

Н. А. МАКСИМОВ

КАК ЖИВЕТ РАСТЕНИЕ



СЕЛЬХОЗГИЗ · 1950



Сканирование: [AbsurdMan](#)
Обработка: [krestik](#)

Академик Н. А. МАКСИМОВ

КАК ЖИВЁТ РАСТЕНИЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва • 1950



ЗНАЧЕНИЕ РАСТЕНИЙ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Значение растений в жизни человека очень велико. Без них он не мог бы существовать. Основной пищей человека являются растительные продукты — хлеб, крупа, овощи, фрукты. Мы широко потребляем и животные продукты — мясо, рыбу, яйца, молоко, масло, творог и т. п. Но без растений не было бы и этих продуктов, так как крупный и мелкий рогатый скот, свиньи, птица — все они питаются растениями: пасутся на лугах, для них мы заготавливаем сено, сеем овёс, ячмень, выращиваем кормовые корнеплоды, картофель и т. д. Где нет растений — там нет и животных, там простираются безжизненные пустыни.

Растения дают не только пищу, но и материал для одежды. Из растительных волокон льна, конопли, хлопчатника мы ткём полотняные и хлопчатобумажные ткани, а от домашних и диких животных получаем меха, шерсть, кожу. Растения дают также строительный и поделочный материал (древесину), топливо, сырьё для бумаги, идущей на издание книг, журналов, газет. Словом, нет такой потребности в жизни человека, в удовлетворении которой видное место не принадлежало бы растениям.

Дикая растительность не может покрывать эти потребности. Лишь первобытный человек, живший в пещерах и лесах, мог довольствоваться плодами, которые он находил в девственных лесных зарослях, и теми дикими животными, которых ему удавалось убивать. Ему часто приходилось, не находя пищи, голодать. Очень давно научился человек возделывать полезные растения и получать от них более обильные питательные и вкусные плоды.

За многие тысячелетия первобытной земледельческой культуры человечество накопило значительный опыт по

возделыванию растений. Но этот опыт был примитивным и не обеспечивал растущих потребностей человеческого общества. Для подъёма земледелия на более высокий уровень нужны были и новые, более глубокие знания. Их дала нам наука о жизни растений, начавшая развиваться из вековых наблюдений земледельцев. Наибольшие успехи она сделала за последние полтора столетия, опираясь не только на наблюдения земледельцев, но и на огромное число исследований и опытов над растениями. Эти научные изыскания открыли перед нами такие стороны жизни растений, которые были скрыты от человечества в течение веков. Особенно большие успехи в познании растительных организмов достигнуты нами при советском строе, создавшем условия для развития передовой мичуринской науки. Мы теперь не только знаем, как живут растения, но и можем управлять их ростом и развитием на пользу человека.

Что же говорит наука о жизни растений? Что мы знаем о том, как живёт растение, как оно создаёт урожай? Прежде всего нужно отчётливо сознавать, что растения — это живые существа. Они обладают способностью питаться, расти, дышать, двигаться и размножаться.

Наиболее характерной особенностью растений является их способность к росту, к накоплению органического вещества. Из маленького семечка вырастает огромное дерево; посеянные в землю несколько килограммов зерна превращаются во многие центнеры урожая.

Жизнь растения начинается с прорастания семени. Сухое созревшее семя может годами сохраняться без изменений. Но стоит положить его во влажную землю, как оно набухнет, кожа лопнет, сквозь неё сперва пробьётся корешок и станет углубляться в землю, а вслед за ним начнёт вытягиваться и росток. Выйдя на поверхность, он устремляется вверх, на нём один за другим появляются молодые листочки. Затем на стеблях и ветках появляются цветки, а затем плоды, созревают семена — растение даёт потомство. Материнское растение после этого отмирает — таковы однолетние растения. Но очень часто растение продолжает свой рост в течение многих лет и, ежегодно плодонося, достигает огромных размеров — таковы деревья наших лесов, живущие десятки и сотни лет, дающие каждый год всё новый и новый прирост.



Глава первая

РОСТ РАСТЕНИЯ

Часто считают, что рост и развитие растения — одно и то же. В действительности это не так. Например, растения пшеницы могут полностью пройти все стадии своего развития и дать семена (урожай). Но одни из этих растений, посеянные на плохо обработанной почве, будут низкорослыми и дадут низкий урожай, а другие, выросшие на хорошо обработанном поле, будут высокорослыми, мощными и дадут высокий урожай.

Поэтому академик Трофим Денисович Лысенко указывает, что под ростом растения следует понимать только увеличение веса и объёма, увеличение массы растения. Но, увеличивая свой вес и объём, говорит Т. Д. Лысенко, растение может всё время оставаться на одной и той же стадии развития, не переходя в следующую стадию. Например, если посеять без яровизации озимую рожь или другое озимое растение весной, то эти растения будут всё время расти, накапливать зелёную массу, но до самой осени не будут колоситься, цвести, плодоносить, то-есть не будут развиваться. Подробнее о развитии растений мы скажем дальше, а сейчас постараемся разобраться в том, что представляет собою рост растения, как он происходит и что нужно для того, чтобы он шёл возможно успешнее.

Клеточное строение растения

Не все части растения растут одинаково. Наиболее энергичный рост обнаруживают кончики ветвей и побегов, где появляются и развёртываются новые листочки. Чем дальше от верхушки побега, тем рост происходит

медленнее, и в нескольких сантиметрах от неё рост в длину уже прекращается. Это можно видеть особенно ясно, если тонкой кисточкой нанести на быстро растущем побеге тушью метки на расстоянии 1—2 сантиметров одна от другой. Уже на следующий день мы увидим, что шире всего разошлись метки у верхушки побега, а у его основания расстояния между ними остались прежними (рис. 1). Самые кончики стеблей и корней, где начинается рост, получили название точек роста.

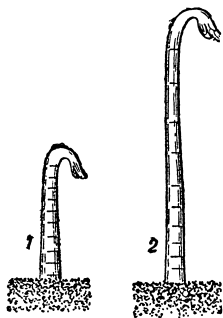


Рис. 1. Всходы конских бобов. Слева (1) — с только что нанесёнными тушью метками. Справа (2) — на другой день после нанесения меток.

Чтобы понять, как происходит рост, необходимо воспользоваться микроскопом (рис. 2) — прибором, который увеличивает рассматриваемые через него предметы во много раз. При помощи микроскопа можно видеть мельчайшие подробности строения растения.

Возьмём, например, растущую верхушку бобов, разрежем её вдоль пополам, с поверхности разреза срежем очень тонкую пластинку и поместим её под микроскопом. Мы увидим (рис. 3), что вся эта пластинка напоминает собою пчелиные соты: она состоит из множества плотно пригнанных друг к другу ячеек, называемых клетками. Эти клетки, в отличие от ячеек пчелиных сот, имеют разную величину и форму: здесь будут клетки и четырёхугольные, почти квадратные, и сильно вытянутые в длину. Каждая клетка имеет свою оболочку.

В верхней части рассматриваемой под микроскопом пластинки расположены наиболее мелкие клетки, а ближе к основанию они становятся всё крупнее. Объясняется это тем, что наверху находятся самые молодые, ещё недоразвитые, клетки, а ниже — более развитые. Поэтому ясно, что рост стебля, как и других частей растения, обуславливается прежде всего тем, что каждая из его клеток постепенно накапливает органическое вещество, вытягивается, увеличивается в своих размерах. Когда же клетки становятся взрослыми, тогда перестаёт расти и состоящий из них участок стебля.

Ещё яснее это можно наблюдать на растущем кончике корня (рис. 4).

Другой причиной роста стебля является то, что молодые клетки его верхушки, увеличиваясь в размерах, всё время

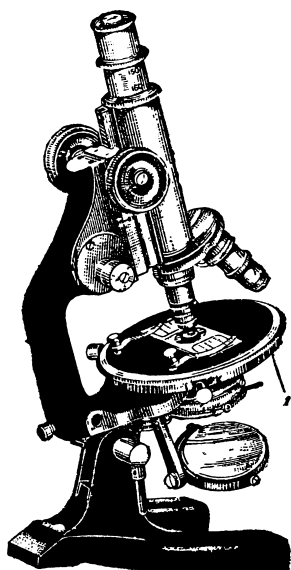


Рис. 2. Микроскоп. На его столике (1) лежит предметное стекло, удерживаемое двумя пружинками. В середине предметного стекла под круглым покровным стеклом находится изучаемый препарат.

