

§ 10. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

В каждом маленьком растеньице,
Словно в колбочке живой,
Влага солнечная пенится
И кипит сама собой.

Н. Заболоцкий

Растения всегда казались людям удивительными созданиями. Одной из их сокровенных загадок было питание. Как и чем питаются растения? Это вовсе не праздный вопрос. Если бы земледелец знал, как накормить своих зеленых питомцев, он сумел бы получить большой урожай. А это значит, люди получили бы больше хлеба, овощей, растительного масла, тканей, кормов для животных и многого другого.

Издавна земледельцы подметили, что разные участки дают неодинаковый урожай. Если земля темная, как говорят ученые, богата гумусом¹ (по латыни *humus* означает почва), то урожай на ней, как правило, выше. Если цвет почвы светлый, то и урожай на ней меньше. А если зерна посеять в песок или на глину, то можно вовсе остаться без урожая.

Аристотель считал, что растения питаются так же, как животные. Только растения перевернуты вниз головой. У животных рот находится сверху, а у растений «рот» (т.е. корень) находится снизу. Растения «откусывают» и «проглатывают» «жирные» частицы почвы (гумус), пока почва не станет совсем бесплодной.

Взгляды Аристотеля никто не оспаривал довольно долго. Откроем научные трактаты известного итальянского ботаника эпохи Возрождения — Андрео Чезальпини.

Что он думал о питании растений? Пища попадает в растение из почвы через корень. Пищевые частички корень притягивает, подобно тому, как магнит притягивает кусочки железа. В «растительных венах» больше «пустоты», чем в окружающей почве. «Природа не терпит пустоты», поэтому соки почвы стремят-

¹ Слова "гуманизм" и "гумус" похожи. Выясните, однокоренные ли они.

ся заполнить «пустоту» растительных «вен». Корни растения подобны фитилю, опущенному в керосин. Как фитиль пропитывается керосином, точно так же и корень пропитывается соками почвы².

Задача 10-1. Афоризм «Природа не терпит пустоты» не принадлежит Чезальпини. Кто впервые высказал эту мысль? И как он это доказывал?

«Раз корни растений «тянут соки» из кормилицы-почвы, то ей нужно давать отдых от растений,» — рассуждали земледельцы. Практика показывала, что это действительно так. Если целый год на поле ничего не сеяли и регулярно рыхлили почву, чтобы не дать вырасти сорнякам³, то урожай в следующем году увеличивался. А если культурные растения не сеяли несколько лет подряд — то еще выше. Самый большой урожай можно было получить с целинной земли, на которой ни разу не сеяли культурных растений. Правда, в дальнейшем урожай быстро снижался, земля «утомлялась»⁴.

Крестьяне вели хозяйство в соответствии с представлениями о питании растений своего времени. Участок делили на три поля. Первое поле оставляли под паром, а на втором и третьем сеяли хлебные злаки. На следующий год второе поле «отдыхало», а первое и третье давали урожай. На третий год под паром оставляли третье поле, а первые два засевали. Получалось, что каждое поле «отдыхало» раз в три года. Причем «уходили в отпуск» поля не одновременно, а по очереди. Такая система хозяйства называется трехпольной (рис.42). Много ли пшеницы получал крестьянин, применяя трехполье? Оказывается, в XVIII веке в среднем 700 кг с гектара.

² Как видим, Чезальпини недалеко ушел от Аристотеля. Гумус, правда, заменен на «соки почвы». Растения не «откусывают и проглатывают», а «притягивают и впитывают» свою пищу. В остальном взгляды Чезальпини и Аристотеля совпадали. Чезальпини в своем рассуждении о питании растений опирается на физические понятия своего времени. Что уже было известно о движении жидкостей? Какие ученые этим занимались? Спросите у учителя физики.

³ Такой прием называется «оставить поле под паром». Как вы думаете, откуда взялось такое выражение?

⁴ Такое положение было типично для Европы. А вот китайские земледельцы оказались в более выгодном положении. Рис, выращиваемый в долинах рек Янцзы и Хуанхэ, из года в год давал стабильные урожаи. Та же ситуация была и в Древнем Египте, Месопотамии: плодородие почвы было неизменным. Подумайте, почему.

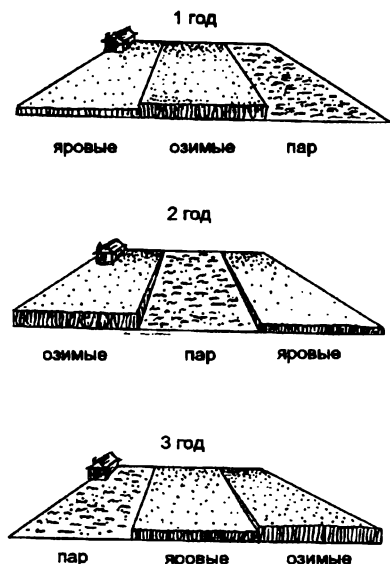


Рис.42. Размещение посевов в первый, второй и третий годы при трехпольной системе

Решить эту загадку с помощью эксперимента попытался голландский ученый Ян Баптист ван Гельмонт (1577-1644). Он рассуждал так: «Допустим, растение питается гумусом. Если посадить растение в сосуд с почвой, через некоторое время гумуса станет меньше. Взвесив почву, мы увидим, сколько гумуса впитало растение. А растение должно прибавить в весе ровно настолько, сколько оно поглотило гумуса из почвы.»

