самая возможность их осуществления.

В комитете музея неоднократно высказывалась мысль о пользе и своевременности основания отдела прикладной ботаники. Но какое же из приложений ботаники заслуживает большего внимания, как не приложение ее к земледо-

¹⁾ Речь, читанная на годичном заседании Политехнического музея в 1885 году.

Проектъ
Ботанической станции
въ I Александровскомъ саду.



Проектъ
ботанической станции
въ I Александровскомъ саду.

лию, как не приложение основных законов растительной жизни к тем явлениям, с которыми приходится считаться сельскому хозяину в его практике. Физиология растений— именно та отрасль ботаники, прикладное, практическое значение которой растет, можно сказать, с каждым днем. Полагаю, почти излишне повторять здесь сравнение между медициной и физиологией животных, с одной стороны, и земледелием и физиологией растений—с другой,—сравнение это уже стало ходячей истиной. Как медик может себе дать отчет в своей деятельности только благодаря исследованиям физиолога, так точно и земледелец может осмыслить свою деятельность только благодаря исследованиям ботаника.

Но что представил бы нам отдел физиологии растений, если б таковой когда-либо возник здесь, при музее? Очевидно, эта была бы только коллекция инструментов и приборов, употребляемых при физиологических исследованиях, поясненная, пожалуй, еще рисунками и чертежами. Подобные коллекции всегда представлялись мне чем-то в высшей степени бесполезным и непроизводительным. Как мало пользы, с одной стороны, в беглом обзоре таких коллекций, хранящихся за стеклом витрин, а с другой стороны—какое производительное назначение они могли бы получить в руках исследователей, так часто в них нуждающихся. Для того, чтобы оживить эту коллекцию, сделать ее более назидательной для обыкновенного посетителя, ее нужно показать ему в действии; для того, чтобы этот капитал не лежал мертвым, его нужно пустить в оборот, чтобы он приносил процент— нравственный, конечно, в форме обогащения науки новыми приобретениями, новыми опытными исследованиями. А для этого коллекции эти должны разместиться в особо приспособленном помещении, имеющем характер лаборатории. Это еще не все. Физиологический опыт требует не одних только инструментов и приборов,—для него необходим живой материал, с поля, с гряды или из теплицы. Таким образом, ботанический отдел музея тогда только будет наиболее поучительным и полезным, когда это будет не обычная музейская коллекция, а коллекция, помещенная в обстановке лаборатории и снабженная теплицей и участком земли. Но тогда

это будет именно то, что, за неимением более удачного выражения, принято называть *опытной станцией*.

Первая мысль об организации при музее опытной станции принадлежит, если не ошибаюсь, нашему глубокоуважаемому председателю, Дмитрию Алексеевичу Наумову. Я мог только отнестись к этой мысли с полным сочувствием и предложить свое посильное содействие к ее осуществлению. По счастью, наш музей находится в исключительно благоприятных условиях. Благодаря данной ему возможности воспользоваться частью Кремлевского сада, он мог бы осуществить свой отдел прикладной ботаники именно в форме такой опытной станции.

Но посмотрим, что такое представляют эти опытные станции, где и как они возникли и к которому из различных их типов должна примкнуть предлагаемая станция в Александровском саду.

Немецкие ученые, нередко считающие науку чуть не своей монополией, ведут летосчисление опытных станций с основания первой немецкой станции в Меккерне в 1852 г., и потому в 1877 году праздновали первое их двадцатипятилетие. Не подлежит сомнению, что с перенесением на немецкую почву дело опытных станций развилось и получило более систематическую организацию, но возникло оно гораздо ранее и не в Германии. В 1834 году молодой французский химик Жан-Батист Буссенго женился на m-ле Лебель и получил в приданое часть богатого эльзасского имения *Бехельброн*. В том же 1834 году, в Англии, другой молодой человек, Джон Бенет Лооз (Lawes) достиг совершеннолетия и вступил во владение большим родовым имением *Ротгамстед*, недалеко от Лондона. Эти два так странно совпавшие факта, можно сказать чисто интимно-семейного свойства, имели важное влияние на успехи нашей науки. Никогда, быть-может, земельная собственность не попадала в более достойные руки: оба молодые человека, очевидно, были проникнуты той же идеей, что эта земля не только доставляла им возможность эксплуатировать чужой труд на свою пользу, но как бы налагала на них нравственную обязанность приложить к ней свой труд на пользу общую, на пользу науки.

В Бехельброне и Ротгамстеде возникли первые «лаборатории на ферме» ¹⁾. Ни Буссенго ни Лооз не подозревали о существовании один другого и только чрез много лет сошлись на поприще общих научных исследований, главным образом, в качестве соперников и в известном смысле победителей более талантливом, но зато и более односторонне увлекавшемся Либиха. Когда устроились эти лаборатории, когда приступили к своим исследованиям их владельцы? Определить это с полною достоверностью, как и начало всякого дела, довольно трудно, но, судя по тому, что уже в 1836 г. стали появляться их труды, должно заключить, что они не теряли времени, и потому начало организации этих первых опытных станций с полным правом должно отнести к 1835 году, т.-е. ровно за полвека до настоящего времени. К началу сороковых годов Ротгамстедская станция была уже вполне организована, и труды ее вскоре успели приобрести такую популярность между английскими сельскими хозяевами, что в 1853 г. по общественной подписке была построена в Ротгамстеде и подарена Лоозу новая каменная лаборатория, действующая и до сих пор. Первая же немецкая станция, как мы видели, возникла в 1852 г., зато вслед за ней стали быстро возникать другие, так что к 25-летнему юбилею их насчитывали уже 74.

Но едва ли упомянутые первые центры этого движения уступают своим молодым соперникам в широте задач, а что касается Ротгамстеда, и в роскоши их осуществления. Значение Буссенго для научной агрономии не без основания уподобляют, до некоторой степени, значению Лавуазье для химии вообще. Вместо полу-эмпирических, полу-априорных представлений о питании растений, из которых исходил Теер, — представлений, уже и тогда шедших в разрез с фактами, приобретенными наукой, Буссенго поставил строго-научную задачу: при помощи весов учесть баланс вещества для каждого агрономического процесса, составить уравнение, в котором, с одной стороны, находились бы вещества, доста-

¹⁾ Gilbert. «Inaugural lecture at the University Museum», Oxford. 1884 г.
Гильберт. Вступительная лекция в университетском музее. Оксфорд. 1884.

вляемые растению, а с другой — продукты, получаемые как результат растительного процесса ¹⁾). Нигде, быть-может, не выступает с большею очевидностью тождество целей и средств научной агрономии и физиологии растений, как в этой полувековой научной деятельности Буссенго. На заголовке семи томов своих исследований он должен был поставить слова «Agronomie, Chimie agricole et Physiologie» ²⁾ и действительно трудно сказать, к которой из смежных областей этих трех отраслей знания может быть с большим правом отнесена его деятельность.

Те же широкие задачи в течение более чем сорока лет преследуются на полях и в лаборатории Ротгамстеда. Нет возможности в кратком сообщении представить даже беглый перечень того, что сделано на этой станции: пять больших томов далеко не вмещают всего уже приобретенного там фактического материала; во французской (Ронна) и позднее в немецкой (Беренд) агрономической литературе появились даже специальные сочинения, посвященные описанию Ротгамстеда и произведенных там опытов. Для того, чтобы дать понятие о том, как обставлены эти опыты, стоит только произнести звучащую чем-то баснословным для нашего непривычного слуха цифру — 1.500.000 рублей, которые вместе с необходимым участком земли получит, по завещанию Лооза, после его смерти — Ротгамстедская станция. Учреждение, обладающее землями и полуторамилионным капиталом, — можно подумать, что идет речь о средневековом монастыре или о современной фабрике, а не о скромной лаборатории, посвященной бескорыстному служению науке!

Такова старшая из станций, но и меньшие стараются от них не отставать. Едва ли не самой младшей можно считать не вполне еще оконченную станцию (Station de chimie végétale) в Мёдоне, близ Парижа, которую правительство Французской республики поспешило устроить для знаменитого химика Бертелло, как только он обнаружил желание заняться

¹⁾ *Dumas*. Rapport à l'Académie des Sciences. 1839. *Дюма*. Отчет академии наук. 1839.

²⁾ Земледелие, агрономическая химия и физиология растений.

применением химии к физиологии растений. В его распоряжение предоставлен целый парк с остатком замка, и теперь на тех высотах, с которых Генрих IV следил за осадой Парижа, разбиты квадратики с различными культурными и сорными растениями, построены две лаборатории и очень высокая башня, сооруженная на этот раз не для стратегических целей, а исключительно для опытов Бертелло над влиянием атмосферного электричества на усвоение азота растением. На той самой террасе, на которой, по свидетельству хроникера, Генрих IV получил весть об убийстве Генриха III,—Бертелло развивал мне мирные планы своих культур, направленных к разъяснению вопроса о происхождении селитры растений.

Но, быть-может, мне готовы возразить: что же общего между этими опытными станциями, находящимися в связи со значительными земельными угодьями, и тем, что предполагается, что можно создать в Александровском саду? Как только возникла мысль об организации такой станции, мне неоднократно приходилось выслушивать возражения в форме иронического вопроса: «Что ж, вы и рожь будете сеять в Александровском саду?»—при чем спрашивавший, очевидно, полагал, что в самом вопросе заключается неотразимое *reductio ad absurdum*¹⁾. На этот и подобные им вопросы мы можем ответить—да, мы будем и рожь сеять, и не только прямо в почву, а в ящиках, в горшках, мало того, в банках с водою, и, поступая так, будем, тем не менее, итти к цели—к пониманию того, что совершается в поле.

Объясним, в чем дело. Рядом с опытами в поле, подобным ротгамстедским и возможным только при такой широкой обстановке, преимущественно на немецких станциях, выработались до высокой степени совершенства методы культур в малых размерах в таких определенных условиях, которые только и допускают строго научную постановку и разрешение вопросов. Только при такой обстановке и возможен собственно *опыт*. Все то, что сельские хозяева нередко величают этим именем,—только более или менее грубые

1) Сведение к абсурду. Доказательство бессмысленности чего-нибудь.

наблюдения, приобретающие цену лишь при увеличении их числа. В немецкой агрономической литературе все более и более определенно высказывается этот взгляд, а вместе с тем изменяются и задачи опытных станций. Авторитетные голоса высказываются против существования опытных полей при станциях. Наблюдения на опытных полях, по их мнению, должны производиться самими хозяевами, в возможно большем числе, при возможно разнообразных условиях, и метод исследования должен быть чисто статистический, устраняющий ошибки или частности путем средних чисел ¹⁾. На станциях же должны производиться опыты строго научные, методом экспериментальным, применимым только в небольших квадратах земли или в ящиках (*cases de végétation*), как, напр., в опытах Вагнера, или же, наконец, при помощи искусственных культур: *песочной*, введенной в употребление Буссенго и разработанной Гельригелем, или *водной*, разработанной Кнопом и доведенной до такого совершенства в опытах Ноббе.

Таким образом все более и более вырабатывается тип того, что можно назвать *растительно-физиологической станцией*, не ведущей никакого полевого хозяйства и довольствующейся самым ограниченным пространством земли. В Медоне, несмотря на достаточные земельные угодья, не предполагается иметь полей, а лишь куртины с растениями для исследования. Одна из самых заслуженных германских станций—станция Вольфа в Гогенгейме—не занимает, вероятно, и полудесятины; *Station de l'Est* (восточная станция), Грандо,

¹⁾ По мысли Мергери, отстаивающего подобную независимость опытных полей от станций, в одной Саксонии организовалась сеть подобных полей, числом более 100, действующих по одному общему плану. Сходные с этим взгляды во Франции пропагандировал Грандо. Циркуляром министра земледелия Гомо учреждаются в каждом департаменте, не имеющем еще опытной станции, *опытные поля* (*champs d'expériences et de recherches*) и сверх того, в каждом департаменте возможно большое число *образцовых показных полей* (*champs de démonstration*). Цель первых служить для исследования новых вопросов, цель вторых наглядно призывать результаты действия удобрений и других приемов культуры, вполне уже оправдавшиеся и способных вызвать сельских хозяев на подражание.

в Нанси, помещается среди города и довольствуется крошечным садиком; Тарандская станция Ноббе почти ограничивается одной его теплицей для водной культуры; наконец недавно отстроенный берлинский агрономический институт устроил подобную теплицу у себя на крыше наподобие фотографического павильона. Если не считать тех станций, которые имеют предметом зоотехнику, и тех, которые преследуют побочные, нередко скорее промышленные, чем научные цели, то большинство станций приближается к этому типу, который мы назвали растительно-физиологическим. На них строго научными методами исследуются явления растительной жизни, имеющие отношение к вопросам сельско-хозяйственной практики.

К этому типу, очевидно, должна принадлежать и предполагаемая нами станция. Но для того, чтобы еще лучше выяснить себе ее задачи и средства, которыми они должны достигаться, позвольте вас пригласить, сделав некоторое усилие воображения, представить себе, что мы уже не в 1885, а в 1895 или, может-быть, вернее, в 1905 ¹⁾ году, что станция уже готова и мы можем прогуляться по всем ее помещениям, чтобы посмотреть, каким требованиям должна удовлетворять подобная идеальная станция.

Небольшой участок Кремлевского сада, ею занимаемый, лежит прямо против конца Никитской (таб. I). Один вход ведет в нее с Никитской, другой — со средней дорожки сада. Вся станция состоит из постройки, где помещаются лаборатории, теплицы и пр., и участков, где культивируются растения. Войдем с Никитской (таб. II) и, пройдя через сени и аудиторию (1. 2.), в которую вернемся после, пройдем прямо в сообщающуюся с ней комнату, предназначенную для химических исследований (7). Помещение это, понятно, должно быть снабжено всем необходимым для аналитических работ, как для элементарного анализа, так и для анализа золы растений, почв, удобрений и т. д. За ним, но имея совершенно свободное сообщение с другими частями здания, микроскопическая комната (6), обращенная на север и северо-

¹⁾ И даже не в 1915 г. (примеч. 1919 г.).

восток, со всеми приспособлениями для микроскопических и микро-химических исследований — для изучения здоровых и больных растений, — для чего здесь должны находиться коллекции растительных продуктов и растений, зараженных паразитами. Тут же должны помешаться приборы для изучения технических свойств растительных волокон, древесины и пр., — словом, все, что касается до изучения строения растения.

Далее переходим в имеющую прямое сообщение с химической лабораторией комнату (5) для весов и физических инструментов (спектроскопа, сахариметра, калориметра и пр.), вообще для всякого рода исследований при помощи физических методов. Пройденная нами часть здания, таким образом, предназначена для химического, физического и микроскопического исследования частей растения, растительных продуктов и пр.

Чрез среднюю комнату (4), заключающую необходимую справочную библиотеку, коллекции рисунков, фотографий, моделей и пр. и служащую для заседаний комитета станции, переходим в левую половину здания, предназначенную для опытов над живыми растениями.

Здесь прежде всего находим светлую комнату (9) и в связи с нею другую, темную (14), долженствующие служить для исследования над ростом растений и обстоятельствами, его обуславливающими. В этом помещении собраны доведенные теперь до такой степени совершенства самопишущие приборы, измеряющие рост, приборы для получения постоянных температур (термостаты), вращающиеся приборы (клиностаты), позволяющие устранить одностороннее действие света и притяжения земли. Темная комната, со стенами, полом и потолком, выкрашенным черной краской, служит для сравнительных опытов над зависимостью роста и других отклонений растения от света.

Угловая и самая светлая комната (10) служит для изучения семян и их прорастания, а равно и для опытов над питанием корнями. Здесь должны быть показаны все приемы исследования, составляющие специальность так называемых станций для контроля семян. Здесь же собрано все

необходимое для опытов над выращиванием растений в искусственных почвах и растворах, — опытов, составляющих до сих пор одну из главных задач опытных станций. Смежное помещение (11) служит для составления более громоздких приборов для изучения физиологии листа, т. е. его питания на счет углекислоты воздуха, его отношения к атмосферному азоту, а также испарения им воды. Для этих последних опытов могут служить самопишущие весы, подобные, напр., весам парижского механика Редье, Ришара и др.

Все приборы, собираемые в последних двух комнатах, выносятся или выкатываются на воздух, на небольшой огороженный и вымощенный асфальтом дворик, или поступают в специально для того приспособленную теплицу (12). Подобные теплицы составляют самую существенную часть германских опытных станций. Самой образцовой можно считать теплицу, устроенную Ноббе в Таранде ¹⁾. В этой теплице горшки или банки с растениями, смотря по тому, производятся ли опыты в искусственных почвах или в растворах, размещаются на столиках, снабженных колесами, и по рельсам выкатываются на открытый воздух. Таким образом, растения, над которыми производится опыт, все время находятся на воздухе при полном освещении и только ночью или в ненастье вкатываются в теплицу. Это, повторяю, самое важное из научных пособий опытных станций.

В ближайшем соседстве с этой теплицей, но уже на открытом воздухе можно заметить ряд квадратов (А) — это выложенные цементом клетки (*cases de végétation*) для исследований в больших размерах, прямо в почве, которой наполняются эти клетки. Некоторые из клеток имеют двойное дно для собирания и исследования просочившейся через почву воды, это — так называемые лизиметры. Тут же рядом помещается такой же величины дождемер. Все эти приспособления назначаются для опытов, имеющих целью учет прихода и расхода воды и питательных веществ в почве, в особенности исследование самого, быть-может, капитального,

¹⁾ Через год после устройства тарандской теплицы такая же, но, конечно, менее роскошная была устроена мною в Петровской академии.

но далеко еще не выясненного вопроса о происхождении и источниках азота растений и о роли бобовых растений в севообороте.

Возвращаясь назад, заглянем в маленькую тепличку (13), — совсем маленькую, так как она должна отличаться от всех виданных мною теплиц тем, что в ней не должно быть ни одного из тех растений, образующих обыкновенно фон или задний план в любой почти оранжерее, — здесь, напротив, должны находиться исключительно только растения, любопытные в физиологическом отношении, а также некоторые культурные растения теплых стран.

Пройдя снова через аудиторию, — заметим мимоходом, что все части станции непосредственно с ней сообщаются для того, чтобы легко было все в нее доставлять, — поднимемся по лестнице (3) в верхний этаж.

Первая комната налево (15), совершенно уединенная, с двойными дверями, окнами, обращенными на север, — словом, со всеми обычными для того приспособлениями, — предназначена для анализа газов, т.-е. для изучения важнейших отправления растений — разложения углекислоты, дыхания, брожения и пр. Смежная с ней, угловая, также могущая быть изолированной комната (16) предназначена для бактериологических исследований — для микроскопического анализа воздуха, воды и почвы, вообще для исследования тех многочисленных вопросов, которые, захватывая все более и более область гигиены и медицины, по своему объекту и по употребляемым методам составляют, тем не менее, одну из отраслей физиологии растений.

Средняя комната (17) служит для помещения метеорологических инструментов. Здесь найдем: электрический термометр Беккереля, позволяющий изучать температуру в стволе соседнего дерева, в почве и на ее поверхности, покрытой и не покрытой растительностью; самопишущий актинограф Крива, прямо записывающий интенсивность и продолжительность инсоляции, и т. д. Вообще метеорологические наблюдения, производимые на станции, должны существенно отличаться от тех, которые производятся на большинстве метеорологических обсерваторий: главное внимание должно быть

сосредоточено на изучении инсоляции и испарения, этих важнейших факторов растительной жизни, и могут быть, напр., совершенно опущены обычные барометрические, анемометрические и др. наблюдения, так как одна лишняя станция в этом направлении ничего не прибавит, а для ее специальных целей подобные наблюдения были бы почти излишни.

Большая комната, обращенная на юг, с угловым балконом и, вопреки правилам архитектурной симметрии, с маленьким угловым окошечком, предназначена для опытов над влиянием света на всевозможные растительные процессы. С этой целью на балконе против углового окошечка помещается больших размеров гелиостат, благодаря этому положению господствующий над значительной частью горизонта, так что исследователь в течение почти целого дня имеет в своем распоряжении луч солнца, направленный по диагонали комнаты. Комната, конечно, снабжена приспособлениями для ее затемнения, так чтобы исследование было возможно под исключительным влиянием этого луча солнца, непосредственного или разложенного призмой.

Наконец небольшая темная комната (19) рядом служит для приготовления растений к опытам над влиянием света; она же может служить и фотографической лабораторией, так как при той доступности, которой достигло теперь это искусство, весьма полезно доставить станций возможность фотографировать результаты опытов, т. - е. растения, получаемые при искусственных культурах, при действии удобрений и т. д.

Нам остается еще заглянуть на террасу дома и пройти по остальному саду станции. Терраса или платформа необходима для опытов над разложением углекислоты растением и над его испарением в течение целого дня и совместным с ними актинометрических наблюдений. Один из самых коренных вопросов—вопрос о зависимости растения от климатических данных—находится еще в младенчестве. Обычный прием вычисления сумм температур представляет только грубое приближение; точного результата можно ждать только от ряда актинометрических и параллельно с ними произведенных физиологических опытов. Для этого-то и будет служить

верхняя терраса: здесь будет помещен аппарат, регистрирующий продолжительность инсоляции (напр., прибор Джордана)¹⁾, будут производиться актинометрические и пиргелиометрические определения для оценки инсоляции в единицах тепла (калориях, а не в градусах термометра, что при настоящих средствах наблюдения уже не имеет значения) и тут же будет измеряться количество химической работы в растении. Только от такого рода наблюдений метеорологи, а следовательно и сельские хозяева могут ожидать надежных, прочных данных.

Опустимся снова в нижний этаж и чрез наружную дверь выйдем прямо в сад. Эти квадраты направо (D) предназначены для опытов над действием удобрений прямо в почве, для определения органической массы, получаемой при различных культурах²⁾, для вычисления листовой поверхности и быстроты испарения воды растениями, для опытов над изменением ботанического состава растительности под влиянием удобрений, как это делается в Ротгамстеде, и т. д. Грядки налево за домом (С. В.) будут засажены коллекциями главнейших культурных и сорных растений, в достаточном количестве экземпляров для того, чтобы они могли служить материалом для исследования, для анализов и, наконец, для изучения самых форм, напр., для изучения корневой системы (известным способом, при помощи вырывания параллельных грядкам канав и обнажения корней сильной струей воды из насоса)³⁾.

Наконец такие же грядки направо за домом (Е) будут заключать небольшую систематическую коллекцию растений, главным образом для демонстрации на лекциях, — а если окажется возможным, и коллекцию патологическую.

Таков общий план организации предлагаемой станции. Его можно, пожалуй, назвать эклектическим; люди сведущие

¹⁾ Теперь превосходный радиointегратор Вильсона значительно упрощает эту задачу (см. гл. IX). (Примеч. 1919 г.).

²⁾ Наподобие тех опытов, которые производились по общей программе на германских опытных станциях, но, к сожалению, скоро прекратились.

³⁾ Превосходные наблюдения в этом направлении производятся теперь А. Ц. Модестовым в Петровской академии (прим. 1919 г.).

найдут в нем знакомые черты всех лучших учреждений в этом роде: и тарандской станции, и прелестной маленькой Джодрельской лаборатории в Кью, и Station de l'Est (Восточной станции в Нанси), и Ротгамстеда, и Монсури, и многих других, зато, я полагаю, не найдется ни одной отрасли исследования, которая не имела бы себе здесь соответственного помещения.

Но предлагаемый проект представляет одну характеристическую особенность, отличающую его от всех подобных учреждений. Это—присутствие аудитории. Оно вызвано самую сущностью дела, той двойственной целью, которой должна отвечать станция. Без этой аудитории мы имели бы лабораторию для ученых исследований, с помещениями, в которые публика могла бы проникать лишь с известными ограничениями, в известные дни и часы. В эту аудиторию, как мы видели, удобно сообщающуюся со всеми частями здания, будут доставляться все приборы, выращенные растения и пр.,—одним словом, здесь будут демонстрироваться, станут доступными возможно большему кругу интересующихся приемы исследования и результаты деятельности станции. Демонстрации эти могут иметь форму отдельных лекций, как и теперь это практикуется в музее, или целых связных курсов. Нередко возражают, что подобные лекции могут удовлетворить лишь праздное любопытство, что серьезного значения им нельзя придавать, но я позволю себе с этим не согласиться. Образец, правда трудно достигаемый, подобных лекций доставил тот же Буссенго своими курсами в парижском Conservatoire des Arts et Métiers¹⁾—этом прототипе всех политехнических музеев в мире, в том числе и нашего. Курс Буссенго, как и все курсы в консерватории, был вполне публичный и бесплатный: на скамьях амфитеатра можно было встретить и иностранца-ученого, приехавшего издалека, и студента, и блузника, порой и бульварного франта, забежавшего только погреться—и, несмотря на эту кажущуюся невозможную пестроту аудитории, лекции отличались самой строгой научностью содержания. Я могу смело сказать, что эта публичная

¹⁾ Консерватория искусств и ремесл.

аудитория была в то время единственной аудиторией в Европе, в которой можно было научиться экспериментальной физиологии растений, да и в настоящее время я затруднился бы назвать тот европейский университет, где бы нашлась подобная аудитория. Скажу более, ни до тех пор, ни после я не видал такой своеобразной экспериментальной обстановки на лекциях. Это не были появившиеся позднее, блестящие, но только приблизительно верные «Vorlesungsversuch'i», а, напротив, перед глазами слушателей проходили не эффектные, но поучительные фазы настоящего научного исследования, производились настоящие взвешивания, настоящие титрования и т. д., так что в результате получались действительные, реальные цифры. Когда разносился слух, что Буссенго будет излагать какой-нибудь новый прием исследования, другие парижские лаборатории присылали на эту публичную лекцию своих представителей учиться.

Итак, в предлагаемой аудитории, благодаря тем научным пособиям, которыми будет располагать станция, и преподаватель сельского хозяйства, и химик-агроном, и ботаник-физиолог найдут возможность доставлять всем интересующимся наглядное понятие о том, что может сделать наука для земледелия и чего она не может сделать, что в праве и чего не в праве требовать от нее практика, — словом, явится возможность широкого распространения знаний по прикладной ботанике, что и составляет задачу музея.

Но, быть-может, мне готовы сделать возражение иного рода: откуда возьмутся научные силы, тот контингент исследователей, который будет извлекать пользу из собранных здесь научных средств? Я полагаю, что лаборатории станции должны быть открыты для всякого, кто жаждет и в состоянии работать, а что в таких работниках не будет недостатка, порукой тому счастливое географическое положение Александровского сада, в двух шагах от университета. Учащиеся в нем и оставленные при нем для совершенствования в науках, вообще все, кто интересуется земледелием и физиологией растений, составят контингент исследователей, который не замедлит извлечь из станции всю возможную пользу, тем более, — и это мне, конечно, известно лучше,

чем кому другому,—что университетская кафедра физиологии растений в настоящую минуту не обладает даже самым необходимым, да и в ближайшем будущем едва ли можно ожидать улучшения этого положения.

И почти уверен, что при этих словах многим невольно придет на память Мольеровское — «*Vous êtes orfèvre, monsieur Jausse*»¹⁾. — Если не скажут, то подумают: «Он горячо отстаивает своей проект, доказывая его пользу для музея, а на уме у него интересы университета, забота о своей кафедре». Охотно сознаюсь в этом, потому что глубоко убежден в том, что интересы университета не могут быть чужды музею, не могут быть чужды Обществу любителей естествознания, обществу университетскому,—не могут быть, наконец, чужды всему образованному обществу. В последнее время нам не раз приходилось слышать в этой аудитории описания, видеть на этом экране изображения той роскошной обстановки, которой блещут новые естественно-исторические институты страсбургского университета: я сам нахожусь еще под свежим впечатлением всего виденного в Страсбурге, но признаюсь, что самой утешительной, самой ободряющей стороной всей этой материальной роскоши является не она сама, а та мысль, которая лежит в ее основе. Могущественное правительство в завоеванной стране, желая расположить к себе население этой страны и общественное мнение цивилизованной Европы, дарит этой стране роскошнейший университет в мире,—не проявляется ли в этом умственный уровень того населения, которое в роскошном университете видит лучший для себя подарок? Только при такой общности интересов образованного общества и науки и возможно процветание последней; без этого условия высшее образование всегда будет оставаться только жалкой пародией, каким-то чуждым наростом. Итак, не только не утаивая, что осуществление этого проекта принесет большую пользу университету, я, напротив, вижу в этом совпадении интересов музея и университета самый сильный аргумент в пользу проекта, который приберег к концу.

¹⁾ Смысл этих слов: «Вы защищаете интересы св. его, епископа».

Позвольте мне в заключение повторить в нескольких словах ту цепь доводов, которую я пытался только что развить.

Если музей находит своевременным и полезным создать отдел прикладной ботаники, то все внимание должно быть сосредоточено на *приложение ее к земледелию, т.-е. на физиологию растений*.

Если эта коллекция должна представлять не мертвый капитал, непроизводительно ветшая за стеклом витрин, то она должна разместиться в обстановке лаборатории, связанной с участком земли, т.-е. должна получить форму *опытной станции*.

Если, наконец, эта станция не должна быть исключительно местом для научных исследований, а в то же время, согласно назначению музея, должна служить и для целей демонстративных, то при ней необходимо иметь *аудиторию*.

Все части проекта органически между собою связаны и являются необходимым следствием двойственной задачи музея и Общества любителей естествознания—вообще служить не только развитию, но и широкому распространению знаний.

Еще один и последний вопрос. Удастся ли музею и когда удастся осуществить этот проект? Ответ на этот вопрос, как я уже сказал, будет зависеть от того, насколько мы успеем возбудить к нему сочувствие, насколько нам удастся убедить в его пользе. В одном только я твердо убежден, что если не мы, если не наше поколение, то те, кто придут нам на смену, увидят эти воздушные замки не на бумаге только и холсте, а из камня и железа. Так должно быть и так будет, если только не пустой звук эта на все лады, на каждом шагу повторяемая фраза: «Россия—страна по преимуществу земледельческая». Страна по преимуществу земледельческая, страна, благосостояние которой связано с существованием растения, до сих пор сделала и делает менее всех для изучения этого растения. Между тем как в Англии находятся люди, жертвующие на это дело миллионы, между тем как Германия потеряла и счет своим опытным станциям, у нас за эти полвека не возникло ни одной. Обязанность ботаника-физиолога при каждом удобном и неудобном случае напоминать об этой аномалии.

Мне приходится кончить тем, с чего я начал, т.-е. просить у вас, мм. гг., извинения в том, что вместо отчета о разрешенных задачах, об осуществленных успехах я позволил себе выступить перед вами с проектами, намерениями, надеждами.

Но еще Вольтер сказал, что, когда человек не находит удовлетворения в настоящем, у него остается только два утешения:

*L'un est le doux sommeil et l'autre est l'espérance*¹⁾.

Надеяться или заснуть — that is the question²⁾. Но когда сама жизнь ставит эту дилемму, то можно ли колебаться в выборе? Лучше уж надеяться, лучше тешить себя хотя бы и несбыточными надеждами, чем искать убежища в быть может и сладком, по словам поэта, конечно, безмятежном, но тем не менее, мертвящем сне.

¹⁾ Одно—сладкий сон, другое же—надежда.

²⁾ Вот в чем вопрос—слова Гамлета.

ПРИЛОЖЕНИЕ.

Пояснительная записка к проекту ботанической станции в первом Александровском саду *профессора К. А. Тимирязева*¹⁾.

В среде Общества любителей естествознания и в Комитете Московского музея прикладных знаний не раз возникал вопрос о необходимости сообщить прикладной ботанике такое же развитие, какого уже достигли другие отрасли деятельности Общества. Более чем десять лет тому назад Д. А. Наумов уже высказывал мне мысль о пользе организации при музее так называемой опытной станции. Вполне сочувствуя этой мысли, я нахожу настоящий момент удобным для ее исполнения, так как, во-первых, организация станции составила бы одну из плодотворных задач для деятельности недавно возникшего ботанического отделения общества, и, во-вторых, этим осуществлялось бы одно из лучших назначений для части Александровского сада, вопрос о котором вновь стоит на очереди.