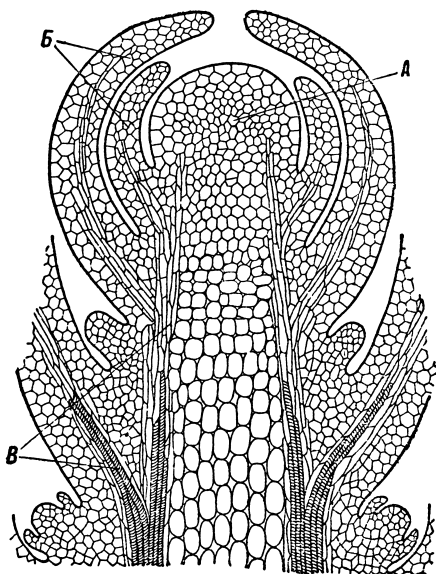


Рис. 3. Продольный разрез верхушки стебля бобов под микроскопом. Точка роста А прикрыта сгибающимися над нею зачатками листьев Б. Видно постепенное увеличение размеров клеток сверху вниз и возникновение вытянутых в длину клеток, проводящих воду. Из них затем формируются проводящие пучки В.

размножаются, их становится всё больше и больше. Увеличение числа клеток происходит путём деления. Каждая молодая клетка делится пополам; из неё возникают две клетки. Затем каждая из новых клеток, увеличиваясь в размерах, снова делится. Получается четыре клетки, после следующего деления — восемь и т. д.

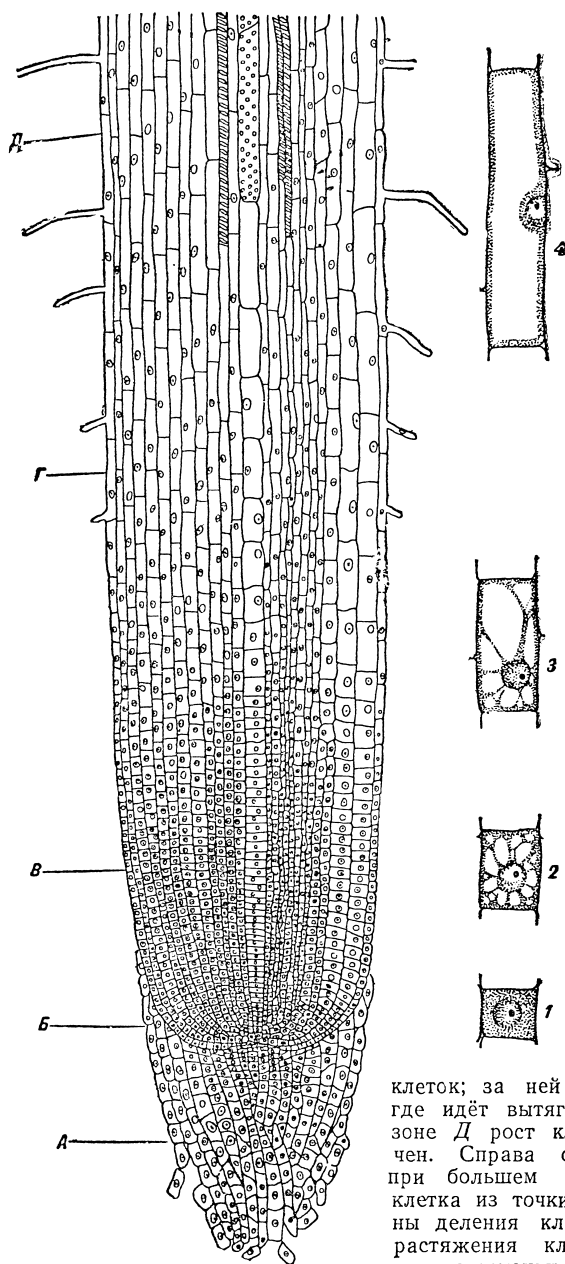


Рис. 4. Продольный разрез кончика корня бобов под микроскопом. А — чехлик, прикрывающий точку роста корня В. Выше зона В, где происходит деление клеток; за ней следует зона Г, где идёт вытягивание клеток. В зоне Д рост клеток уже закончен. Справа отдельные клетки при большем увеличении: 1 — клетка из точки роста, 2 — из зоны деления клеток, 3 — из зоны растяжения клеток, 4 — клетка, уже закончившая свой рост.

Такую же картину мы можем наблюдать и в кончике корня; только здесь сохраняют способность делиться клетки, отделяющиеся не вверх, а вниз.

Способность клеток расти и размножаться путём деления вызывает интерес к их содержимому. Клетки растения, как мы увидим под микроскопом, — это камеры, заполненные живым веществом, белковым телом, называемым протоплазмой. Она обладает всеми свойствами живого организма — способностью питаться, расти, дышать, двигаться и размножаться. Оболочки же клеток — это продукт жизнедеятельности протоплазмы, её скелет, который она образует на своей поверхности, подобно улитке, строящей свою раковину для защиты от врагов.

Молодые клетки, составляющие самую верхушку растущего стебля или корня, сплошь заполнены протоплазмой, в которой можно различить ещё одно образование, называемое ядром.

Протоплазма целиком заполняет всю внутреннюю полость только в самых молодых клетках. По мере роста в них происходит весьма существенное изменение: в сплошной до того массе протоплазмы появляются заполненные водянистым соком пустоты, называемые вакуолями, и вся масса протоплазмы приобретает ноздреватое строение, вроде хорошо поднявшегося хлеба. При дальнейшем росте клетки отдельные вакуоли увеличиваются в размерах, прорывают разделяющие их прослойки протоплазмы и, наконец, в середине выросшей клетки образуется одна большая вакуоль, а протоплазма окажется отодвинутой к стенкам, которые она выстилает в виде тонкого мешочка (рис. 4, справа).

Протоплазма представляет собою наиболее жизнедеятельную часть клетки. Это особенно наглядно проявляется в её способности к самостоятельному движению. В клетках, где она в виде тяжей пересекает полость по разным направлениям, можно видеть не только перетекание протоплазмы, но и перемещение как самих тяжей, так и подвешенного на них ядра. Такое движение можно наблюдать, например, в клетках волосков, покрывающих молодые листочки тыквы (рис. 5). Эти волоски вообще очень удобны для наблюдения за живыми растительными клетками. Чтобы рассматривать их под микроскопом, не

нужно делать срезов, достаточно соскоблить их с поверхности листа.

Ядро тоже представляет собою очень важную часть клетки. Делению (размножению) клетки предшествует деление ядра, которое совершается довольно сложным путём.

Схематично это изображено на рисунке 6.

Здесь мы видим одну клетку в так называемом покоем состоянии, когда ещё незаметно никаких признаков предстоящего её деления (рис. 6, 1). Это — молодая клетка, с очень тонкой, едва заметной оболочкой и

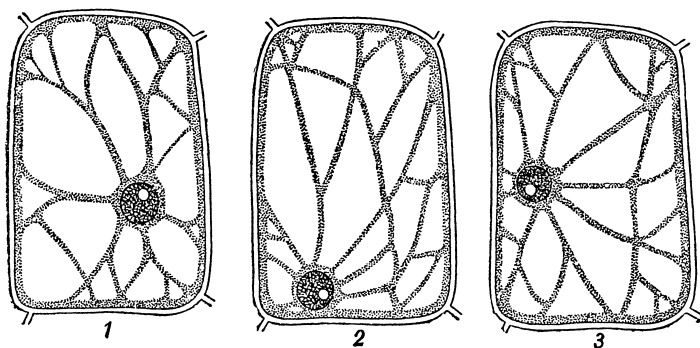


Рис. 5. Одна и та же клетка из волоска тыквы (увеличено в 200 раз), зарисованная три раза через 15-минутные промежутки времени. Обратите внимание на изменения в положении ядра и тяжей протоплазмы, пересекающих полость клетки.

сплошь заполненная протоплазмой с маленькими вакуолями. Ядро в такой клетке занимает всю среднюю её часть. В нём можно заметить только тонкую сеточку из плотного вещества, называемого хроматином, и небольшое тельце, называемое ядрышком.

Но вот клетка готовится к делению. Сеточка хроматина распадается на несколько отрезков, получивших название хромосом, а ядрышко постепенно растворяется и исчезает. Для каждого вида, сорта растений свойственно своё постоянное число хромосом. На нашем рисунке, изображающем деление клеток в точке роста корешка лука, это число равно шести (рис. 6, 2).