От слов ван Гельмонт перешел к делу. Он выбрал растение ивы, тщательно его взвесил. Затем он взял вазон с почвой, тща-

! **Задача 10-2.**
Сколько гектаров пришлось бы вспахать при такой урожайности, чтобы получить столько же зерна, сколько сейчас выращивают в Великобритании (или в другой европейской стране)? (Количество выращиваемого зерна выясните у учителя географии.) Какую долю площади страны придется занять посевами по вашим расчетам?

ОПЫТ ВАН ГЕЛЬМОНТА, ИЛИ ЧТО ДАЕТ РАСТЕНИЯМ ВОДА

То, что растения питаются при помощи корня, казалось очевидным. Но что собой представляют те таинственные «соки», которые пьет корень? Что необходимо для роста растений?

тельно высушил ее (как вы думаете, зачем это ему понадобилось?) и после этого взвесил. Вес почвы оказался равным 200 фунтам. Иву он посадил в почву и каждый день поливал ее дождевой водой. Никому не разрешал прикасаться к растению, а почву добросовестно укрывал специальным колпаком, чтобы пыль и мусор случайно не изменили веса почвы. Эксперимент ван Гельмонта длился целых пять лет! После этого он вынул иву из сосуда с почвой, тщательно отряхнул прилипшие к корням частицы, взвесил сначала растение, а потом высушенную почву. Вот какие результаты у него получились.

ТАБЛИЦА

(чтобы не путаться с фунтами и унциями⁵, мы перевели все в привычные килограммы).

	вес ивы	вес почвы
в момент посадки	2,250 кг	91,000 кг
через 5 лет	77,000 кг	90,943 кг
изменение веса в течение эксперимента	+ 74,750 кг	—0,057 кг

Таким образом, ива прибавила в весе гораздо больше, чем «съела» гумуса из почвы! Ван Гельмонт решил, что почву он недостаточно точно взвешивал — ведь немного почвы всегда остается на корнях! «Наверное, растение ничего не взяло из почвы. Оно целиком выросло за счет дождевой воды», — предположил он (в этом ван Гельмонт ошибся). На основе результатов эксперимента ван Гельмонта возникла *водная теория питания растений*.

Сегодня мы знаем, что вода состоит только из водорода и кислорода, а всем живым организмам необходимы углерод, азот и многие другие химические элементы. Питаться одной водой растение не может. Конечно же, сегодня объяснение ван Гель-

⁵ Вы легко можете составить такую же таблицу в фунтах и унциях. Для этого нужно знать, что в одном фунте 16 унций. Кстати, что такое фунт стерлингов?

монта кажется неправильным. Но не будем к нему слишком суровы. Ведь тогда химики еще не знали ни о кислороде, ни о водороде. Тем не менее, выдвинув водную теорию питания растений, ван Гельмонт не очень-то и ошибся.

Задумаемся, а много ли воды в растениях? Возьмем, к примеру, свежий хрустящий огурец. В нем 98% воды! (Это, правда, плод, а не все растение.) Много воды содержится в сочных плодах, листьях, стеблях, корнях. Гораздо меньше воды в мертвых тканях растений, семенах и сухих плодах.

Вода играет огромную роль в жизни любого организма. Если растение долго не поливать, оно подвянет, листья и верхушки станут мягкими и повиснут; но стоит ему получить свою порцию воды — и оно вновь встанет сочным и упругим.

По растению постоянно передвигаются различные вещества. Причем переносят их потоки воды, текущие по проводящим тканям. Вода служит прекрасным растворителем многих веществ.

Кроме того, вода отдает растению таинственные электроны, превращаясь в кислород. Ни процесс фотосинтеза, ни дыхание невозможны без воды.

Таким образом, большая часть веса ивы действительно приходится на воду. Без воды растения не смогли бы расти.

УГЛЕРОД. ОТКРЫТИЕ ФОТОСИНТЕЗА

В 1771 году англичанин Джозеф Пристли исследовал свойства воздуха. Целебные свойства воздуха сельской местности уже тогда были известны медицине. Воздух в городах значительно отличался от сельского и был не слишком полезен для здоровья. Освещали дома свечами, и в темное время суток дышать в помещениях было трудно. А топили в городах дровами и углем, что тоже не прибавляло свежести воздуху. Внимательный человек легко мог сделать вывод, что горение «портит» воздух.