Прежде чем приступить к изложению частных предложений предлагаемого проекта, считаю необходимым высказать несколько общих соображений.

В настоящее время не подлежит сомнению, что подобно тому, как медицина черпает данные для своих дальнейших успехов в лабораторных опытах физиолога, так и рациональное земледелие для разрешения своих вопросов в конечной инстанции обращается к растительно-физиологическим

¹⁾ Представлена в Комитет музея в апреле 1885 г.

исследованиям. Наблюдения в поле могут быть вполне выяснены только опытами в лаборатории, и, обратно, указания лабораторного опыта получают санкцию практичности только будучи проверены в поле,—точно так же, как опыт физиолога становится приобретением медицины только после предварительной проверки в клинике. Во всяком случае не подлежит сомнению, что новое объяснение, ключ к пониманию естественного явления, а следовательно и власть над ним дает только научное исследование, произведенное в точной обстановке, устраняющей те бесчисленные случайные условия, которые по самой природе вещей неустраняемы из самых тщательных наблюдений практика. «Но степень доверия,—говорит величайший из живущих авторитетов в этой области знания Буссенго,—внушаемая экспериментальным исследованием, прямо зависит от обсуждения приемов, примененных исследователем, а так как при современном состоянии агрономической науки, приступая к новому вопросу, почти всегда приходится изобретать вновь или по меньшей мере совершенствовать или видоизменять приемы исследования, то понятно, что изучение этих изобретений, усовершенствований и видоизменений должно наиболее заслуживать внимания агрономов, химиков и физиологов»¹⁾. Знакомство с теми приемами, которыми наука приобретает свои данные,—вот лучшее средство для того, чтоб оценить ее действительное значение. Эта оценка будет одинаково далека и от невежественного недоверия к науке и от не менее, быть-может, невежественной, слепой веры в ее всемогущество. Только знакомясь с теми средствами, которыми располагает наука, практик научается понимать, чего он в праве и чего не в праве ожидать от науки.

Но ботанический или еще специальное растительно-физиологический отдел музея по необходимости ограничивался бы только собранием инструментов или приборов, иллюстрирующих методы физиологического исследования. Подобная коллекция за стеклом витрин являлась бы мало поучительной

¹⁾ Boussingault. «Agronomie, Chimie agronomique, Physiologie». Avant-propos. Буссенго. Агрономия, агрономическая химия, физиология. Предисловие.

и в то же время представляла бы мертвый капитал. Для того, чтоб оживить ее, необходимо ее показать в действии; для того, чтоб сделать этот капитал производительным, необходимо, чтоб он служил для приобретения новых научных результатов.

Эта главная цель вполне достиглась бы устройством специально приспособленного помещения, где каждый прибор находился бы в соответствующей обстановке, — помещения с теплицами, необходимыми для производства опытов, и участками земли как для опытов под открытым небом, так и для выращивания необходимого живого материала, — словом, если бы вместо обыкновенной музейской коллекции имелась бы вполне снаряженная опытная станция, снабженная всем, что создало экспериментальное искусство для разрешения научных физиологических вопросов, находящихся в связи с земледелием. Не следует забывать, что весьма многие физиологические исследования вполне возможны при весьма несложных и недорогих экспериментальных средствах, а что значение подобных опытов, особенно их практическое значение, возрастает с их числом и разнообразием условий, при которых они производятся. Всякий, желающий заняться такого рода исследованиями, нашел бы в предлагаемой опытной станции необходимые указания, как взяться за дело.

Но этим осуществлялась бы только одна сторона дела. Подобная лаборатория, конечно, не могла бы сделаться достоянием публики, ее невозможно было бы сделать постоянно доступной для публики, без препятствия самым исследованиям, без риска для инструментов. Польза для публики вообще достигалась бы чтением публичных лекций (подобных тем, которые и теперь читаются в музее под скромным названием воскресных объяснений) или целых систематических курсов, по образцу курсов Буссенго в Conservatoire des Arts et Métiers, отличавшихся именно тем, что слушатели могли на них знакомиться с приемами исследования во всех подробностях. С этой целью к указанным пособиям: лабораториям, теплицам, опытным участкам и пр., следует присоединить находящуюся в непосредственном сообщении с ними аудиторию, в которую легко можно было бы переносить все приборы,

выращенные растения и пр. Остальное дополнялось бы экскурсиями в определенные дни и часы по всем помещениям станции.

Выбор Александровского сада, как места для станции, представляет двойное удобство. Во-первых, непосредственное соседство университета обеспечивало бы станцию учеными силами для производства научных исследований, при чем станция служила бы богатым пособием для университета, не обладающего почти никакими средствами для надлежащего преподавания физиологии растений. Во-вторых, центральность положения сделала бы ее удобно доступною для публики. Устройство же новой аудитории, которой, конечно, пользовались бы все отделы общества и вообще ученые учреждения столицы, является далеко не излишним в виду с каждым годом возрастающего спроса, которому управление музея едва успевает удовлетворять. Еще одно замечание для определения характера деятельности станции. Предназначенная, как сказано, для физиологических исследований, имеющих прямое или косвенное отношение к земледелию, т.-е. касающихся вообще питания и условий благоприятного развития растений, она не в состоянии преследовать химико-аналитические задачи (анализы почвы, удобрений и пр., успешнее осуществляемые в более обширных лабораториях, напр., в Петровской академии) и тем менее непосредственно коммерческие цели ¹⁾. Немыслимы были бы и непосредственно сельско-хозяйственные опыты на пространстве какой-нибудь полудесятины. Точно так же и метеорологические вопросы, исследуемые на станции, должны быть не из числа тех, которые разрешаются только при помощи целой сети станций (предсказание погоды и пр.), а именно такие, как, например, крайне важные в настоящее время актинометрические наблюдения, которые почти не производятся пока на обыкновенных станциях.

¹⁾ Как, например, испытание семян. Приемы этих испытаний, настолько простые, что каждый хозяин может сам их практиковать, должны быть подробно демонстрированы желающим, но принимая на себя заказы и т. д. станция едва ли могла бы, не имея на то особого персонала и вообще не уклоняясь от своего основного назначения.

Здание предполагаемой опытной станции помещается в верхнем Кремлевском саду; вход в него находится против Большой Никитской. Оно состоит из следующих частей:

1) Одноэтажное здание, заключающее в себе сени, помещения для прислуги, лабораторной и садовой, и две небольшие квартиры для ассистента лаборатории и садовника.

2) Аудитория амфитеатром, приблизительно на 200 слушателей с приспособлением для волшебного фонаря и вообще для экспериментальных лекций; она же служит для заседаний отделений общества.

3) Лестница в верхний этаж.

4) Помещение для справочной библиотеки, рисунков, фотографий, моделей и пр., оно же служит для заседаний комитета, заведующего станцией и пр.

5) Помещение для химических весов, спектрометров, сахариметров, калориметров и вообще для физических исследований.

6) Микроскопическое отделение (с окнами, обращенными, как требуется, на север и восток); здесь же помещаются гербарии, коллекции растений, зараженных паразитными грибами, и вообще приспособления для исследования физических свойств тканей, технических свойств волокон, древесины и пр.

7) Химическое отделение (освещаемое и сверху) предназначается для аналитических работ, анализа продуктов, удобрений и пр. и для собирания приборов к лекциям.

8) Проходная комната, освещаемая из аудитории, для хранения посуды, материалов и пр. и для непосредственного сообщения всех помещений левой стороны здания с аудиторией.

9) Помещение для коллекции и приборов, употребляемых при изучении роста и других отправлениях растения при помощи универсального самопишущего аппарата. Здесь же приспособление для получения постоянных температур (термостаты), необходимое при изучении роста и прорастания семян, спор паразитных грибов и пр.

14) Темная комната, в связи с № 9 приспособляемая для исследования над ростом и прорастанием.

15) Помещение для исследования семян (образцовая семянная станция) и для приготовления всего относящегося к опытам водной и песчаной культуры, а равно для химического исследования растворов и элементарного анализа продуктов этих опытов.

16) Помещение (освещаемое и сверху) для составления более громоздких приборов, для опытов над разложением углекислоты, усвоением азота (почвенного и атмосферного) и для опытов над испарением воды при помощи самопишущих весов.

Все приборы, находящиеся здесь, а равно и в № 15, через стеклянный навес № 11 могут быть перемещены на вымощенный асфальтом дворик или перенесены в № 12. № 11 сообщается также с аудиторией.

№ 12. Теплица для искусственных культур (Glasshaus по образцу тарандской, устроенной пр. Ноббе) со столами, которые можно выкатывать по рельсам на открытый воздух; это — самая существенная часть станции.

А. Клетки с почвой, естественной и искусственной (*cases de végétation*) ящики для выращивания, выложенные цементом и снабженные лизиметрами и дождемером больших размеров по образцу станций в Нанси и Ротгамстеде, — все для исследования прихода и расхода воды и питательных веществ в почве.

13. Небольшая теплица. Размеры ее могут быть ограничены, так как она должна содержать исключительно только растения, интересные в физиологическом отношении, т.-е. почему-либо важные для выяснения законов растительной жизни, и не содержать вовсе того излишнего балласта, который обыкновенно наполняет большинство теплиц, даже учреждаемых с учебными целями.

В. Парник и

С. грядки, содержащие коллекции важнейших культурных или сорных растений — как необходимый живой материал для опытных исследований, а равно и для изучения самых форм, как, например, корневой системы различных растений. Парник или стеклянные колокола (подобные употребляемым парижскими огородниками) необходимы для более раннего

получения многих растений; это весьма существенно в целях предполагаемого на станции публичного преподавания.

D. Участки известной площади для исследования действия удобрения, для определения количества органического вещества, получаемого при помощи того или другого растения (по образцу немецких опытных станций), для определения величины листовой поверхности культурных растений, для изучения ботанического состава естественной растительности при различных условиях (по примеру ротгамстедских опытов) и пр.

E. Небольшая систематическая коллекция растений для цели ознакомления практических хозяев с окружающим их растительным миром. Весьма желательно иметь и особую коллекцию растений, зараженных главнейшими растительными паразитами; если только подобное соседство не окажется слишком опасным для растений, над которыми производятся опыты в № 12 и на участках A и D; в противном случае полезно было бы поместить подобную коллекцию в более отдаленную часть Александровского сада.

Верхний этаж.

Сообщается с нижним при помощи лестницы, достаточно широкой, чтобы удобно было переносить приборы не только из одного этажа в другой, но и на платформу на крыше, приспособленную для физиологических и специальных метеорологических наблюдений.

15. Помещение для газового анализа, обращенное, как требуется, окнами на север—для опытов над питанием листьев и дыханием.

16. Помещение для бактериологических исследований, для микроскопического анализа воздуха и воды и вообще для работ над низшими организмами.

17. Помещение для метеорологических приборов. Электрический термометр Беккереля для исследования температур древесных стволов и почвы, покрытой и не покрытой растительностью на поверхности и на глубине; актинометры различных систем и приборы, регистрирующие инсоляцию, психрометры, эвапориметры и пр. Все приборы по возможности самопишущие.

18. Комната для исследования над действием света на различные отправления растения, обращенная на юг, с балконом для удобного помещения гелиостата, с приспособлениями для получения спектра и пр., при ней № 19.

19. Темная комната для сравнительного изучения явлений в темноте и под влиянием света; она же может служить для фотографических операций, так как станция должна быть снабжена всем необходимым для фотографирования употребляемых приборов, растений, получаемых при различных опытах и пр.

20. Платформа на крыше для физиологических опытов, актинометрических и других наблюдений.

Размеры некоторых помещений в предлагаемом проекте могут показаться слишком значительными, и весьма вероятно, что при составлении сметы сведущим архитектором окажется возможным их сократить без ущерба для дела, но позволю себе заметить, что при составлении проекта я руководился соображением, что все помещения станции желательно сделать с указанными выше ограничениями, доступными публике, а следовательно, они должны быть достаточно просторными.

Если же во всей своей совокупности проект может показаться слишком широким и дорогим, то это зависит от самых условий предложенной мне задачи: создать учреждение, которое, удовлетворяя требованиям современной науки, в то же время служило бы для целей широкого распространения этой науки во всех слоях общества.

VIII.

Опытная станция министерства земледелия на Всероссийской выставке в Нижнем-Новгороде.

„Земледелие—первое, самое важное из искусств; без него не было бы ни купцов, ни царедворцев, не было бы ни королей, ни поэтов, ни философов. Истинное богатство доставляется только землей. Кто улучшает свои земли, торжествует победу над варварством“.

Фридрих Великий,

„Если вникнуть в сущность вещей, то все задачи земледелия сводятся к определению и возможно строгому осуществлению условий питания растения“.

Грандо.

Положение, что «Россия—страна по преимуществу земледельческая», можно считать настолько общепризнанным, что его, кажется, излишне повторять. Но если оно верно, то из приведенных выше слов одного из талантливейших современных писателей в области научного земледелия сам собою вытекает и тот вывод, что одною из первых забот русского человека должно быть изучение того явления, от правильного понимания которого зависят успехи земледелия. Задачи науки—разъяснить, чем и как питается растение, задача земледелия—осуществить эти условия возможно выгодным при данных обстоятельствах, способом.

Целое столетие исследований над питанием растения доставило необходимый научный материал, на который может опираться разумная практика. Узнать, в чем нуждается ра-

стение, казалось бы, можно всего проще, определив его состав или состав производящей его почвы, но более внимательное исследование показало, что этот путь не самый простой и не самый точный. В отличие от этого аналитического пути мало-по-малу выработался другой путь, прием так называемых искусственных опытных культур, который один только дает вполне определенные, недвусмысленные ответы на основные вопросы: какие вещества следует признать за необходимые питательные начала, в какой форме и в каких количествах всего выгоднее доставлять их растению. Укажем на несколько примеров. Известно, какую роль играла в первой половине настоящего столетия так называемая «гумусовая» теория Теера, принимавшая за главное питательное начало перегнойные вещества почвы. Но опыты искусственных культур показали возможность получения вполне нормальных урожаев в песке, совершенно лишенном органических веществ. Позднее Либих, в самый разгар пропаганды своей минеральной теории, руководясь анализами золы растений, находил необходимым вносить в почвы кремнекислые соли,—но опыты искусственных культур показали бесполезность этих веществ. Далее, руководясь анализом, естественно было бы заключить, что бобовые растения, как более богатые азотом, и более нуждаются в азотистом удобрении, но вековой опыт земледельца учит обратному, и только блестящие опыты искусственных культур последнего десятилетия дали, наконец, ключ для разъяснения этого агрономического парадокса. Этих примеров достаточно, чтобы доказать, что последнее слово всегда остается за самим растением, что надежный ответ дает только этот путь научных культур, в отличие от пути аналитического получивший название синтетического. Каждое подобное исследование, как известно, должно иметь строго сравнительный характер,—отвечать на один определенный вопрос, т.е. два между собою сравнимые опыта должны отличаться только одним каким-нибудь условием. Если отсутствие этого условия сопровождается понижением урожая,—мы признаем его существенно важным; если же отсутствие этого условия не сопровождается таким последствием, мы должны признать его несущественным.

Таким образом, выяснилось, что непосредственно питательные вещества составляют ничтожную часть естественной почвы, большая часть которой представляет только субстрат, твердый материк для укрепления растения и среду, разжижающую питательные вещества, или запас питательных веществ на будущее время. В искусственных культурах эту среду заменяют дистиллированной водой, песком или бесплодной почвой. Первый случай представляют так называемые водные культуры, самые поучительные в научном отношении, «прозрачные», как их называют, так как они позволяют такое же наблюдение и уход за корнями, как и за воздушными частями. Для песчаных культур берется совершенно бесплодный песок (получаемый обыкновенно со стеклянных заводов), еще лучше — прокаленный и промытый кислотами. Наконец, почва или обеспложивается продолжительными истощающими культурами, или берется естественная, заведомо бесплодная ¹⁾. Первый из этих приемов исследования выработан Кнопом и Ноббе, второй — Гельригелем, третий — Вагнером.

Все эти три основные приема научных опытных культур демонстрируются на выставке. Во избежание недоразумений, необходимо, однако, выяснить, чего можно ожидать от этих демонстраций, которыми предполагалось только оживить, сделать более наглядным общее устройство и научный инвентарь подобной станции, что, собственно, только и может составлять предмет выставочного экспоната. Всякому понятно, что выставка, — в особенности удаленная от научных центров, — не место для производства строго научных опытов, да и вообще подобные опыты не делаются в помещениях, широко доступных публике ²⁾. Все, что возможно при таких условиях, это показать во всех подробностях действительную образцовую обстановку, в которой производятся подобные исследования, а главное, показать их доступность для всякого, желающего своими собственными наблюдениями осветить,

¹⁾ Понятно, бесплодная вследствие недостатка питательных, а не вследствие присутствия вредных веществ.

²⁾ Обстоятельство это было уже мною разъяснено несколько лет тому назад в брошюре «Пародия науки».

осмыслить свою практическую деятельность. На последней парижской выставке можно было видеть образцовую лабораторию современного химика, как бы в полном ходу, но, конечно, не предполагалось, чтобы в ней на глазах у публики производились химические исследования. При устройстве описываемой опытной станции и не предполагалось возможным воспроизвести на глазах публики все классические опыты по питанию растений, а лишь показать на нескольких примерах, как они производятся, и тем придать большую убедительность выставленным образцам полученных ранее результатов ¹⁾.

Ограничившись этими краткими общими соображениями, перехожу к описанию помещения и коллекции опытной станции.

Первое и самое важное условие успеха искусственных культур и возможности делать из них выводы для практики заключается в том, чтобы растения находились в нормальных условиях, т.-е., по возможности, все время на открытом воздухе при обычных условиях тепла и света. Но, с другой стороны, было бы крайне неосторожно подвергать эти растения случайностям ливня, града или просто порыва ветра и в несколько минут потерять результаты целых месяцев зна-

¹⁾ Затруднительность в получении особенно наглядных результатов на живых экземплярах объясняется еще и теми исключительными условиями, при которых возникла эта станция. Проект ее получил окончательное утверждение только в конце февраля 1896 года, так что в течение трех месяцев пришлось осуществить как самую постройку, так и произвести заказы необходимых аппаратов и приборов у русских и иностранных фирм. Если присоединить к этому всем известные замедления, с которыми пришлось считаться при доставке экспонатов на выставку, то станет понятным, что большую часть культур пришлось начать в июне месяце—в сезон, всеми экспериментаторами признаваемый крайне неудобным. Несмотря на все перечисленные препятствия, результат культур можно считать весьма успешным. Культура гречихи, напр., показывает возможность получения вполне нормальных зрелых плодов, а громадный экземпляр кукурузы и огородная низкорослая ее разновидность, давшая несколько нормальных початков, — какой значительный прирост органического вещества получается при этих культурах.

чительного труда, лишиться выводов ценного исследования. Переносить же при каждой грозящей культурам опасности сотни или даже тысячи (как можно видеть на некоторых германских станциях) сосудов в защищенное крытое помещение практически несуществвимо. В виду этого с шестидесятих годов, когда подобные опыты стали производиться в широких размерах, выработался на опытных станциях Германии и в некоторых высших агрономических учебных заведениях особый тип построек, который, за неимением лучшего выражения, приходится назвать «теплицей» для научных культур ¹⁾. Слово «теплица» неудачно, так как здесь не имеется в виду «тепличной» культуры, а только защита на ночь и в непогоду. Помещение не нуждается ни в отоплении, ни в двойных зимних рамах, так как обычный период опытов начинается в апреле и кончается в сентябре, но понятно, что присутствие того и другого желательно, так как делает возможным и культуру растений более теплых стран ²⁾. Первая образцовая такая постройка была осуществлена в 1869 году по плану Ф. Ноббе на Тарандской опытной станции. В 1872 году первая подобная теплица в России была устроена, по моим указаниям, в Петровской академии. Превосходными подобными постройками обладает опытная станция в Бернбурге (бывшая в заведывании Гельригеля, теперь Вильфарта) и в особенности Дармштадтская станция профессора Вагнера.

Главное условие подобных построек—представлять светлое, достаточно просторное, легко проветриваемое и освещаемое помещение для столиков или вагонеток,двигающихся по рельсам ³⁾. На этих подвижных платформах помещаются

¹⁾ На немецком языке имеется более подходящий термин Vegetationshaus, а французы попросту называют их сараями—remises.

²⁾ Особенно полезно было бы паровое отопление, которое нашло бы и другое применение.

³⁾ Рельсы проложены по земле. У Ноббе они проложены значительно ниже уровня почвы, что, однако, сопряжено с неудобствами. В последнее время в некоторых учебных заведениях, в городах, устраивают такие теплицы на крышах; такая теплица существует в Берлинской высшей агрономической школе, а с 1892 г. устроена мною в Московском университете. На выставке находятся фотографии этой теплицы и теплицы бывшей Петровской академии.

сосуды с культурами, остающиеся весь день на открытом воздухе и вкатываемые под защиту стеклянной постройки, как уже сказано, только на ночь или в ненастье. Наша теплица снабжена двумя путями рельсов, продолжающимися на запад и на восток на равное длине теплицы (9 аршин) расстояние, и двустворчатыми дверями, пропускающими две вагонетки рядом. Первоначально (у Ноббе и Гельригеля)

вагонетки имели высоту обыкновенного стола, но при устройстве теплицы в Московском университете я предпочел их сделать значительно ниже; в настоящее время и в Дармштадте и в Галле их также делают невысокими. Наша теплица, не исключая и дверей, построена из железа (фирмой Стефан и Леман), на болтах, так что может быть легко разобрана и перенесена на ту станцию, для которой предназначается.

Фундамент предположен каменный, но, за поздним временем, пришлось его заменить для выставки деревянным. Для устранения сильного нагревания (хотя это обстоятельство несущественно, так как в жаркую пору растения находятся на воздухе) четыре верхние рамы поднимаются при помощи рычагов; для той же цели с южной стороны сделан задергивающийся полог ¹⁾.



Фиг. 35.

¹⁾ Любопытно, что между лучшими знатоками этого дела существует разногласие относительно того, не бывает ли порою полезно защищать культуры от излишнего зноя. Гельригель утверждал, что необходимо, и для этой цели в Бернбурге рядом с теплицей имеется деревянный навес,

Число вагонеток — шесть, для того чтобы сохранить необходимый простор при посещении публикой, но оно может быть увеличено до восьми, на которых разместится до 250 сосудов для культур.

Железной постройкой с рельсами и вагонетками собственно исчерпываются необходимые части такой теплицы, но в виду особенных условий ее помещения на выставке (отсутствия в непосредственном соседстве специально приспособленной лаборатории), она снабжена с северной стороны деревянной пристройкой, заключающей две комнатки: одну для всяких предварительных работ (приготовления почв, растворов и пр.), снабженную лишь крайне необходимыми химическими приборами, весами и пр., и другую, служащую кладовой для склада запасной посуды и материалов и одновременно темной комнатой для фотографических работ по съемке результатов культур. Постройка эта, несмотря на ее крайне ограниченные размеры, вполне достаточна для культурных опытов, даже в случае отсутствия по соседству благоустроенной лаборатории.

Теплица такого типа может вполне удовлетворить потребностям перворазрядной опытной станции или высшего учебного заведения. Но так как желательно, чтобы, по крайней мере, основные опыты по питанию растений демонстрировались и в средних, и даже в низших сельскохозяйственных учебных заведениях, мало того, желательно, чтобы каждый сколько-нибудь состоятельный землевладелец ознакомился со своими почвами и действием удобрений при помощи опытов, доведенных до такой простоты и наглядности пр. Вагнером, то рядом с этой большой теплицей я счел полезным предложить и другое приспособление, более

куда вкатывали растения в сильные жары. Наоборот, П. Вагнер уверял меня, что в подобной защите от солнца никогда не представляется надобности. Он же указывал мне на бесполезность подъемных рам, так как дверей для проветривания достаточно, а подъемные рамы почти невозможно устроить так, чтоб не обнаружилось течи. В наших русских постройках это действительно почти неустранимое зло, но в Англии (в Кью) существует тепличка не только непроницаемая для дождя, но и для воздуха. Она была устроена для опытов в искусственной атмосфере с различным содержанием углекислоты.

скромное и доступное. На этот раз сосуды с растениями неподвижны и помещаются прямо на земле или, что еще лучше, опускаются в соответствующей формы углубления в земле ¹⁾. На ночь или в непогоду на них накатывается движущаяся по рельсам тепличка или, вернее, стеклянная будка. Такая подвижная тепличка из железа стоит двести рублей, но, конечно, для более скромных целей ее могла бы заменить и деревянная ²⁾. Под такой тепличкой может поместиться до тридцати небольших сосудов, что вполне может удовлетворить потребностям небольшого учебного заведения или частного хозяйства. Мне представляется, что несколько таких тепличек могли бы даже представить преимущество перед одной большой даже для высшего учебного заведения или опытной станции ³⁾.

Кроме этих двух типов теплиц, в непосредственном соседстве с ними помещаются три так называемые *Cases de végétation* (см. фиг. 10), — ящики для культур, сделанные из цемента и погруженные в почву. Они представляют нечто среднее между культурой в сосудах и культурой на опытных участках в поле. Наполненные естественной почвой и представляя определенную поверхность и объем (кубический метр), они позволяют делать непосредственные выводы по отношению к действию удобрений и в полевой культуре. В покато цементном дне этих ящиков имеются отверстия, под которыми помещаются сосуды для собирания просачивающейся через почву воды, предназначенной для анализа, так что ящики служат в то же время так называемыми лизиметрами.

¹⁾ Не подлежит сомнению, что погруженные в землю сосуды будут находиться в еще более естественной обстановке, так как этим будет устранено почти неизбежное нагревание сосудов — обстоятельство, хотя и не особенно существенное, как показывает успешность почти бесчисленных подобных культур, но, тем не менее, не соответствующее нормальным условиям. Углубления выложены согнутыми в полые цилиндры железными листами.

²⁾ См. статью „Наука и земледелец“.

³⁾ Каждый исследователь или занимающийся имел бы в своем распоряжении отдельное помещение, а знакомому с практикой этого дела известно, как неприятели одного наблюдателя (не заметившего, напр., во время появления паразита и т. д.) заставляют страдать других, ни в чем неповинных.

Шестью вагончиками и всем свободным помещением теплички воспользовались для демонстрации приемов исследования и главнейших, полученных при их помощи, научных результатов по отношению к основным явлениям растительной жизни.

На столах, расположенных вдоль северной стены, расставлены прежде всего различные приборы, предназначенные для проращивания семян, и в особенности приборы, употребляемые в лаборатории Московского университета, состоящие исключительно из стекла, оказавшиеся наиболее удобными и изящными. Выращенные в этих приборах здоровые и крупные проростки поступают уже в сосуды для культур. Эти последние размещены на смежных столах. Здесь собраны как стеклянные сосуды для водных культур различных систем (Кнопа, Ноббе, Вольфа, Вортмана, Тимирязева), так и цилиндры Гельригеля для песчаных культур и цинковые сосуды Вагнера для культур в почвах.

Каждый из вагончиков отведен для опытов одного характера. На первом находится наиболее поучительная коллекция водных культур гречихи. Первый, третий и пятый ряды сосудов заключают культуры в нормальных (по Кнопу) растворах, и все девять экземпляров развились как в самой плодородной почве и дали зрелые плоды. Второй ряд не получил калия и фосфорной кислоты, а четвертый — азота, и растения зачахли едва развившись, хотя и цвели (см. стр. 57).

Второй вагончик был первоначально занят подобной же коллекцией культур овса, но затем был заменен коллекцией кукуруз для демонстрирования наиболее наглядного при таких опытах влияния отсутствия солей железа (выражающегося в образовании бледных, хлоротических растений).

Третий вагончик отведен под образцы разнообразных культур в нормальных растворах и в сосудах различных систем. Здесь получились превосходные образцы ячменя, конопли, тыквы, подсолнечника и в особенности кукурузы. Экземпляр последней достиг таких размеров, что его нельзя

было вывозить наружу, так как он уже не проходил в двери ¹⁾).

На четвертом вагончике помещается коллекция песчаных культур по Гельригелю. Она демонстрирует капитальный факт, открытый этим ученым, именно невозможность культуры бобовых растений в почве, лишенной соединений азота и в то же время стерилизованной (прокаленной), и полную возможность их культуры в той же почве, зараженной небольшим количеством почвенного настоя. Содержащиеся в этом настое специфические бактерии, как известно, вызывают образование на корнях тех желвачков, с присутствием которых связана способность бобовых растений усваивать свободный азот. Опыт удался вполне. Пять экземпляров, выращенных в прокаленном песке, зараженном почвенным настоем, развились превосходно и дали зрелые плоды. Один из пяти экземпляров в присутствии публики был отмыт (20 августа) от песка, и корень его оказался усыпанным желвачками. Три экземпляра, не получившие почвенного настоя, зачахли (см. стр. 73).

Пятый вагончик отведен под цинковые сосуды по Вагнеру (выписанные из Дармштадта). В двух рядах опытов (над гречихой и овсом) показаны результаты удобрения бесплодной (взятой на самой территории выставки) почвы различными количествами селитры. Известно, что, благодаря исследованиям Буссенго, Гельригеля и Вагнера, ни одно удобрительное вещество не изучено в таком совершенстве, как селитра. Тщательный экспериментатор может вперед предсказать, какой прирост урожая вызывается тем или другим количеством этого удобрения. Особенно наглядные результаты, несмотря на поздний посев, дали опыты над гречихой.

Культуры, выставленные на этих пяти вагончиках, дополняются и поясняются коллекцией высушенных растений за стеклом, полученных посредством водной культуры в

¹⁾ Существенным условием успеха водных культур является снабжение корней воздухом, это достигается при помощи большого газометризованного напоро от экземпляра кукурузы (см. стр. 51).

теплицах Московского университета и бывшей Петровской академии, и фотографиями. Здесь можно видеть образцы вполне созревшего овса, проса, гречихи и гороха, какие редко удастся видеть даже при самой успешной культуре в поле. Фотографии (из атласов пр. Вагнера) поясняют различное отношение бобовых и других растений к атмосферному азоту, влияние различных количеств селитры на целый ряд растений за исключением бобовых, влияние фосфорнокислых удобрений и полный параллелизм между опытами в сосудах и сходными опытами в поле. Этот последний факт, доказанный профессором Вагнером в его интересных брошюрах (*Düngungsfragen*, III), является красноречивым ответом на вопрос, прежде всего возникающий у людей, в первый раз знакомящихся с научными опытами, демонстрируемыми в этой теплице: какое отношение имеют они к практике? Фотографии пр. Вагнера дают красноречивый ответ, что на основании этих опытов в сосудах можно делать прямые заключения о том, что получится и в поле.

Кроме засушенных экземпляров и фотографий, выставлены образцы корней гороха с их желвачками, стенные таблицы (Франка и Чирха), поясняющие строение этих желвачков и вызывающих их бактерий, прибор Гельригеля (видоизмененный Тимирязевым) для показания самого факта заражения корней бактериями и прибор Тимирязева, послуживший ему для изучения газового обмена этих желвачков. Снаружи теплицы находятся большие стеклянные колокола ¹⁾ для более точного повторения опыта Буссенго-Гельригеля в замкнутой атмосфере, не содержащей соединений азота.

По самой середине коллекции, расположенной вдоль северной стены помещения, выставлены в сосудах те шесть солей (азотнокислый кальций, сернокислый калий, фосфорнокислый калий, сернокислый магний, хлористый калий и фосфорнокислое железо), которые служат для питания растения, и в маленьких трубочках навеска этих солей, показывающая, какого ничтожного их количества достаточно для покрытия потребностей любого растения.