Затем начинается собственно деление ядра, или точнее клеточного содержимого, так как граница между ядром и протоплазмой при этом исчезает. В протоплазме образуются два колпачка из расходящихся от одной точки прозрачных нитей, как бы два направленных в противоположные стороны конуса, соприкасающихся друг с другом своими расширенными основаниями (рис. 6, 3). Точки, откуда расходятся нити, можно сравнить с полюсами, самые

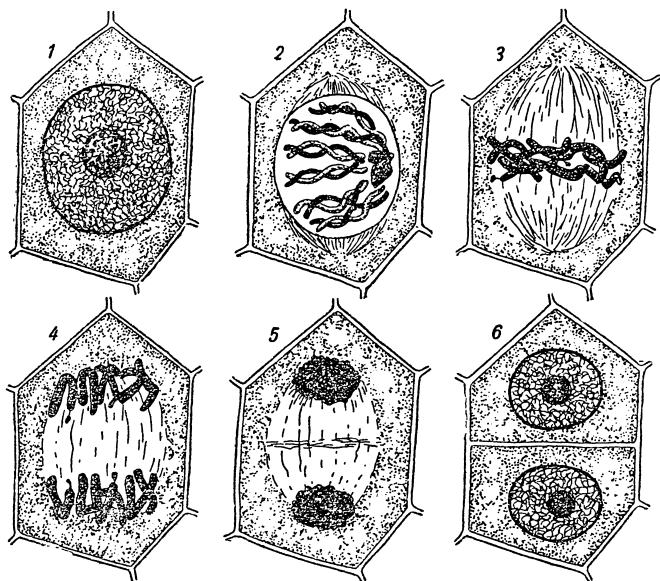


Рис. 6. Схематическое изображение процессов, происходящих в ядре и протоплазме при делении клетки, взятой из кончика корня.

нити — с меридианами, а окружность, где отходящие от одного полюса нити встречаются с отходящими от другого полюса, — с экватором. По этому экватору и располагаются теперь образовавшиеся в ядре хромосомы.

Дальше каждая из них расщепляется вдоль пополам, на две более тонкие хромосомы, называемые дочерними, которые затем начинают подтягиваться к полюсам (рис. 6, 4). Там они соединяются друг с другом, образуя на каждом полюсе довольно плотный клубок (рис. 6, 5).

После этого соединявшие их бесцветные нити исчезают, каждый клубок хромосом превращается в дочернее ядро. Между вновь образовавшимися ядрами появляется новая перегородка, отделяющая друг от друга две дочерние клетки (рис. 6, б). Так из одной клетки образовались две, которые затем понемногу увеличиваются в размерах и достигают каждая такой же величины, как исходная клетка. После этого они снова готовы к делению. Деление клетки продолжается обычно 2—3 часа.

Клетка — это наипростейший тип, наблюдаемый во всей органической природе. Она лежит в основе высших организмов. Однако сама клетка, как мы видели, имеет довольно сложное строение. Возникает вопрос: как она образовалась, откуда взялась? Здесь мы не имеем возможности останавливаться на этом подробно. Отметим только, что клетка появилась не сразу, а в результате очень длительного доклеточного периода развития жизни на земле.

Один из основоположников научного коммунизма Ф. Энгельс писал, что «...среди низших организмов мы находим множество таких, которые стоят еще значительно ниже клетки, например, протамеба, простой комочек белкового вещества, без всякой дифференциации, затем целый ряд других монер и все трубчатые водоросли». Далее Энгельс ещё раз указывал: «Самые низшие живые существа, какие мы знаем, представляют собой не более как простые комочки белкового вещества, и они обнаруживают уже все существенные явления жизни» (Энгельс, Анти-Дюринг, 1950 г., стр. 74, 77).

Отсюда мы видим, что жизнь начинается не с клетки, а с чего-то менее сложного, то-есть существует и в доклеточном периоде. О происхождении клетки подробно изложено в брошюре доктора биологических наук О. Б. Лепешинской «Клетка, её жизнь и происхождение» (Сельхозгиз, 1950 г.).

Проращение семян и необходимые для этого условия

Обычно считают, что жизнь растения начинается с проращения семени. Это не совсем правильно. Первые недели своего существования организм растёт и развивается на материнском растении, в виде наливающегося и

созревающего семени. Зародыш молодого растения питается и растёт за счёт поступающих из материнского организма питательных веществ. К моменту опадения плодов или высыпания из них семян растительный организм уже прошёл довольно сложный путь развития. Только что отделившееся от материнского растения зрелое семя кажется совершенно безжизненным и может в таком состоянии сохраняться в течение нескольких лет. И только попав в благоприятные условия, оно начинает прорастать.

Способность созревших сухих семян долго сохранять свою жизнеспособность имеет очень большое значение. Большинство растений приносит зрелые семена к осени, когда уже надвигаются зимние морозы. Молодые, нежные всходы могли бы погибнуть от них. В жарких странах семена созревают обычно при летней засухе, которая также могла бы вызвать гибель ещё слабого, неокрепшего потомства. А сухие, покоящиеся семена без вреда для себя переносят и лютые морозы и сильные засухи, начиная прорастать лишь тогда, когда наступают благоприятные для этого условия.

Какие же условия необходимы для того, чтобы семена могли прорастать? Для этого нужны три основных условия: влага, тепло и доступ воздуха. Для проращивания семян, как известно, их нужно прежде всего намочить. При этом они сильно набухают, их клетки насыщаются водой и, благодаря этому, в них возобновляются те основные процессы жизнедеятельности, которые постепенно приостанавливались, когда семя созревало, и вовсе прекратились, когда оно совсем созрело и отделилось от материнского растения. В частности, возобновляются при этом и те процессы клеточных делений и увеличения размеров клеток, которые, как мы уже отмечали, составляют основу роста. Без воды рост невозможен.

Но для возобновления роста одной воды мало. Нужна ещё соответствующая температура. Она должна быть во всяком случае не ниже нуля. Но при такой температуре рост идёт слишком медленно. Многие растения требуют для прорастания семян более высоких температур. Так, кукуруза не прорастает при температуре ниже 5 градусов, хлопчатник ниже 10, а дыни и огурцы — ниже 15 градусов тепла. Быстрее же всего идёт прорастание семян почти у

всех растений при температуре около 25—30 градусов. При такой температуре обычно и проводят проращивание семян на семенных контрольных станциях и в хатах-лабораториях, когда хотят поскорее определить их всхожесть, т. е. узнать, не утратили ли они своей жизнеспособности.

Третьим условием прорастания семян является достаточный доступ воздуха. Без этого набухшие и готовые начать прорастание семена задыхаются, так же как зады-

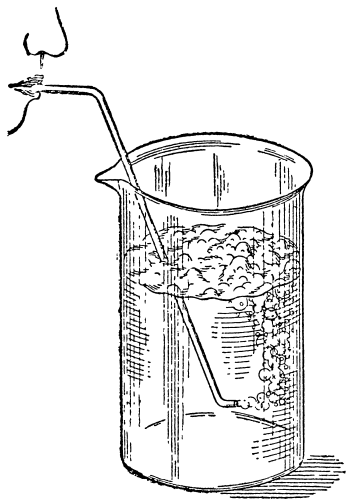


Рис. 7. Пропускание воздуха из лёгких через стеклянную трубочку в известковую воду. Вода мутится от содержащегося в этом воздухе углекислого газа.

хается и любое животное, лишённое воздуха. Как известно, воздух необходим и для дыхания человека. Мы своими лёгкими поглощаем из воздуха кислород, а обратно выдыхаем углекислый газ. В нашем теле непрерывно идут процессы окисления, сходные до некоторой степени с горением. При горении органические вещества разлагаются на составные части; углерод, соединяясь с кислородом воздуха, даёт углекислый газ, а водород, соединяясь с кислородом, образует воду. То же самое происходит и при дыхании. Подышав на холодное стекло, мы увидим, что оно запотеет, на нём осядет выходящий из лёгких водяной пар. Осторожно пропуская воздух из наших лёгких через стеклянную тру-

бочку сквозь налитую в стакан известковую воду (рис. 7), мы обнаружим, что она при этом замутится. Появление этой мути указывает на присутствие в выдыхаемом воздухе углекислого газа, дающего с раствором извести белый осадок мела.

Обнаружить выделение углекислоты прорастающими семенами довольно легко. Для этого достаточно насыпать их толстым слоем на дно стеклянной консервной банки и, прикрыв её крышкой, оставить на 2—3 часа. Опустив

затем туда горящую лучинку, мы увидим, что она погаснет. Это значит, что прорастающие семена поглотили кислород из находящегося в банке воздуха и взамен его выделили углекислоту. Такой воздух уже не пригоден ни для горения, ни для дыхания. И если плотно закрыть банку с семенами, надолго оставив её в таком виде, они перестанут прорастать, задохнутся и погибнут (загниют).