Пристли поместил свечу под герметичный стеклянный колпак⁶ — свеча погасла. «Теперь попробуем поместить туда какое-нибудь животное, например, мышь,» подумал Пристли. Мышь немедленно задохнулась. «Вероятно, воздух испорчен горением свечи! Вот

⁶ Почему Пристли выбрал именно такой колпак? Чем было бы плохо взять: а) не герметичный, б) не стеклянный колпак?

почему так трудно дышится в комнате, где свечей много.»

Как же «исправить» испорченный воздух? Чего только Пристли не испробовал: он освещал «плохой» воздух ярким светом, сжимал его, охлаждал, нагревал, подкладывал под колпак разные предметы, почву — но ничего не помогало. Свеча «отказывалась» гореть в испорченном воздухе, а мышь не могла в нем дышать.

«Что, если растения, которыми так богаты леса и луга, облагораживают воздух, — думал Пристли, — и именно они смогут «исправить» воздух под колпаком?»

Пристли поместил под стеклянный колпак ветку мяты, и воздух стал снова пригодным для горения свечи. В другом опыте Пристли взял два стеклянных колпака (рис.43). В один он посадил одну только мышь, а в другой — мышь и ветку мяты. Без веточки растения мышь быстро погибала, а во втором прожила 9 дней. (После этого Пристли прекратил опыт и выпустил несчастное животное.)

«Мне посчастливилось случайно напасть на метод исправления воздуха, который был испорчен горением свечи, и открыть по крайней мере один из исп-

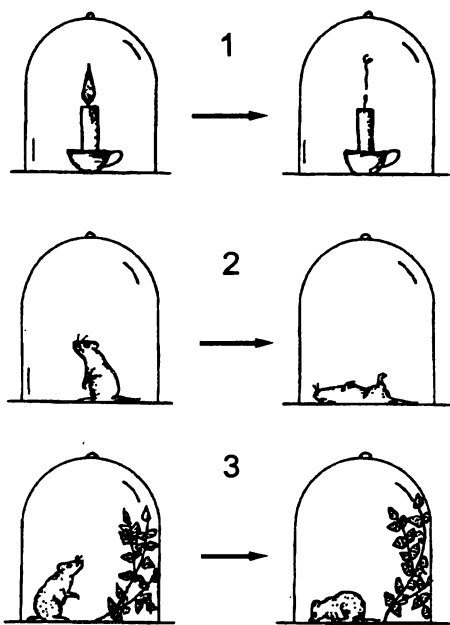


Рис.43. Опыт Пристли: 1 — свеча под стеклянным колпаком гаснет (в результате горения израсходован весь кислород); 2 — мышь нуждается в кислороде для дыхания (как только кислород кончается, она погибает); 3 — ветка мяты «исправляет» воздух (выделяя кислород, необходимый для дыхания мыши)

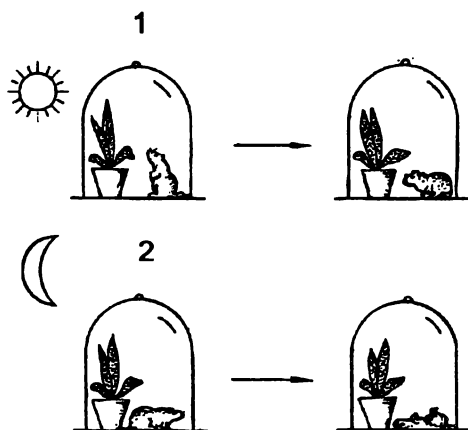


Рис.44. Эксперименты с колпаком и мышью: 1 — на свету фотосинтез преобладает над дыханием, растение выделяет кислорода больше, чем поглощает при дыхании, и его хватает не только растению, но и мышши (версия Пристли); 2 — в темноте дыхание преобладает над фотосинтезом — и растение, и мышь дышат, кислород быстро расходуется (версия Шееле)

Вопрос 10-А. Если поместить под колпак только мышь (без растения), то она погибнет раньше, позже или одновременно с мышью из эксперимента 2?

Вильгельм Шееле. Работал он вечерами, при свете свечи (ведь днем в аптеке было много посетителей). Увы! — опыт с веткой мяты у Шееле дал отрицательный результат. Растение не смогло «исправить» испорченный воздух под колпаком (рис.44). Шееле написал об этом, и Пристли пришлось поставить новые опыты, чтобы более тщательно проверить результаты. Удивительное дело — мята то «исправляла» воздух, то не хотела «исправлять». Пристли признал, что немного поспешил, и менее категорично сформулировал свое открытие: «В целом я считаю вероятным, что заросли здоровых растений, живущих в естественных для них условиях, оказывают оздоравливающее воздействие на воздух ...»