¹⁾ Получены из Парижа от г. Фонтена, изготовившего их по образцу употребляемых Берто, на станции в Медоне.

Дополнением к перечисленным культурам, размещенным на вагончиках, служат находящиеся через дорогу от теплицы, уже упомянутые цементные ящики (см. стр. 61). Все ящики наполнены, по возможности, бесплодной землей с опытного участка, находящегося в пределах самой выставки. Один ящик оставлен не удобренным, второй удобрен калием и фосфорной кислотой, третий — калием, фосфорной кислотой и азотом (в форме чилийской селитры). Все три разделены пополам, и в одной половине посеян рядами овес, в другой — горох.

Несмотря на крайне поздний посев (в половине июня) и град 17 июля, совершенно уничтоживший превосходные всходы, с начала августа можно было уже видеть резкое влияние удобрений и такое именно, какого следовало ожидать, т. е. калий и фосфорная кислота оказали несомненное действие на горох второго ящика и сравнительно незначительное на овес, между тем как азот селитры оказал поразительное действие на овес третьего и сравнительно незначительное на горох. Это различие между горохом второго и третьего ящика, должно ожидать, еще более сгладится, так как известно, что бобовые растения, получающие свой азот при помощи своих корневых желвачков, на первых порах ясно отстают в развитии от экземпляров, получающих селитру. Собираемой в сосудах под ящиками водой предполагается воспользоваться, особенно в осенние месяцы, для констатирования факта, что просачивающаяся в подпочву вода удаляет из почвенного слоя один из важнейших источников плодородия — селитру. На этот факт недостаточно обращается внимания в наших хозяйствах, и даже некоторые хозяева-практики отрицают его значение. Между тем известно, что на Западе этот вопрос обратил на себя большое внимание и привел на практике к так называемым пожнивным культурам (*cultures dérobées*), имеющим целью переводить эту бесплодно вымываемую селитру в органическое вещество, которое затем служит зеленым удобрением.

Как на один из поразительных результатов, приобретенных путем опытов, произведенных в подобных цементных ящиках, укажу на факт, обнаруженный исследованиями

Петермана (на станции Жемблу). Вода, просочившаяся через ящик, удобренный селитрой, содержала ее менее, чем вода, просочившаяся чрез ящики с той же почвой, не получившие селитры. Этот, с первого взгляда, загадочный факт объясняется весьма просто: в удобренных ящиках растения развивались так роскошно, что их корни успевали всосать не только селитру, доставленную удобрением, но и находившуюся в почве.

Таким образом, посетители станции получают возможность ознакомиться со всеми приемами исследования вопросов, касающихся питания растений и действия удобрений, начиная с самых совершенных, с теоретической точки зрения, опытов водной культуры и кончая наиболее близкими к условиям практики опытами в цементных ящиках. Дополнением и проверкой их должны служить уже культуры на опытных полях.

Вторым после удобрения, а для наших южных хозяйств, может быть, и первым, фактором плодородия является влага. Основные приемы изучения и этой потребности культурных растений демонстрированы на шестом вагончике. Здесь показаны простейшей формы приборы при помощи которых, и небольших десятичных весов можно определить количество воды, испаряемое растением и которое должно быть ему доставлено для получения нормального урожая ¹⁾. Рядом на столе наглядно показаны, как велики эти количества, а также какое содержание воды в почве должно считать на основании длинного ряда опытов (Ильенкова, Гельригеля, Вольни и др.) наилучшим. Находящиеся снаружи стеклянные колокола Бертло могут служить для повторения в высшей степени назидательных опытов, доказывающих, что искусственно можно в значительной степени понизить количество испаряемой растением воды, без ущерба для его питания, откуда

¹⁾ Эти опыты, несмотря на их крайнюю простоту, должны быть отнесены к числу наиболее существенных для практики сельского хозяйства. Вероятно, недалеко время, когда практики будут ими руководиться, между прочим, при выборе своих культурных растений.

является прямой вывод, что деятельность хозяина-практика должна быть направлена к сведению этого количества на minimum.

Таким образом, опыты над живыми растениями, расположенными на вагончиках и в цементных ящиках, а равно и все коллекции, собранные вдоль северной стены теплицы, поясняют зависимость растения от почвы и влаги ¹⁾, — двух факторов, которые так или иначе лежат наиболее во власти человека и потому всегда составляли предмет его забот. Оставшееся свободным пространство вдоль южной стены занято столами, на которых демонстрированы приемы исследования для изучения зависимости растения от других факторов, хотя и менее доступных воздействию земледельца, но без понимания роли которых невозможна разумная его деятельность. Эти факторы — воздух и солнце ²⁾.

Стеклянная модель объемного состава растения поясняет прежде всего факт, что главную свою составную часть, углерод, растение получает не из почвы. Две другие модели поясняют, с одной стороны, как ничтожно содержание углерода в атмосфере, и с другой — что его достало бы с небольшим на два года наших наиболее интенсивных культур, если бы «возврат» его не был обеспечен самой природой.

Прибор Дегерена (видоизмененный Тимирязевым) показывает, как всего проще можно демонстрировать этот факт поглощения растением углекислоты воздуха, а прибор Тимирязева дает легкий способ изучить этот процесс количественно. Два стеклянные колокола, в которых по желанию можно иметь атмосферу, содержащую углекислоту или лишенную ее, служат средством для доказательства, что во втором случае растение, даже снабженное всеми удобрительными веществами в почве, тем не менее, не будет развиваться.

На следующем столе собрана коллекция приборов для изучения зависимости растения от качества и количества света, — а именно колокола Сенебье для изучения действия

¹⁾ И отчасти воздуха, как источника азота.

²⁾ Соответственно с этим мною и были прочитаны четыре популярные лекции, служившие пояснением к описываемому экспонату по такой программе: зависимость растения от почвы, воды, воздуха и солнца.

на растения света различного света и приборы пр. Тимирязева для определения количества солнечного света, поглощаемого растением, и для изучения зависимости разложения углекислоты от напряжения света, — а также простейшего устройства гелиограф Д. А. Тимирязева.

Наконец, последний стол, обитый цинком, со стоком для воды, служит для отмывания корней, получаемых при песчаных и почвенных культурах растений. Тут же находится сушильный прибор Вагнера, — словом, все, что необходимо для обработки полученных при культурах урожаев и их приготовления для анализа, чем и исчерпывается задача этой теплицы. Начиная с северо-западного угла нашего помещения и кончая его юго-западным углом, на пространстве с небольшим шести квадратных сажен, мы последовательно могли ознакомиться со всеми приемами изучения явлений растительной жизни, интересующими сельского хозяина, — начиная с проращивания семени и кончая подготовлением полученного урожая к химическому исследованию ¹⁾.

Позволю себе в заключение повторить вновь, что главная мысль, руководившая при составлении этой коллекции приборов и живых растений, заключалась в том, чтобы показать на нескольких примерах, как сравнительно просты эти основные приемы исследования и как ценны указания, которые может приобрести каждый сознательно относящийся к своей деятельности сельский хозяин путем личного строго научного опыта.

¹⁾ Должно еще упомянуть превосходную и редкую коллекцию портретов тех научных деятелей этого столетия, благодаря которым выяснились естественно-исторические законы, лежащие в основе рационального земледелия.

IX.

Наглядные приемы изучения физиологии листа ¹⁾.

1. Усвоение углерода.

В последние годы я посвящал часть своих летних досугов выработке возможно доступных и наглядных приемов изучения основных явлений растительной жизни, особенно в целях преподавания в сельско-хозяйственной школе. Такие приемы изучения физиологии корня уже предложены мною в моей лекции «Наука и земледelec» для физиологии корня. В этой статье я хочу познакомить с некоторыми новейшими приемами, выработанными мною для изучения питания растения листьями.

1. Разложение CO_2 в воде.

Прием этот отличается наибольшей наглядностью, а если опыт производится над водяными растениями, то—благодаря особенностям их анатомического строения—и наибольшей чувствительностью, так как все увеличение в объеме газа может быть сосредоточено в одной точке.

Всего лучше брать для этого самые крупные из наших листьев—листья кувшинки или водяной лилии.

Для опыта нужен только сосуд с водою и стеклянная трубка с делениями.

Всего лучше, но зато и дорог и легко бьется, большой кристаллизатор (фиг. 1). Всего дешевле, легче и удобнее

¹⁾ Читано в заседании *Общества испытателей природы* 17 сентября 1909 года.

сосуд из листового железа — это форма для хлебов, которую можно достать в любой деревенской лавке. Для того, чтобы он не ржавел и не мутил воду, его нужно покрыть внутри тонким слоем воска. Для этого его помещают над

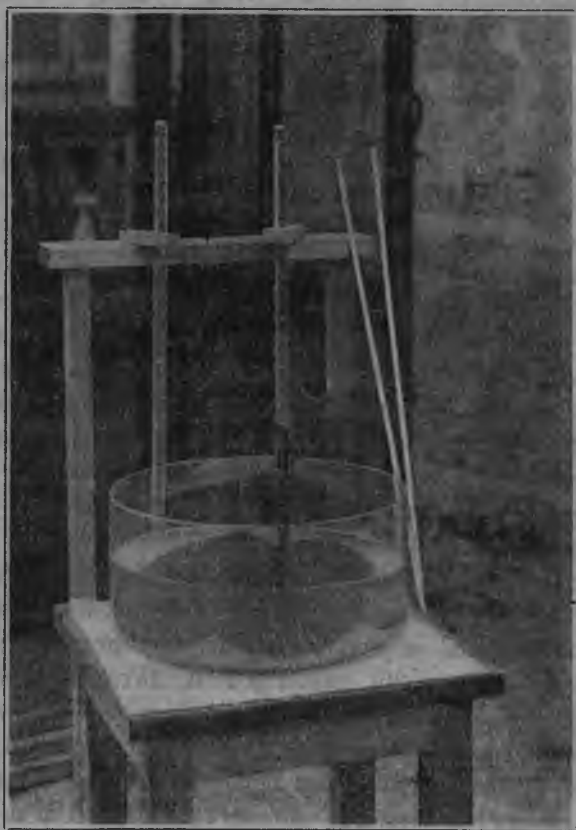


Фиг. 36.

спиртовой лампочкой и мажут внутри трехкопеечной свечкой, снова нагревают и дают всему избытку воска стечь. Слой воска, почти невидимый на глаз, надолго сохраняет железо от окислений.

Черешок пропускается в трубку, разделенную на десятые доли кубического сантиметра и наполненную водою.

Несколько слов об употребляемых мною стативах. Так как все описанные здесь приборы довольно громоздки, а желательно их перемещать целиком, то обычные металлические штативы пришлось бы заказывать нарочно увеличенных размеров, что обошлось бы очень дорого. Мои деревян-



Фиг. 37.

ные штативы имеют форму обыкновенных стульев. Спинка движется вверх и вниз в пазах и закрепляется на желаемой высоте железными винтами на задних ножках. Поперечные перекладины в настоящем случае снабжены деревянными зажимами, употребляемыми для сушки белья и очень распространенными в фотографической практике, в других случаях

они получают иное назначение (фиг. 39, 41 и 42). Свободные стативы, понятно, служат лабораторною мебелью.

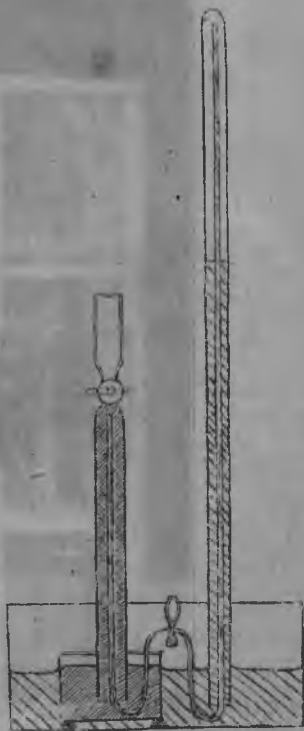
Так как разрез черешка находится под уменьшенным давлением, ток газа направляется в эту сторону. Если пластинка плавает на поверхности воды, трубка в несколько минут наполняется воздухом. Этот предварительный опыт наглядно показывает легкую проницаемость листа в зависимости от присутствия устьиц (особенно если показать под микроскопом верхнюю кожицу кувшинки и типичного сучопутного листа).

Если погрузить лист в воду, покрыв его стеклянной пластиной¹⁾, соответственной ванне формы, быстрый ток воздуха моментально прекращается, и если вода не содержит CO_2 , или лист затемнить, то прекращается и вовсе выделение пузырьков из разреза черешка. Тогда приливают в сосуд или заранее приготовленного раствора CO_2 (всего лучше 30%) или сельтерской воды и выставляют прибор на солнце. Получается непрерывная струя крупных пузырьков газа, и через час можно набрать около 100 куб. см., но уже и в несколько минут выделенного газа достаточно для пробы на кислород. Для этого, вытянув осторожно черешок и заткнув отверстие трубки пальцем, обращают ее так, чтобы вода стекла со стенок, и они были совершенно сухи. Тогда берут тонкую, длинную и совершенно прямую лучинку (очень удобны для этого, получаемые через распарывание деревянных штор, показанные на фиг. 36), зажигают и, махнув в воздухе так, чтобы на конце остался красный уголек, осторожно вводят в отверстие трубки. При этом уголек вспыхивает с легким треском и характеристическим *белым* пламенем. Соблюдая указанные предосторожности, можно повторить реакцию при полной трубке раз *десять, двенадцать* и более²⁾. Если желательно изучить процесс количественно, то, во-первых, необходимо измерить разлагающую поверхность, а, во-вторых,

¹⁾ Под пластиной подклеивают три пробки, чтобы она не давила на лист.

²⁾ Подчеркиваю эту подробность, так как недавно на страницах этого журнала прочел статью одного педагога, уверяющего, что внимание учеников должно быть особенно напряженно, чтобы не упустить момента такой будто бы не повторяющейся реакции.

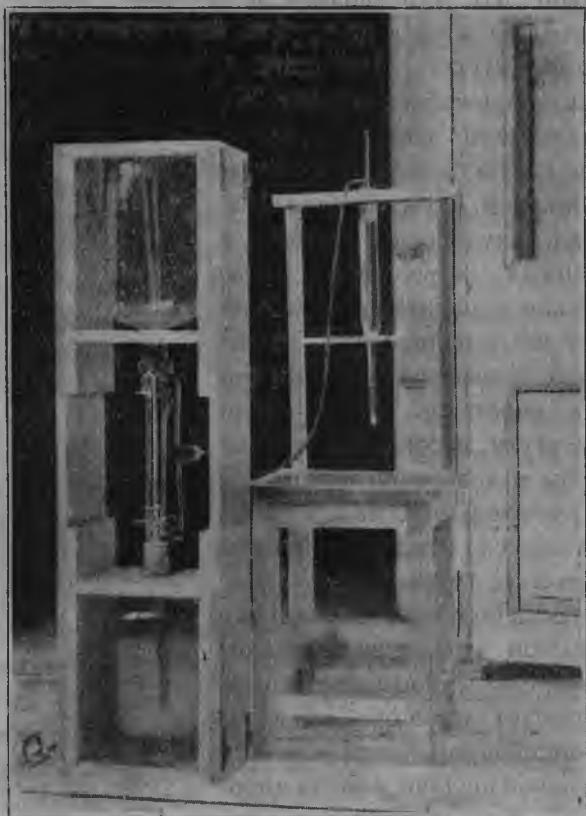
определить количество выделенного кислорода. Площадь листа определяется обычным способом — взвешиванием бумаги. Менее точно, но зато еще проще покрыть лист стеклянной пластиной, обклеенной листовым оловом с прорезом в 1 дециметр (фиг. 37). Для анализа необходимо перелить часть собранного газа в одну из трубок, изображенных на фиг. 42, наполненную ртутью. Для этого я пользуюсь приспособлением (фиг. 38), предоставляющим самую простую пипету и самую дешевую ртутную ванну. Пипетой служит узкая толстостенная каучуковая трубка с обыкновенным (моровским) зажимом. Так как отрицательное давление будет на стороне ртути, то газ легко перекачивается из высокой трубки в короткую. Ванну, ради экономии ртути, делают такого размера, чтобы в нее ровно входил согнутый указательный палец, которым затыкается отверстие наполненной ртутью трубки. Такой предельный сосуд получают, отрезая дно обыкновенной аптекарской склянки с параллельными стенками. Анализ производят, приливая из верхней воронковидной части сначала раствора едкой щелочи, а затем пирогаллола. Таким образом явление может быть наглядно изучено качественно и количественно над одним листом в течение какого-нибудь часа.



Фиг. 38.

Если желательно еще более ускорить опыт или вообще произвести его в более широких размерах, я поступаю так: обыкновенная лахань, употребляемая для стирки, превращается в своего рода аквариум, в котором помещается несколько десятков листьев кувшинки. Вода наливается, примерно, до половины высоты, а пластины распределяются так, чтобы

ни один лист не накрывал другого. Приблизительно на $\frac{3}{4}$ высоты ввинчивается вдоль внутренней стенки ряд металлических пробойчиков, чрез отверстие которых протягивается зигзагом, наподобие шнуровки, тонкая бечевка. Затем ла-



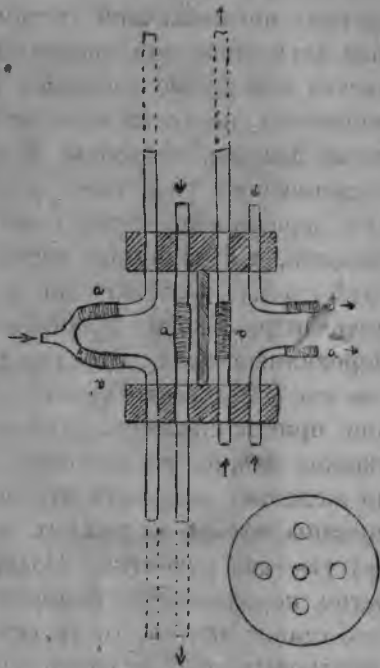
Фиг. 39.

хань доливается водою выше уровня бечевки. Всплывающие листья задерживаются сеткой бечевки и оказываются затопленными. Концы всех черешков подводят под продолговатую цилиндрическую воронку, оттянутый конец которой закрыт каучуковой трубкой с зажимом. Таким образом получается большой запас газа, который по мере надобности разливается в эвдиометрические трубки.

2. Разложение атмосферной CO_2 .

Описанные опыты не оставляют ничего желать в смысле наглядности; несколько менее нагляден, но более точен предложенный мною сорок лет тому назад и находящийся в общем употреблении прием разложения CO_2 воздушными листьями в смеси, обогащенной этим газом ¹⁾. Но желательно еще показать, и снова возможно наглядно, разложение CO_2 при естественных условиях, т.е. при ничтожном ее содержании в атмосфере. Напомню, что этот основной опыт Буссенго на первых порах возбуждал сомнение даже такого исследователя, как Реньо ²⁾, а между тем учащиеся и до сих пор должны принимать этот факт на веру.

Я старался придать и этому опыту наглядную форму при помощи самых дешевых приборов. Обыкновенно содержание CO_2 и ее убыль в атмосфере определяют при помощи титрованных растворов, но в целях наглядности желательно показать непосредственно, как ничтожен объем CO_2 в воздухе, и, тем не менее, как совершенно он извлекается из атмосферы, освещенной листовой поверхностью ³⁾.



Фиг. 40.

¹⁾ Обыкновенно его приписывают Пфедферу, заимствовавшему его у меня и только искажившему мой прибор. Академик Фаминин в своем труде приписал даже мой прием Буссенго, а обо мне добавил, что я также употреблял этот прием. Буссенго никогда не употреблял его и не нуждался в нем.

²⁾ См. мою лекцию «Растение и солнечная энергия».

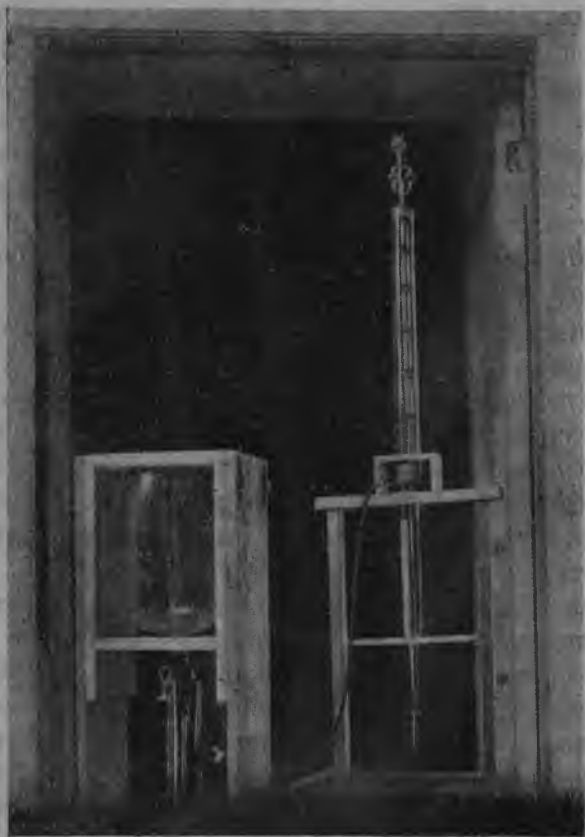
³⁾ Напомню по этому поводу другой пример, также из деятельности Буссенго. Когда он придумал свой еще более чувствительный прием определения миллионных долей аммиака (в воде, росе, дожде и т. д.), основывав-

Опыт состоит из двух последовательных определений содержания CO_2 в атмосферном воздухе и в таком же объеме воздуха, пришедшего в прикосновение с освещенной солнцем поверхностью листьев. Для первого определения необходимо два аппарата: один — засасывающий воздух (аспиратор) и другой — поглощающий углекислоту. Для второго опыта к первым двум аппаратам присоединяется еще часть, заключающая листья или целые растения. Аспираторов придумано многое множество, но те из них, которые удобны, дороги, а те, которые дешевы, неудобны. Я выработал себе следующий тип, соединяющий удобство с простотой и дешевизной (фиг. 39). Его деревянные части может сделать любой деревенский плотник, а стеклянные — всякий, кто умеет согнуть стеклянную трубку. Состоит он из двух склянок вместимостью в пять литров, какие можно достать в любой посудной лавке. Деревянные части состоят из двух ящиков — или, скорее, рамок, так как у них всего четыре стенки — и двух досок, к которым они привинчиваются. Длину досок или расстояние на них ящиков можно, по желанию, легко менять и, таким образом, по желанию, изменять давление в приборе ¹⁾. В одну из досок врезаны четыре маленьких колесика (ролика столяров), а в другую — две рукоятки. Подхватывая за рукоятку костью, легко перекачивать аспиратор с места на место, а кантуя его, ставят то тем, то другим сосудом вверх. Трубки в двух каучуковых пробках распределяются, как показано на фиг. 40 а вместо кранов служат каучуковые трубки с 6 моровскими зажимами. Открываются по очереди а, а, а и а-, а-, а-, а для того, чтобы зажимы оставались открытыми, в них просовывают стеклянные палочки или деревянные клинушки, которых, во избежание путаницы держат под рукой только три,

шийся на изменении титра раствора серной кислоты, то сам усомнился, в Праве ли он утверждать, что это изменение зависит именно от аммиака. «Только когда я собрал поболее выпаренного раствора, разложил его едким кали и почувствовал прошибавший слезы запах, я сказал себе: «воистину это аммиак», так рассказывал он на своих лекциях об этих опытах.

1) Что составляет его преимущество даже перед самыми дорогими аспираторами.

так что три зажима всегда по очереди остаются закрытыми. Для того, чтобы пробку опрокинутого сосуда давлением воды не выперло из горлышка, посредине четырех трубок (фиг. 40) втискивается железная распорка, удерживающая пробки в их положении.



Фиг. 41.

Прибором для поглощения CO_2 служит длинная, постепенно суживающаяся воронка (alonge французских химиков). Струя воздуха, засасываемая аспиратором (фиг. 39), входит через верхний конец вертикальной трубки и выходит через нижний, заткнутый обыкновенной пробкой с несколькими про-

колотыми (или еще лучше выжженными) булавкой маленькими отверстиями. Чем меньше отверстия, чем выше слой поглощающей жидкости в воронке, тем сильнее должно быть давление в аспираторе, что и достигается удлинением досок. Пузырьки выдавливаются вниз со значительною силой и, описав дугу, ударяются в стенку воронки, после чего всплывают по винтовой линии, чем значительно удлиняется их путь в поглощающей жидкости. Малый размер пузырьков и их вращательное движение еще более способствуют поглощению CO_2 .

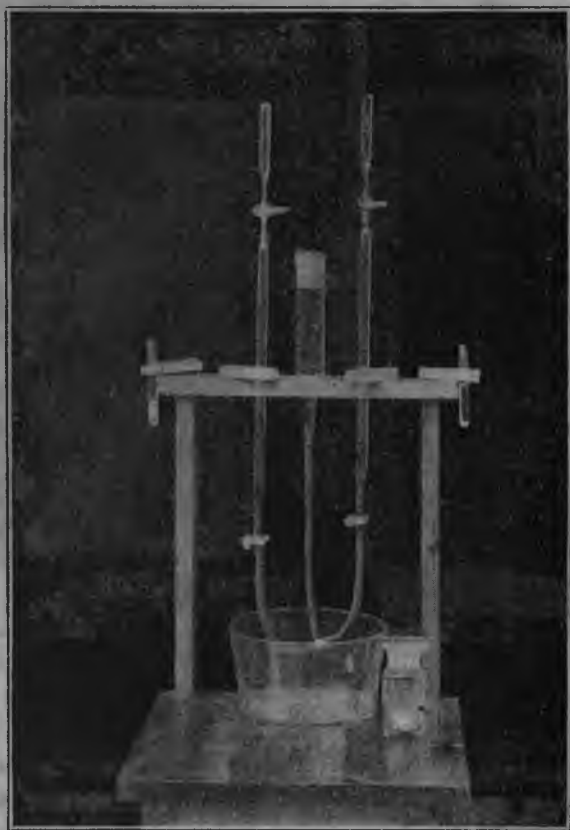
В качестве поглотителя я брал обыкновенную баритовую воду ¹⁾. По прошествии некоторого времени осадок легко оседает на дно воронки, которая состоит из такой же толстостенной короткой пробирки, соединенной с воронкой каучуковой трубкой. Стянув вниз трубку и перехватив ее зажимом (Бунзеновским, винтовым), легко вывертывают из ее конца пробирку с осадком.

Определение CO_2 производится следующим образом. Осадок переливают в воронкообразную часть газомерной трубки (фиг. 43) и, когда он плотно осядет, спускают его, открывая кран в самую трубку, наполненную ртутью. Когда осадок снова осядет, избыток жидкости выдавливают обратно в воронку, откуда его отсасывают узенькой пипеткой. Затем в воронку приливают немного концентрированной соляной кислоты и спускают ее к осадку. Так как содержимое в трубке находится под значительным отрицательным давлением, то нет опасности, чтобы газ выделился наружу. Закрыв кран и поднимая воронку со ртутью, приводим выделившуюся CO_2 к атмосферному давлению. Емкость сосуда аспиратора пять литров; оборачивая его десять раз, пропускают через прибор 50.000 куб. с. м. воздуха.

При общепринятом содержании CO_2 в атмосферном воздухе (0,0003) должно получиться 15 куб. с. м. CO_2 . Обыкновенно получается несколько менее, но это несущественно для цели опыта — показать, что даже такое ничтожное количество CO_2 начисто улавливается освещенным листом.

¹⁾ Хотя с дидактической точки зрения предпочтительнее было бы брать известковую.

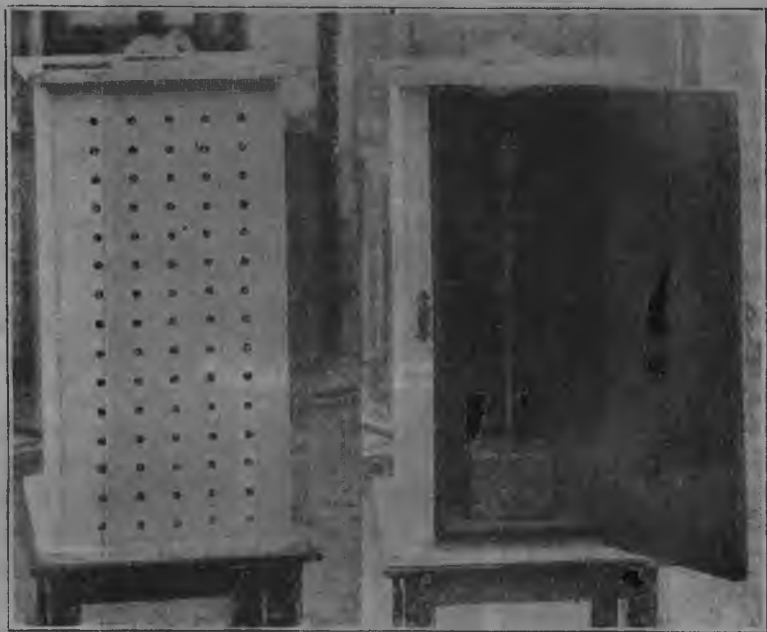
Для опыта с растением к описанному прибору присоединяется еще следующая часть. На торчащую из воронки трубку, засасывающую воздух, насаживается стеклянный цилиндр (фиг. 42), через который и протягивается атмосферный воздух, предварительно пропущенный через трубочку с шари-



Фиг. 42.

ками, содержащими воду, для увлажнения воздуха, чем ограждаются листья от засыхания через испарение. Если опыт только качественный, то достаточно поместить в трубку пластинки листьев росняка (*Alchemilla*), которые благодаря своей форме, наподобие складчатых фильтров, упрутся краями в стенки

цилиндра и держатся на желаемой высоте ¹⁾). Если желательно знать величину листовой поверхности, то поступают следующим образом. В верхнюю пробку цилиндра по его оси закрепляют стеклянную палочку, на которую надевают вырезанные из листьев и просверленные посредине кружки,



Фиг. 43.

поддерживаемые снизу небольшими, насаженными на стеклянную палочку пробками. Вертикальное расстояние между листьями, а, следовательно, и число их определяется в зависимости от наибольшей высоты солнца в течение опыта, так как листья не должны взаимно затенять. В результате, если светит солнце, вся углекислота оказывается поглощенной, чем и доказывается основной, интересующий нас и возбу-

¹⁾ Само собою понятно, что в цилиндр можно помещать и целые растения, напр., злаки.

ждающий сомнение факт использования растением такого скудного источника CO_2 .

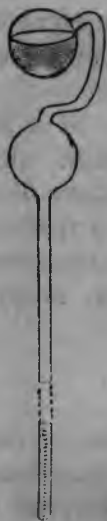
Если цилиндр обернуть черной бумагой или клеенкой, то количество CO_2 в воздухе, прошедшем над листьями, оказывается значительно более атмосферного, чем доказывается другой важный факт, что на солнце и вся углекислота, выделяемая дыханием, утилизируется растением. Для большей наглядности оба определения CO_2 в атмосферном воздухе и в том же воздухе, прошедшем над листьями, делают одновременно в двух трубках, как показано на фиг. 42.

При помощи простой комбинации приборов фиг. 36 и 39 можно исследовать атмосферный воздух, процеженный чрез лист,—форма опыта, еще никогда не осуществлявшаяся. Понятно, что лист тогда плавает на поверхности воды, а трубка, в которую проведен черешок, сверху открыта и соединяется каучуковой трубкой с верхним отверстием трубки, погруженной в баритовую воду.

3. Учет солнечной энергии.