Дыхание — это основной жизненный процесс, свойственный всякому живому существу. Без кислорода не могут идти жизненные процессы ни у животных, ни у растений.

Сухие семена не нуждаются в дыхании и могут в течение долгого времени сохраняться без доступа воздуха; но стоит им хоть немного отсыреть или поступить в хранилище недостаточно сухими или не вполне созревшими — тогда они начинают дышать, совершаются жизненные процессы, которые в данном случае могут привести к очень нежелательным последствиям. Сложенное в большие кучи или помещённое в хранилище сырое зерно дышит и от этого нагревается. С повышением температуры дыхание усиливается ещё больше, кислорода уже не хватает и зерно задыхается, теряет всхожесть и загнивает, ухудшая свои пищевые качества. Вот почему на элеваторы принимают только сухое, отвечающее установленным наукой требованиям — «кондициям» — зерно. Влажное зерно досушивают в специальных сушилках.

Рост и питание проростков

Итак, прорастающие семена нуждаются во влаге, тепле и кислороде воздуха. Если они получают всё это в достаточном количестве, то быстро дают всходы и превращаются в молодые растения. Первым начинает расти корешок, который пронизывает землю, ветвится и захватывает всё новые участки почвы. Вслед за корешком вытягивается вверх стебель, на котором очень скоро развёртываются молодые зелёные листья. Возникает вопрос, как образуются эти органы растения и откуда берутся те вещества, которые необходимы для их формирования? Ведь наука уже давно установила, что вещество не может создаваться из ничего. На земной поверхности мы наблюдаем только превращения одних веществ в другие, и общее

количество вещества при всех этих изменениях остаётся постоянным. Это один из самых основных законов природы — закон сохранения вещества, который впервые открыл около 200 лет назад один из величайших русских учёных — Михаил Васильевич Ломоносов. Этому закону подчиняются и живые организмы. Они не могут создавать вещество своего тела из ничего, как и не могут исчезать бесследно. Их тело после отмирания лишь распадается на части, превращается в более простые вещества, рассеивающиеся в воздухе или отлагающиеся в почве в виде перегноя.

Откуда возникают первые корешки и листья молодого растения? Это не трудно обнаружить, если внимательно ознакомиться со строением семени. Для этого лучше всего воспользоваться увеличительным стеклом (лупой). Различные семена имеют разное строение. Все эти различия в строении семян можно свести к двум-трём типам.

В качестве одного, весьма распространённого типа строения семян возьмём семя пшеницы (рис. 8). Если мы намочим его и затем разрежем вдоль пополам, то увидим следующее: сбоку внизу находится зародыш, в котором можно довольно легко различить направленные вниз зачаток первого корешка и вверх почечку, состоящую из нескольких перекрывающих друг друга зачатков первых листьев. Вся же остальная часть семени представляет собою как бы однородную массу. В действительности же вся эта часть семени, получившая в науке название *эндосперма*, состоит из довольно крупных многогранных клеток, плотно набитых округлыми или угловатыми зёрнами крахмала. Это хорошо видно под микроскопом. Эндосперм при помоле и даёт основную массу муки, а зародыши при этом большей частью отходят в отруби вместе с наружными оболочками зерна. Клетки эндосперма при помоле разрыхляются и зёрнышки крахмала рассыпаются в порошок.

Если следить за изменениями в строении зерна пшеницы при его прорастании, то мы увидим, что эндосперм при этом вначале почти не изменяется, но позднее содержащее его разжижается и превращается в кашицу. Зародыш же растёт, зачаток корешка вытягивается, пробивает оболочку и превращается в корень проростка. За ним начинают расти и листочки, вытягиваясь вверх в виде заострённой на конце трубочки. Растёт, как видим, не всё

зерно, а только его зародыш. Эндосперм же при прорастании не только не увеличивается в размерах, но, напротив, постепенно сморщивается, уменьшается и, в конце концов, вовсе отсыхает. Всё это ясно указывает на то, что увеличение размеров растущего зародыша идёт за

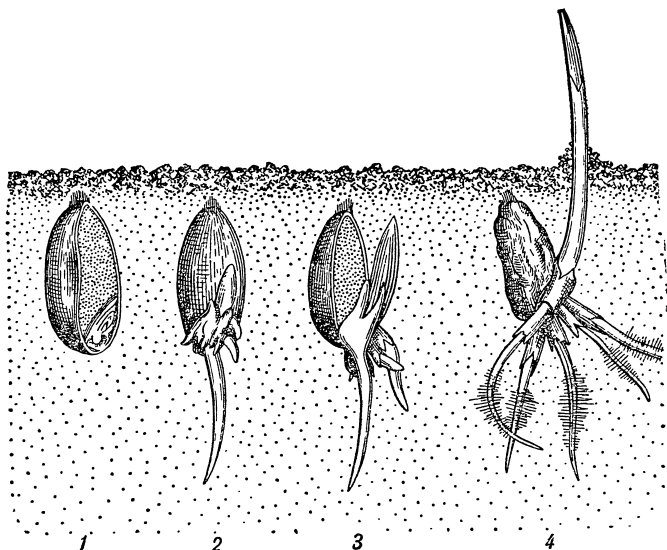


Рис. 8. Строение и прорастание зерна пшеницы. Слева (1) — непроросшее зерно в разрезе. Внизу его зародыш, в котором видна почечка и зачаток корешка; всю верхнюю часть зерна составляет эндосперм. Посередине (2 и 3) — начало прорастания (2 — вид с поверхности, 3 — в разрезе). Справа (4) — проросток вышел на поверхность почвы, эндосперм сморщился, на корешках образовались сосущие влагу корневые волоски.

счёт эндосперма. Зародыш высасывает из эндосперма необходимые для его роста питательные вещества. На эндосперм мы поэтому должны смотреть, как наместилище запасных питательных веществ, которыми материнское растение снабжает свое потомство на первый период его жизни.

Несколько иное строение имеют семена второго типа. Примером их могут служить семена фасоли, гороха, огурцов, тыквы, подсолнечника, дуба и других растений.

Если их размочить, с них можно легко снять кожуру, и тогда мы увидим, что семя состоит из двух мясистых половинок, получивших название семядолей, лишь слабо соединённых друг с другом в одном месте. Если снять одну из семядолей, отломив её в месте соединения с другой, то мы найдём здесь небольшой корешок, переходящий вверху в очень маленький, согнутый крючком стебелёк, несущий на конце небольшую почечку, в которой можно различить зачаточные листочки. К этому стебельку и прикреплены с боков мясистые семядоли, как крылья у бабочки прикреплены к её спинке (рис. 9).

Посадив в землю семена фасоли, мы увидим иную картину прорастания, отличную от той, какую наблюдали при прорастании пшеницы. Сперва начнет расти корешок, который пробьёт кожуру и углубится в землю. Затем начнёт вытягиваться стебелёк и вынесет семядоли на земную поверхность. После этого начнёт расти находящаяся между семядолями почечка, из неё вытянется стебелёк с первой парой листьев, затем появится вторая пара, и так далее. А семядоли станут малопомалу сморщиваться, отсыхать и вскоре совсем опадут — они так же, как и эндосперм, служатместищем запасных веществ и постепенно отдают их растущим частям зародыша, которые в семени были плотно зажаты между ними.

Однако не у всех растений семядоли опадают. У многих, например, у огурцов, тыквы, подсолнечника, они, будучи вынесенными из почвы на поверхность, через короткое время зеленеют и разрастаются. Они в сущности представляют собою первую пару листьев. Отдав зародышу в начале прорастания свои запасы, они однако затем не опадают; в них начинают осуществляться те же жизненные процессы, какие идут и во всех других листьях. Но в первый период прорастания и эти семядоли, так же как и эндосперм у пшеницы и других злаков, служатместищами запасных веществ, отложенных материнским растением для питания молодого растеньица.

Важно отметить, что питательные вещества, которые откладываются в семенах для использования на рост молодого растения, могут также прекрасно удовлетворять потребности в пище человека. В семенах мы найдём те же

три основные группы питательных веществ, которые составляют и нашу пищу: это — углеводы (главным образом крахмал), жиры и белки. Человек с незапамятных времён убедился в питательности семян растений и давно научился удовлетворять свою потребность в пище, культивируя хлебные злаки и зерновые бобовые, как фасоль, горох, чечевицу и другие. Несколько позднее вошли в культуру и масляные растения, с богатыми жиром семенами — лён, конопля, рыжик, подсолнечник.