равителей, которыми Природа пользуется для этой цели. Это растительность», — писал Джозеф Пристли.

Надо сказать, что Пристли и впрямь посчастливилось. Он работал со своим колпаком в саду, при ярком свете Солнца. Аналогичные опыты ставил шведский аптекарь Карл

Рассудить спор англичанина и шведа удалось голландцу Яну Ингенхаузу. Этот ученый много ездил (Вена, Лондон, Париж, Эдинбург ...) и был знаком с самыми разными людьми (с Пристли, с императрицей Марией Терезией ...).

Летом 1779 года Ингенхауз ставит свои опыты. Сначала ветку водного растения элодеи он помещает в воду. На поверхности листьев появляются пузырьки газа. Собрав газ над водой, Ингенхауз поместил в него тлеющую лучинку. Лучинка загорелась. Стало быть, выделяющийся газ — кислород⁷. Оставалось лишь внимательно пронаблюдать за пузырьками в течение суток. Ингенхауз понял, что вечером ветка элодеи перестает выделять кислород, а с первыми лучами Солнца начинает выделять снова (рис.45). «... удивительный процесс вызывается не самим растением, но действием солнечного света на растения ... Эта деятельность начинается лишь после того, как Солнце уже поднялось над горизонтом. Растения, затененные высокими строениями или растущие в густой тени других растений, не совершают этой работы, но, наоборот, выделяют вредный для животных воздух ... Эта деятельность [фотосинтез] растений уменьшается к концу дня и прекращается полностью при закате».

Иngenхауз написал книгу с описанием более 500 опытов, где ясно было показано, что растения выделяют кислород только на свету. Книга имела большой успех, ее очень быстро раскупили. (В то время в высшем обществе было популярно интересоваться свежими научными достижениями.) А в 1905 году во дворе Венского Университета поставили памятник с надписью: «Иоганнес Ингенхауз, кесарский врач, первым постигший образ питания растений».

Итак, роль света в жизни растения несколько прояснилась. Осталось совсем немного — показать роль углекислого газа в процессе фотосинтеза.

Следующий шаг сделал швейцарский ботаник Сенебье. В 1782 году он поставил опыты, аналогичные опытам Ингенхауза. Отличалось только «качество» воды. Если ветку растения поме-

⁷ О свойствах кислорода и истории его открытия справьтесь у учителя химии. Скажем лишь, что в 1771 г. Пристли кислород был неизвестен, а Ингерхауз в 1779 г. уже о нем знал.

щали в кипяченую воду, то кислород не выделялся даже на свету. «Чего же не хватает растению? — задумался Сенебье. — Известно, что при кипячении газы, растворенные в воде, улетучиваются. Кипяченая вода бедна растворенными газами. Может быть, именно их и не хватает?» Добавив в кипяченую воду угле-

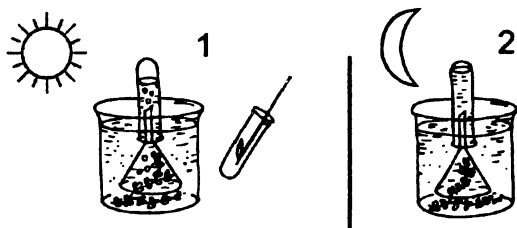


Рис.45. Опыт Ингенхауза: 1 — на свету выделяется кислород (опущенная в него тлеющая лучинка вспыхивает); 2 — с наступлением сумерек выделение кислорода прекращается (пузырьков газа, отрывающихся от листьев элодеи, больше не видно)

кислый газ, Сенебье убедился, что выделение кислорода растениями возобновляется.

Таким образом, в конце XVIII столетия ученые выяснили, что растение «занимается» фотосинтезом⁸. Для фотосинтеза необходимы свет (Иngenхауз), углекислый газ (Сенебье) и вода. При этом растения «исправляют» воздух, испорченный дыханием (Пристли), поглощая из него углекислый газ и выделяя кислород. Важную роль в фотосинтезе играют листья.



Добавим, что кислород образуется из-за того, что растения «отбирают» электроны у воды. (Как это происходит — поинтересуйтесь у учителя химии). Отобранные электроны нужны, чтобы углекислый газ превратить в сахара. Но об этом мы вам расскажем позже.

⁸ Обратите внимание, что изменение взглядов на питание растений произошло сравнительно быстро: за каких-нибудь одиннадцать лет.

УГЛЕРОД. ДЫХАНИЕ

Рассказывают такую историю. После опытов Пристли с колпаком и мышью все высшее общество заговорило об очищающем воздух действии растений. В моду вошло ставить побольше цветов в комнатах: ведь они «исправляют» воздух.