Главным условием разложения CO_2 является лучистая энергия солнца. Сорок лет тому назад Эдмонд Беккерель указал единственно верный способ учета солнечной энергии и ее потребления растением, но он мог воспользоваться с этой целью только весьма несовершенным способом, основанным на отрывочных пиргелиометрических наблюдениях, при чем суммирование этих показаний за вегетационный период было только приблизительное. За последующие годы не только усовершенствованы измерительные приборы (Ланглея, Крова, Онгстрема, Каллендера, Михельсона и др.), но, что еще важнее, некоторые из них превращены в непрерывно действующие (самопишущие) приборы. Впрочем, и в последнем случае вычисление суммы энергии, полученной за известные промежутки времени, связано с хлопотливым вычислением при помощи планиметра. Правда, предлагались и упрощенные способы будто бы оценки действия солнечной энергии, но они ни к чему не привели. Пример такой попытки читателям этого журнала известен из широкоизвестной речи проф. Визнера. Визнер похваляется, что ему удалось дать

«математический» метод изучения утилизации солнечного света растением, но этому «математическому» методу недостает только малости, — мы не узнаем из него, ни сколько энергии доставляет солнце, ни какая доля ее поглощается листом, ни какая доля затрачивается на потребности растения. А то, что Визнер катался по трем частям света со сво-



ими фотографическими бумажками, — негодность которых для физиологических целей давно дознана, — может вызвать только сожаление о бесплодно потраченном времени. Если бы вместо того он захватил с собой переносный, вполне походный актинометр Крова, то действительно обогатил бы физиологию ценными и прочными данными ¹⁾. Лет тридцать тому назад на германских опытных станциях был предложен по общей программе обширный ряд определений усвоения углерода несколькими культурными растениями в различных стадиях их развития. Опыты сопровождались обычными метеорологическими наблюдениями, за исключением единственно необходимых — актинометрических — и, понятно, ни к чему не привели.

Задачу простого, но точного учета числа калорий, получаемых известной площадью за час, день, месяц, целый вегетационный период разрешил недавно умерший талантливый, молодой английский астроном Вильсон ²⁾. Его радио-интегратор вполне удовлетворяет потребностям физиологии растений, агрономии, лесоводства. Благодаря ему, наблюдатель в первый раз может с точностью сказать, сколько калорий получит известная полевая культура за весь период вегетации, сколько калорий

¹⁾ Пятнадцать лет тому назад в своей лекции «Борьба растения с засухой» я показал, как при помощи этого прибора можно в числах (калориях) разрешить одну из тех задач, которую пытался разрешить, но не разрешил Визнер, т.е. показать, в чем заключается польза положения листьев у растения - компаса, в сравнении с горизонтальными.

²⁾ Произнося свою хвастливую речь, Визнер, очевидно, не подозревал о существовании этого прибора, изобретенного уже несколько лет. Я пользуюсь им уже два года.

получают в год светолюбивые или тенелюбивые породы, а физиолог может вполне точно ответить на вопрос, сколько калорий получено его растением в течение всего опыта. Прибор этот должен составлять необходимую принадлежность каждой физиологической лаборатории, каждой опытной станции. Действие радио-интегратора Вильсона (фиг. 44) основано на перегонке спирта, окрашенного черным пигментом и представляющего постоянную поверхность освещения. Если производить опыты над кувшинкой, то можно быть уверенным, что обе поверхности—плавающего листа и черной жидкости—всегда и везде горизонтальны и, следовательно, одинаково освещены. Таким образом задача, поставленная сорок лет тому назад Э. Беккерелем, благодаря Вильсону, получила простое и точное разрешение.

X.

Л е н.

Лен в ботаническом отношении.—Лен в систематическом отношении.—Анатомическое строение стебля.—Строение и свойства волокна.—Строение семени.—Общее понятие о питании растения.—Питание корнями, питание листьями.—Влияние температуры на развитие льняного растения.—Половое размножение льна.—Диморфизм.—Паразитный гриб.—История и происхождение льна.

Мм. гг.

Общество распространения технических знаний поставило себе целью предложить вам в целом ряде последовательных чтений полный очерк культуры и технической обработки льна.

На мою долю выпала задача представить вам, так сказать; отрекомендовать вам самого виновника этих чтений, познакомить вас с их объектом, с льняным растением.

На первый взгляд это, казалось бы, совершенно напрасный труд. В самом деле, кому незнакома яркая, сочная зелень, по которой еще издали можно узнать полосу, засеянную льном? Кто не видал вблизи его тонких, стройных былинки с голубыми, слегка поникшими цветками? Кто не имел в руках его гладких, блестящих, как бы отполированных семян? Словом, кто не видал, как он растет, цветет, приносит плод?

Казалось, можно было бы признать его общим знакомым и прямо приступить к настоящему предмету чтений — культуре и технической обработке.

Но на деле выходит иначе: на деле оказывается, что, вызвавшись познакомиться вас с ним, я на первых же порах должен сознаться, что сам его почти не знаю. Я должен предупредить вас, что наука—ботаника—в состоянии снабдить вас лишь очень скудными данными, в особенности в том, что касается жизни занимающего нас растения. Но мне кажется, что этим нисколько не роняется достоинство науки. Если наука говорит: «не знаю» там, где люди менее сведущие говорят: «знаем», то этим только доказывается большая требовательность науки, а также заявляется факт, что она еще не успела, не имела времени разрешить те вопросы, которые ей предлагаются практикой. И действительно, наука о жизни растений, растительная физиология, — наука очень молодая, она может считать свое существование только десятилетиями. В справедливости этого вы будете иметь случай убедиться; вы увидите, что вопросы, касающиеся строения растения, появившиеся ранее на очереди, обработаны сравнительно полно и удовлетворительно; вопросы же, касающиеся жизни растения, явившиеся, очевидно, позднее, оставляют еще многого желать.

Мы познакомимся сначала с внешностью нашего растения, затем посмотрим его внутреннее строение и, наконец, перейдем к изучению его жизненных явлений.

I.

Лен. . . . Но прежде всего нам следует условиться, что мы разумеем под словом «лен», какое растение, или, вернее, какую группу растений.

При самом поверхностном взгляде на живую природу мы замечаем, что в ней встречаются существа, животные и растения, сходство между которыми так велико, различия так малы, что мы называем их одним общим, собирательным именем. Эти группы естественных тел до того очевидны, что почти на всех языках для них существуют народные названия. Эти группы, следовательно, самые естественные, почти целиком перешли из жизни в науку и получили название родов. Таковы, напр., дуб, роза, лен и проч. Относительно пределов этих групп почти все согласны, как уче-

ные, так и неученые. Но известно, что навыком изопрятуются чувства: опытный глаз, привычное ухо схватывают сходства, подмечают различия, проходящие для других незамеченными; то же справедливо относительно анализирующей способности ума.

Изучая ближе растение, ученые с одной стороны, практики с другой—подмечали в пределах одного рода различия, на основании которых подразделяли его далее: ученые— на *виды* и *разновидности*, практики — на породы, сорта и проч.

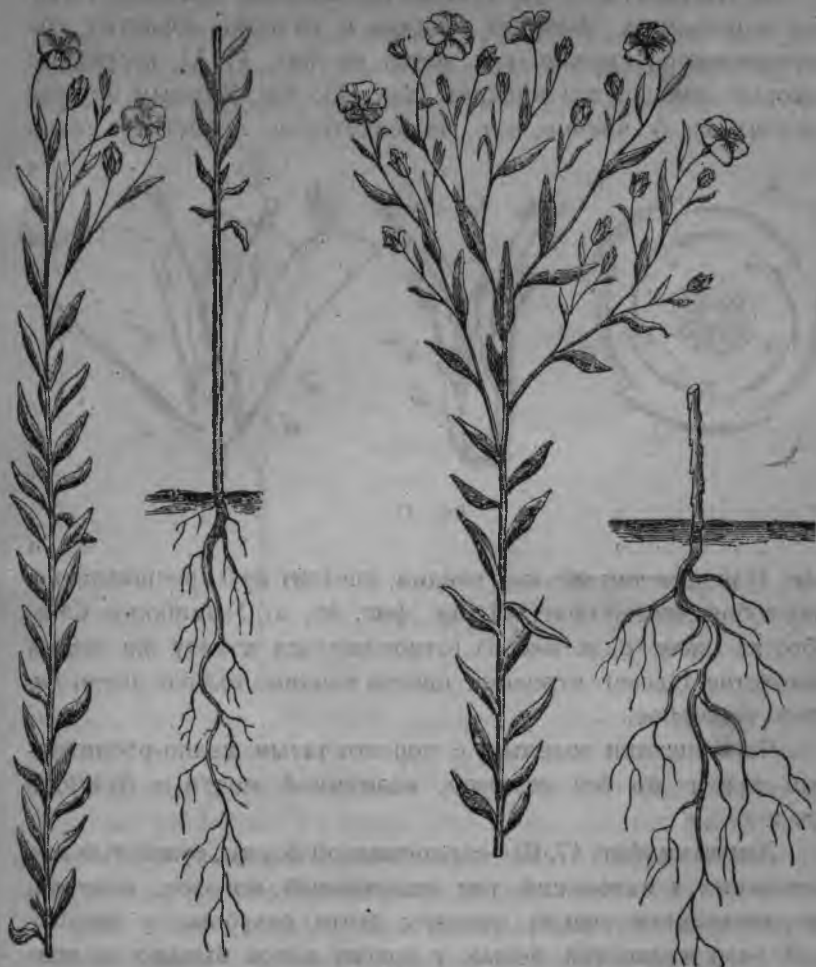
Но этим дело не ограничивается; подмечая различия в пределах одного рода, ботаники подмечают и сходства между отдельными родами и на основании этих сходств соединяют их в *семейства*, семейства в *отряды* и т. д.

Понятно, что в установлении этих групп не существует такого единогласия, как в установке родов. Напр., для видов не существует обыкновенно народных названий: их составляют искусственно из имени рода, прибавляя к нему различные прилагательные.

Занимающее нас растение относится к роду *Linum* и виду его *L. usitatissimum* (самый обыкновенный). А весь род *Linum* вместе с несколькими другими родами образует семейство *Lineae*—льновые. Его-то, этот вид, мы и будем иметь постоянно в виду при описании и только при случае будем указывать на те черты сходства, которые связывают его с другими видами,—на те различия, которые составляют разбить его, в свою очередь, на разновидности или породы.

Обыкновенный лен—растение травянистое и в естественном состоянии однолетнее, но существуют другие виды—многолетние (напр., *L. perenne*). Корень у него (фиг. 45 и 46), так называемый главный (т.-е. такой, который при прорастании семени составляет непосредственное продолжение стебля)—прямой, стержневой, с мочковатыми или нитевидными ветвями, несколько волнистыми, или спирально закрученный. Консистенция его мясисто-деревянистая, длина 3—4 и более вершков. По уверениям практиков, он бывает и значительно длиннее, но точных измерений не имеется.

Стебель (фиг. 45 и 46)—одинокий, т.-е. не ветвящийся от самой шейки, прямо восходящий, цилиндрический, гладкий. Ветвится обыкновенно на три ветви, что зависит от спи-



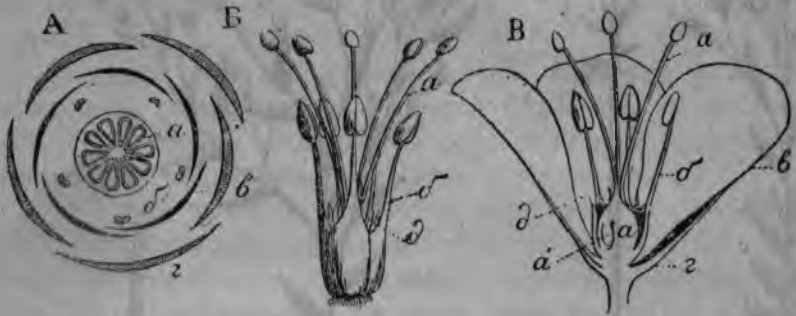
Фиг. 45.

Фиг. 46.

рального расположения листьев, из углов которых выходят ветви. У *L. catharticum*, напр., у которого листья расположены попарно, ветви выходят на две стороны,

Листья расположены поочередно по винтовой линии, не оттопырены, но образуют острый угол со стеблем, узкие, ланцетной формы, трехнервные, гладкие (фиг. 45 и 46).

Цветы (фиг. 46 и 47) состоят из чашечки, венчика, тычинок и плодника. Чашечка, венчик и тычинки образуют три чередующиеся кружка (как видно на фиг. 47 А), посредине которых помещается плодник (фиг. 47; Аа). Каждый кружок состоит из 5 членов, т.е. чашелистиков, лепестков, тычи-



Фиг. 47.

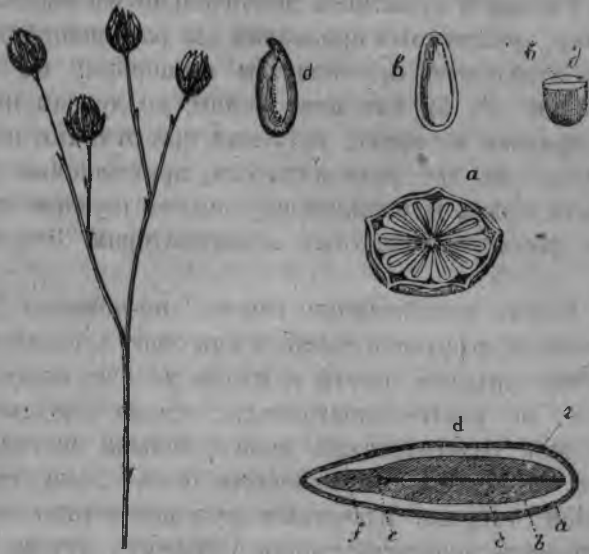
нок. Плодник так же, как увидим, состоит из 5 сросшихся между собою частей (фиг. 47. Аа, фиг. 48, а). У наиболее близкого ко льну рода *Radiola* (относящегося к тому же самому семейству *Lineae*) строение цветов сходно, только число частей четверное.

Чашелистики зеленые, с перепончатым мелко-реснитчатым краем, но без железок, величиной почти с будущий плод.

Лепестки (фиг. 47. В)—сердцевидной формы, суженные при основании в маленький так называемый ноготок, падающие, сохраняющиеся весьма недолго; цвета голубого, у некоторых разновидностей белые, у других видов бывают желтые и розовые.

За лепестками следует ряд тычинок (фиг. 47. А. Бб), сросшихся расширенными кожистыми основаниями своих нитей (фиг. 47. Бб) в одну трубку. В промежутках между тычинками замечается еще по зубчику (фиг. 47. Б. В д). Аналогия с самыми близкими к льновым семействам гераневых

и кисличных, у которых 10 тычинок (в последнем семействе пять больших и пять маленьких), заставляет предполагать, что это — недоразвившиеся тычинки. На вершинах нитей сидят пыльники, растрескивающиеся снаружи несколько косвенно. Ко времени цветения пыльники насажены на нити почти горизонтально, чем отличаются от пыльников других видов. Они содержат *цветневую пыль* или *цветень*.



Фиг. 48.

Средину цветка занимает один плодник (фиг. 47 Аа, Ба, Ва), но нетрудно доказать, что и он состоит из пяти частей: во-первых, на вершине его сидят пять так называемых *столбиков*, оканчивающихся рыльцами (фиг. 47. Ба), а, во-вторых, если мы перережем поперек его основную вздутую часть — *завязь*, то она окажется состоящею из пяти гнезд (фиг. 47. Аа). Она образована пятью плодолистиками, сросшимися своими краями, в чем легко убеждает строение плода (фиг. 5. а). Плод льна, т.-е. разросшаяся завязь, представляется нам в виде коробочки, которая при малейшем давлении, а у некоторых разновидностей и сама собою, растрескивается на пять створок (фиг 48). Эти-то створки соответ-

ствуют пяти листочкам, из которых образовалась завязь. В каждом гнезде завязи заключено по два яичка (фиг. 47. В а). Когда завязь превращается в плод, в коробочку, яички превращаются в семена. Следовательно, всех семян будет десять.

Что касается до разновидностей и пород, представляемых обыкновенным льном, то, как уже было замечено выше, мнения ученых и практиков значительно расходятся. По одним, напр., постоянным признакам для разновидностей можно считать небольшую крючковатую выщербину на верхушке семени (фиг. 48. б), или цвет семян; по другим ни тот ни другой признак не имеют значения при отличии пород. Укажем только на две разновидности, принимаемые немецким ботаником Кохом и, повидимому, соответствующие двум главнейшим породам, известным культиваторам. Эти разновидности:

1) *Linum usitatissimum vulgare* (по-немецки Schliesslein или Dreschlein, по-русски *долунец* или (фиг. 45) *сленец*). Стебли его вообще крупнее, цветы и плоды мельче, коробочки глухие, т.-е. не растрескивающиеся, семена светлые. Особая порода этой разновидности льна с белыми цветами, известная под названием *американского белого льна*, вывезенная из Южной Америки известным путешественником Шомбургом, первоначально разведенная в Эрфурте, оттуда попавшая в Эдинбург, откуда была представлена на первую всемирную выставку 1851 года, в настоящее время начинает распространяться в культуре.

2) *Linum usitatissimum crepitans* [Klanglein, Springlein — прыгун (фиг. 46)]. Размером мельче предыдущего. Цветы и плоды крупнее. Коробочки растрескиваются. Семена темные.

Познакомившись с внешним видом нашего растения, переходим к рассмотрению его внутреннего анатомического строения, в особенности тех частей, которые интересуют техника, именно стебля и семени.

Двести лет микроскопических исследований показали, что все организмы, животные и растения, состоят из мельчайших телец, называемых клеточками. Все живое состоит из клеточек, а в известный момент своего существования из

одной клеточки. У растений эти клеточки имеют форму ячеек или пузырьков. Стоит посмотреть повнимательнее, например, на ломоть спелого арбуза, чтобы убедиться, что он состоит из мелких пузырьков или икринок, ничем между собою не связанных. Стоит приглядеться попристальнее к вареному, в особенности так называемому рассыпчатому картофелю, чтоб убедиться, что он также состоит из подобных мельчайших пузырьков. Несколько труднее доказать, что более твердые части растений, напр., дерево, состоят из таких же отдельных клеточек, но и для этого имеется средство. Стоит только приготовить смесь из хлорновато-кислого кали, так называемой бертолетовой соли и слабой азотной кислоты и положить в нее испытуемое тело, напр., лучинку. По прошествии нескольких дней, если не нагревать жидкости, и по прошествии нескольких минут, если нагреть ее, лучинка совершенно расплывется, распадется на составляющие ее клеточки.

Это объясняется тем, что в растении клеточки связаны, склеены между собою в так называемые *ткани* посредством особого вещества, называемого межклеточным. Это межклеточное вещество, очевидно, бывает весьма различного состава; так, в мякоти зрелых плодов (как в арбузе) оно само растворяется, у картофеля оно растворяется в кипящей воде, наконец, в дереве оно поддается только действию более энергических средств, какова описанная нами жидкость (называемая Шульцевою) или раствор едкой щелочи.

Клеточки могут иметь различные формы: если они очень удлинены, то получают название *волокон*. Кроме клеточек и *волокон*, в растении встречаются еще третьего рода органы—*сосуды*. Сосуды—не что иное, как вертикальные ряды клеточек, у которых уничтожились поперечные, горизонтальные стенки, вследствие чего они образуют длинные сплошные трубки. Волокна и сосуды обыкновенно встречаются вместе, образуя то, что называют *сосудисто-волокнистыми пучками*, или просто *пучками*, в отличие от остальной ткани, называемой *основною* и состоящей из клеточек.

Различие *пучка* от основной ткани очень резко в листе. Там пучки получают название *нервов*, или, в обыкновенной речи, *жилок*, основная ткань называется листовой мякотью,

Такие же нервы, т. е. сосудные пучки, тянутся и по всей длине стебля; для того, чтоб их изучить, следует делать разрезы стебля, поперечные и долевые, и наблюдать их под микроскопом.

На поперечном разрезе льняного стебля (фиг. 49 и 50) сосудистые пучки располагаются очень правильно — кольцом (фиг. 49 д.). Часть стебля, лежащая в середине этого кольца, называется *сердцевиной*, часть же, лежащая снаружи, — *корой* (фиг. 49 и 50. к.). Сердцевина состоит из рыхлой бесцветной ткани и сообщается с корой в промежутках между пучками посредством лучеобразно расположенных полосок такой же ткани. Во взрослых растениях сердцевина начинает разрушаться, почему в середине стебля образуются пустоты, видные на поперечном сечении в виде отверстий (фиг. 49. п.). Кора состоит из таких же почти клеточек, как сердцевина; но они не так крупны и содержат множество зеленых крупинок *хлорофила*, — вещества, которое сообщает растениям их зеленый цвет. Поверхность стебля обтянута особой кожицей, состоящей из очень плоских клеточек (фиг. 49 и 50. э.). Местами в этой кожице попадаются щели, окаймленные двумя серповидными клеточками; это так называемые *устыща*; через них образуется сообщение между внутренним и наружным воздухом, а также испаряется вода. Подобными же устьицами снабжена и кожица листьев.

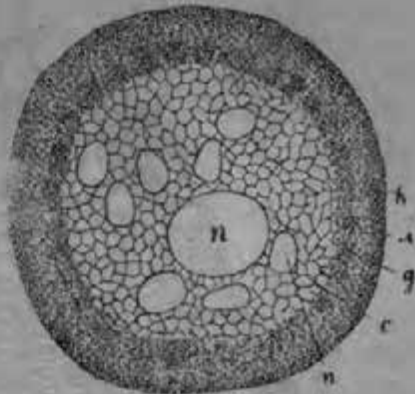
Пучки образуют не сплошное кольцо, и потому мы можем различить их число. Их бывает от 10 до 20. В каждом пучке, идя от сердцевины к коре, следует различать три части, или слоя: внутренний, или *древесинный*, средний слой, так называемый *образовательный*, или камбий, и наружный *лубяной*, или *луб*.

Образовательный слой получил это название потому, что пока стебель растет, в нем образуются новые клеточки, и поэтому он всегда состоит из молодых, очень тонкостенных, сочных клеточек. Этот слой, следовательно, делит кольцеобразно весь стебель на две части. Внутри его лежит сердцевина и древесина, а снаружи — луб и кора. Так как образовательный слой состоит из очень нежной ткани, то древесина и луб при обработке льна легко отделяются друг от

друга, вследствие чего в старых технических сочинениях говорили, что они соединены, склеены только слоем *камеди*.

Клеточки камбия при росте растения постоянно превращаются с одной стороны в древесину, а с другой—в луб, при чем их стенки утолщаются и изменяются.

Древесина, так называемая потому, что она составляет главную массу древесных стволов, состоит из удлиненных клеточек и сосудов. Стенки клеточек химически изменились. Между тем как стенки молодых клеточек состоят из вещества, называемого *клетчаткой* и отличаемого под микроскопом тем, что при действии иода и серной кислоты оно окрашивается в голубой цвет,—клеточки древесины уже не представляют этой реакции и потеряли прежнюю гибкость и эластичность.



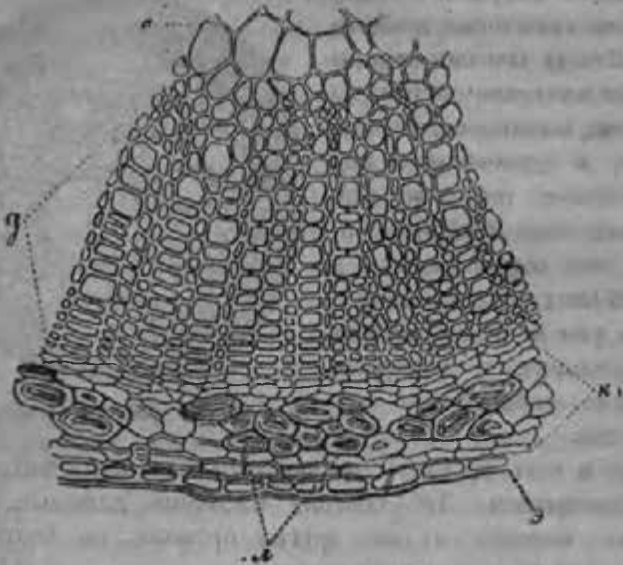
Фиг. 49.

Луб и есть та часть льняного стебля, ради которой мы его возделываем. Луб состоит из очень длинных, толстостенных волокон и еще других органов, на которых мы впрочем, не будем останавливаться.

Посмотрим, что же такое эти лубяные волокна. Это—очень длинные клеточки, длина которых превышает в 1000—2000 раз их поперечник (фиг. 51), с весьма утолщенными стенками, состоящими из клетчатки, т.-е. не превратившимися в древесинное вещество. Эти три свойства составляют главные достоинства льняного волокна: его длина делает его годным для пряжи, утолщение стенок определяет его прочность, наконец, отсутствие древесинного вещества обуславливает его гибкость. Следовательно, достоинство льняного волокна заключается в том, что оно представляет нам очень длинное, почти сплошное, т.-е. без внутренней полости, цилиндрическое тело из очень гибкого вещества.

Изучить строение льняного волокна можно или на разрезах, поперечных и долевых, или посредством обработки Шульцевой жидкостью, при чем получают отдельные волокна.

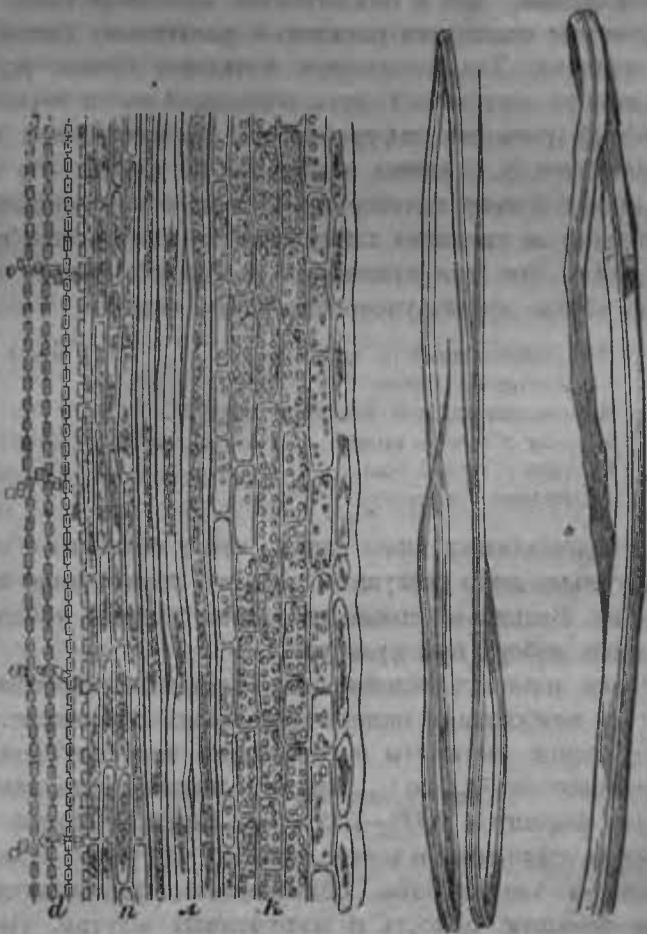
На поперечном разрезе взрослого стебля под микроскопом лубовые волокна бросаются в глаза по сильному преломлению света, отличающему их от остальных клеточек (ф. 50 л.). Кроме того, в других клеточках мы ясно отличаем стенку и



Фиг. 50.

полость; эти же клеточки нам представляются как бы сплошным плотным телом почти без пустоты внутри (ф. 50. л.). При внимательном осмотре оказывается, что в середине каждого такого сплошного тела находится точка; эта точка и есть поперек пересеченная полость клеточки. Чтоб убедиться в этом, стоит только сделать поперечный или долевой (ф. 51) разрез через более молодую часть стебля; там мы увидим, что стенки лубовых клеток немногим толще стенок окружающих их клеток и полость довольно значительна. Делая последовательные разрезы от вершины стебля к основанию,

т.-е. идя от молодых частей к более старым, убеждаемся, что стенка с возрастом постоянно утолщается с внутренней стороны до полного почти уничтожения полости. Эта полость,



Фиг. 51.

являющаяся на поперечном разрезе в виде точки, на долевом представляется в виде черты, полоски, тянущейся посредине волокна (ф. 51).

Полное понятие о форме волокна можно, однако, получить, только вымачивая стебли в Шульцевой жидкости, при

чем получают свободные волокна. Даже и при этой обработке довольно трудно выделить отдельное волокно, так как они очень плотно прилегают друг к другу своими нитевидными концами, чем и объясняются противоречивые и преувеличенные показания писателей касательно длины льняного волокна. Так, некоторые ботаники (Линк) полагали, что длина их достигает 1 фута, в большей части технических сочинений приводят цифру 4 дюйма. По измерениям Унгера, она достигает 8, 2 линии, по Молю—12 линий. Эту последнюю цифру я могу подтвердить и своими измерениями. Следовательно, за среднюю длину волокна льна можно принять *один дюйм*. Вот для сравнения несколько данных относительно длины других употребительных волокон:

Лен обыкновенный (<i>L. usitatissimum</i>)	12	линий
» желтый (<i>L. flavum</i>)	1,5—0,7	»
Ново-зеландский лен (<i>Phormium tenax</i>)	1,5	»
Конопля (<i>Cannabis sativa</i>)	4	»
Кропива (<i>Urtica dioica</i>)	17	»
Хлопчатник (<i>Gossypium</i>)	18	»

Из приведенных цифр видно, что у близкого к обыкновенному льну дико растущего желтого льна длина волокна ничтожна. Весьма возможно, что длина волокна увеличилась вследствие отбора при культуре.

Форма льняного волокна очень удлинено веретенообразная, т.-е. наибольший поперечник лежит посредине длины, оба же конца вытянуты в тончайшие волоски. Толщина в поперечнике—от $\frac{1}{125}$ до $\frac{1}{233}$ линии, следовательно, длина превосходит ширину в 1000—2000 раз. Волокна почти цилиндрические, силошные и всегда прямые, чем резко отличаются от волокон хлопчатника, сплюснутых, заключающих довольно большую полость и закрученных жгутом. На некоторых местах заметны кольцевые насечки.

При более внимательном изучении строения волокна оказывается, что утолщение стенок зависит от множества концентрических слоев (ф. 50. л.), а при сдавливании волокна (или при действии некоторых реактивов) можно обнаружить в его стенках косвенную спиральную полосатость. Весьма вероятно, что по направлению этой полосатости волокно раз-

рывается, когда подвергается механическому разрушению, как, напр., при выделке бумаги из льняного тряпья.

Вещество волокна, как уже сказано выше,—чистая клетчатка, чем и объясняется его гибкость; но, кроме клетчатки, оно содержит и некоторые минеральные вещества. На одно из них, на кремнезем, указывали, как на одну из причин, почему льняное волокно менее других подвержено гниению. Так, по мнению Викке, отсутствие этого вещества в волокне *ожуты* обуславливает его легкое гниение. Но избыток минеральных отложений положительно вреден; этим объясняют непрочность волокна ласточника. Действительно, волокно льна содержит 0,65% золы, а волокно ласточника—2,2%.

Здесь не место вдаваться в описание мочки и механической обработки льна, предшествующей приготовлению из него пряжи, скажем только, что все эти операции имеют целью достигнуть того же, чего мы достигали при обработке Шульцевой жидкостью, т.-е. освобождения лубяных волокон от окружающих частей древесины и проч. Только здесь процесс не идет так далеко. При вымочке только отчасти уничтожается межклеточное вещество, и пучки не разъединяются на отдельные волокна, так что в тонкие и средние сорта ниток идет от 1 до 3-х лубяных пучков.

Посмотрим, в чем должны заключаться свойства добротного волокна и как они достигаются.

Хорошее лубяное волокно должно быть:

- 1) длинно,
- 2) тонко, т.-е. иметь малый поперечник,
- 3) равномерно утонченно к концам,
- 4) выполнено, т.-е. не представлять значительной полости,
- 5) тонкослойно, т.-е. состоять из большого числа тонких слоев утолщения, и
- 6) гладко и чисто с поверхности, т.-е. не быть переломано и не сохранять остатков соседних клеточек.