В каждом живом организме имеются особые вещества, называемые ферментами. Они



Рис. 9. Строение и прорастание семени фасоли. Слева (1) — не-проросшее семя в разрезе; видна почечка, лежащая с внутренней стороны семядоли. 2 — стебелёк выносит семядоли на земную поверхность. 3, 4 — развёртывание первой пары листьев. 5 — семядоли отпали, появляется вторая пара листьев.

обладают способностью ускорять протекающие в организме процессы (переваривание пищи, окисление веществ и т. п.). В организме человека, а также животных эти ферменты вырабатываются особыми железами. У растений ферменты вырабатываются их живыми клетками. В семени пшеницы мы находим на границе между зародышем

и эндоспермом так называемый щиток — пластинку из нескольких рядов жизнедеятельных клеток, вырабатывающих очень активный фермент — амилазу, которая затем переходит в эндосперм и там способствует растворению отложенного в нём крахмала. Но чаще всего у растений ферменты вырабатываются в тех же самых клетках, в которых отложены и запасные вещества. В сухих семенах эти ферменты не проявляют своей активности, но при намачивании семян растворяются и воздействуют на отложенные в их клетках ферменты. Активность их очень быстро возрастает, и они начинают энергично растворять отложенные в этих же клетках запасные вещества. Легко подвижные продукты распада этих запасных веществ проникают затем к клеткам растущего зародыша семени и используются ими при дыхании и росте.

Движения растущих органов растения

На первый взгляд кажется, что растение не способно к самостоятельному движению. Однако при внимательном наблюдении нетрудно заметить, что оно обладает ясно выраженной подвижностью.

Прежде всего обратим внимание на тот факт, что растение всегда строго определённым образом расположено в пространстве. Корни его всегда идут вниз, в землю, а стебли поднимаются вверх и раскидывают свои листья, подставляя их солнечным лучам. При этом у многих растений, особенно у деревьев, стебли направлены вверх по вертикали. Кому не приходилось наблюдать, как строго параллельно друг другу поднимаются вверх стволы вековых сосен и елей, образуя величественные колоннады; как прямо вверх выносят свои колосья посевы хлебных злаков; как ровно, словно солдаты в строю, стоят увенчанные жёлтыми шапками стебли подсолнечника, или украшенные пышными султанами стебли кукурузы.

Чем обуславливается такое правильное направление стеблей у всех этих растений? Ведь семена сосен и елей падают на землю в различных положениях; зёрна кукурузы или семечки подсолнечника при посеве падают из сошников сеялки в землю как придётся, никто их не сажает обязательно так, чтобы корешок был направлен вниз, а стебелёк — вверх. Строго вертикальное положе-

ние стеблей достигается не тем, как ляжет семя при своём падении в землю, а определёнными направленными движениями молодых растущих проростков.

Эти движения обнаружить очень легко, для этого не нужно никаких особых приборов. Возьмём какое-нибудь достаточно крупное семя, например, семя конских бобов или гороха. Размочим его в воде и дадим наклюнуться, то-есть дождёмся того, чтобы корешок только-только пробился сквозь кожуру. Проколем семядоли булавкой и при её помощи укрепим семя на пробке, наклеенной сургучом с внутренней стороны на стенку четырёхугольного стеклянного сосуда или стакана. А чтобы прора-

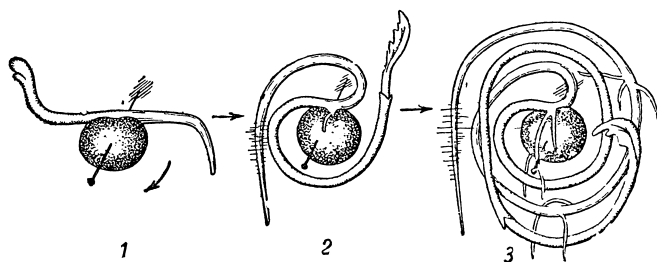


Рис. 10. Проросток гороха во влажной среде, поворачиваемый на булавке и отвечающий на это изгибами своего стебелька и корешка.

стающее семя было всё время во влажном воздухе, нальём на дно сосуда немного воды, стенки выложим мокрой бумагой, а сверху сосуд прикроем стеклянной пластинкой. В таком сосуде семя может довольно долго прорасти за счёт той воды, которой оно напиталось при намачивании, и мы сможем наблюдать за поведением молодого корешка и стебелька.

Если мы установим семя на булавке таким образом, чтобы его корешок был направлен прямо вниз, то он и будет продолжать расти в этом направлении, а стебелёк станет расти вверх. Повернём теперь семя так, чтобы немного вытянувшийся корешок и стебелёк приняли горизонтальное положение. Через несколько часов мы увидим, что корешок проростка изогнётся и его кончик снова окажется направленным прямо вниз, а стебелёк согнётся вверх. При этом у корня изгиб будет очень резкий и

произойдёт около самого кончика, а большая часть его так и останется в горизонтальном положении. Стебель же изогнётся более плавно и притом ближе к семени. Но всё же и у стебля более старая часть останется прямой и лежащей горизонтально (рис. 10, 1).

Повернём теперь проросток гороха на булавке так, чтобы весь его корень был направлен вверх, а стебелёк — вниз; при этом кончики их, согнувшиеся под прямым углом при первом повороте проростка на булавке, окажутся расположенными горизонтально. Растение ответит на это новым изгибом кончика корня вниз, а верхушки стебля вверх, приняв при этом довольно причудливую форму (рис. 10, 2).

Повернём его ещё раз — опять получим новые изгибы (рис. 10, 3).

Если перед тем, как привести проросток в горизонтальное положение, мы и на стебель и на корень нанесём тушью тонкие чёрточки на расстоянии 1—2 миллиметров одну от другой, как это уже делали с проростками бобов (см. рис. 1, стр. 5), то увидим, что они через сутки дальше всего раздвинутся друг от друга как раз там, где произойдёт наиболее резкий изгиб. Это покажет, что изгибы корня и стебля тесно связаны с ростом, что изгибается только та часть, которая растёт. Уже закончившие свой рост в длину части корня и стебля останутся в горизонтальном положении, они уже потеряли способность изгибаться.

Примерно такой же опыт мы можем проделать и с более взрослым растением. Возьмём, например, быстро растущий побег какого-либо комнатного, выращиваемого в цветочном горшке растения (рис. 11, 1), и положим его на бок. Через день увидим, что побег согнулся и его верхняя часть снова приняла вертикальное положение (рис. 11, 2). Повернём теперь горшок кверху дном — побег снова изогнётся и снова будет расти прямо вверх (рис. 11, 3).

Какие выводы можно сделать из этих опытов? Во-первых, мы убедились, что растения способны к самостоятельному движению. Положенные горизонтально, они не остаются в приданном им положении, но изменяют его, стебли их изгибаются вверх, а корни вниз. Мы можем сделать отсюда вывод, что на растения влияет направле-

ние силы тяжести (вниз и вверх — это значит по направлению силы тяжести и против него) и что растения отвечают на это направление своими изгибами. Следовательно, они не только обладают способностью к самостоятельному движению, но и реагируют на изменения в окружающей их среде, то-есть обладают чувствительностью, хотя у растений она выражена очень слабо. И это понятно, так как растения, в отличие от животных, не имеют нервной системы. Передача воспринятых воздей-

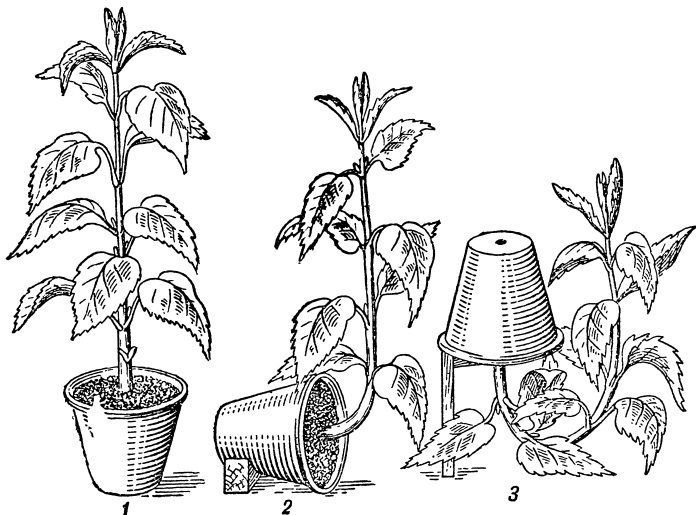


Рис. 11. Быстро растущий побег комнатного растения, вновь принимающий вертикальное положение при поворачивании горшка, в котором он растёт.