Одна очень богатая дама решила проверить это научное наблюдение на себе. Она велела дворецкому поставить в комнату на ночь побольше растений. Наутро дама проснулась с сильной головной болью и в тот же вечер на приеме рассказала всем, что Пристли плут и обманщик. (Разумеется, о роли света тогда никто и не подозревал!)

Это, конечно, анекдот, но в нем есть доля истины.

Как выяснили ученые, растения не только фотосинтезируют, но и дышат, как и другие живые существа. **Дыхание** — это процесс, противоположный фотосинтезу. При дыхании кислород поглощается (воздух «портится»), а углекислый газ выделяется.

Живые существа (и мы с вами — не исключение) при дыхании отнимают электроны у разнообразных органических молекул (например, у тех же сахаров). Углерод из этих молекул «превращается» в углекислый газ. «Отнятые» электроны нужны для того, чтобы передать их кислороду.



(Куда при этом денется кислород — спросите у учителя химии.)

В итоге выделится энергия, которая необходима всем живым существам для жизни.



Задание 10-3. Опишите, что происходит при фотосинтезе и при дыхании а) с атомами углерода и кислорода; б) с энергией; в) с электронами.

На свету происходят и фотосинтез, и дыхание одновременно. Если света недостаточно (например, в сумерках, ночью, или когда на окне слишком много растений и они затеняют друг друга), то дыхание растений преобладает над фотосинтезом. Наоборот, когда света много, фотосинтез преобладает над дыханием.



Задача 10-4. Представьте, что вы измеряете содержание кислорода в воздухе под стеклянным колпаком с растением, со временем оно меняется. Накрываем растение колпаком в

полной темноте, на ярком свете и при «промежуточном» освещении. Нарисуйте графики зависимости содержания кислорода от времени. Как пройдет линия, когда на дыхание будет расходоваться столько же кислорода, сколько его образуется при фотосинтезе?

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ

Стало очевидно, что ван Гельмонт в своем опыте не учел такого важного источника питания растений, как воздух. Если бы он посадил иву под стеклянный колпак, не давая новым порциям воздуха проникнуть к листьям, то она не выросла бы до таких больших размеров (77 кг!).

Ван Гельмонт не учел еще одного обстоятельства. В 1699 году его опыт решил повторить англичанин Вудворд. Однако просто повторять чужой опыт ему показалось скучным. И Вудворд решил узнать, играет ли какую-нибудь роль качество воды, которой поливают растения. Он взял три одинаковые ветки мяты, поместил их в три одинаковых сосуда и поливал первое растение только дождевой водой, второе — водой из реки Темзы, а для третьего готовил специальный «коктейль» — брал речную воду, взбалтывал в ней перегной, давал воде отстояться и после этого поливал. Результаты оказались такими: во втором сосуде мята выросла в 10 раз, а в третьем — в 17 раз больше, чем в первом. Значит, для питания растений важна не только вода, но и растворенные в ней вещества. Какие именно?

СОЕДИНЕНИЯ АЗОТА

Как вы уже знаете, всем живым организмам необходим азот. И растения — не исключение. Но азот прямо из воздуха могут добывать только бактерии. Бактерии из рода *Rhizobium* вступают в симбиоз с растениями из семейства бобовых (*Fabaceae*). Если на поле посеять клевер, люцерну или других представителей этого семейства, в почве накопится азот, доступный и для других растений. Земледельцы, конечно, ничего не знали об азоте, бактериях-азотфиксаторах и их хозяевах — бобовых растениях. Но прибавку урожая зерна после посева клевера они заметили быстро.

Нужно вам сказать, что догадаться посеять клевер на поле специально для увеличения урожая было нелегко. Сеять клевер

впервые начали в Англии, где к тому времени сильно увеличилось поголовье овец. И перед сельскими хозяевами встала проблема: как прокормить увеличившиеся стада?

Сначала пастбищами занимали все новые и новые земли.



(Кстати, вы знаете, что такое «огораживание»? Почему англичане говорили, будто «овцы съели людей»? Спросите у учителя истории.)

Естественных пастбищ на густонаселенной территории Англии уже не хватало, поэтому корма пришлось выращивать на полях. Но где взять новые поля для кормов (клевера)?

И тут подумали об «отдыхающем» поле. Нельзя ли засеять его? Сначала так и поступали: делили участок на три поля и в первый год сеяли клевер, потом два года подряд сеяли хлеб. (Этот севооборот тоже можно назвать трехпольным.) Но быстро выяснилось, что при таком севообороте поля сильно зарастают сорняками. Оказывается, поле не просто «отдыхало» от культурных растений под паром, но и избавлялось от сорняков (ведь поле рыхлили и не давали расти никаким растениям). Пришлось в севооборот ввести еще одну кормовую культуру — турнепс⁹ — которая очищала участок от сорняков не хуже чистого пара¹⁰. Теперь на участке было четыре поля¹¹, на которых сеяли клевер (или люцерну), яровые хлеба, турнепс, и озимые хлеба (рис.46).