К этим свойствам некоторые присоединяют, что волокно должно сохранять немного камедистого связующего вещества, что облегчает прядение, но существование подобного вещества еще подлежит сомнению.

Первое и второе свойства—длина и тонина—зависят от быстроты роста, для чего стараются быстро выгонять растения, что обуславливается сортом и способом культуры. Но не следует упускать из виду, что при этом иногда можно не выполнить пятого условия. Так, напр., когда гонятся за очень тонким волокном, собирают лен во время цветения, когда волокно еще недостаточно утолщено, т.-е. не выполнено, и, следовательно, получается волокно тонкое, но не прочное.

Третье свойство важно в том отношении, что волокно, прикладываясь одно к другому тонким, как волосок, концом, образует ровную, почти цилиндрическую нить.

Четвертое и пятое свойства зависят от времени сбора, положения на стебле и культуры. Замечено, что на плодородной почве слои утолщения волокна тонки и часты, на бесплодной же широки и малочисленны, вследствие чего волокно не так гибко.

Наконец шестое свойство зависит от способа мочки. Тот способ мочки—наилучший, при котором образуется менее бурых продуктов разложения хлорофила, окрашивающих волокно.

При белении волокна, кроме чисто химического действия, т.-е. разрушения и удаления красящих веществ, важно и механическое изменение, претерпеваемое поверхностью волокна. Оно покрывается множеством мельчайших трещин, вследствие чего сильнее отражает свет. Между тем как до обработки оно отличалось стекловатою прозрачностью, после беления оно получает сходство с матовым стеклом. Это легко заметить под микроскопом. Не выбеленное волокно прозрачно при падающем и отраженном свете, выбеленное же при падающем свете представляется белым, при проходящем—темным, т.-е. не прозрачным.

Посмотрим теперь строение другого органа, ради которого возделывается льняное растение, — семени.

Для того, чтобы выяснить себе строение семени, необходимо начать с яичка. В яичке мы различаем две части — оболочку и ядро.

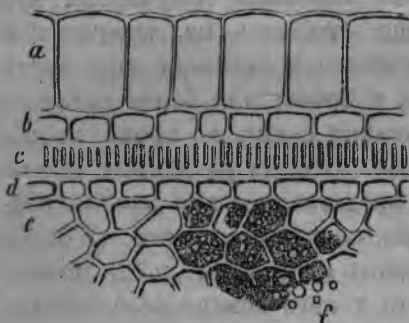
В оболочке находится канал, доходящий до ядра. В этом ядре, состоящем, как и остальные части яичка, из кле-

точек, замечается одна очень крупная клеточка, называемая *зародышевым мешочком*, а в ней ко времени цветения появляется маленькая клеточка, называемая *зародышевым пузырьком*. Этот зародышевый пузырек вследствие оплодотворения превращается в зародыш, а в остальной части зародышевого мешочка образуется ткань, называемая белком. Белок этот служит для питания зародыша. Случается, что зародыш всасывает белок, еще находясь на материнском растении, при чем сам разрастается и занимает всю массу семени, как это бывает, напр., у бобов; или белок остается нетронутым и служит для питания семян во время прорастания, как это бывает у злаков. Отсюда различают семена безбелковые и белковые. Лен представляет нам как бы средний вывод между этими двумя случаями: у него от белка сохраняется незначительная часть (фиг. 48, г., и 52), почему обыкновенно даже говорят, что у него семена безбелковые. В зрелом семени льна все части, лежащие кнаружи от зародышевого мешочка, превращаются в оболочку или *кожуру*.

Кожура, представляющая гладкую блестящую поверхность, состоит из 6 слоев клеточек различной формы. Мы обратим внимание только на самый наружный и самый внутренний. Наружный слой (фиг. 52. а) состоит из тонких клеточек, весьма жадно всасывающих воду, разбухающих, лопающихся и выпускающих в воду бесцветную слизь. Эта слизь — продукт превращения клеточной стенки и наполняет всю полость клеточки. Какое значение она имеет для растения, неизвестно; быть-может, она способствует разрыву оболочки при прорастании или служит для накопления воды. Она употребляется в медицине для припарок. Самый внутренний слой (фиг. 52. d) состоит из одного ряда плоских клеточек, наполненных темно-бурым, сильно преломляющим свет веществом. От этого вещества зависит цвет семени. Оно образуется довольно поздно, когда зародыш уже значительно развит. Значение его, вероятно, следующее. Развивающийся в семени зародыш начинает зеленеть, и если б его развитию не был положен предел, то он мог бы прорасти на материнском растении. Но в это время появляется этот бурый слой, преграждающий к нему до-

ступ света, и этим прерывает его развитие. Таким образом получается покоящийся зародыш, способный к дальнейшему развитию только при стечении известных условий.

В кожуре заключен зародыш, как уже сказано, окруженный топким слоем белка (фиг. 48. г. и ф. 52). Зародыш лежит прямо по длине семени (фиг. 5 в. г. fcd) и состоит из двух



Фиг. 52.

плоских листочков — *семенодолей* (ф. 48 fcd), которые при прорастании выносятся на воздух и превращаются в настоящие зеленые листочки и корешки (ф. 48 f). Как зародыш, так и белок состоят из совершенно сходной бесцветной ткани. Клеточки этой ткани имеют очень тонкие стенки и набиты крупинками или каплями с жирным, маслянистым блеском.

Прежде эти капли принимались за масло, но Гартиг показал, что это — более сложное тело, названное им *алейроном*. Алейрон состоит из белкового вещества и погружен в жидкую смесь белкового и маслянистого вещества. Эта смесь разлагается уже водою, почему наблюдать под микроскопом нужно не в воде, а в какой-нибудь другой жидкости, напр., в глицерине. Если подействовать на тонкий разрез семени, находящийся под микроскопом, сразу большим количеством воды, то все содержимое клеточки мутится, становится непрозрачным. Но если прибавлять воды понемногу, то можно заметить, как в каждой подобной капле выделится твердый комок, который иодом окрашивается в желтый цвет, — один из признаков белкового вещества, употребляемого при микроскопических исследованиях. В то же время выделится маленькое круглое зерно, состоящее, как показали химические исследования, из иного вещества. Следовательно, несомненно, что семена льна содержат не масло, а более или менее тесную смесь масла с белковым веществом. Это подтверждается и анализами льняных семян сра.

внительно с другими жирными семенами, откуда видно, что они относительно богаче белковыми веществами. В некоторых жирных семенах, напр., в клещевинных, заключающих также алейрон, при осторожном действии водою или при извлечении масла эфиром он выделяется отчасти в виде правильных кристаллов.

Это присутствие белкового вещества, соединенного с маслом и выделяемого водою, в семенах льна, быть-может, не мешает иметь в виду при добывании из них масла. Гри замечает, что во Франции при добывании масла из некоторых жирных семян находили полезным смачивать их водою. Быть-может, это один из тех нередких случаев, в которых практика опередила науку.

Заручившись необходимыми сведениями о строении растения, приступим теперь к изучению его жизни; но прежде, чем перейти к этому, остановимся несколько минут на некоторых общих понятиях, без которых дальнейшее изложение было бы неясно.

II.

В основе всех наших представлений о природе лежат два понятия: о веществе и силе, о телах и явлениях. На основании всего, что до сих пор известно, естествоиспытатели пришли к заключению, что в природе, в доступной нам части вселенной, существует известное количество вещества, одаренного известным количеством движения, т.-е. силы,—ни то, ни другое не может ни прибавиться, ни убавиться¹⁾. Они могут почти бесконечно видоизменяться и превращаться, но не могут ни создаться вновь ни исчезнуть. Все исключения из этого правила, из этих двух законов,—вечности вещества и вечности силы,—только кажущиеся. Когда вещество, повидимому, исчезает, напр., сгорает, оно только превращается в другую менее осязательную газообразную форму. Когда сила, повидимому, уничтожается, она превращается только в другую силу; напр., сила быстро заторможенного

¹⁾ Напомню, что эта лекция относится к тому времени, когда и физики (Гельмгольц) говорили еще о *сохранении силы* (а не энергии).

поезда железной дороги, повидимому, уничтожается, но в сущности она переходит только в другую силу, в теплоту, которая обнаруживается искрами, сыплющимися из-под тормоза. Следовательно, когда я вижу появление вещества там, где его прежде не было, я ищу, из какой другой формы вещества оно могло преобразоваться. Когда я вижу проявление силы, я поступаю таким же образом.

Посмотрим, в чем же заключается жизнь или существование растения. Растение, как свидетельствует его название на большей части языков, *растет*—и только, чем оно и отличается от животного, которое сверх того движется и чувствует. Рост состоит в постоянном накоплении массы; растение постоянно образует новые органы или, всматриваясь глубже в дело, новые клеточки. Мы бросаем в землю жолудь — вырастает дуб. Откуда же взялось все это вещество? Оно взялось оттуда же, куда и уходит. Когда мы сжигаем растение, часть его, и самая значительная, превращается в невидимый газ — углекислоту, состоящую из углерода или угля и кислорода; другая часть остается в виде несгорающей золы. Когда растение сгнивает, истлевает, с ним происходит то же: часть переходит в воздух, другая — зола — остается в почве. Вот те источники, из которых берется вещество растения, углекислота воздуха и зола почвы. И притом главная часть, та, которая сгорает и которая называется органическою, берется из воздуха. Следовательно, Шлейден был прав, отвечая на вопрос: чем мы питаемся? — воздухом.

Но растение представляет нам не только запас вещества, но и запас силы. За исключением ветра и падения воды, растение составляет даже единственный источник движущей силы, которым пользуется человек: как топливо, оно согревает наши жилища и приводит в движение наши машины; как пища, оно согревает и приводит в движение живые машины — организмы животных и человека.

Одним жолудем мы недолго будем топить печь, а столетним дубом — очень долго. Откуда же набралось растение в течение своей жизни этого тепла? Ведь оно не могло создать его, — сила, как и вещество, не создается.

Оно заимствовало его у солнца. Растение не может жить без солнца. Прежде это объясняли неопределенным благотворным влиянием солнечного света. Теперь мы знаем, что растение так же поглощает, принимает в себя солнечный свет и тепло, как оно принимает, напр., углерод из углекислоты воздуха. Подобно тому, как ни один атом вещества не создан растением, а проник в него извне, так и каждая единица тепла, выделяемая растением при сгорании, заимствована им извне, у солнца. Так что на вопрос: чем мы греемся и освещаемся зимою? — мы можем смело ответить: летним солнцем. И это не будет парадокс, а простое выражение факта.

Но, может-быть, спросят: какое же отношение все это имеет ко льну, — мы им не топим печей, не освещаем домов? Это верно. Но, тем не менее, его можно сжечь. А если его можно сжечь, выделить из него тепло, то это значит, что для того, чтоб образоваться, льняное растение должно получить от солнца, по крайней мере, такое же количество тепла, какое оно выделяет сгорая.

Следовательно, жизнь растения зависит, главным образом, от тех веществ, которые доставляются ему почвой и воздухом, и от того количества тепла, которое доставляется ему солнцем.

Сообразно двойкой среде, в которой оно существует, растение имеет двойкого рода органы питания: корни и листья. Одни добывают почвенные, другие — воздушные питательные вещества и в то же время поглощают солнечную теплоту.

Начнем с корня. Какие вещества принимает растение корнями? Я буду краток, потому что этот вопрос, наиболее существенный с точки зрения культуры, вероятно, будет развит в одной из последующих лекций. Ответ на поставленный вопрос дает нам отчасти анализ золы, но еще более ряд опытов, в которых растения воспитывались в искусственно приготовленных почвах или растворах, в которых доставлялись им те вещества, которые находятся в почве. Удаляя из этих почв или растворов по одному каждое из взятых веществ и наблюдая, какое произведет действие на растение его от-

сутствие, могли определить, какие из этих веществ необходимы для растения и, следовательно, должны рассматриваться как питательные вещества. Число таких веществ, без которых развитие растения невозможно, довольно ограничено. Четыре кислоты: азотная, фосфорная, серная и соляная (или хлористо-водородная) и четыре основания: кали, известь, магнезия и окись железа—вот немногосложный список тел, которых достаточно для того, чтобы произвести совершенно нормальное, здоровое растение. Если вышевысказанное мнение Викке верно, то к ним следует еще присоединить кремнезем. Относительно специального значения этих различных тел мы знаем очень мало определенного; эти сведения мы также услышим в одной из последующих лекций. Что касается распределения или местного накопления минеральных веществ, то можно указать на следующее. Ко времени созревания плода в стенках коробочки накапливается значительное количество солей извести с органической кислотой. По анализам Маршана содержание извести в различных частях растения следующее:

	В стебле.	В семени.	В коробочке.
В % золы	5	4	15
В % сухого вещества	0,1	0.16	1,05

Это накопление обнаруживается и под микроскопом: в каждой клеточке сидит крупный кристалл, занимающий почти всю полость. Это накопление, быть-может, имеет следующее физиологическое значение. Главная масса растительного вещества состоит из тел, относящихся к группе так называемых углеводов. Масло, которое, по всей вероятности, происходит из углеводов, содержит менее кислорода, чем углеводы,—следовательно, при его образовании из углеводов должно одновременно образоваться тело, более богатое кислородом, чем углеводы; к числу таких тел принадлежат кислоты. Накопление значительных количеств кислоты могло бы быть вредно для растения,—здесь-то и оказывается польза извести, которая насыщает кислоту и переводит ее в нерастворимое состояние.

Переходим теперь к питанию посредством воздушных частей. На основании всего известного нам о других растениях,

так как над льном, собственно, не произведено подобных исследований, мы можем сказать, что в зеленых частях происходит следующее. Углекислота воздуха под действием солнечного света разлагается, углерод ее остается в растении, а кислород освобождается. Углерод с водою и дает в растении начало группе веществ, которые мы называем углеводами ¹⁾, т.-е. такими соединениями, в которых находятся углерод и водород с кислородом в том отношении, в каком они образуют воду. К углеводам относятся сахар, крахмал и клетчатка, образующая стенки клеточек. Кроме углеводов, в листьях оказывается еще масло, но образовалось ли оно само по себе, или из углеводов,—неизвестно. Масло, мало-помалу накапливаясь, собирается в семени.

Обращаясь к другому вопросу—к отношению растения к внешней силе, к солнечной теплоте. Мы видели, что образование известного количества растительного вещества связано с поглощением известного количества тепла. Отсюда в науке естественно явилось стремление определить то количество тепла, которое необходимо доставить растению, чтобы довести его до известной степени развития. Это воззрение об отношении между растительным процессом и количеством получаемого тепла нередко подвергалось нападкам, но, рассматриваемое с такой общей точки зрения, оно справедливо до очевидности; все затруднение заключается в частности, в определении точного отношения, в способе измерения этого тепла. Способы, употребляемые в настоящее время, очень грубы, но и они в некоторых случаях дают довольно приблизительные результаты ²⁾.

Как приблизительно оценить то количество тепла, которое какое-либо растение получило за данный промежуток времени? Для этого прибегают к складыванию, к суммированию температур. Берут средние температуры дня и складывают их за весь период. Если сделанное предположение верно, т.-е. если для того, чтобы данному растению достиг-

¹⁾ Как, собственно, происходит этот процесс, нам неизвестно. Мы знаем только результат, что вместо углекислоты воздуха получается одинаковый объем кислорода, а в растении появляется углевод.

²⁾ В настоящее время они значительно усовершенствованы.

нуть до известной степени развития, нужна известная сумма тепла, то при высоких средних температурах потребуются меньшее число дней, чем при низких. Наир., если нужно получить в сумме 100°, то ее могут дать и 5 дней со средней температурой в 20°, и 10 дней со средней температурой в 10°. Понятно, что эти цифры не имеют абсолютного значения и они взяты только для простоты примера.

Явление это в общих чертах давно подмечено практикой. Садовники, управляя температурой, умеют ускорять рост, выгонять растение и замедлять его. Но посмотрим, оправдывается ли оно более строгим образом над нашим растением—над льном. Самые определенные моменты в развитии растения, это—прорастание и начало цветения. Посмотрим, действительно ли льняное растение за этот промежуток времени, между прорастанием и цветением, будет ли он краток или продолжителен, получит одинаковую сумму теплоты.

Вот два ряда наблюдений, произведенных двумя различными наблюдателями, в различных местах и в различное время.

Кандоль (Женева).

	В р е м я .		Число дней.	Сумма температур.
	Посева.	Цветения.		
1847 г.	24 мая	13 июля	50	6550° P.
	24 июня	9 августа	46	665
1848 г.	29 апреля	22 июля	54	634
	9 июня	23 июля	44	624

Гофман (Гиссен).

	Посев.	Сумма тем. ператур.
1857 г.	3 марта	6°6
	2 апреля	662
1858 г.	1 июля	666
1854 г.	1 апреля	631

Итак, мы видим, что льняное растение для того, чтобы достигнуть цветения, должно выбрать свои 650—660 градусов. Повторяю, что подобного рода исследования только начинаются и их следует рассматривать как первые приближения к истине. Но легко себе представить, какое значение

они могут приобрести в хозяйстве: можно предвидеть такое идеальное состояние науки и практики, когда хозяин, ведущий метеорологический журнал, будет приблизительно вперед рассчитывать, сколько еще теплых дней нужно для созревания его растения.

Питательные вещества, принятые растением, в конечном назначении служат для его роста. Вся деятельность растения сводится, следовательно, на два отправления: на принятие и переработку питательных веществ — собственно питание — и расходование, потребление этих веществ — превращение их в новые органы, т.-е. рост. Эти два отправления — питание и рост — не следует смешивать. Рост не всегда предполагает одновременное питание, он может происходить на счет уже образовавшихся запасов пищи. Так, напр., во время прорастания семян растение растет, но не питается: оно не принимает новых питательных веществ, а только превращает запасы, напр., крахмала или масла, в клетчатку, необходимую для построения новых органов.

Рост находится в тесной зависимости от влажности, температуры и света. Влажность и температура ускоряют рост, но в известных пределах. Ниже известной температуры, напр., рост вовсе прекращается. Начиная с этой температуры, которая для большей части растений лежит выше 0° , рост ускоряется с повышением температуры, но только до известного предела, за которым дальнейшее повышение температуры уже не действует благоприятно и даже замедляет рост. Замечено также, что колебание температуры действует замедляющим образом.

Влажность действует сходным образом; избыток ее, так же, как и недостаток, вредно действует на увеличение органического вещества и на рост.

Внешнее влияние света на рост оказывается совершенно обратным. Свет, повидимому, действует угнетающим образом на рост. В отсутствии света стебли растений тянутся, принимают более значительные размеры в длину. Но это явление только кажущееся; так как свет необходим для питания, то в растении, растущем на свете, прирост, т.-е. накопление сухого вещества, всегда будет более, несмотря на менее зна-

чительные внешние размеры. В некоторых случаях удается даже ближе объяснить связь этих явлений. При сравнительных опытах оказалось, что растения, выросшие под влиянием солнечного света, представляют более толстые стенки клеток, растения затененные—стенки более тонкие. Это сильное утолщение стенок, вероятно, препятствует их растяжению, без чего невозможно удлинение.

К сожалению, относительно влияния этих факторов—тепла, влажности и света—на изменение волокна льна не имеется данных, а легко усмотреть, какой практический интерес может представить подобное исследование. Большая или меньшая степень затенения может быть, напр., вызвана большею или меньшею густотой посева; следовательно, от этого обстоятельства, очевидно, должна зависеть, с одной стороны, длина и тонина волокна, с другой стороны, толщина его стебля,—обстоятельства, как мы видели, главным образом определяющие добротность волокна.

Лен—растение однолетнее; по окончании годичного периода оно умирает; отсюда ясно, что для поддержания вида необходимо, чтобы оно обладало каким-нибудь органом размножения, чтобы оно оставляло по себе потомство.

Эти органы размножения, это потомство—его семена.

Семена, как мы видели, содержат зародыш, т.е. молодые зачаточные растеньица, защищающие его оболочки, и небольшой запас питательного вещества, носящий название белка.

Этот зародыш образуется не так, как все другие органы растения, из одной клеточки; для его образования необходимо участие двух клеточек: зародышевого пузырька и крупинки цветца. Этот процесс называется опылением, оплодотворением, иносказательно—браком растений.

Следовательно, в нем участвуют две клеточки, появляющиеся в двух различных органах, которые могут находиться в различных цветках, даже на различных растениях, или же на одном растении, в одном цветке, как у льна. Но при этом наблюдается крайне любопытное явление.

Известно, что законодательства и нравы всех цивилизованных народов осуждают браки в близких степенях родства.

В недавнее время оказалось, что природа придерживается этого правила и относительно растений. Я бы вышел далеко за пределы одной лекции, если бы пожелал описать вам те иногда сложные, замысловатые приспособления, которые существуют во многих растениях и, очевидно, клонятся к тому, чтобы препятствовать самоопылению и способствовать скрещиванию между различными особями, иногда даже с виду слегка отличающимися.

Известно далее, что существуют факты, указывающие, что дети от браков в близких степенях родства бывают подвержены болезням; то же самое и даже в более резкой форме обнаруживается и между растениями. Лен—не обыкновенный, посевной, а другие его виды, — представляет разительный тому пример. У них браки в близких степенях родства оказываются даже бесплодными. Исследованиями по этому предмету мы обязаны знаменитому Дарвину и некоторым германским ученым. Приведу несколько примеров. У некоторых видов, напр., у *Linum grandiflorum* (Л. крупноцветный) и *L. regegne* (Л. многолетний) при внимательном исследовании оказываются двоякого рода цветы ¹⁾: одни с длинными столбиками, другие с короткими. Последствия оплодотворения этих двух форм (мы будем обозначать их буквами А и В) весьма различны, смотря по тому, будут ли пестики опыляться цветком из цветов той же формы, или из другой.

Так, напр., один опыт искусственного опыления дал следующие результаты:

12	цветков А,	опыленные	пылькой	А,	дали	коробочек	0
12	»	А,	»	В,	»	»	9
12	»	В,	»	В,	»	»	1
12	»	В,	»	А,	»	»	9

Т.-е. опыление пылью одинаковой формы не дало почти результатов, скрещивание же двух различных дало удовлетворительные результаты.

В природе этому перекрестному опылению способствуют насекомые, и потому в опытах, подобных только что при-

¹⁾ Это явление называется *диморфизмом*—двуформенностью.

веденному, нужно покрывать растения газом для устранения насекомых.

Но, повидимому, насекомые не в одинаковой мере способствуют перекрестному оплодотворению; так, в одном опыте 12 незащищенных от насекомых цветков А дали 3 коробочки, 12 цветков В дали их 12.

Причины бесплодия различны: у *L. grandiflorum* пыльца вовсе не выпускает трубочек на рыльце сходной формы; у *L. peregrine*, хотя она и выпускает трубочки, но не оплодотворяет.

Как сказано, не все виды льна диморфны. *Linum flavum*, например, диморфен, и в Англии одна из его форм постоянно бесплодна.

Обыкновенный, посевной лен не представляет подобных двух форм, но, может-быть, при более внимательном исследовании в нем окажутся формы, отличающиеся различием в плодovitости их прямых или перекрестных опылений. Вопрос этот заслуживает внимания хозяев, разводящих лен для семян. Наконец, если в природе и нет таких форм, то, быть-может, подражая ей, можно было бы путем отбора вывести их искусственно и затем, при совместном посеве обеих форм, получать больший сбор семян.

Произведением семян довершается жизнь льняного растения.

К числу опасностей, которым оно подвергается в течение своей жизни, кроме неблагоприятных метеорологических условий, следует отнести и посещение его врагами, в особенности паразитным грибом *Melampsora lini*, появляющимся в виде ржавчинных пятен на листьях и на стебле и даже вредящим доброкачественности, в особенности чистоте волокна.

Прежде чем расстаться с нашим растением, нам остается еще сказать несколько слов об его истории и происхождении,— только несколько слов, так как это вопрос довольно темный и неразъясненный.

Откуда распространился лен? Где его родина? Мы можем отчасти разъяснить эти вопросы, руководясь свидетельством историков и на основании еще более древних памятников,—на основании языков, на основании филологических

сличений тех названий, под которыми это растение было известно у различных народов. Во-первых, в настоящее время нам неизвестно ни одной местности, где бы лен находился в заведомо диком состоянии. Некоторые указывают на Балканский полуостров, другие—на Закавказье, именно окрестности Ленкорана, но трудно убедиться в справедливости этих указаний (наприм., относительно последней местности известно, что еще древняя Колхида славилась своим льном). Вероятнее, что и там он только одичал.

Достоверно только то, что еще древние индусы и египтяне возделывали лен и, повидимому, совершенно независимо одни от других, так как употребление его было различно. В Индии он возделывался ради семян, в Египте—ради волокна. В последней стране льняные ткани достигли замечательной степени совершенства: так, Геродот упоминает о даре, принесенном царем Амазисом Афине Родосской и состоявшем из льняной ткани, каждая нить которой состояла из 360 тончайших нитей.

Второе место после Египта занимала Колхида, снабжавшая льняными тканями весь Восток. Финикияне употребляли льняные ткани на паруса. Греки делали из них панцири и, повидимому, заимствовали это употребление с Востока. Белые льняные одежды считались обязательными для верховных жрецов и первосвященников всех восточных культов и перешли в христианский; последние следы этих одежд сохранились в *alba sacerdotalis*—*aube* католического причта.

У римлян возделывание льна, повидимому, было ничтожно; по крайней мере, ни Катон ни Варрон о нем не упоминают, а Калумелла упоминает только вскользь. Но во время Плиния культура льна существовала в северной Италии в значительных размерах. Гораздо ранее процветала она в Испании.

По свидетельству Плиния, вся Галлия и в особенности кельтские племена, населявшие современные Нидерланды, славились культурой льна. Следовательно, слава голландских полотен очень древнего происхождения. То же говорит Тацит о германцах. Вообще можно сказать, что льняная одежда была более распространена на севере и в центральной Европе, чем на юге: здесь она была народной одеждой, ме-

жду тем как на Востоке и в Риме она была продуктом роскоши. Из Галлии же распространилось употребление наволочек.

Естественно рождается вопрос: проникла ли культура льна на север Европы с Востока, из Египта и Колхиды, или возникла самостоятельно?

В пользу последнего предположения говорит, очевидно, различное происхождение названий этого растения у различных народов. Между тем как конопля сохранила во всех языках свой санскритский корень, лен не представляет ничего подобного.

Греческое *Lindon*, перешедшее позднее в *Linon*, и латинское *Linum* не имеют ничего общего с санскритским *Ouma* или *Atasi*, *Utusi* или *Mutusi*, не похожи ни на халдейское *Chizma*, ни на еврейское *Pisehta*, ни на арабское *Kattani*, *Kettane*, *Kittano*. Между тем на древнем кельтском наречии *Lein* значит нитка, откуда могли произойти все германские и южно-европейские названия льна. Но против этого можно возразить, что у германских народов существует еще другое название *Flachs*, *Flax*.

Как бы то ни было, все сказанное делает вероятным, что культура льна в Европе возникла независимо от культуры в Индии и Египте, и может быть даже, что здесь и там возделывались различные виды.

Такова древняя история льна. К ней можно присовокупить, что он найден Геером в швейцарских свайных постройках,—но только не *Linum usitatissimum*, а *Linum angustifolium* (Л. узколистный).

Я по возможности выполнил свою задачу: я представил вам моего знакомого, я не скрыл самых сокровенных его свойств, я привел существенные черты из его жизни и даже указал на древность его рода. Мне остается только сдать его на руки следующим лекторам; они будут его анализировать, облагораживать его культурой, затем мочить, мять, трепать, прессовать,—словом, истязать его всяким образом, пока не вымогут у него тех ценных продуктов,—волокна и масла,—ради которых это скромное растение, а вместе с ним и я удостоились сегодня вашего лестного внимания.

Возможна ли культура при электрическом свете?

М.м. г.г.

В красноречивой речи, произнесенной по поводу закрытия международного конгресса, собравшегося на прошлогодней электрической выставке в Париже, Дюма, знаменитый химик Дюма, высказал мысль, что, быть-может, потомство назовет XIX век веком электричества. В таком случае наше сегодняшнее заседание служит верным отражением стремлений века—оно может быть названо по преимуществу электрическим. Позвольте и мне повести речь об электричестве, остановить ваше внимание на одной из самых смелых попыток применения этой силы, сделанных за последние два года,—на попытке заменить или, по крайней мере, дополнить электрическим светом необходимый для растительной жизни свет солнца.

Два года тому назад газеты разнесли поразительную весть, что Сименсу, известному своими многочисленными изобретениями по части приложений электричества, удалось получить при помощи электрического света все явления растительной жизни, до тех пор совершавшиеся только под влиянием солнечного света. Если сам исследователь придавал, повидимому, большое значение полученным результатам, полагал возможным предвидеть в недалеком будущем применение электрического света к потребностям садоводства и огородничества, а, пожалуй, и земледелия, то тем сильнее было впечатление, произведенное ими на читающую публику.

Совершенно иное впечатление выносили из знакомства с этими исследованиями специалисты-физиологи. В одном из заседаний Общества испытателей природы вскоре после получения известий об опытах Сименса я позволил себе высказать мнение, что они только доказывают, как невысокий уровень физиологических знаний в Англии, где были произведены эти опыты. В самом деле, нельзя было без некоторого чувства досады читать, как исследователь, располагавший экспериментальными средствами, едва ли когда выпадавшими на долю отдельного ученого: регулятором в пять тысяч свечей, поддерживаемым в течение целых месяцев, специально приспособленной теплицей и пр. и пр., воспользовался этими роскошными средствами для того только, чтобы открыть факты, уже открытые в начале настоящего столетия, при помощи нескольких масляных ламп, и не сделал ни одного простейшего опыта, который действительно позволил бы судить о том, в какой мере электрический свет может заменить для растений свет солнца. Очевидно, Сименс сам не обладал специальными сведениями, необходимыми для правильной постановки вопроса, и около себя не нашел с кем посоветоваться. Англичане, всегда чуткие к своим недостаткам, сами откровенно признают свою отсталость в этом направлении; когда в 1877 году я посетил Дарвина, он встретил меня словами: «Вам должно было показаться странным очутиться в стране, в которой нет ни одного физиолога». И действительно, до настоящего времени Англия, насчитывающая столько славных имен в рядах своих физиков, биологов, геологов, не имеет ни одного ботаника-физиолога.

Но в чем же заключалась неудовлетворительность опытов Сименса? Почему для физиолога они представлялись неубедительными? Дело в том, что при изучении растительной жизни мы должны строго различать два рода процессов: такие, которые не нуждаются или почти не нуждаются во внешнем источнике силы, и такие, которые прямо зависят от этого источника. Таково, например, коренное различие между процессами окисления и раскисления, происходящими в растении: между тем как первые могут идти сами собой, внешняя сила дает только толчок или сообщает известное направ-

вление, вторые, т.е. процессы раскисления, прямо зависят от количества действующей силы, которая при этом затрачивается. Примером первых может служить зеленение и отчасти рост; прямо или косвенно связанные с окислением—они могут происходить и без света, и когда свет действует, бывает достаточно самого слабого его напряжения. Так, напр. выращенные в темноте, бледные бесцветные растения могут позеленеть при свете газового рожка или керосиновой лампы; света небольшой восковой свечки, поднесенной на несколько минут к прорастающему канареечному семени, достаточно, чтобы изменить направление его ростка.