ствий у растений идёт не в виде пробегающего по нервам электрического тока, как это имеет место у животных, а в виде растекающегося из точки роста потока ростового вещества — *ауксина* (подробнее см. дальше), скопляющегося на той или иной стороне растения и вызывающего соответствующие его изгибы. Движения у растений выражены также намного слабее, чем у животных. У растений они осуществляются в основном в связи с неравномерным ростом. Вот почему подвижными у них оказываются только растущие молодые части, и самые движения сводятся только к изгибам.

Изгибы эти совершаются следующим образом: одна сторона растущего органа, например стебля или корня, начинает расти быстрее, а другая — медленнее. Эта разница в скорости роста, в силу чисто физических причин, приводит к тому, что быстрее растущая сторона становится выпуклой, а медленнее растущая — вогнутой, и весь орган искривляется в сторону более медленного роста. Каждое движение растения оказывается поэтому уже необратимым, закреплённым ростом. И если изогнувшийся под воздействием силы тяжести проросток мы вновь вернём в первоначальное положение (в нашем опыте его будет достаточно повернуть на булавке в обратную сторону), то он не просто выпрямится, а на нём произойдут новые изгибы; стебель и корень сохраняют на всю жизнь дважды изогнутые колена, которые будут тем резче и заметнее, чем дольше проросток оставался в горизонтальном положении.

Химические возбудители роста

Что же заставляет одну сторону горизонтально положенного проростка расти быстрее, а другую медленнее? На этот вопрос ответить оказалось не легко, и потребовалось много усилий со стороны ряда учёных, чтобы получить вполне ясный ответ. Благодаря этим усилиям удалось выяснить, что для роста клеток, кроме притока воды, питательных веществ, требуемой температуры и доступа кислорода, необходимо ещё наличие особого, вырабатываемого самими растениями, сильно действующего вещества, притекающего к растущим частям стебля из его верхушки. Отрежем самый кончик растущего органа растения, например верхушку проростка кукурузы или подсолнечника. Тогда рост проростка сразу же остановится. Он может возобновиться, если срезанную верхушку или головку наклеить обратно при помощи тонкого слоя желатины. При этом нет необходимости приклеивать обратно ту же самую головку. Можно взять её и с другого растения, лишь бы она хорошо приходилась на поверхность среза. Можно, наконец, добыть это сильно действующее вещество из верхушки проростка; для этого достаточно поместить её на тонкую пластинку из желатинового студня, оставить там на несколько часов, а за-

тем наложить эту пластинку на перерезанную поверхность стебелька проростка. Скопившееся в желатиновой пластинке вещество перейдёт в проросток, и рост его возобновится.

Образующееся в растущих верхушках стеблей активное вещество удалось затем выделить в чистом виде и точно установить его химический состав и строение. Оно получило название ауксина. Его открытие дало, наконец, возможность выяснить причину изгиба вверх горизонтально положенного стебля. Пока стебель растёт прямо,

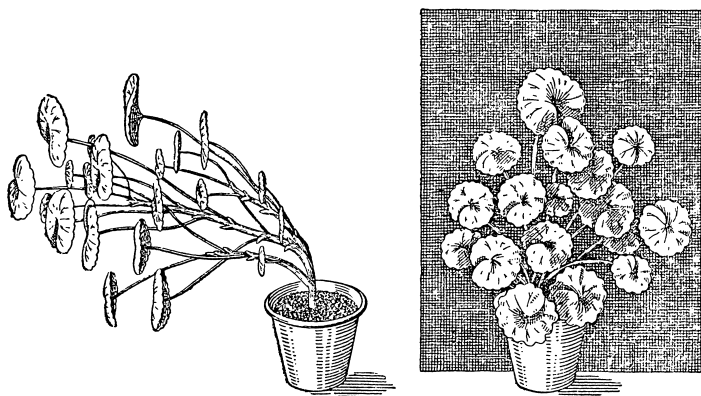


Рис. 12. Герань, поставленная в глубине комнаты.
Слева — вид сбоку, справа — вид со стороны окна.

выделяемый ауксин из растущей верхушки спускается вниз по стеблю, равномерно распределяясь по всем его сторонам, которые растут с одинаковой скоростью. Но если стебель положить горизонтально, ауксин начнёт скопиться преимущественно на нижней стороне, которая станет расти быстрее и стебель изогнётся вверх. Изгиб будет продолжаться до тех пор, пока верхушка не примет снова вертикального положения и ток ауксина не окажется вновь равномерно распределённым по всем сторонам стебля.

Несколько труднее оказалось решить другой вопрос: почему корень, положенный горизонтально, изгибается не вверх, а вниз. Ауксин и в корне скопится преимущественно на нижней стороне. Но здесь сказывается заме-

чательное свойство ауксина: он усиливает рост лишь до тех пор, пока его мало, не больше сотых или даже тысячных долей миллиграмма на весь проросток. Если же его накопится больше, то он уже не ускоряет, а, напротив, задерживает рост. Такой переход от усиливающего к угнетающему действию свойственен не только ауксину. То же самое можно наблюдать и у других сильно действующих веществ, например у многих лекарств. Так, в очень малых количествах такие яды, как стрихнин, мышьяк, поднимают жизнедеятельность организма человека и при-

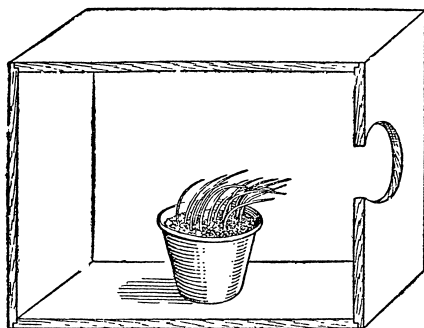


Рис. 13. Проростки овса в тёмном ящике с одним небольшим отверстием. Все проростки резко согнулись по направлению к свету.

меняются как лекарства, но в больших дозах они уже действуют отравляюще и могут вызвать даже смерть.

Различные органы растений не одинаково чувствительны к ауксину. Те его количества, которые усиливают рост стеблей, оказываются уже тормозящими рост корней, обнаруживающих значительно большую чувствительность к их действию. Оказывается, что те количества ауксина, которые

скопляются на нижней стороне положенного горизонтально корня, уже не усиливают, а задерживают рост этой стороны, а потому под влиянием силы тяжести корень изгибается не вверх, а вниз. Различная чувствительность к ауксину корня и стебля — вот в чём оказалась разгадка их различного поведения при лежащем положении проростка.

Движения растущих частей растений обуславливаются не только действием на них силы тяжести. Большое значение имеет также свет. Всем известно, что выращиваемые в комнатах растения всегда тянутся к окнам (рис. 12). Особенно ясно вызываемые светом движения можно наблюдать у молодых проростков, если их прикрыть картонной коробкой или фанерным ящиком, с не-

большим отверстием в одной из стенок. Через короткое время, всего через 2—3 часа, все проростки резко согнутся по направлению к падающему на них через это отверстие свету (рис. 13).

Повернём плошку с проростками так, чтобы они оказались обращёнными от света — и мы увидим, что через некоторое время они окажутся согнувшимися в противоположную сторону, но опять-таки направленными к свету. Особенно быстро происходят такие изгибы у очень молодых проростков овса, у всходов горчицы или редиса. Эта способность растений изгибаться под влиянием одностороннего освещения вызывается неравномерным ростом. В этом случае быстрее растёт сторона проростка, удалённая от света, а задерживается в росте сторона, обращённая к свету. Эти различия в скорости роста связаны опять-таки с неравномерным распределением спускающегося по проростку ауксина. Под влиянием света поток ауксина, идущий из верхушки стебля, отклоняется на слабее освещённую сторону и, усиливая рост, вызывает наклон всего проростка по направлению к свету.

Таковы важнейшие ростовые движения растений, вызываемые односторонним освещением и направлением силы тяжести. Способность к этим движениям особенно резко выражена у главного стебля и главного корня. У боковых веток и боковых корней эти движения выражены много слабее, а самые мелкие веточки и корешки уже не имеют определённого направления роста и располагаются как придётся. Но у листьев почти всех растений (кроме злаков и осок) мы находим ясно выраженное стремление располагаться поперёк падающих на них лучей света.

Способность растений располагать свои органы совершенно определённым образом по отношению к горизонту и к направлению света имеет очень большое значение в их жизни. Благодаря этой способности стебли молодых проростков безошибочно пробиваются на дневную поверхность и выносят к свету свои листья; корни же уверенно направляются в глубь почвы в поисках влаги и питательных веществ.