Возник новый севооборот в графстве Норфолк, поэтому его и сегодня называют норфолкским севооборотом. В 1770-1780-х годах новый севооборот стал распространяться по Англии и другим странам Европы. (Правда, «прижился» он не везде). Посевы клевера начали широко пропагандировать. Кроме дополнитель-

⁹ Турнепс (*Brassica napus*) относится к семейству Крестоцветных (*Cruciferae*). Он — близкий родственник капусты и брюквы. Турнепс образует корнеплоды, которые можно хранить всю зиму.

¹⁰ При выращивании турнепса необходимо рыхлить междурядья. Если этого не делать, то сорняки заглушают молодые растения. Как только листья культурных растений «сомкнутся», т.е. образуют сплошной полог, рыхления прекращают. Теперь турнепс может сам «постоять за себя» и не даст развиваться сорнякам. Культуры, при возделывании которых рыхлят междурядья, называют пропашными. (Приведите другие примеры пропашных культур.) Правильно возделанные пропашные хорошо очищают поле от сорняков.

¹¹ Именно поэтому такой севооборот называют четырехпольем.



Рис.46. Норфолкский (4-х летний) севооборот

и некоторые другие), после которых урожай повышается. Сегодня мы знаем, что бобовые растения обогащают почвы соединениями азота. Но довольно долго считалось, что азот растение берет из воздуха, подобно тому, как оно усваивает углекислый газ.

Проверить эту теорию взялся французский химик Жан Батист Буссенго. (Свои результаты он вынес на суд общественности в 1836 году.) Буссенго пошел по тому же пути, что и Дж.Пристли. Он посадил растение в горшок под стеклянный колпак и заменил воздух на газовую смесь, не со-

ных кормов для овец, норфолкский севооборот давал примерно в два раза больший урожай пшеницы, чем при трехполье — до 1 600 кг с гектара. (И тогда килограммы еще не «изобрели». А когда массу начали измерять в них? Спросите у учителя физики.)

Наблюдения за колебаниями урожайности позволили ученым разделить растения на две группы: обедняющие почву (большинство культурных растений), после которых урожай понижается; и обогащающие ее (клевер, люцерна



держашую азота. (Интересно, а как ее сделать? Спросите у учителя химии.) Растение поливали раствором селитры (нитратами). Оказалось, что сколько азота «исчезает» из раствора селитры, столько же обнаруживается в растении. Таким образом, Буссенго установил, что растения способны усваивать азот из почвы, из раствора селитры.

Однако ему могли возразить, что растение в природе может получать азот двумя путями: через корни из почвы (в форме нитратов — солей азотной кислоты), а кроме того, еще и из воздуха через листья. Чтобы окончательно опровергнуть «воздушную» теорию питания азотом, Буссенго поставил еще один опыт. Он тщательно прокалил песок¹² и посадил в него семена разных растений. Если бы растения получали азот из воздуха, то в них количество азота увеличилось бы по сравнению с семенами. Но в растениях соединений азота осталось столько же, сколько его было в семенах.

? **Вопрос 10-5.** Если измерить содержание азота в семенах, они не прорастут и не получатся новые растения. Если измерять количество азота в проростках, то неизвестно, сколько азота было в семенах, из которых они выросли. Чтобы показать, что растения не берут азота из воздуха, нужно знать и то и другое одновременно. Как Буссенго мог бы преодолеть эти препятствия?

Буссенго считал, что, посеяв бобовые растения в прокаленный песок, он увидит, как увеличивается в них количество азота. Но — увы — он оказался слишком аккуратным! Если бы он не убил невидимых симбионтов растений (бактерий-азотфиксаторов) прокаливанием, то совершил бы важное открытие. (На то, что клубеньки пропали, он не обратил внимания.) Уже тогда мир мог бы узнать, что бобовые растения получают азот из воздуха и обогащают им почву. Через 50 лет после работ Буссенго открытие все-таки состоялось. Бактериологи впервые описали азотфиксирующие бактерии — ризобии. Мы о них подробно говорили в 6 классе.

6 К тому времени на полях Европы уже широко применяли селитру для увеличения урожая. Это стало возможным благодаря опытам, которые провел Ж.Б.Буссенго.

¹² Селитры, соли аммиака и другие соединения азота при прокаливании разрушаются и улетучиваются.

ДРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Следующая важная страница истории изучения питания растений связана с именем великого немецкого химика Юстуса Либиха. Свои взгляды на проблему минерального питания растений он изложил в 1840 году в книге «Химия в приложении к земледелию и физиологии». Либих полагал, что все элементы¹³, которые можно обнаружить в растении, необходимы ему для нормальной жизни. Химический анализ показывал, что больше всего в растении атомов углерода, водорода, кислорода и азота. Либих знал, что углерод растения берут из воздуха, а кислород и водород — из воды. Если растения сжечь, то соединения углерода, водорода, азота и кислорода большей частью улетучатся. А останется зола. В золе много фосфора, калия, кальция, магния. Есть и другие элементы. Все они получили название **зольных элементов**. Эти соединения нелетучи, поэтому их растения должны брать из почвы, а не из воздуха.