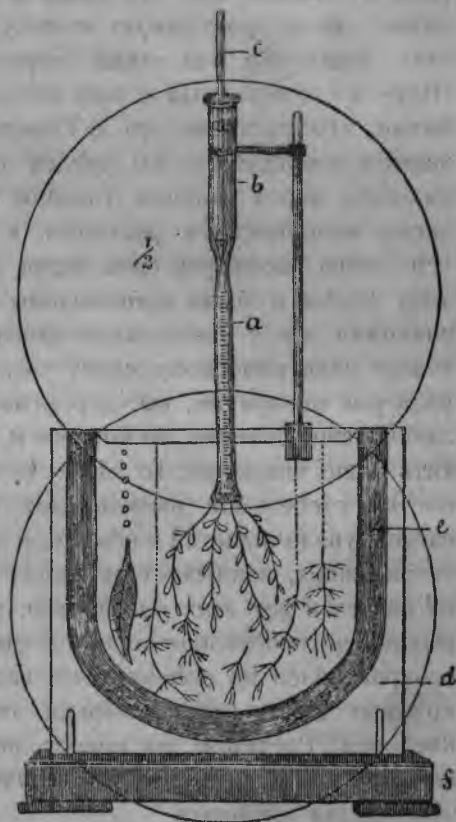
Примером других процессов может служить разложение углекислоты растением под влиянием солнечного света. Если мы желаем воспроизвести это явление в лабораториях, то должны прибегать к самым высоким температурам. Отсюда понятно, что этот процесс действительно измеряет работу солнечного или какого другого светового луча в растении. В то же время разложение углекислоты и есть именно тот процесс, ради которого мы возделываем растение, ради которого мы его ценим. Это—процесс, при котором из углерода углекислоты образуется органическое вещество. Зеленение, рост, цветение, созревание плода—все это только процессы превращения и перемещения питательных веществ. Только разложение углекислоты в зеленом листе сопровождается образованием органического вещества вновь, образованием его из ничего нам не стоящего воздуха и солнечного света. Из того, что растение имеет здоровый вид и даже растет, еще нельзя заключить, что оно питается и увеличивает свой вес. В особенности рост легко может ввести в заблуждение. Семя или картофельный клубень могут образовать в темноте длинные побеги, но на самом деле растение ничего не выиграло—оно только увеличилось в размерах, набралось воды, и если мы его высушим, то убедимся, что оно весит менее, чем весило вначале.

Как же доказать, что растение питается, образует новое количество органического вещества, как измерить это самое важное действие света на растение? Для этого существует два пути: или нужно знать, сколько весило в сухом состоянии

взятое семя, и определить, сколько весит сухое вещество происшедшего из него растения; или нужно доказать посредством химического анализа, что углекислый газ, приходящий в прикосновение с растением, под влиянием света разлагается, оставляя углерод в растении, при чем кислород освобождается. Первым путем мы узнаем, что растение питалось, вторым, — что оно питается в данный момент. Ни того ни другого не было сделано Сименсом, почему его опыты и лишены убедительности и определенного значения. Что при искусственном освещении растение зеленеет, что оно растет, не вытягиваясь как в темноте, что оно склоняется к свету, — все это было известно; все эти явления были получены и с более слабыми источниками света. Для разрешения же главного вопроса — питались ли его растения — его опыты не дают никаких определенных данных: растения оставались под влиянием дневного света и только ночью получали электрический свет, при чем не производилось рядом контрольных, сравнительных опытов над действием одного дневного или одного электрического света; брались растения взрослые, на которых невозможно определить прироста, так как их сухой вес до опыта представляет неизвестную величину. В одном только опыте были взяты посевы ячменя, овса, пшеницы, но зато и результаты получились отрицательные — посевы взошли, ненормально вытянулись и погибли.

Пробел, представляемый исследованиями Сименса, был до некоторой степени пополнен французским химиком-физиологом Дегереном (Dehérain), который воспользовался для этого единственным в своем роде случаем — Парижской электрической выставкою. Он произвел в течение более чем двух месяцев несколько рядов опытов над действием непрерывного электрического света, над действием перемежающегося дневного и электрического света по ночам, при чем на день, для сравнения, одни растения выносились на воздух, другие оставались при слабом освещении, проникавшем в здание выставки, и т. д. Для сравнения действия солнечного и электрического света на разложение углекислоты он остановился на приеме, если не самом точном, то самом наглядном. Он определял количество кислорода, выделяемого водяными ра-

стениями при непрерывном освещении регулятором в две тысячи свечей, в течение нескольких дней. Водяные растения выбираются потому, что над ними явление обнаруживается очень наглядно, между тем как газовый обмен между листом и атмосферой остается незаметным для глаза. Я надеюсь показать вам сущность этого опыта. Для этого мы воспользуемся тем же электрическим светом. Он сослужит нам двойную услугу: он будет действовать на растение, разлагая углекислоту и выделяя кислород, как в опытах Дегерена, и в то же время он позволит нам, несмотря на миниатюрную по самому своему существу форму опыта, сделать его видимым для всех здесь присутствующих, чего не имелось в виду при опытах Дегерена. Для этого мы прибегнем к прокладыванию на этом экране при помощи волшебного фонаря, снабженного электрическим регулятором.



Фиг. 53.

Представьте себе, что перед вами небольшой уголок, где-нибудь в затишье на дне реки, в яркий, летний, солнечный день. Все это—настоящие, живые растения, отчасти обыкновенные обитатели Москвы-реки. Вот рдест—*Potamogeton*, вот роголист—*Ceratophyllum*, вот водяной тысячелистник—*Myriophyllum*, а вот обычная обительница всех комнатных

аквариумов *Elodea Canadensis*, само по себе в высшей степени любопытное растение. Родом из Северной Америки, оно появилось в Европе в первый раз в 1836 году и уже завоевало почти все ее воды, вступая в борьбу с человеком, запружая реки и каналы, как это было в Англии и Голландии, причиняя заботы даже самому всемогущему прусскому правительству, подступив под самый Берлин и угрожая судоходству Шпре и соединенным с нею каналам. Если принять во внимание, что растение это в Европе, повидимому, не размножается семенами, то мы придем к заключению, что и находящиеся перед нашими глазами небольшие побеги—только части исполинского растения, в каких-нибудь сорок лет успешного раскинуть свои ветви почти на всю Европу. Над этой *Elodea* и были произведены опыты в Париже. Пока я знакомил вас с населением нашего миниатюрного, но благодаря электрическому свету увеличенного до колоссальных размеров аквариума, вы, вероятно, уже успели заметить то любопытное явление, на которое я, собственно, и желал обратить ваше внимание. То здесь, то там на срезанных оконечностях стебельков выскакивает маленький пузырек, вздувается, увеличивается в объеме, и наконец, отрывается и уносится вверх, всплывает на поверхность воды; или же, как из разрезов вот этих роголистом, устремляется целая непрерывная четкообразная вереница еще более мелких пузырьков, собирающаяся на поверхности воды в виде пены или более крупных пузырьков. Пузырьки эти—выделяемый растением кислород. Растение поглощает растворенную в воде углекислоту и под влиянием электрического света разлагает ее, освобождая кислород.

Мы присутствуем здесь при одном из любопытнейших моментов в жизни не только растения, но и всего органического мира. От этого момента зависит существование всего живого на земле; каждый подобный пузырек кислорода оставляет за собою в растении соответствующее количество углерода, превращающегося в органическое вещество. Этим органическим веществом питается все живущее; другого источника пищи не существует на нашей планете. Мало того, в этот момент свет и теплота солнечного луча принимают скры-

тую форму, слагаются в растении, освобождаясь вновь, в форме света же или теплоты, когда органическое вещество будет сгорать в наших печах или окисляться в наших организмах. В этот момент, можно сказать, завязывается тот узел, развязкой которого является судьба всего органического мира и человека.

Количество и быстроту выделения этих пузырьков считают в известной степени мерой интенсивности совершающегося в растении процесса разложения углекислоты. Число пузырьков, выделяемых в единицу времени тем же растением, при различном освещении и прочих равных условиях, может служить до некоторой степени мерою полезного для растения действия света. Большинство немецких физиологов даже довольствуются этим средством как фотометрическим приемом. Но очевидно, что прием этот в такой форме был бы слишком груб: число пузырьков в краткие промежутки времени может колебаться, величина их также непостоянна— в чем легко убедиться на наших растениях. Наконец рождается вопрос, точно ли выделяющийся газ состоит из чистого кислорода, так как не выделение газа вообще, а именно выделение кислорода служит мерою химического действия света на растение. Решить этот последний вопрос может только анализ, для чего нужно собрать известное количество газа. С этой целью мы надвигаем на отрезанные кончики нескольких стебельков стеклянную трубку, снизу открытую, сверху глухую и снабженную делениями,—так называемый эвдиометр. Мы, конечно, не будем дожидаться, чтобы у нас на глазах набралось достаточное количество газа,—для этого потребовалось бы несколько часов, — но прямо перейдем к заключению подобного опыта. Я постараюсь только показать вам здесь же, на этом экране, как производится анализ собранного газа. Предположим, что мы получили в конце опыта вот сколько газа. Как определить его состав? Мы можем предположить в нем присутствие кислорода, а также примесь углекислоты и атмосферного воздуха, растворенных в воде и могущих сопровождать выделенный растением кислород. Через притертую пробку с палочкой, находящуюся в верхней части трубки, приливаем едкой

щелочи, она поглотит углекислоту, и объем газа соответственно уменьшится,—вместо 40 делений он занимает теперь уже только 38. Как определить присутствие и количество кислорода? Для этого мы имеем превосходный реактив, в одно и то же время качественный и количественный; это—щелочной раствор так называемой пирогалловой кислоты. Раствор этот, приходя в прикосновение с кислородом, поглощает его, при чем буреет и, наконец, делается почти непрозрачным как смола, наглядно таким образом обнаруживая присутствие этого газа и доставляя средство измерить его количество. Приливаем этой пирогалловой кислоты опять через пробку, находящуюся в верхней части нашей трубки. Вы замечаете, как первые же капли реактива, стекая по стенкам трубки, окрашиваются и окрашивают в бурый цвет жидкость в трубке, при чем объем газа быстро уменьшается. Теперь жидкость в трубке сделалась почти непрозрачной. Для устранения этого неудобства пускаем, все через ту же пробку, струю чистой воды; жидкость в трубке более и более светлеет—теперь это уже чистая вода, и вы замечаете, что вместо прежних 38 делений газ в трубке занимает всего каких-нибудь 4. Этот оставшийся газ—азот. Следовательно, кислорода было 38—4, т.е. 34 объема. Если мы желаем быть вполне точными, то примем во внимание, что в атмосферном воздухе вместе с азотом находится и кислород и что, следовательно, вместе с 4 объемами азота могло попасть в нашу газовую смесь и соответствующее количество кислорода. Количество это не может превышать 2 делений нашей трубки, так что, если из 34 делений мы вычтем 2, то получим 32 деления, выражающие то количество кислорода, которое должно было быть выделено растением.

Как видите, ничего не может быть проще подобного опыта. Повторяю, это далеко не самый точный прием исследования, какой может предложить современная физиология, но зато это самый легкий и наглядный способ измерения полезного действия света на растение. Таких-то, по крайней мере приблизительно количественных, опытов физиологи были в праве ожидать от Сименса.

На Парижской выставке они были произведены, конечно, не в такой миниатюрной форме, какую мы им придали, как я уже пояснил, для того, чтобы сделать их видимыми для целой аудитории. Дегерен брал сосуды емкостью приблизительно в литр, наполнял их водою, содержащей углекислоту, и стебельками *Elodea* и количество кислорода измерял целыми десятками кубических сантиметров. Но какой же результат дали эти опыты? Далеко не блестящий: приборы с *Elodea*, помещенные на расстоянии двух и трех метров от регулятора (в 2000 свечей), в шесть и в восемь дней непрерывного освещения дали такое количество кислорода, какое при летнем солнце получилось бы в один час,—другими словами, главный процесс питания растения происходил приблизительно в 150 раз слабее, чем при солнечном свете.

Результат этот подтвердился и другим путем: посеvy ячменя, гороха, маиса, фасоли, тыквы, освещаемые непрерывно день и ночь, проросли, были очень зелены, но ненормально вытянулись и полегли. Взвешивание показало, что растения эти не увеличили своей массы сухого вещества, т.-е. не представили того явления, которое именно и важно с экономической точки зрения.

Во всяком случае, опыты над выделением кислорода доказывают, что коренного, качественного различия между действием электрического и солнечного света не существует, что и согласно с результатами, полученными ранее и для более слабых источников света. Так еще в 1867 году я показал, что разложение углекислоты может происходить, хотя в очень слабых размерах, при действии усиленного лампового света; подобные же, но еще более определенные результаты были получены Дегереном и Фаминциным при помощи других искусственных источников.

Но если активное действие электрического света, т.-е. его непосредственное влияние на процесс питания, развития и созревания, оказалось слабым, то он обнаружил несомненное, так сказать, паллиативное влияние. Растения, предоставленные непрерывному действию электрического света, сохранили в течение двух месяцев по большей части здоровый вид и нормальный зеленый цвет, чем заметно отлича-

лись от растений, получавших электрический свет только ночью, и в особенности от тех, которые исключительно пользовались слабым рассеянным светом, проникавшим в здание парижского Palais de l'Industrie, дворца промышленности, где помещалась выставка. Таким образом, с эстетической точки зрения, для сообщения тепличным растениям более здорового вида в зимние месяцы, когда, особенно у нас, они страдают от недостатка света, электрическое освещение могло бы найти себе применение. Этим пока, вероятно, и ограничится практическое применение электрического света к выращиванию растений. Если мало вероятия, чтобы за столом богача появились какие-нибудь *primeurs* (овощи или ягоды), выгнанные за несколько недель ранее обыкновенного, при помощи электрического света, то уже едва ли подлежит сомнению, что даже самым отдаленным нашим потомкам не придется есть хлеба, выращенного при этом свете, как не придется и греться в его лучах.

Но если едва ли возможно ожидать многого от применения электрического света к практическим целям садоводства и земледелия, то теперь уже можно предвидеть любопытные результаты для чисто научного изучения явлений растительной жизни при помощи этого света. Уже из опытов Сименса и Дегерена обнаружались весьма любопытные результаты. Оказалось, что непосредственный свет электрического регулятора производит несомненное вредное действие на растительность. Оказалось, что листья на расстоянии 2—3 метров от него чернели, сморщивались и опали, при чем действие обнаруживалось с почти фотографической отчетливостью. Если, напр., лист был прикрыт краем другого листа, то затененная часть оставалась здоровою, — ясно, что вредное влияние должно быть приписано непосредственному действию света. С первого взгляда представляется непонятным, парадоксальным, почему электрический свет, обнаруживающий такое сравнительно слабое благотворное действие, может вызывать вредное действие, какого не оказывает даже непосредственный свет солнца. Это противоречие легко объясняется из сравнения света этих двух источников. Еще в пятидесятых годах английский физик

Сток показал, что спектр электрического света гораздо длиннее солнечного спектра, что он тянется значительно далее за пределами видимой части спектра, именно за его фиолетовым концом. Эти невидимые лучи, которые можно сделать видимыми, действуя ими на фосфоресцирующие вещества, отличаются энергическим фотографическим действием. Лучи эти легко поглощаются бесцветными растительными веществами, а следовательно, и всем растением, чему, вероятно, и должно приписать их энергическое действие; но они также легко поглощаются и совершенно прозрачным обыкновенным стеклом, и, благодаря этому свойству, нетрудно было доказать, что именно этим лучам должно приписать вредное действие электрического света, а вместе с тем и оградиться от него. Тень, бросаема совершенно прозрачным, бесцветным стеклом, уже охраняла растение от вреда, и можно было на отдельных растениях видеть границу частей, защищенных стеклянной пластиной, и частей пострадавших. Отсюда стоило только окружить регулятор прозрачным стеклянным шаром, чтобы все вредное действие прекратилось. И Сименс и Дегерен независимо убедились во вредном действии лучей непосредственного электрического света и все свои последующие опыты производили при помощи регуляторов, свет которых был ослаблен прозрачными стеклянными шарами.

Результат этот крайне любопытен с общей, космической точки зрения. Новейшие исследования двух ученых, Ланглей (Langley) и Абнея (Abney) доказывают, что свет солнца также очень богат этими наиболее преломляющимися лучами, но что они достигают земли лишь значительно ослабленными вследствие поглощения их атмосферою, на что уже отчасти указывали фотографические исследования прозрачности атмосферы, сделанные английским химиком Роско. На основании своих определений и вычислений Ланглей приходит к поразительному заключению, что за пределами нашей атмосферы, вследствие преобладания наиболее преломляющихся лучей спектра, свет солнца должен быть не белый, который мы привыкли считать чем-то простым, нормальным, а голубой или даже прямо-таки синий. Только что приведенные опыты,

доказывающие вредное действие наиболее преломляющихся лучей электрического света, делают несомненным, что растение еще менее могло бы выносить ничем не ослабленный свет солнца. Тот день, когда над нашим горизонтом вошло бы то синее солнце, — каким, по мнению американского физика, оно должно представляться из глубины мирового пространства, — был бы, вероятно, последним днем для нашего растительного мира. Современная растительность, повидимому, приспособлена только к существованию на дне того безбрежного воздушного океана, который мы называем атмосферой. Эта атмосфера, очевидно, не только обуславливает возможность жизни своим кислородом, не только предохраняет нашу планету от охлаждения через излучение в мировое пространство, но в то же время, несмотря на свою кажущуюся прозрачность, повидимому, оберегает растительность от чрезмерного влияния наиболее преломляющихся лучей солнца — подобно тому, как совершенно прозрачный для нашего глаза стеклянный шар охраняет их от тех же невидимых лучей электрического света.

Этого примера, я полагаю, достаточно для того, чтобы показать, сколько нового и неожиданного может раскрыть нам изучение растительной жизни при помощи электрического света. Если бы нужно было еще доказательство плодотворности его применения к физиологическим исследованиям, — оно у нас под рукою. То выделение пузырьков кислорода, которое мы только что видели здесь на экране, этот самый существенный акт растительной жизни, определяющий космическую роль растения, как посредника между солнцем и жизнью на земле, — это отправление растения открыто ровно сто лет тому назад, в 1772 году, и, однако, этой аудитории, вам первым ¹⁾, в темный зимний вечер привелось увидеть это явление, совершающееся в природе только в светлые летние дни, и этим мы обязаны — *электрическому свету*.

¹⁾ Позднее Бонье, а еще позднее Пфедффер показывали этот опыт своим аудиториям, но не упомянули, у кого его заимствовали.

XII.

Точно ли человечеству грозит близкая гибель?

Das Drüben, kann mich wenig kümmern:
Schlägst du erst diese Welt zu Trümmern,
Die andre mag darnach entstehn.
Aus dieser Erde quillen meine Freuden
Und diese Sonne scheineth mein'n Leiden;
Kann ich mich erst von ihnen scheiden,
Dann mag, was will und kann geschehn.

Gothe („Faust“).

Что по ту сторону, меня мало заботит,
Если волей твоей этот мир развалится,
Другой пусть на смену ему народится.
Из этой земли бьют ключом мои радости,
И это мне солнце смягчает печаль;
Когда же от них я могу отрешиться,
Пусть будет, что будет и что может случиться.

Гёте („Фауст“).

Кто не помнит этой горячей отповеди Фауста в ответ на то условие, под которым Мефистофель предлагает ему свои услуги? Этот искренний порыв страстной привязанности к жизни, к этой земле — источнику наших радостей, этому солнцу — целителю наших скорбей, невольно пришел мне на память, когда, несколько недель тому назад, мне пришлось выслушивать с разных сторон вопрос, поставленный в заголовке этой лекции. Особенно знаменателен он был в устах некоторых моих друзей, философов. Еще за несколько минут они были готовы, во всеоружии своей диалектики, убеждать меня в том, что этот внешний мир не имеет объективного бытия, что это — только форма моего сознания, в реальном источнике которой я не могу быть уверен,

что это тот же сон, мираж, грезы наяву... И, тем не менее, они, как и простые смертные, были так же озабочены слухом, будто от этого сна можно скоро пробудиться, будто эти грезы могут рассеяться в очень недалеком будущем.

Прежде всего, я полагаю, нужно признать, что в этой тревоге нет ничего постыдного, узко-эгоистического; это прямая противоположность, *après moi le déluge* ¹⁾ бездушного короля-развратника. Ведь сбудется это, все равно, когда нас уже не будет. Нам, следовательно, жаль не за себя; нам может быть грустно только при мысли, что тем идеалам, в более или менее отдаленное пришествие которых мы верим,—что этим идеалам не суждено осуществиться за недостатком времени, раз что человечеству грозит катастрофа, наступление которой, как мы могли прочесть в газетах, возвещено через каких-нибудь несколько столетий ²⁾. Четыре, пять веков,—ведь это в сущности ничтожный промежуток времени. Я, например, живу не Мафусаилов век, и все же я видел человека, который видел человека, видевшего Людовика XIV. Три таких жизни, как того смоленского крестьянина, о котором мы недавно слышали из газет, его отца и деда, отделяет нас от очевидцев не сценического, а действительного царя Феодора. Следовательно, внуки наших внуков могут быть свидетелями начала возвещенного конца.

Поводом к этой тревоге, как известно, послужили газетные отчеты о двух речах, произнесенных последовательно, два года сряду, двумя знаменитыми учеными Англии на тех блестящих годовичных собраниях британской ассоциации, к которым ученый мир не напрасно привык внимательно прислушиваться, так как на них раздаются самые авторитетные голоса, оповещаются самые крупные открытия. В настоящем году известный химик Крукс указал на близкую опасность всесветного голода, а год тому назад еще более известный физик лорд Кельвин (бывший сэр Уильям Томсон) грозил человечеству опасностью от поголовного удушения—асфиксии.

¹⁾ «После меня хоть потоп»—слова Людовика XV.

²⁾ Не приходится ли нам самим переживать нечто худшее благодаря проклятой войне? (1918).

Так как оба эти вопроса касаются предмета моей специальности—физиологии растений, то я и нашел уместным избрать их предметом нашей сегодняшней беседы.

I.

Не стану утомлять цифрами, от которых отправляется Крукс, оставляю и общий вывод из них также вполне на его ответственности, так как интерес тех его заключений, на которых мы остановимся, не изменится, даже если бы и ближайшие послышки оказались менее убедительными, чем это кажется ему самому. Замечу только, что Крукс весьма скептически относится к результатам официальной статистики и пытался получить свои цифры, по возможности, из первых рук, от авторитетных корреспондентов со всех концов света.

Соображения и вычисления Крукса касаются одного только пшеничного хлеба, который он справедливо считает типической, незаменимой пищей деятельной, прогрессирующей кавказской расы,—пищей, которую не заменит рис, этот главный источник питания численно преобладающих населений неподвижного Востока ¹⁾. Действительно, ни один хлебный злак не представляет нам такого выгодного сочетания двух основных начал пищи: азотистого—белков, и безазотистого—углеводов. Первое начало, как известно, представлено в хлебном зерне так называемую клейковиной, второе—крахмалом. Буссенго любил называть клейковину *viamde végétale*, на основании ее близкого сходства с белком животного происхождения. Несколько лет тому назад, когда А. Н. Бекетов и граф Л. Н. Толстой начали свою пропаганду вегетарианства, я пробовал делать из этой *viamde végétale* битки или котлеты. Результат оказался не совсем ожида-

¹⁾ В соображениях Крукса сквозит и другая, более ограниченная и определенная забота.—забота о прокормлении его родного острова, в случае враждебной континентальной коалиции. Он, между прочим, указывает, что в Англии уже предположено организовать громадные зернохранилища с запасами на черный день. (1877. Каким пророком оказался бедный Крукс. (1918).

ный; по запаху и вкусу поджаренная клейковина напоминала не жареное мясо, а скорее поджаренную на сковороде яичницу—omelette. Получилось нечто тяжелое и трудно варимое, но, вероятно, это вегетарианское мясное блюдо можно было бы усовершенствовать, подвергнув клейковину предварительному действию дрожжей или соды, чтобы сделать массу более легкой и пористой. Давно замечено, что мы не обращаем внимания на самые замечательные факты только потому, что они слишком обыкновенны. Многим ли, действительно, приходила в голову мысль, что ломоть хорошего испеченного пшеничного хлеба (да еще с добавлением масла, что почти приближает его к нормальному питанию) составляет одно из величайших изобретений человеческого ума, одно из тех эмпирических открытий, которые позднейшим научным изысканиям приходится только подтверждать и объяснять. В самом деле, из сотен тысяч растений, населяющих землю, нужно было найти то, которое представляет наилучшее сочетание неизвестных веществ (белков и углеводов), соединенных в органах растения, легко собираемых и сохраняемых, подвергнуть эти органы измельчению и обработке водой, превращая их в неудобоваримое тесто. Рядом с этим, уже окончательно не сознавая того, произвести культуру другого, невидимого организма—дрожжевого грибка, которого немецкий ботаник Рэес справедливо назвал простейшим из наших культурных растений. Вызвать далее культуру этого грибка в тесте и тем заставить тяжелую, вязкую массу превратиться в легкую, пузырчатую, наконец, охватить ее жаром и заставить застыть в том пористом состоянии, которое, благодаря его громадной поверхности соприкосновения с соками пищенриемного канала, сделало ее легко переваримой.

Нельзя не согласиться с Круксом, что «накопленный опыт цивилизованного человечества отвел пшенице совсем особое место, как пище, наиболее пригодной для развития мышц и мозга», почему она и составляет главный хлеб для жителей Европы, Соединенных Штатов, Австралии и белого населения Южной Африки. С другой стороны, понятно, что соображения, развиваемые Круксом относительно пшеницы,

mutatis mutandis ¹⁾, применимы и к другим хлебным растениям, имеющим своих потребителей.

Точкой отправления Круксу служат цифры, доказывающие быстрое возрастание количества хлеба, потребляемого средним человеком, и такое же быстрое возрастание числа едоков. Так, за последние двадцать пять лет количество потребляемого пшеничного хлеба на человека возросло во Франции на 20⁰/₀, в Бельгии—на 50⁰/₀, в Австро-Венгрии—на 80⁰/₀, в Скандинавии—на 100⁰/₀.

Число потребителей пшеничного хлеба было:

в 1871 г.	371.000.000 чел.
» 1881 »	416.000.000 »
» 1891 »	472.000.000 »

В настоящее время оно, вероятно, достигает 516.000.000 чел.: таким образом, в начале семидесятых годов за каждый год прибывало 4.000.000 ртов, а теперь по 6.000.000.

Количество зерна, необходимое для прокормления этих 516.000.000 ртов, при обычном среднем рационе будет 2.324.000.000 бушелей (для пищи и посева) ²⁾.

По свидетельству лучших авторитетов, общий урожай 1897—98 года доставил 1.921.000.000 бушелей. Потребность 516.000.000 едоков в хлебе и семенах равняется, как мы только что видели, 2.324.000.000 бушелей; таким образом оказывается дефицит в 403.000.000 бушелей, который не ощущается только благодаря остатку в 300.000.000 бушелей от предшествовавших годов; но с будущего года положение дела будет таково: 103.000.000 бушелей дефицита и новых 6.000.000 ртов для прокормления.

Какой же исход из этого положения? Очевидно, необходимо увеличить площадь пшеничных культур, и вот Крукс перебирает одну за другой все страны мира, оценивая, где и в каких размерах можно ожидать увеличения этой площади. Мы не станем разбирать его соображений, повторяю, основанных, по его словам, на данных, полученных из самых

¹⁾ Примите во внимание то, в чем случаи различаются.

²⁾ Бушель равняется 1,38 четверика.

верных источников ¹⁾, при чем в случаях разногласия он всегда останавливался на цифрах, наименее располагающих «к выводам сенсационным или возбуждающим панику». Окончательное заключение, к которому он приходит, сводится к тому, что при наибольшем расширении пшеничной площади всего мира получится еще каких-нибудь 100.000.000 акров²⁾, что при существующей теперь средней урожайности покроет потребности возрастающего населения только до 1931 года.

Что же будет далее? Крукс отвечает, что единственный исход заключается в поднятии урожайности современных культур при помощи удобрений. И каких именно удобрений? Какие удобрения наиболее существенны для хлебных злаков? Опыт отвечает—азотистые. Крукс перебирает последовательно различные азотистые удобрения и останавливается, как на самом совершенном, на удобрении азотной кислотой, т.-е. селитрой. И это его мнение согласно с воззрениями лучших авторитетов по этому вопросу. Начиная с Буссенго и кончая самым красноречивым защитником значения селитры П. Вагнером, целый ряд исследователей признает ее наилучшим источником азота для питания растений, а Вагнер доказывает и его полную практическую ценность. Едва ли какое удобрительное вещество исследовано с такою полнотою, как селитра. Лабораторными опытами Буссенго и в особенности Гельригеля установлено, что в известных пределах урожай возрастает пропорционально количеству доставленной селитры, так что при данных условиях можно безошибочно предсказать прибавку урожая в зависимости от доставленного количества селитры. Для того, чтобы доказать применимость

¹⁾ Так, например, относительно Соединенных Штатов он приходит к заключению, что не далее как через одно поколение они явятся исключительно потребителями и будут уже не экспортировать, а импортировать пшеницу. Относительно Сибири он приводит высказанное в 1896 году мнение министра путей сообщения князя Хилкова: «Сибирь никогда не производила и не будет производить хлеба в количестве, достаточном для удовлетворения своих потребителей». Такой же отзыв дал и наш известный ученый князь Крапоткин.

²⁾ В настоящее время по Круксу под пшеницей 163.000.000 акров, следовательно, в сумме окажется 263.000.000.

этих выводов на практике, Вагнер производил параллельные опыты в горшках и в поле, и результаты их были согласны ¹⁾.

В природе, в естественных почвах, растение также постоянно встречает селитру, являющуюся результатом действия двух микроорганизмов, изученных нашим известным ученым С. Виноградским. Некоторые приемы культур пытаются даже объяснить тем, что они способствуют образованию селитры в почве или ограждают от ее непроизводительной траты. Другим естественным источником азота для растений является деятельность микроорганизмов, поселяющихся на корнях бобовых растений, сообщая им способность усваивать азот атмосферы. Таким образом, главные из естественных источников азота связаны с наличием такого капризного и трудно регулируемого фактора, как присутствие в почве известного населения микроорганизмов. Прибавим к тому, что рядом с микроорганизмами, приводящими азот в удобоусвояемую для культурного растения форму, существуют другие микроорганизмы, которые разлагают азотистые соединения и возвращают их азот в атмосферу. С этой последней точки зрения в агрономической литературе даже возникла известная оппозиция против применения навоза, как такой формы удобрения, из которой не весь азот может быть практически утилизируем. Вторую половину нашего века можно назвать веком бактериологии, т.-е. почти суеверного преклонения перед этой новой отраслью исследования; особенно начинает оно проявляться у нас в применении к агрономии, при чем глашатаями этого направления являются нередко люди, имеющие о нем крайне смутное представление. Но едва ли подлежит сомнению, что как во всяком деле должно стремиться освободить себя от излишних посредников, так и в этом деле человеку лучше выступить непосред-

¹⁾ Все эти основные положения были демонстрированы на лекции фотографическими изображениями результатов опытов в горшках и в поле. Должно заметить, что жизнь и здесь опередила науку. Буссенго любил рассказывать, что в некоторых местностях Испании, где наблюдалось выщелачивание селитры из почвы, крестьяне подметили, что с того же участка можно получать или мало селитры и хорошие урожаи пшеницы, или, наоборот, добывать из почвы селитру в ущерб урожаю.