Глава вторая

ВОЗДУШНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЯ

Из чего состоит тело растения

До сих пор мы рассматривали рост, как увеличение размеров растения, а также отдельных его частей. Те растения, у которых рост продолжается столетиями, могут достигать гигантских размеров, как, например, некоторые дубы или мамонтовы деревья, достигающие высоты до 100 и более метров при поперечнике до 10 метров. Такое колоссальное увеличение размеров объясняется накоплением большого количества органического вещества этими растениями. Вес жёлудя в миллионы раз меньше веса выросшего из него дуба, и всё это органическое вещество, накопленное растением, в течение его жизни в стволе, корнях и листьях, оно откуда-то должно было добыть; оно не может создать это вещество из ничего.

Добыть органическое вещество растение может только из окружающей его среды. Как мы уже отмечали, один из основных законов современного естествознания говорит, что материя не исчезает и не создаётся вновь, она может только переходить из одной формы в другую. При этом могут возникать новые вещества или, как говорят химики, новые соединения, но общее количество материи при всех этих превращениях остаётся неизменным. Этому на первый взгляд противоречит такой общеизвестный факт, как сгорание дров в печах, когда дрова исчезают, оставляя только маленькую кучку золы. Но химия учит нас, что это исчезновение сгоревшего топлива не есть исчезновение составлявшей его материи, но лишь превращение её в другую форму, в такие вещества, которые

являются уже не твёрдыми, а газообразными и улетучивающимися при сгорании. Это — углекислый газ, образовавшийся в результате соединения углерода топлива с кислородом воздуха, и пары воды. Точные анализы получившихся при сгорании веществ показывают, что общая их сумма, их вес стали не меньше, а больше веса сгоревшего топлива, так как сюда прибавился ещё кислород воздуха.

Если мы видим в окружающей природе возникновение или исчезновение тех или иных тел, то должны спросить себя, откуда взялось то вещество, из которого построены вновь возникающие тела, и куда делось вещество тел исчезнувших. Другими словами, мы должны исследовать, какие из веществ окружающей среды могли послужить материалом для построения этих новых тел, и в какие вещества, отдаваемые в окружающую среду, превращаются интересующие нас тела.

Откуда берутся те вещества, из которых растения строят своё тело? Часть этих веществ растения получают в виде растворов, всасываемых корнями из почвы, а часть — в виде газообразных веществ, имеющих в окружающей атмосфере. Поступление всех этих веществ в растение совершается незаметно для нас. Это очень долго затрудняло выяснение того, как же происходит питание растения. Правильные представления об этом возникли лишь менее 200 лет назад.

Чтобы понять, как и из чего строит растение вещества своего тела, нужно сперва ознакомиться с его химическим составом. Из полного химического анализа растения видно, что в его теле больше всего воды. Если взять сочные части растения — листья, цветы, плоды, молодые стебли и корни — и высушить их на солнце или на печи, то мы увидим, что они потеряют 80—90 процентов своего веса за счёт испарившейся воды. И только 10—20 процентов придётся на сухой остаток, который в науке принято называть сухим веществом.

Для дальнейшего анализа нужно подвергнуть это сухое вещество сжиганию так, чтобы можно было уловить и проанализировать продукты горения. Для этого сжигание проводят в стеклянной трубке, через которую пропускают кислород, поступающий затем в особые поглотители, улавливающие полученные при сжигании газо-

образные вещества. При помощи этих поглотителей мы обнаружим, что при сжигании образовались углекислый газ и вода, а также получилось некоторое количество свободного азота, то-есть того же газа, который находится в атмосферном воздухе.

Так как химический состав углекислого газа и воды хорошо известен, то по количеству их можно определить, сколько было в сухом веществе углерода и водорода. Можно узнать также, сколько при сгорании получилось азота и подсчитать, сколько в сухом веществе было химически связанного кислорода. Оставшуюся после сжигания золу можно также подвергнуть химическому анализу. В конце концов мы узнаем полный состав сухого вещества растения.

Химический его состав у разных растений значительно колеблется. Но чаще всего мы найдём в нём около 45 процентов углерода, 42 процента кислорода, около 6,5 процента водорода и 1,5 процента азота. Около 5 процентов приходится на долю золы.

Итак, не считая золы, тело растения состоит в основном из четырёх элементов: углерода, кислорода, водорода и азота. Углерода в нём больше всего и его легче всего открыть: достаточно сильно нагреть любую часть растения, и она начнёт обугливаться. Происходит это от того, что при нагревании составляющие её вещества начинают разлагаться; кислород, водород и азот улетучиваются, а углерод остаётся в виде угля.

Выяснив таким образом химический состав растения, мы можем перейти к рассмотрению вопроса о том, откуда оно берёт составляющие его элементы. Легче всего решить вопрос о происхождении кислорода и водорода. Как известно, эти два элемента, соединяясь друг с другом, дают воду. А вода всегда находится в почве, выпадая на неё в виде дождя и снега. Она увлажняет верхние слои почвы, где располагается и корневая система. Одной из важнейших задач последней является снабжение надземных частей растения водой, которая составляет 80—90 процентов общего веса растения. Химия учит, что вода легко вступает в разнообразные химические соединения. Поэтому водород и кислород, которые содержатся в растениях и участвуют в построении белков, жиров и углеводов, легко могут быть получены из воды.

Использование растением углекислоты воздуха

Значительно сложнее выяснить вопрос о происхождении в растениях углерода. Очень долго считали, что растение получает из почвы не только воду, но также углерод и все другие необходимые ему питательные вещества. Считали, что растение питается «соками земли». Ещё в древности один учёный (Аристотель) указывал, что растения не имеют желудка и других органов пищеварения потому, что их заменяет им почва. Здесь происходит перегнивание, переваривание растительных и животных остатков, которые служат пищей растений. Последним якобы остаётся только всасывать своими корнями уже переваренную пищу. Это учение соответствовало и многовековым наблюдениям земледельцев, которые на своём опыте убеждались, что земля даёт тем больший урожай, чем больше в неё внесено удобрений, и что лучшими удобрениями являются именно животные и растительные остатки. Поэтому учение о том, что основная пища растений — это «соки земли», не вызывало никаких сомнений в течение многих веков.

В те времена ещё не был открыт закон сохранения вещества, и люди мало задумывались над той разницей, которая получалась в весе между вносимыми в почву удобрениями и количеством свозимого с поля урожая. Только в XVII веке учёный Ван-Гельмонт впервые попробовал опытным путём подойти к решению вопроса о том, откуда растение получает вещества, необходимые для построения его тела. Он взял кадку с отвешенным количеством почвы, посадил в неё предварительно взвешенную веточку ивы, растил её несколько лет и аккуратно собирал все опадавшие листья. Когда выросло небольшое деревцо, он осторожно вынул его из кадки, тщательно отряхнул всю почву с корней в кадку, а затем взвесил отдельно деревцо со всеми опавшими листьями и оставшуюся в кадке землю. Он получил поразительный результат: ива весила несколько килограммов, а почва потеряла всего лишь несколько десятков граммов, то есть примерно в сто раз меньше. Откуда же взялось это вещество, накопленное ивой? Очевидно, не из почвы. Ван-Гельмонт предположил, что оно было получено ивой из воды, которой он регулярно поливал землю в кадке.

Это предположение было верно только отчасти. Опираясь на точные представления о химических элементах, мы теперь знаем, что входящий в состав ивы кислород и водород она могла действительно получить из воды. Но она не могла получить из воды углерод, составляющий половину её сухого вещества, потому что в воде углерода нет. Не могла она получить углерод и из почвы, по крайней мере в нужном количестве. Ведь почва потеряла в весе в сто раз меньше против возросшего веса растения. Откуда взялся этот углерод? На этот вопрос опыт Ван-Гельмонта не мог дать правильного ответа.



Рис. 14. Кукуруза, выращенная в растворе минеральных солей, не содержащем перегнойных веществ. Весь входящий в её состав углерод она получила из углекислого газа, находящегося в воздухе.

Решить этот вопрос удалось только через двести лет после Ван-Гельмонта, когда был установлен закон постоянства материи, создано учение о химических элементах, установлен химический состав воздуха и других газов, а химики научились производить анализ не только твёрдых и жидких, но и газообразных тел. Благодаря этим выдающимся научным достижениям удалось обнаружить и изучить величайшей важности процесс, происходящий в зелёных растениях, о существовании которого ранее не могли даже и догадываться. Это процесс использования растениями углекислого газа, находящегося в воздухе. Было выяснено также, что использование углекислого газа растениями сопровождается выделением из них свободного кислорода, столь необходимого для нашего дыхания.