В лесу, в степи, на болоте все взятые растениями зольные элементы рано или поздно вернутся в почву. Осенью с деревьев опадут листья, плоды съедят дикие животные, после гибели животных и растений за дело возьмутся грибы и бактерии. Останки живых организмов разложатся и снова возвратятся в почву.

Совершенно другая ситуация на поле. Земледелец собирает урожай и вместе с ним увозит с поля часть фосфора, калия, кальция и других зольных элементов. На будущий год он увезет еще немного, потом — еще. В конце концов в почве не должно остаться запасов зольных элементов — она станет бесплодной, растениям будет нечего из нее взять. Так Либих сформулировал один из важнейших законов земледелия — закон убывающего плодородия почвы.



Рис. 47. Бочка Либиха: урожай (уровень воды) определяется лимитирующим фактором (высотой самой низкой планки)

¹³ Что такое химический элемент и в чем его отличие от атома — спросите у учителя химии.

? Вопрос 10-6. Еще древние греки и римляне рекомендовали разбрасывать по полю навоз и древесную золу. На истощенном поле этот прием повышает урожай. Объясните это явление с точки зрения закона убывающего плодородия почвы.

Юстус Либих предложил бороться с убылью зольных элементов. На поле нужно возвращать те элементы и в том количестве, которые отняли с урожаем. Теория Либиха получила название *теории возврата*. А химическая промышленность вскоре стала предлагать сельским хозяевам минеральные удобрения.

⊗ (Кстати, что еще выпускала химическая промышленность в XIX веке? А что она выпускает сейчас?)

* Задача 10-7. Кроме зольных элементов, с урожаем с поля уносятся углерод, водород, кислород. Как можно вернуть эти элементы на поле?

Либих придумал не только теорию возврата. Он сформулировал еще несколько важных правил.

1. Элементы питания не могут заменять друг друга. Свет, полив, наилучшая температура тоже не могут их заменить. Представьте, что вы замерзли. Вряд ли вам поможет кружка с газированной водой. Если вы проголодались, не поможет шуба. Так и растение: если ему не хватает фосфора, то нельзя исправить положение, внося калийные удобрения. И наоборот, если нужен калий, то бесполезны фосфорные удобрения. Нужно вносить именно те элементы, которых растению не хватает.

2. Урожай на поле определяется тем элементом, в котором растение нуждается больше всего. Это правило еще называют *правилом минимума* или *правилом бочки Либиха*. (Кстати, что такое минимум? Выясните у учителя математики.)

Ⓜ Допустим, растениям не хватает фосфора. Тогда урожай будет повышаться при добавлении фосфорных удобрений. Если внести фосфора больше, чем нужно сейчас растению, то урожай не прибавится. Дело в том, что теперь у растения изменились потребности и ему не хватает какого-то другого элемента. Фактор, который нужно изменить, чтобы урожай повысился, называют *лимитирующим*.

«А почему это правило называют бочкой Либиха?» — удивитесь вы. Представьте себе бочку, в которой доски разной длины (рис.47). Сколько воды можно налить в такую бочку? Ровно до уровня самой низкой доски. Можно удлинить эту доску, но

тогда самой низкой станет другая планка. В этой аналогии доски символизируют элементы питания, а уровень воды — тот урожай, который можно собрать с поля.

! **Задача 10-8.** На военном складе хранятся 186 тулупов, 207 шапок, 213 валенок, 152 мундира, 240 брюк и 164 пары носков. Сколько солдат можно обмундировать запасами с этого склада? Какой фактор можно назвать лимитирующим? Какой фактор окажется лимитирующим, если привезти еще 100 единиц того, что лимитирует количество обмундированных солдат сейчас?

? **Вопрос 10-9.** Можно ли бочку Либиха «доставить» до бесконечности, чтобы получать бесконечно большой урожай? Что для этого пришлось бы сделать на практике?

Правилами Либиха широко пользуются в сельском хозяйстве и сегодня. Еще их «взяла на вооружение» экология. Труды Буссенго и Либиха внесли огромный вклад в развитие земледелия. С помощью минеральных удобрений в 1840-1860-х годах удалось еще вдвое повысить урожайность пшеницы (до 30 000 кг с гектара).

***** **Задание 10-10.** Расспросите учителя химии (или найдите в книгах), какими способами раньше производили химические удобрения на заводах. Какие из заводских удобрений были самыми первыми? Какие выпускают сейчас? Расскажите об этом на уроке биологии.

Азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера — это элементы, которых довольно много в растениях. Значит, и потребности растений в их соединениях довольно высоки. Эти элементы называют *макроэлементами*. Ученые давно пытались добиться, чтобы на искусственной питательной среде растение развивалось от семени до нового семени. Это позволило бы понять, насколько полно мы знаем потребности растений в элементах питания. Впервые этот опыт удался в 1858 году двум немцам: Кнопю и Саксу. Вот состав среды, который они придумали:

ТАБЛИЦА

Содержание солей в среде для выращивания растений по Кнопю

нитрат кальция	1,0 г/л
дигидрофосфат калия	0,25 г/л
сульфат магния	0,125 г/л
нитрат калия	0,25 г/л
хлорид железа	0,025 г/л
водопроводная вода	1 л

* **Задание 10-11.** Выясните, каковы химические формулы перечисленных в таблице соединений. Какие элементы в них входят? Попробуйте вырастить растения на среде Кнопа. Для этого сначала семена проращивают на среде, разбавленной водой в 4 раза. Через неделю, когда растения «привыкнут» к раствору, его заменяют на разбавленную вдвое среду Кнопа, а еще через неделю — на неразбавленную среду. Дальше по мере роста растений полезно время от времени менять раствор (ведь растения поглощают из него вещества). Приспособления для этого опыта обсудите с учителем биологии.

! **Задача 10-12.** Людям при потере жидкости вливают физраствор (о его составе узнайте в медпункте). Можно ли на нем выращивать растения? Каких элементов не будет хватать?

! **Задача 10-13.** Большинство растений хорошо растут на среде Кнопа. Как вы думаете, как можно усилить рост растений, меняя состав среды? Будет ли отличаться «улучшенный» состав среды для разных видов растений? Почему?

По мере совершенствования химических методов удалось открыть много других незаменимых элементов питания растений. Только потребности растений в этих элементах оказались небольшими. Такие элементы называют *микроэлементами*. Среди них медь, цинк, молибден, бор, хлор, кобальт и некоторые другие¹⁴. Но не нужно думать, что, внося в землю железные гвозди или куски медной проволоки, мы помогаем питаться нашим зеленым друзьям. Растения не способны усвоить элементы в таком виде. Микроудобрения должны быть в усваиваемой растениями форме, например, в виде медного или железного купороса (Кстати, какое химическое вещество называют купоросом? Спросите у учителя химии.)

Казалось бы, почва растениям совершенно не нужна. Достаточно добавить в воду все необходимые соли — и растение будет хорошо себя чувствовать: расти, цвести и плодоносить.

¹⁴ "Позвольте! А как же Кноп и Сакс обошлись без этих элементов? Ведь вы нам сказали, что они незаменимы!" — возмутитесь вы. Действительно, эти элементы незаменимы. Но во времена Кнопа и Сакса вещества не умели достаточно хорошо очищать. Небольшое количество микроэлементов в тех растворах, которые они использовали для выращивания растений, присутствовало; поэтому их не пришлось добавлять специально.

Но, оказывается, почва для растения — это не просто смесь разных солей. В богатой гумусом почве растения почему-то растут лучше. С одной стороны, в такой почве много микроскопических помощников растений, которые помогают добывать необходимые элементы (вспомните о бактериях-азотфиксаторах или о грибах-микоризообразователях). Растения, выращенные на искусственном растворе, лишены своих естественных союзников.

С другой стороны, богатая гумусом почва удерживает воду лучше, чем, например, песок. В случае засухи гумус «выручает» растения. Еще почва богата воздухом, который необходим для дыхания корней. В водном растворе его часто не хватает. Поэтому для выращивания растений в водной культуре приходится специально продувать питательный раствор воздухом.

И наконец, главное органическое вещество почвы (гумус) благотворно действует на растения. Как это получается, ученые точно еще не знают. Например, гумус ускоряет образование новых корней и повышает эффективность работы старых. Может быть, забытая гумусовая теория питания растений окажется правильной. Хотя бы чуть-чуть.

! Задача 10-14. Вы знаете, что растения бывают паразитическими или могут вступать в симбиоз с грибами. Какие проблемы, связанные с питанием, позволяет решить здесь паразитизм?

! Задача 10-15. Почему многие растения в залитых водой горшках загнивают?

• Задача 10-16. Как вы считаете, правильно ли будет сказать: «Рост растения лимитируется тем элементом, концентрация которого во внешней среде самая маленькая?»

! Задача 10-17. На поле внесли минеральные удобрения, однако урожай: а) оказался таким же, как и на удобренном поле; б) уменьшился. Как вы могли бы объяснить такие результаты?

! Задача 10-18. Какой школьный предмет является лимитирующим фактором для перехода вас из успевающих в хорошисты или из хорошистов — в отличники? Можно ли повышать успеваемость до бесконечности? Почему?