ственным сознательным деятелем, чем возлагать свои надежды на таких неверных посредников, каковы бактерии, рискуя порою вместо союзников наживать врагов¹⁾. Я полагаю, что конечные результаты при изучении этих организмов должны свестись к тому, чтобы выведать у них их тайну, затем обойтись без их услуг, заменив их капризный витализм химизмом сознательной техники человека. Имеет ли человек другие более верные источники селитры, чем кропотливый труд бактерий, заготавливающих селитру в почве? Известно, что в одной местности Чили, благодаря совершенно исключительным климатическим условиям, т.-е. постоянному бездождию, образовались громадные залежи селитры, обязанные своим происхождением, вероятно, деятельности тех же организмов в течение несметного ряда веков. Вот из этого-то источника западный земледelec может пока черпать верное подспорье для плодородия своих полей. Вагнер приводит убедительнейшие цифры в доказательство «практичности» этого источника удобрения, несмотря на его получение из такой дали. В опытах Вагнера сто килограммов чилийской селитры увеличивали урожайность ячменя на четыреста килограммов зерна и соответствующее количество соломы. Сопоставляя ценность удобрения и полученной *прибавки* урожая, он приходит к выводу, который при переводе на

¹⁾ Мы уже видели, что рядом с бактериями, образующими селитру могут встречаться и другие, ее разлагающие. Другой случай представляют бактерии бобовых растений. Известно, что главным препятствием для разведения клевера является так называемое клеверное утомление почвы, причина которого еще недостаточно известна. Исходя из того факта, что заражение корней бобовых этими благодетельными бактериями представляет всегда две стадии: одну, когда бактерия одолевает растение, и оно, видимо, хиреет, и другую, когда растение одолевает бактерий и пожирает их, я высказывал мысль, не будет ли клеверное утомление зависеть от излишнего загрязнения почвы бактериями, при чем первая стадия будет брать перевес или даже устранять вторую. При таких условиях польза от бактерии может превратиться в прямой вред. Мне очень приятно было прочесть на днях на страницах одного из наших агрономических журналов «Хозяина», что некоторые наши практики, повидимому, склоняются к такому объяснению. Превосходные исследования покойного профессора Коссовича показали, что с клеверным утомлением можно успешно бороться фосфорно-кислым удобрением.

наши единицы выражается увеличением чистой прибыли в семьдесят пять рублей на десятину. Конечно, эти цифры годны для Дармштадта, и мне неизвестно, во что они могли бы превратиться при наших хлебных ценах и цене селитры¹⁾.

Итак, в чилийской селитре мы имеем драгоценное средство для поднятия урожайности наших хлебов, и неудивительно, что земледelec Запада все более и более черпает из этого источника плодородия. Каждый год чилийской селитры вывозится около 1.400.000 тонн. Спрашивается, надолго ли достанет ее запаса. Крукс вновь обращается к наиболее сведущим местным авторитетам и получает ответ, что при современных условиях вывоза лучший сырой материал истощится через какие-нибудь 20—30 лет, а материала более бедного содержанием селитры, относительно выгоды эксплуатации которого еще мнения расходятся, достанет едва на пятьдесят лет. Это при современном размере вывоза, а при постоянно возрастающем требовании весь запас чилийской селитры, понятно, должен истощиться задолго до того рокового 1931 года, к которому, как мы видели, Крукс приурочивает заполнение годной под пшеницу культурной площади.

Развернув перед слушателями эту мрачную картину, Крукс освещает ее лучом надежды, которая позволяет нам вздохнуть свободно в уверенности, что эта опасность будет отодвинута на неопределенно долгий срок. На выручку полю явится лаборатория. Задолго до возвещаемой катастрофы химик освободит земледельца от его подчинения бактерии, снабдив его еще более дешевым и неограниченным источником азотной кислоты, чем тот, который заключается в залежах чилийской селитры. Он будет получать азотную кислоту прямо из атмосферного азота, запас которого можно считать практически-неистощимым.

Еще в прошлом столетии знаменитый английский ученый лорд Кавендиш сделал открытие, что, пропуская через

¹⁾ Новейшие сведения об удобрении селитрой и аммиаком можно найти в брошюре проф. Прянишникова. — «Недосевы, минеральные удобрения и военные нужды». Москва, 1916. (Примечани, 1918).

атмосферный воздух электрические искры, можно сжечь азот в азотную кислоту. Это не значит, чтобы азот мог сам гореть, соединяясь с кислородом,—иначе первая зажженная спичка подожгла бы воздух, и из него полились бы потоки азотной кислоты. Температура, до которой нужно довести этот газ, чтобы он загорелся, выше температуры его горения, так что горящая частица газа не может поджечь смежную с ней частицу. Другими словами, горение азота должно поддерживаться притоком тепла извне, что в опыте Кавендиша и осуществляется постоянным пропусканием искр. Этот опыт, упоминаемый во всех учебниках химии ¹⁾, в последнее время вновь обратил на себя внимание. Еще всем памятно впечатление, вызванное известием об открытии новой составной части воздуха — аргона. Оказалось, что Кавендиш не только имел этот аргон в руках, но и приблизительно верно определил содержание этого газа в воздухе. Его способ добывания аргона заключался в выжигании атмосферного азота с новыми и новыми количествами кислорода, в остатке оставался несгорающий аргон. Лорд Рэйлей повторил опыты Кавендиша на большую нбгу и таким образом получал в значительных количествах азотную кислоту через непосредственное окисление атмосферного азота. На основании этих опытов Крукс выводит цифры, доказывающие возможность практического способа добывания азотной кислоты из воздуха. Обычный способ получения электрической искры через посредство паровой и динамо-машины не окупал бы расхода. Но где можно иметь электричество по такой дешевой цене, как, например, на Ниагаре, т.-е. везде, где вместо

¹⁾ Опыт Кавендиша был мною показан на лекции в следующей особенно доступной и красивой форме. На экране, при помощи волшебного фонаря, пролагается изображение капли реактива на азотную кислоту (раствора дифениламина в серной кислоте). Если бросить в эту каплю ничтожный кристаллик селитры, то вся капля окрашивается в ярко-синий цвет. Тогда ее удаляют и заменяют свежей каплей того же реактива и к ней придвигают два электрода, между которыми перескакивают искры от румкорфовой спирали (самая маленькая, игрушечная, для этого годна). Не проходит минуты, как в капле обнаруживается синяя окраска от поглощения образующейся в воздухе в ее непосредственном соседстве азотной кислоты.

паровой силы можно воспользоваться естественным двигателем, этот процесс уже и теперь представлялся бы выгодным, так как может дать тонну (1.000 килогр.) селитры за пять фунтов стерлингов, между тем как продажная цена чилийской селитры семь с половиною фунтов. И притом одна Ниагара без большого ущерба своему могучему течению могла бы снабдить селитрой весь мир. Следовательно, уже и теперь вопрос можно считать практически-разрешенным; от дальнейшей же его технической обработки, — замечает Крукс, — зависит будущее благоденствие и счастье человечества. Оказывается, что во Франции уже несколько лет взята привилегия на эксплуатацию подобного способа. Мне приходилось слышать, что в Женеве уже организуется такой завод, который будет приводиться в действие течением Роны. Мы, быть-может, находимся накануне капитального переворота в земледелии, получения самого важного из удобрительных средств прямо из воздуха, везде, где только найдется дешевый источник силы. Это будет один из поразительных результатов научного творчества, созидającego ценности из ничего. Если спросить, что стоит воздух этой залы, то, конечно, всякий ответил бы: ничего. А между тем оказывается, что его азот, превращенный в селитру, представил бы ценность в 2.500 руб. ¹⁾

Итак, в конце мрачной перспективы, которую развернул перед нами Крукс, мы видим просвет, представляющий нам будущее в самом розовом свете. Он напугал нас только затем, чтоб обнадеежить уверенностью, что пока на свете не переведутся ученые в роде Кавендиша и лорда Рэйлея, человек сумеет выпутаться из всякой беды ²⁾. Его совет, следовательно, сводится к тому, чтоб обеспечить будущий урожай селитрой, полученной через сожжение атмосферного азота на счет атмосферного кислорода.

¹⁾ Английская газета «Nature» только что (март 1906) принесла известие что в Норвегии задача выгодного получения селитры указанным путем практически разрешена (см. статью XIII).

²⁾ Только не той, которую сам создает, — как эту проклятую войну, затеянную всесветными миллиардерами. (Примеч. 1918 г.)

Но радость наша оказывается преждевременной; наши надежды обречены увянуть при самом их зарождении. На сцену выступает другой пророк. Сжигать азот на счет кислорода атмосферы! — и не думайте об этом, этого кислорода вам скоро и так не хватит. Продолжая жить таким ходом, как вы теперь живете, вы через каких-нибудь четыреста, пятьсот лет задохнетесь от его недостатка.

II.

Крукс заставил нас вспомнить об открытии Кавендиша. Идеи, развиваемые Кельвином, побуждают нас вернуться к одному из блестящих открытий другого знаменитого англичанина конца прошлого века — Пристли. Об этом великом ученом, давшем первый толчок тому направлению, из которого зародилась современная химия, сложилось совершенно превратное представление как о кропотливом эмпирике, обязанном своими открытиями слепому случаю. Взгляд этот пущен в ход некоторыми немецкими историками химии, но им заразились даже и некоторые английские ученые. Поводом к тому, вероятно, послужила его удивительная скромность, его добродушная искренность, не лишенная, впрочем, известной скептической иронии. Вот одно из таких мест, разбросанных в его произведениях: «Хорошо, когда можешь подсмеиваться над своими собственными ошибками, как и над ошибками других людей. Я охотно давал им случай позабыться на мой счет, хотя было в моей власти совершенно скрыть следы моих ошибок. Но я желал показать, как мало *таинственного* в деятельности человека, занимающегося экспериментальной философией¹⁾, и как мало, в сущности, надо *сообразительности* и даже умысла для того, чтобы делать открытия, которые, по мнению некоторых людей, представляются чем-то великим и достойным изумления». Так, конечно, мог говорить только человек, сознававший, как много он сделал для науки. В другом месте, словно предчувствуя, какое обвинение ему будут предъявлять его отдален-

¹⁾ Так в XVIII веке англичане называли физику.

ные критики, он говорит: «Так как меня уже прославили каким-то *убогим производителем опытов*, то я почти начинаю опасаться, как бы другая часть моих читателей, наоборот, не увидела во мне *фантазера теоретика*». «Для того, чтобы отклонить этот упрек, стоит указать, что *теория* и *опыт* неизменно должны идти рука об руку. Каждый опыт клонится к подтверждению какой-нибудь гипотезы, а она, в свою очередь, не что иное, как догадка относительно условий или причин какого-нибудь естественного явления. Самые изобретательные и тонкие экспериментаторы, в широком смысле этого слова, те, кто дают полный простор своему необузданному воображению и отыскивают связь между самыми отдаленными понятиями. Даже и тогда, когда эти сопоставления отдаленных понятий грубы и химеричны, они могут доставить другим счастливый случай для великих и важных открытий, до которых никогда не додумались бы рассудительные, медлительные и трусливые умы».

Таким-то именно мастером делать смелые дедукции — *сопоставлять отдаленные понятия*—и выступает Пристли в том открытии, которое навеки будет связано с его именем, и в то же время можно смело сказать, что едва ли в истории изучения природы можно найти второй пример, где бы закон такого широкого значения, так смело угаданный, был бы так просто и окончательно доказан. Пристли более чем сто лет тому назад занимала та же мысль, на которой останавливаются и современные соображения лорда Кельвина: горение, дыхание, гниение,—все эти процессы уничтожают в воздухе ту открытую им составную часть атмосферы, которая необходима для поддержания всех этих процессов и которую мы теперь называем кислородом. Воздух, в котором потухла свеча, уже не может поддерживать горение другой свечи, точно так же воздух, в котором задохлась мышь, не может поддерживать жизни другой мыши. Каким же образом могло случиться, что атмосферный воздух, который постоянно портится, в течение несметных веков не утратил своей способности поддерживать жизнь и горение? Пристли приходит к заключению, что на поверхности нашей планеты должен существовать какой-то регулятор, процесс, обратный дыха-

нию и горению, процесс, улучшающий воздух, по мере того, как те два другие его портят. Что же играет роль этого регулятора в природе? Тот полет смелой фантазии, о которой он только что упоминает, побудил его прежде всего приписать это действие океану: воздушные массы, проносясь над его необъятным простором, приходя в прикосновение с его изборозженною волнами поверхностью, будут вступать с ним в обмен, улучшаться, восстанавливать свои прежние свойства. Опыт сначала будто бы подтверждал эту догадку: испорченный воздух, взболтанный с водой, до некоторой степени улучшается ¹⁾).

Но вскоре он убедился, что это частичное объяснение недостаточно: испорченный воздух таким путем не приобретал вновь своих прежних свойств, т.-е. не мог служить для дыхания и горения. Тогда его деятельное воображение сближает два другие «отдаленные понятия», два мира — животный и растительный; его мысль останавливается на другой стихии, на том море зелени, которое расстилается у наших ног, в виде лугов и полей, смыкается над нашими головами в зеленом пологе лесов. 18 августа 1772 года, — эта дата стоит того, чтоб ее запомнить, — он производит свой знаменитый опыт, который раскрывает взаимное отношение, химическую антитезу двух миров — растительного и животного. Под опрокинутый над водою стеклянный цилиндр Пристли поместил зажженный огарок; через несколько минут он погас, тогда Пристли просунул под цилиндр пучок свежесорванной травы (мяты) и оставил там его на несколько дней. По прошествии этого времени огарок, внесенный в этот сосуд, уже мог вновь гореть, а мышь дышать. Что может быть проще и элементарнее этого опыта — его повторит любой ребенок, и тем не менее, как незыблемо установлен им один

¹⁾ Т.-е. углекислота воздуха будет при этом поглощаться водою, следовательно, положительно вредные свойства воздуха, зависящие от присутствия углекислоты, будут устранены, но прежнее содержание кислорода, конечно, не восстановится. Даже этот неудачный опыт в руках Пристли принес плоды: он подал ему мысль насыщать воду углекислотой и послужил началом для столь распространенного теперь производства искусственных минеральных вод.

из самых общих законов природы, раскрывающий противоположность и гармоническую связь двух отделов живой природы. В процессе дыхания углерод органических веществ животного организма соединяется с кислородом воздуха и выделяется в атмосферу в форме углекислого газа. Растения, и именно их зеленые части, под влиянием света разлагают углекислоту, возвращая ее кислород обратно в атмосферу, и тем восстанавливают ее прежний состав, исправляя то, что испорчено животным. Открытие Пристли было оценено его современниками именно с этой, так сказать, гигиенической точки зрения, с точки зрения поддержания необходимого для человека состава атмосферы. Другой ученый, женевец Сенебье, взглянул на тот же процесс с другой точки зрения: когда растение выделяет кислород из углекислоты, другая составная часть этого газа, углерод, остается в растении; из этого углерода образуется органическое вещество растения, — процесс этот должно рассматривать как процесс питания растения. На счет этого процесса питания существует непосредственно весь растительный мир, а косвенно и мир животный. Растение одновременно образует пищу животного и возвращает в атмосферу кислород, на счет которого эта пища будет, в конце-концов, сожжена в живом организме в процессе дыхания. Мы даже знаем, какие вещества образуются в зеленом листе, когда в нем разлагается углекислота: это будет, главным образом, крахмал. А если мы доставим растению азотную кислоту (в виде селитры), то на счет ее азота и крахмала образуются белки. Этот крахмал, этот белок позднее перемещаются из листа в зерно, где мы ими и пользуемся для приготовления хлеба.

Итак, деятельность растительного мира ограждает нашу атмосферу от той порчи вследствие уменьшения в ней содержания кислорода, которой грозили бы ей дыхание животных и процессы горения и тления.

От этой же мысли отправляется и лорд Кельвин, но вместо того оптимистического вывода, которого придерживались ученые со времени Пристли, он приходит к пессимистическому выводу, что в более или менее близком будущем человек истребит весь кислород атмосферы. Как могло

случиться, что, исходя из одного и того же положения, один ученый, если можно так выразиться, заключал за здоровье, а другой за упокой человечества? Дело в том, что лорд Кельвин приписывает растению еще более выдающуюся роль в экономии нашей планеты. По Пристли, растение поддерживает нашу атмосферу в ее современном состоянии; по Кельвину, оно не только поддерживает, но и создало нашу атмосферу, насколько это касается кислорода. Он исходит из того положения, что весь кислород нашей атмосферы, вероятно, обязан своим происхождением растению ¹⁾. Он считал мало вероятным, чтобы при переходе нашей планеты из расплавленного состояния в твердое на ней мог остаться свободный кислород; весь он должен был находиться в соединении; в атмосфере, например, в форме углекислого газа. Этот газ под влиянием могучей растительной жизни предшествовавших геологических эпох разложился и дал начало кислороду нашей атмосферы, при чем углерод отчасти отложился в недрах земли в форме залежей угля, лигнита, торфа и проч., отчасти же представлен современным органическим миром. Если это положение верно, включает далее Кельвин, то, когда мы сожжем весь запас угля, то тем самым уничтожим и весь кислород атмосферы. А если потребление угля будет расти в такой же прогрессии, как теперь, то всего этого запаса достанет на какие-нибудь пятьсот лет, по истечении которых не останется ни угля в земле, ни кислорода в воздухе, и, таким образом, гибель человечества наступит от недостатка необходимого для дыхания кислорода.

Но основное положение Кельвина никак нельзя признать доказанным или даже вероятным. Во-первых, необходимое отсутствие избытка кислорода в воздушной оболочке нашей планеты в ту эпоху, когда она покрылась твердой корой, едва ли можно считать очевидным: допускают же

¹⁾ Свои мысли лорд Кельвин высказал в одном из заседаний британской ассоциации в Торонто. В Report'e (отчете) этого года сообщение передано крайне лаконично; несколько подробнее оно было передано в английской газете *Nature*; особенно же внимание публики было обращено на этот вопрос популярной статьей Мунро в *Cassel's Magazine*, откуда оно и распостранилось в другие газеты и популярные журналы.

некоторые исследователи (напр., Генри Дрэпер) возможность присутствия кислорода на солнце. С другой стороны, растение, деятельности которого лорд Кельвин приписывает все содержание кислорода в атмосфере, само нуждается в кислороде. Способность разлагать углекислоту с выделением кислорода принадлежит исключительно зеленым частям растения; оно представляет отправление его зеленого вещества — хлорофилла, а этот хлорофилл, как доказывают несомненные опыты, сам не может образоваться без кислорода. В отсутствии кислорода растение не зеленеет, а пока оно не позеленело, оно не разлагает углекислоты, не выделяет кислорода. Следовательно, физиология заставляет нас принять такую последовательность: существование кислорода, появление зеленого растения, разложение им атмосферной углекислоты и выделение ее кислорода в атмосферу. Другая неверная мысль лорда Кельвина заключается в том, что он опасается недостатка кислорода, между тем справедливее было бы сказать, что грозит опасность от избытка углекислоты. Если бы человечеству когда-нибудь грозила катастрофа со стороны изменения состава атмосферы, то она пришла бы от увеличения содержания углекислоты; до недостатка в кислороде дело не дошло бы, конец наступил бы ранее. Физиологические опыты показывают, что понижение содержания кислорода на несколько процентов еще совместимо с жизнью, хотя, может-быть, понижает деятельность животного организма, но появление нескольких процентов углекислоты явилось бы, вероятно, роковым. Следовательно, прежде всего от изменения содержания углекислоты зависит пригодность атмосферы для жизни человека и животных.

Если основные посылки лорда Кельвина и не внушают особенного доверия, то возбужденный им вопрос об изменении атмосферы, вследствие деятельности человека, представляет несомненный интерес. Посмотрим прежде всего, сколько находится углекислоты в атмосфере, имеем ли мы поводы предполагать, что это количество изменилось, изменяется и в каких пределах возможно его изменение в будущем без вреда для человека. Среднее содержание ее в атмосфере приблизительно *три десятитысячные* по объему или *четыре*

десятитысячные по весу. Нужно видеть собственными глазами, чтобы поверить, как ничтожно мал кубик угля, содержащегося в этой углекислоте, по отношению к тому кубу воздуха, в котором она заключается ¹⁾. И, тем не менее, от этого ничтожного кубика зависит вся жизнь на земле; исчезни он из воздуха, и через год, через два поверхность нашей планеты лишится всего своего органического населения. Но это количество угля, столь ничтожное по отношению к другим составным частям воздуха, представляется совсем иным, если мы его выразим в абсолютных величинах. Сколько угля находится в столбе воздуха над поверхностью нашего поля? Если поверхность его возьмем в один гектар ²⁾, то в столбе воздуха, до пределов атмосферы, окажется *10 тонн угля*. Во всей атмосфере окажется *500.000 миллионов тонн*. Если бы мы пожелали взвесить это количество на весах, то на другую чашку весов пришлось бы положить 60 медных гирек, величиною каждая, примерно, в кубическую версту. Это количество угля составляет, так сказать, бюджет жизни на земле, на его счет питается растительный мир, который, в свою очередь, питает животных и человека.

Насколько могло бы увеличиться это содержание углекислоты в атмосфере без существенного вреда для человека? Пределом в здоровом воздухе Петенкофер считает *7-десятитысячных*, т.-е. в два с половиною раза более, чем в атмосфере. Воздух, содержащий *одну тысячную*, Петенкофер считает уже положительно дурным. При одной сотой присутствии углекислоты уже обнаруживается неприятным ощущением, при десяти процентах жизнь находится в опасности. Уменьшение кислорода на один процент едва ли вызовет какое-нибудь ощущение: животные вместо нормального содержания в 21% могут покойно дышать еще при 14% и

¹⁾ На лекции была показана модель кубического метра воздуха и содержание в нем углекислоты и углерода. Она же служила для наглядного представления о тонне (=1 куб. метру воды или 1,000 килограммов), положенной в основу всех последующих вычислений.

²⁾ Приводим все вычисления к единице метрической системы, всегда более удобной; если желаем привести к десятой, то прикинем еще одну десятую, — все расчеты сделаны в круглых цифрах. За единицу веса принята везде 1 тонна в 1,000 килограммов.

только при 7% обнаруживают явное стеснение в дыхании. Следовательно, гораздо ранее наступления недостатка в кислороде должно обнаружиться вредное влияние накопления углекислоты. Когда содержание ее в атмосфере воздуха удвоится, его уже нужно будет признать негодным, так как соответственно с этим повысится и содержание его в жилых помещениях и превысит допускаемую гигиенистом норму. Следить за этим, обнаружить это изменение состава воздуха очень нетрудно: кроме точных, более или менее сложных приемов, мы имеем следующий прием, приблизительно точный и весьма изящный по своей простоте и быстроте. Мы имеем реактив: очень разведенный раствор соды, подкрашенный так называемым фенолфталеином в красивый розовый цвет. Стоит налить немного этой жидкости в пробирку, дохнуть в нее и, заткнув отверстие пальцем, взболтнуть, и мы увидим, что жидкость обесцветится от углекислоты, находящейся в дыхании. В этом реактиве мы, следовательно, имеем драгоценное средство судить о присутствии углекислоты в воздухе. Представим себе теперь небольшой цилиндрический стеклянный сосуд, в котором налит определенный объем этой жидкости, обесцвечивающейся от известного количества углекислоты; при помощи поршня легко можно вбирать в сосуд различные количества воздуха. Сначала берем малое количество воздуха и взбалтываем,—жидкость не обесцвечивается: выдвигаем поршень далее, вновь взбалтываем и повторяем эти операции, пока не дойдем до того объема воздуха, который обесцветит, наконец, наш реактив. Понятно, чем более тот объем воздуха, который необходимо взять, тем воздух лучше, тем менее он, значит, содержит углекислоты. Для большей простоты, на стекле сосуда сделаны прямо отметки или баллы воздуху: *Aeusserst schlecht*, *Sehr schlecht*, *Schlecht*, *Noch zulässig* и пр. Крайне дурной, очень дурной, дурной, еще допустимый¹⁾. Следовательно, мы имеем и весьма точные и весьма доступные средства, чтобы следить за составом нашей

¹⁾ На лекции были сделаны пробы воздуха при помощи этого так называемого карбацидометра Вольцера. В первый раз отметка была *Sehr schlecht*, во второй раз, когда администрацией аудитории были приняты меры для вентиляции, балл оказался уже только просто *Schlecht*. В любом театре результаты, несомненно, были бы менее благоприятны.

атмосферы, в смысле грозящей ей порчи, и забыть тревогу задолго до наступления опасности. Но не имеем ли мы каких-нибудь исторических указаний на такое ухудшение атмосферы? Первые попытки определить содержание углекислоты в воздухе относятся к начальным десятилетиям нашего века, своими доменными печами, фабричными трубами, пароходами и локомотивами так много постаравшегося над порчею атмосферы. Существуют ли какие-нибудь указания на проявление этой порчи? Теодор Соссюр произвел более двухсот анализов, в промежутке между 1816 и 1838 годами, и в среднем оказалось не меньше, а скорее больше углекислоты, чем в настоящее время, а именно—*четыре десятитысячные*. Химики, правда, полагают, что современные методы анализа более точны, более заслуживают доверия; во всяком случае, если мы и не положимся на цифры Соссюра, как на доказательство, что содержание углекислоты в воздухе убыло, то должны признать, что не имеем повода предполагать, чтобы оно прибыло за это столетие.

Посмотрим, имеем ли мы более поводов опасаться за будущее. Прежде всего посмотрим, насколько человек отравляет атмосферу своим дыханием и в какой мере может он исправлять ее при помощи растения. Можно сказать в круглых цифрах, что каждый человек в своем дыхании выбрасывает в атмосферу $\frac{1}{10}$ тонны угля в год. Посмотрим теперь, какое количество угля извлекают растения из воздуха. Можно было бы подумать, что наибольшую деятельность в этом направлении должно приписать лесу,—дереву, с его громадным шатром. На деле оказывается, что наши поля и луга образуют более значительную органическую массу. Так, по вычислениям Грандо, на каждый гектар следующих культур приходится в год углерода:

на гектар <i>леса</i>	3	тонны ¹⁾
» » <i>луга</i>	4,5	»
» » <i>земляной груши</i>	6	»
» » <i>кукурузы</i> ²⁾	15	»

¹⁾ Эбермейер считает 4 тонны.

²⁾ Урожай кукурузы вычислен на основании результатов, полученных с небольшой удобренной делянки и перечисленных на гектар.

Со времен Гумбольдта существует предположение о колоссальной будто бы, в сравнении с умеренными странами, производительности тропической растительности. Но некоторые цифры в этом отношении показывают, что это предположение несколько преувеличено. Наиболее интенсивная из тропических культур — культура *сахарного тростника* — дает на гектар *34 тонны углерода*. Если принять во внимание, что культура кукурузы длится четыре месяца, а сахарного тростника — одиннадцать, то перевес окажется на стороне кукурузы, что, вероятно, следует приписать тщательному возделыванию земли и удобрению.

Таким образом, мы в праве заключить, что:

гектар леса может поддержать дыхание	30 чел.
» кукурузы	» » 150 »
» сах. тростн.	» » 340 »

Переводя на десятины, получим, что десятина леса может поддержать дыхание 33 человек, а так как в настоящее время в Европейской России считается по 1,3 десятины леса на человека, то выходит, что одним лесом не особенно уже богатая им Европейская Россия могла бы поддержать дыхание населения в 44 раза более настоящего. А площадь культур, которая и больше и производительнее в рассматриваемом смысле, очевидно, могла бы снабдить необходимым кислородом и еще большее население, так что мы смело можем сказать, что зеленая поверхность растительности Европейской России могла бы поддержать дыхание населения, в 100 раз превышающее настоящее ¹⁾.

В сущности мы и не нуждаемся в подобных вычислениях, так как а priori очевидна следующая аксиома: *сколько на известной площади прокормится живых существ, столько и продышит*. Самый факт, что живое существо сыто, служит доказательством, что в атмосфере находится необходимый для его дыхания кислород, так как вся пища образуется в

¹⁾ Площадь пахотной земли, лугов и выгонов относится к площади лесов, приблизительно, как 42% к 40%. Остальные 18% неудобной земли также содержат зеленую поверхность болота и пр.

растении в силу процесса отщепления от углекислоты кислорода, необходимого для превращения этого органического вещества обратно в углекислоту. Следовательно, кислород, необходимый для окисления органического вещества пищи, уже *заранее* обеспечен самым фактом существования этой пищи. Это соображение применимо ко всему животному миру. Мало того, оно так же применимо к процессу горения, пока мы имеем в виду топливо растительное. Тот же растительный процесс, в котором нам запасаются дрова, обеспечивает и кислородом для их сжигания. Следовательно, пока человек ограничивает свои потребности тем, что ему дает органический мир, пока он живет естественною жизнью, он может быть спокоен, его будущее так же обеспечено, как и настоящее.

Картина изменяется, как только на сцену выступают искусственные усложнения, вызываемые возрастающими потребностями цивилизации. Когда явились потребности помимо пищи, одежды и теплого крова, доставляемого деревом, как строительным материалом и топливом; когда, с возрастающей культурой, появилась потребность в металлических и других изделиях, потребность в «стальных рабах», умножающих труд рабов двуруких, а главное — потребность в ускоренных сношениях между отдаленными точками земного шара, — тогда явилась и потребность в новом могучем источнике энергии, и человек нашел его в залежах минерального топлива — угля, нефти, а также торфа, «этого скороспелого угля». Но этим самым он нарушил естественное, как мы видели, равенство между сжигаемою массой и заранее запасенным для нее в атмосфере кислородом. Процесс дыхания, процесс сжигания растительного топлива — процесс круговой. Того же нельзя сказать о процессе сжигания минерального топлива; сжигая его, человек выбрасывает в атмосферу массу углекислоты, о дальнейшей судьбе которой ему самому, может-быть, предстоит позаботиться. К этому сводится интересный вопрос, возбужденный лордом Кельвином.

Прежде всего любопытно узнать, как велико общее количество этого угля, насколько оно может повлиять на

состав атмосферы, и если это изменение зайдет за пределы, совместимые с нормальной человеческою жизнью, то на какие естественные или искусственные факторы можем мы положиться для отвращения грозящего нам зла.

Как велик запас угля схороненного в земле? Согласно своему предположению, что весь кислород в атмосфере произошел из углекислоты, разложенной растением, Кельвин приходит к тому выводу, что всего горючего вещества в форме угля, нефти, торфа или древесной массы должно быть в круглых цифрах $\frac{1}{3}$ веса всего кислорода; а так как вес кислорода равняется *1020 миллионам миллионов тонн*, то топливо в земле и на земле окажется равно *340 миллионам миллионов тонн*. Кельвин делает из этого два вывода,—что это количество очень невелико, его достанет едва-едва на 500 лет, и, что еще хуже, к тому времени будет истреблен весь кислород атмосферы. Так как мы не можем согласиться с ним относительно главного положения, то эти цифры для нас необязательны, но зато мы пришли к другому не менее неутешительному выводу, что ухудшение атмосферы в двадцать раз меньше этого, т.-е. появление в ней 1% углекислоты сделало бы ее непригодной для нормальной жизни.

Не можем ли мы составить себе, хотя бы лишь очень приблизительное, но во всяком случае более реальное, представление о действительной порче атмосферы человеком? Среднее годовое потребление угля на земле оценивается в круглых цифрах в *406 миллионов тонн*. А всего количества угля в атмосфере, как мы видели, *500.000 миллионов тонн*. Следовательно, при современном потреблении угля количество углекислоты в воздухе удвоится через каких-нибудь 1.200 лет, а удвоение этого содержания, т.-е. до 0,0006 вместо теперешних 0,0003, еще допускается гигиеной.

Тем не менее, не подлежит сомнению, что покрытие искусственных потребностей, вызываемых цивилизацией, уже и теперь значительно превышает главную естественную потребность человека в дыхании. Если, как мы видели в круглых цифрах, средний человек на земле выдыхает $\frac{1}{10}$ часть тонны угля, то сжигает он угля более $\frac{1}{4}$ тонны. Что же будет, когда повсеместное потребление угля достигнет размера его

потребления в Великобритании, приблизительно 4 тонны на человека, т.-е. в 40 раз превысит количество кислорода, потребляемого на дыхание?

Переходим теперь к рассмотрению другой стороны вопроса: как велико количество угля, находящегося в недрах земли, т.-е. то предельное количество, которым человек может загрязнить атмосферу. Мы признали, что расчет Кельвина, отправляющегося от совершенно произвольного положения о первоначальном отсутствии кислорода в атмосфере, не убедителен. Постараемся сделать более реальную, но притом самую широкую оценку. Геологи на основании протяжения и средней толщи каменноугольных пластов в Европе оценивают общий запас угля в этой части света. Конечно, содержание этого угля едва ли можно считать предопределенным даром природы для этой наиболее культурной части земного шара, тем более, что и в других странах, например, в Китае уже известны громадные залежи. Если мы сделаем, как сказали, самое широкое предположение, т.-е. допустим, что в недрах всей суши находятся такие же богатства, как в Европе, то при таком расчете все количество угля в земле выразится цифрой *15 миллионов-миллионов тонн*, т.-е. цифрой в 22 раза менее той, которую дает лорд Кельвин. Если по его расчету на сожжение всего каменного угля и проч. потребовался бы весь кислород атмосферы, то по нашему расчету потребовался бы приблизительно *один процент*.

Убыль одного процента кислорода едва ли существенно отозвалась бы на живых существах, но прибыль одного процента углекислоты, как мы видели, едва ли совместима с нормальной жизнью. Это количество раз в 14 превышает содержание ее, допускаемое гигиеной ¹⁾.

Каким образом удастся человеку справиться с этим бедствием, если оно действительно наступит? Прежде всего не будет ли оно отвращено даже без его ведома растением. Может ведь случиться и так, что это предполагаемое бедствие пре-

¹⁾ Петенкофер считает 0,0007 пределом допускаемого ее содержания, но не забудем, что при увеличении в атмосфере содержания углекислоты увеличится ее содержание и в жилых помещениях.

вратится в неожиданное благополучие, т.-е. поступление больших количеств углекислоты в атмосферу выразится только увеличением урожайности растительного мира, который будет перерабатывать эту углекислоту по мере ее поступления в воздух. Растение разлагает углекислоту наилучшим образом при содержании ее, примерно, в 10%, превышающем в триста слишком раз ее содержание в атмосферном воздухе. Но скорость разложения возрастает гораздо медленнее, чем содержание углекислоты, так что из этого еще не следует, чтобы растение успевало поддерживать состав атмосферы при прежнем низком уровне содержания углекислоты. Мы не знаем, как скоро возобновляется атмосфера, приходящая в соприкосновение с листом (Грандо считает, что средним числом раз сорок в час), будет ли этого достаточно при увеличенном содержании углекислоты, чтобы растение успевало разлагать попрежнему. В настоящее время самые интенсивные культуры (как мы видели, сахарного тростника) извлекают за год из атмосферы углерода в три раза более, чем заключается в столбе воздуха над ними, до пределов атмосферы. Если принять, что покрытая растительностью суша составляет, примерно, треть всей поверхности нашей планеты, то окажется, что такая растительность, покрывая сплошь всю поверхность земли, перерабатывала бы ежегодно всю содержащуюся углекислоту в современной атмосфере.

Но можем ли мы предположить, чтобы такая, самая роскошная, нам известная культура, покрывая *всю поверхность суши*, могла бы перерабатывать за год всю массу углекислоты, которая была бы выброшена в атмосферу вследствие сожжения всего запаса угля? Едва ли. Такая предельная из нам известных культур, распространенная на всю поверхность земли, дала бы нам 450.000 миллионов тонн, а все количество угля мы оценили в 15.800.000 миллионов тонн, т.-е., примерно, в 35 раз более. Следовательно, едва ли можно предположить, чтобы современная растительность при настоящих условиях успела вовлечь в оборот всю массу углекислоты, которую человек выбросит в атмосферу, когда сожжет весь запас угля на земле.

Может-быть, человек сам подоспеет на помощь растению, увеличив его производительность при помощи удобрения ¹⁾, и здесь, вероятно, на первом плане придется поставить то открытие, которому Крукс по праву придает такое значение, т.-е. возможность экономического получения азота из воздуха, превращением его в азотную кислоту. Мы видим, таким образом, что питание растения (оставляя в стороне его золу) сводится, главным образом, к доставлению ему двух кислот— *азотной и угольной*. Чем обильнее обеспечит его человек так скудно распространенною азотною кислотой, тем успешнее будет растение эксплуатировать углекислоту воздуха, сохраняя тем самым атмосферу в состоянии, необходимом для дыхания человека. Но, может-быть, даже при условиях наилучшего удобрения, производительность растительного мира не возрастет в таких размерах, чтобы вовлечь в годичный круговорот всю массу выделенной в атмосферу углекислоты. Что же в таком случае останется делать человеку? Очевидно, повторить тот же процесс, который уже совершился, т.-е. иммобилизовать часть углерода, находящегося на поверхности земли и в ее недрах. Мы должны себе представить три процесса; один круговой, при котором углерод обращается между организмом и атмосферой.

Углекислота атмосферы.



Органич. вещество.
(Пища и топливо).

Минеральн. топливо.

Минеральн.
топливо.

Иммобилизов.
углерод.

Другой процесс, так сказать, односторонний: углеродистое вещество, именно минеральное топливо, сжигается; его уголь остается в атмосфере в форме углекислоты. Его накопление и грозит человеку бедствием. Конечно, самое выгодное, что

¹⁾ Мы видели, что *относительная* производительность кукурузы в наших широтах оказалась более, чем сахарного тростника под экватором, и это, верно, следует приписать удобрению.

может сделать человек, это—вовлечь его в круговорот налево, увеличить на его счет жизненный оборот на земле, но мы видели и увидим еще далее, что это может оказаться неосуществимым. Тогда человеку останется два исхода: или оставить его в земле лучше, чем отравлять им воздух, или пускать его в оборот, но с тем, чтобы, использовав его один раз, привести его в такую же неподвижную инертную форму, какую он представлял ранее, т.-е. иммобилизовать его, устранить из круговорота, как это показано на чертеже направо. Какую форму примут эти запасы углерода? Будут ли то вековые леса и возврат к деревянной архитектуре, или еще лучше клетчатка—эта сталь будущего ¹⁾, а может быть, это будут колоссальные запасы пищевых веществ (изъятые из употребления, на черный день, и ставшие нетленными, благодаря окончательному истреблению микробов) ²⁾ или, быть-может, наконец, набобы тех отдаленных будущих веков станут ходить, увешанные искусственными алмазами, сознавая, что этим самоотверженно спасают человечество?

Итак, три исхода: или растение само нас выручит, или мы ему придем на подмогу и общими усилиями увеличим круговорот жизни на земле, или этот круговорот дойдет до предела, и часть углерода придется иммобилизовать в наиболее для человека полезной форме,—но ни в каком случае не смерть от удушения.

А что же станет с другими потребностями все возрастающей цивилизации,—с потребностями в тех-миллионах «стальных рабов», которые уже отчасти приняли на себя и, конечно, все более и более будут сокращать труд человека? Придется ли ограничить число машин за невозможностью

¹⁾ Я говорю «сталь будущего», потому что с одной стороны исследования ботаников показали, что она действительно в известных механических свойствах не уступает стали, благодаря чему соломина злаков представляет собою сооружение, в сравнении с совершенством которого ничто все Эйфелевы башни и Фортские мосты. С другой стороны, известно, что из клетчатки начинают уже выделывать предметы в роде железнодорожных колесных шин и т. д.

²⁾ В нашей лаборатории сохраняется уже лет двадцать сваренное вкрутую яйцо; оно помещается в воде, в сосуде, заткнутом ватой. Нет повода предполагать, чтобы оно не сохранялось так неопределенное время.

снабжать их углем? Конечно, нет. Гораздо ранее человек вспомнит, где первоисточник той энергии, которой он пользуется в угле. Известен анекдот про Стивенсона, изобретателя паровоза, и геолога Бекланда. Однажды на прогулке они увидели пробежавший невдалеке поезд первой в Англии железной дороги. «Скажи мне, Бекланд, — спросил Стивенсон, — что приводит в движение этот поезд?» — «Рука машиниста, который управляет одним из твоих чудных локомотивов». — «Нет». — «Пар, который движет машину». — «Нет». — «Огонь, который разводят под котлом». — «Еще раз — нет; им движет солнце, светившее в ту отдаленную эпоху, когда жили растения, превратившиеся в уголь, который машинист подбрасывает в топку». Один из популяризаторов ¹⁾ идеи лорда Кельвина пояснил это в своей статье забавными картинками далекого будущего, когда крыши домов будут снабжены, на подобие куполов, колоссальными собирательными стеклами, концентрирующими солнечный свет, как источник даровой энергии, а летательные машины будут накачиваться, как современные паровозы, но не водой, а солнечными лучами, или получать какие-нибудь аккумуляторы, заряженные солнцем. Давно замечено, как бессильна человеческая фантазия создать что-либо такое, чего не подсказала бы ей ранее действительность. Это особенно бросается в глаза при всяких попытках воссоздать воображением будущее, — всегда они оказываются только пародией или прямой антитезой настоящего. Так и эта мысль о непосредственной утилизации солнечного света давно уже перешла в область практического приложения. Посетители Парижской выставки 1878 года помнят паровую машину Мушо, отопляемую солнцем и печатавшую маленькую газету «Le Soleil (солнце). Уже совершенно практическую форму эта утилизация солнечной энергии получает в насосах Телье, стоящих 3—4 тысячи франков и орошающих большие участки огородной или садовой земли даровой силой солнца. И этот-то могучий запас энергии еками тратится безвозвратно,

¹⁾ I. Милл в *Cassells Magazine*. Эта статья и главным образом ее сенсационные иллюстрации, вероятно, более всего способствовали распространению идеи лорда Кельвина.

отражаясь обратно в мировое пространство, между тем, как человек зарывается под землю в поисках за углем, рискуя, в конце-концов, отравить всю атмосферу, сделать ее непригодною для дальнейшего существования человеческого рода. Следовательно, с этой точки зрения поступательному ходу нашей цивилизации не грозит даже отдаленная опасность: изсякнет ли запас угля, или еще ранее человек вынужден будет из чувства самосохранения воздержаться от его дальнейшей эксплуатации, человечество не останется без могучего, неограниченного, еще более доступного и повсеместно распространенного источника энергии—солнечного луча.

Мысль невольно забегают вперед,—спрашиваешь себя, не в состоянии ли будет человечество со временем воспользоваться солнечным светом и без содействия растения? То, что мы теперь уже знаем о процессе превращения углекислоты в органическое вещество, дает нам право отвечать на этот вопрос скорее утвердительно, чем отрицательно. Мы знаем, что зеленая поверхность растения представляет нам аппарат, поглощающий известные лучи света и затрачивающий их на определенное фотохимическое явление разложения или вернее — диссоциации углекислоты. Это явление диссоциации углекислоты, долго казавшееся таинственным, мы уже осуществили в лаборатории, — правда, при совершенно иных условиях,—но это не исключает возможности, что, может-быть, завтра же мы научимся ее разлагать при тех же условиях, т.-е. при действии лучистой теплоты солнца вместо теплоты наших химических печей. Другая сторона явления—получение тех же продуктов синтеза, что и в растении,—задача синтетической химии, а она за последние полвека почти с каждым днем делает такие успехи, что, конечно, никакой здравый ум не подумает указать ей пределы. Бертло, инициатор этого направления в химии, не сомневается, что наука не далее будущего столетия ¹⁾ осуществит эту задачу, т.-е. синтез питательных веществ.

Мы можем пойти еще далее, мы можем смело сказать, что искусственный аппарат, которым человек со временем

¹⁾ См. Бертло. «Наука и нравственность». Москва. 1898 г.

заменит растение, будет действовать несравненно успешнее, и вот на основании каких соображений. Жизнь растения протекает, так сказать, между Сциллой и Харибдой голода и жажды. Чтобы питаться, т.-е. разлагать углекислоту воздуха энергией солнечного луча, оно должно представлять большую поверхность для поглощения углекислоты и света. Но это в то же время большая поверхность нагревания и, следовательно, испарения воды, а между тем, если растение в таких условиях не может получить через свой корень достаточное количество воды, ему грозит опасность погибнуть от потери воды, от завядания. И вот для устранения этой опасности оно покрывает поверхность своих органов чем-то в роде клеенки или каучуковой материи, непроницаемой ни для воды, ни для газов, и оставляет для сообщения с воздухом открытой (и то не постоянно) ничтожную часть этой поверхности, в виде пор, так называемых устьиц, которые при сколько-нибудь сильном нагревании закрываются.

Человек в своих искусственных приборах не будет стеснен этим условием и будет поглощать углекислоту из воздуха возможно большей поверхностью и таким образом будет легко извлекать углекислоту из атмосферы даже при более значительном содержании этого газа.

Другое соображение еще важнее. Разложение углекислоты зависит от поглощения, от утилизации солнечной энергии. Наши наиболее интенсивные культуры не утилизируют более 2⁰/₁₀₀ всей солнечной энергии. Теоретические соображения, основывающиеся на физических данных, которые здесь не место развивать, приводят нас к убеждению, что эту величину едва ли удастся увеличить более, чем в *пять* раз; следовательно, 10⁰/₁₀₀—вот, вероятно, физический предел эксплуатации солнечной энергии при помощи такого аппарата, как растение. При помощи искусственных поглотителей света, конечно, можно ждать гораздо более выгодного превращения солнечной энергии в полезную химическую работу. Конечно, все 100⁰/₁₀₀ человеку никогда не удастся утилизировать, да в этом и не окажется надобности: земля ранее того станет для него слишком тесна. Когда лорд Кельвин излагал свои

воззрения в Торонто, при возникших по этому поводу пре-
ниях Фитцджеральд указал, что количества солнечной энер-
гии, падающей на *один* квадратный метр, достаточно для по-
крытия потребностей *пяти* человек. Следовательно, если бы
люди размножились до того, что почти стояли бы плечом к
плечу, так что негде было бы ни сесть ни лечь, и тогда
даже солнечной энергии, улавливаемой над их головами, бы-
ло бы достаточно для покрытия их потребностей, т.-е. и то-
гда они могли бы жить, как говорится в поговорке, «в тес-
ноте, да не в обиде».

Итак, опасность, которой грозит Кельвин, человеку, не-
сомненно, удастся своевременно отвратить. Быть, может, это
сделается даже без его ведома растением, а может быть,
потребуется его непосредственное вмешательство, при по-
мощи усовершенствованных культур. Наконец, едва ли есть
повод сомневаться в том, что еще задолго до наступления
опасности люди научатся непосредственно утилизировать
солнечный луч, не отравляя воздуха дымом своих фабрик,
и тем покроют возрастающие в такой быстрой прогрессии
потребности цивилизации. Конец мира придет не в той фор-
ме, в какой возвещает его английский физик, а в той более
отдаленной, но и более грозной форме, в какой изобразил
его великий английский поэт ¹⁾ в своем стихотворении
«Darkness» (мрак). А пока светит солнце и сияет мысль в умах
Кавендишей и Берто, человеку не приходится дрожать за
свою будущность ²⁾.

Но есть еще одна сторона в бедствии, возвещенном
лордом Кельвином, которая способна нас обнадежить и ус-
покоить на счет того, что средства для отвращения беды
будут своевременно найдены и применены. Это, так сказать,
его социальная сторона. В первый раз человечество столк-

¹⁾ Байрон.

²⁾ P. S. После прочтения этой лекции получен в Москве январский
номер „Philosophical Magazine“ со статьей лорда Кельвина, в которой он
сам отказывается от своих воззрений. Он приходит к заключению, что в
недрах земли не может скрываться того громадного количества угля, кото-
рого требует его теория, и в конечном выводе говорит: «Отсюда предста-
вляется вероятным, что первичная атмосфера земли должна была содер-

нется с бедствием всеобщим. Перед ним все будут равны, и мысль о всеобщей солидарности людей не будет уже пустым звуком. Ни одно из существующих бедствий не является универсальным,—нас утешают, что даже чума, и та предпочитает лачугу бедняка хоромам богача. Задохаться же в отравленной атмосфере будут все одинаково, и тогда, конечно, найдутся меры борьбы со злом и средства для его предупреждения.

Не то бывает при большей части современных общественных бедствий, когда страдает один, а измышляет меры спасения другой, сам от беды обеспеченный. Вот и теперь мы рассуждаем о возможной через несколько столетий порче атмосферы, а если б мы переместились с этим прибором (карбацидометром) за несколько шагов, в одну из наших московских трущоб, то, может-быть, убедились бы, что рядом с нами люди живут почти в такой атмосфере, о появлении которой на всей земле в далеком будущем мы говорим с таким ужасом. Мы озабочены возможным голодом или, вернее, только недостатком белого хлеба через каких-нибудь тридцать лет, а разве настоящий голод не стоит у наших дверей? В речи Крукса есть одно место, которого нельзя читать без горечи и боли. Перечисляя страны, производящие пшеницу, он останавливается и на России, которую многие до сих пор готовы называть «закромом Европы» и проходит мимо. По уверению Крукса, только у нас и в Италии да еще в Турции потребление хлеба на человека не возрастает, как во всех странах Европы, а даже падает. «Крестьянин,—говорит Крукс,—голодает, падает жертвой голодного тифа, а производители пшеницы экспортируют то, что должно бы оставаться дома». Оставляю и это его заключение, как и все его статистические

жать свободный кислород». Оба положения согласны с тем, что было сказано мною, и я могу только радоваться, что верность моих сомнений относительно его первого воззрения подтверждается теперь самим великим физиком. Хронологический вопрос разрешается с. едующими числами: я прочел лекцию 8 декабря, подробный отчет о ней появился в „Русских Вестниках“ 12 декабря; статья Кельвина появилась в Лондоне

соображения, на его ответственность, но перед нами факты, которые говорят сами за себя. Не обязан ли каждый из нас, пощаженный бедствием, спешить на выручку тому, над кем оно стряслось? И, тем не менее, раздаются сытые голоса, которые называют эту помощь неразумной, даже деморализующею ¹⁾. А если б она была организована, узаконена, как обязательное взаимное страхование против непредотвратимого стихийного бедствия, тогда она не деморализовала бы? Почему же совершенно такое же взаимное страхование, только не писанное, а лишь подсказанное не совсем еще заглохшей в нас совестью, может кого-нибудь деморализовать? И кто в праве бросить укор нашему земледельцу, за последние годы так часто вынужденному прибегать к посторонней помощи? ²⁾ Уж не панегиристы ли нашей цветущей промышленности, не в исключительных только случаях непосильной борьбы со стихиями, а из года в год, изо дня в день, пользующейся всеобщим подаянием, под громким названием «поощрения народному труду»? Недавно газеты нас оповестили о предстоящем столетнем юбилее нашей сахарной промышленности. Подсчитает ли кто-нибудь по этому случаю, ценою каких общественных жертв существовало и существует это столетнее дитя, несмотря на свой преклонный возраст все еще ходящее на «покровительственных» помочах? Кто знает, нуждался ли бы наш земледельческий «народный труд» в сегодняшней помощи, если б в течение века он встречал такое же поощрение? Этот вопрос своею наивностью способен, конечно, только вызвать смех. Но за этим смехом не кроется ли горькая истина: кто стал бы поощрять того, кто силой злого рока призван сам всех поощрять?

Не станем же рассуждать о разумности или неразумности, о морализующем или деморализующем значении этой помощи; позаботимся лучше о том, чтобы мысль об ее неотложности не покидала нас ни на минуту ³⁾. Позаботимся о

¹⁾ Слова эти мне пришлось слышать из уст одного очень влиятельного сановника!

²⁾ А что сказать о современном мировом голоде на почве войны и спекуляции, грозящих развратить все человечество? (1918).

³⁾ Сбор за лекцию поступил в пользу голодающих.

том, чтобы из этой светлой теплой залы нам виделась далекая Холодная и темная деревня, чтобы когда погаснут эти огни и стихнет шум городской суеты, ночью, когда мы останемся с глазу на глаз со своею совестью, чтобы и тогда из мрака этой Ночи к нам протягивались еще недавно могучие, а теперь, не по своей вине, беспомощные руки, чтобы в каждом неясном звуке, каждом ночном шорохе нам слышался далекий стон детей, повторяющих все то же слово—хлеба! ¹⁾

¹⁾ Не поменялись ли теперь город и деревня (т.-е. ее Колупаевы и Разуваевы) ролями? (Примеч. 1919 г.)

Новая победа науки над природой ¹⁾.

Только что вернулся я с блестящего публичного заседания ежегодного съезда «Бунзеневского общества» в актовом зале (aula) Дрезденского политехникума. Все заседание, в котором приняли участие пять докладчиков, знаменитые ученые, как Нернст и представители техники, было посвящено роскошной экспериментальной демонстрации и всестороннему обсуждению или, правильнее сказать, торжественному чувству едва ли не важнейшего завоевания научной техники за последние годы, — завоеванию, все благодетельное значение которого для будущности всего человечества едва ли еще можно вполне оценить.

Дело касается прямого превращения азота атмосферы при помощи электричества в селитру, это важнейшее из удобрительных веществ, широкое применение которого уже изменило и еще более изменит в будущем судьбы земледелия. Если Генрих IV мог когда-то сказать: «Селитра (понимай порох) ограждает государства, защищает троны», то современный человек с большим правом может сказать: селитра возвышает благосостояние народов, увеличивает производительность тяжелого труда земледельца ²⁾.

Несколько лет тому назад я обращал внимание своих московских слушателей ³⁾ на этот вопрос, тогда только возник-

¹⁾ Помещено в «Русских Ведомостях» за 1906 год.

²⁾ В немецкой экономической литературе уже можно встретить выражения: Salpeterfrage, Salpeterwirtschaft, даже Salpeterpolitik. Правда, в этой политике земледелие еще переплетается с войной.

³⁾ См. мою лекцию «Точно ли человечеству грозит близкая гибель». Москва. 1898. Она вошла в состав сборника «Земледелие и физиология растений». Москва. 1906.

ший и не вышедший еще из пределов многообещавшего лабораторного опыта, считаю полезным вернуться к нему теперь, когда он является совершившимся фактом экономической действительности.

В 1898 году знаменитый английский физик Крукс, озабоченный, как он пояснял, состоянием международного хлебного рынка, — а я подозреваю, еще более встревоженный призраком общеевропейской коалиции, вызванным яростной травлей против Англии немецкой реакционно-шовинистской прессы и грозившим в случае войны оставить британские острова без хлеба, — Крукс поднял вопрос о необходимости поднять производительность культуры хлебных растений и для этого снабдить земледелие общедоступным источником самого важного удобрительного вещества — селитры.

Доказав цифрами ограниченность того запаса чилийской селитры, из которого так широко черпает современное европейское земледелие, он указал на открывающуюся возможность искусственного получения селитры прямо из атмосферного азота при помощи электрического разряда. Открытое еще в 1781 году Кавендишем, это явление только через сто лет, благодаря исследованиям Дьюара и лорда Релейя (о себе самом Крукс скромно умалчивал), в первый раз представилось в форме, повидимому, технически осуществимой и экономически выгодной.

Мысль талантливого английского физика была подхвачена, и вскоре стали доходить слухи о попытках ее осуществления то в Женеве при помощи бешено несущейся Роны, то в Америке при помощи все более и более обуздываемой человеком пучины Ниагары. Заинтересовался, повидимому, этим вопросом и сам великий Нестор современных физиков лорд Кельвин, как я мог в том убедиться из разговора с ним. Но дело не шло на лад ¹⁾. Наконец в феврале текущего

¹⁾ Немецкие ученые пытались даже дать ему иное, более околное и сложное направление в фабрикации так называемого карбида и цианида кальция, который в конечном результате, разлагаясь в почве, должен был снабжать земледелие другим источником азота — аммиаком. Защитники этого способа выступили и на съезде, но несомненно, что будущность принадлежит не ему. Известный химик Оствальд предлагал еще третий спо-

года, на лекции, прочитанной в Лондонском Королевском институте, Сильванус Томпсон сообщил, что задача вполне удовлетворительно разрешена норвежскими учеными Биркеландом и Эйде и что *норвежская селитра* уже конкурирует на рынке с чилийской. Экономически выгодное удобрение земли воздухом—уже совершившийся факт, который современная наука может занести в летопись своих бескровных побед. Ему-то и было посвящено все первое заседание съезда Бунзеновского общества.

Ближайшая задача, которую предстояло разрешить технике, заключалась в том, чтобы при помощи Вольтовой дуги получить возможно высокую температуру в возможно холодном окружающем пространстве ¹⁾. Эту задачу Биркеланду удалось осуществить, помещая Вольтову дугу переменного тока между полюсами электромагнита. Благодаря этому сочетанию, дуга постоянно меняет свое положение и кривизну, и для глаза световое изображение сливается в один сверкающий и немилосердно ревуший диск. В опыте, который профессор политехникума Фёрстер показал собранию, диск был, примерно, величиною в один фут в диаметре. В норвежских печах он достигает 4—6 футов, т.-е. почти сажени, но профессор Фёрстер пояснил, что не решился воспроизвести опыт в истинном масштабе в обстановке обыкновенной залы, так как присутствующие испытали бы неприятное действие удушливых окислов азота ²⁾.

На норвежском заводе эти пылающие ревушие диски заключены в плоские, как бы составленные из двух соеди-

соб разрешения вопроса об азоте,—при помощи возможно полной утилизации его запаса в каменном угле. Понятно, что эта мера только палиативная,—запас угля также величина предельная. Только утилизация атмосферного азота по способу Кавендиша представляет радикальное решение задачи.

¹⁾ Условия образования окиси азота в зависимости от температуры были подробно разобраны в докладе профессора Нернста. Так, скорость реакции возрастает с температурой от нескольких дней до долей секунды.

²⁾ В другом опыте, где дуга (неподвижная) была заключена в стеклянный балон, он вскоре наполнился известными бурными парами этих окислов. Напомню, что, не обладая такими роскошными средствами, я мог на своей лекции, тем не менее, продемонстрировать основной факт образования

ненных сковород железные сосуды, выложенные внутри огнеупорной кирпичной массой. Через эти печи под давлением прогоняют атмосферный воздух. По выходе из них он уже содержит окись азота; ей дают время далее окислиться и поглощают водой, в особенно устроенных водяных башнях, или известью. Получается раствор азотной кислоты или прямо кальциевая ее соль — селитра. Эта кальциевая соль и получила название *норвежской*. Сильванус Томпсон сообщает, что она уже оказалась вполне пригодной для земледелия, не уступая чилийской, и замечает, «что для некоторых почв» известь может оказаться специально полезной. Как ботаник, могу добавить — не для некоторых, а, вероятно, для всех. Ботаники в своих опытах давно оказывают предпочтение именно кальциевой селитре и ее благоприятное действие объясняют следующим образом. Всякая селитра прежде чем ее азотная кислота пойдет на образование органического вещества растения, должна разложиться. Это разложение происходит при действии щавелевой кислоты, которая образует с кальцием нерастворимую соль. Если проследить судьбу селитры, поглощенной растением, то те места, где азотная кислота будет исчезать (превращаясь в органическое вещество), будут отличаться обильными отложениями знакомых всем ботаникам, кристаллов щавелево-кальциевой соли.

Кроме того, на съезде профессор Клауди высказал мнение, что для получения новым путем необходимой для германского земледелия чилийской селитры не достало бы всей производимой в Германии соды, — пришлось бы увеличить ее производство почти вдвое. Если принять еще во внимание дешевизну извести, то выбор норвежцами именно соли кальция во всех отношениях должно признать удачным¹⁾.

азотной кислоты. Стоит взять каплю реактива на азотную кислоту (дифениламина с серной кислотой) и приблизить к нему два проводника от грошевой детской Румкорфовой спирали; синие струйки, появляющиеся в капле, тотчас обнаружат появление азотной кислоты. При помощи фонаря все это можно показать на экране целой аудитории.

¹⁾ Странно, что никем из практиков не было обращено внимания на одно только неудобство. Азотнокальциевая соль очень гигроскопична, что затруднит ее сохранение, а еще более учет в ней удобрительного начала, так как приплачивать за воду земледельцу, понятно, будет невыгодно.

Одним из условий, благоприятствовавших разрешению той задачи именно в Норвегии, был, конечно, представляемый ее водопадами дешевый источник энергии. Первый действующий селитряный завод в Нотоддене получает свои 1500 кило-ваттов от соседнего водопада Тинфосс. По вычислению профессора Отто Витта, выход азотной кислоты, получаемый по способу Биркеланд Эйде, — 500 килограммов в год на каждый кило-ватт. Эти 750 тонн азотной кислоты пока еще величина незначительная в сравнении с миллионом тонн селитры, ежегодно вывозимых из Чили, но, конечно, будущее—за норвежской селитрой, и успех первой попытки побудит компании расширить свои операции, утилизируя сначала ближайший водопад Свельфосс, который даст 23.000, а вслед за тем еще три водопада, которые дадут в итоге 200.000 лошадиных сил ¹⁾.

Но не в одной дешевой энергии водопадов вся тайна успеха норвежской техники,—та же водная сила была в распоряжении и швейцарцев и американцев. Главная причина, конечно, в знаниях и таланте Биркеланда, сумевшего своим чисто теоретическим исследованием найти практическое приложение. Новый пример того, что не давление потребностей не запросы техники налагают свой отпечаток на развитие науки, как это нередко утверждают, а наука, развивающаяся своим самостоятельным логическим путем, и личные таланты ее служителей рассыпают щедрой рукой те приложения к жизни, которые поражают воображение масс.

Эта мысль невольно вытекала из всего сообщенного на заседании, — она как будто символически иллюстрировалась двумя фесками, украшающими прекрасную залу, у подножья которых случайно поместилась кафедра и загроможденный приборами экспериментальный стол. Это—две аллегории зарождения технических знаний. Вторая из них изображает толпу первобытных людей, бросающихся на колени перед пер-

¹⁾ В своем чисто экономическом докладе профессор Клауди разъяснил, что если горные водопады и представляют более выгодный источник энергии, то и менее значительным падением воды можно пользоваться с этой целью. Невольно вспоминается Бабьегородская плотина, уже который год улаждающая слух москвичей своим бесплодным журчанием.

вым человеком, который при помощи дубины-рычага сдвигает с места тяжелый камень, а первая поясняет, что этому чуду грубой материальной силы должно было еще предшествовать другое—похищение небесного огня Прометеем. Как Прометей на этой фреске зажигает у молнии свой первый светоч, так и современный Прометей—наука должна была прежде подчинить своей власти этот небесный огонь, а затем уже превратить разрушающую силу горного потока в источник будущего плодородия земли.

Замечательно, что в этом всесветном научном конкурсе, пальма первенства выпала на долю демократической, мужицкой Норвегии. Не менее замечательно и то время, когда была одержана эта победа науки и техники. *Нотодденский* завод,— этому имени, вероятно, предстоит всесветная известность,— был пущен в ход в мае 1905 года, в то время, когда норвежский народ переживал самую тревожную страницу своей истории. Народ, который, казалось, стоял на краю гибели, народ, которому грозил призрак братоубийственной войны, народ, которому предстояло решить вопрос о выборе основной формы правления, мог спокойно доверить эти заботы своим «лучшим людям», а сам продолжал жить полною жизнью и без страха за свой завтрашний день мог посвящать свои материальные ¹⁾ и, что еще важнее, свои умственные силы делу, обещающему стать источником неисчислимых благодеяний всей стране, всему человечеству. Благо тем странам, где правительства не становятся безумно на пути исторического развития народов, пытаясь загородить его штыками. Слава народам, которые в самые тяжелые минуты своих исторических испытаний не теряют полного самообладания.

Дрезден, 1906 г.

¹⁾ Даже теперь, когда успех предприятия не подлежит сомнению, один из участников съезда советовал немцам не рисковать своими деньгами на такие смелые начинания.