В настоящее время не представляет никакой трудности доказать, что растение получает весь необходимый ему углерод не из почвы, а из воздуха. Можно в виде опыта вырастить обильно плодоносящие растения, например кукурузу (рис. 14), совсем без почвы, на одной воде. Для этого нужно только растворить в этой воде небольшое количество селитры и других минеральных веществ, которые находятся в золе растений. Углерода эти вещества не содержат. К тому же их нужно давать растениям в очень малом количестве — не более 2—3 процентов от веса сухого вещества. Углерод же составляет около половины его веса.

Получится иная картина, если эти растения лишить углекислого газа. Для этого нужно поместить их в стеклянную камеру с воздухом, лишённым углекислоты. В таком воздухе растениям неоткуда получать углерод для построения своего тела, и они скоро остановятся в росте. Но стоит только пропустить в банку воздух с углекислотой, как рост растений снова возобновится.

Итак, растения получают углерод из углекислого газа воздуха. А между тем этого газа содержится в воздухе очень мало — всего лишь три сотых процента или три десятитысячных доли по объёму. И вот за счёт этой ничтожной примеси живёт весь мир растений, а через них и мир животных.

Как же растения используют такое ничтожное количество углекислоты? Здесь приходит на помощь большая подвижность этого газа. Газообразные вещества обладают способностью с большой скоростью распространяться в воздухе. Достаточно в каком-либо месте комнаты пролить несколько капель эфира или хлороформа, чтобы их запах стал слышен по всей комнате. Эта способность газов распространяться в воздухе называется диффузией. Благодаря ей мы на значительном расстоянии можем воспринимать аромат цветов или запах бензина от быстро проходящего автомобиля.

Любое газообразное вещество быстро перемещается туда, где его меньше или совсем нет. Так как растения жадно поглощают углекислоту из окружающего воздуха, она, по закону диффузии, быстро перемещается сюда из более далёких его слоёв. Этому способствует также и

ветер, приносящий к растениям более богатые углекислотой воздушные массы.

Углекислота таким образом сама устремляется к растению. Для более быстрого её поглощения растению нужно создавать возможно большую поверхность соприкосновения с атмосферным воздухом. Этому требованию удовлетворяют тонкие пластинки — листья, сидящие на стеблях и ветвях растений и омываемые со всех сторон воздухом.

Благодаря огромной поверхности своих листьев растение успешно извлекает из воздуха нужную ему углекислоту, несмотря на незначительное процентное содержание её в воздухе. Впрочем, абсолютные её количества не так уж малы, поскольку общий объём воздуха над земной поверхностью, непрерывно притекающий к растениям, очень велик.

Однако опыты показывают, что даже небольшое увеличение углекислого газа в воздухе улучшает условия питания и роста растений. Поэтому в практике давно стали «удобрять» воздух углекислотой, подобно тому как удобряют почву навозом и другими питательными веществами. В силу большой подвижности углекислоты напускать её прямо на поля не имеет смысла, так как она будет унесена ветром. Успешные результаты были получены только в теплицах, где обогащали воздух углекислым газом путём сжигания угля в особых печах. Обогащение воздуха углекислотой наблюдается также в обогреваемых навозом парниках. Перегнивающий навоз выделяет значительное количество этого газа. И весьма вероятно, что буйный рост выращиваемых в парниках растений обуславливается не только высокой температурой и влажностью воздуха, но и обилием углекислоты.

Может показаться странным, почему в атмосферном воздухе так мало углекислоты. Ведь заводские трубы выбрасывают её в огромном количестве; в изобилии выделяют её при своём дыхании люди, животные и огромное количество населяющих почву бактерий. А между тем углекислоты в воздухе постоянно содержится лишь три сотых процента. Только на улицах больших городов оно несколько повышается, да и то незначительно. Причина такого низкого содержания углекислоты лежит именно в деятельности растений. Они так жадно поглощают угле-

кислоту своими листьями, что всякий её избыток сейчас же исчезает из атмосферы. А диффузия и ветры способствуют равномерному её распределению во всей массе земной атмосферы.

Рассмотрим теперь, что происходит с углекислотой, когда она попадает в растение. Мы уже отмечали, что

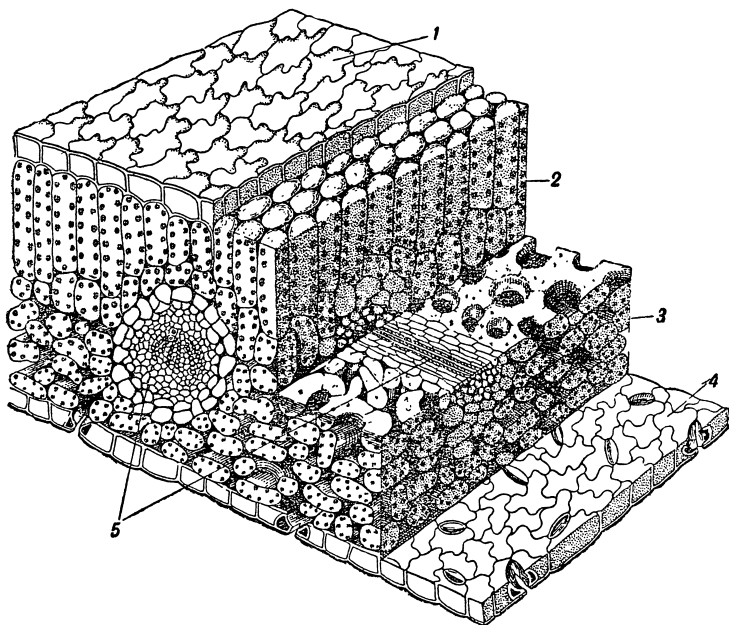


Рис. 15. Кусочек, вырезанный из листа барвинка (увеличено в 100 раз). 1—верхняя кожица; 2—плотная мякоть верхней стороны листа; 3—рыхлая мякоть нижней стороны листа; 4—нижняя кожица с устьицами; 5—мелкая жилка в поперечном (слева) и продольном (справа) разрезе. В клетках мякоти видны зелёные зёрна — хлоропласты.

основным органом поглощения и переработки углекислоты являются листья. Чтобы стала ясной их работа, нужно прежде всего ознакомиться с их строением. Уже простым глазом мы можем различать в листе жилки и мякоть. У многих видов растений удаётся легко содрать с поверхности листа прозрачную тонкую плёнку — кожицу. Она имеется у всех листьев, но не у всех легко отделяется

от лежащей под ней мякоти. Плотная кожица защищает внутренние части листа от засыхания и повреждений. По жилкам доставляется из стебля в лист необходимая ему влага. В мякоти происходит переработка углекислоты в требуемые для жизни растения вещества.

Более ясную картину строения листа даст нам микроскоп (рис. 15). Под ним мы увидим, что все части листа — кожица, жилки, мякоть — состоят из клеток. Кожица состоит из плоских клеток, напоминающих собою плотно уложенные в один ряд папиросные коробки (рис. 15, 1, 4). Клетки эти совершенно прозрачные. В каждой из них имеется ядро и протоплазма, заключённые в плотную оболочку. Центральная часть клетки занята водянистым клеточным соком. Важной особенностью кожицы является то, что наружные стенки её клеток сильно утолщены и покрыты тончайшим слоем эластичного вещества, получившего название *кутикулы*. Кутикула защищает расположенную под ней кожицу от всяких неблагоприятных воздействий окружающей среды. Она может быть уподоблена слою лака или масляной краски, какими мы защищаем поверхность металлических предметов от разъедания, а поверхность деревянных предметов — от гниения.

Пронизывающие лист жилки состоят из соединённых в пучки длинных трубочек (рис. 15, 5). О них мы будем подробнее говорить несколько дальше. В листе они представляют как бы транспортную сеть, по которой одни вещества (главным образом, вода) подаются в мякоть листа, а другие, выработанные в этой мякоти, отводятся из неё.

Мякоть листа построена довольно просто. Она состоит из не очень плотно связанных друг с другом клеток, более рыхло уложенных с нижней стороны листа и более плотно — с верхней (рис. 15, 2 и 3).

Между клетками остаются заполненные воздухом промежутки — межклетники. Обилие межклетников делает мякоть листа непрозрачной, матовой — так же как матовым и непрозрачным является снег, в котором имеется много воздуха между рыхло лежащими кристаллами льда. Если снег смочить водой или сильно сжать, чтобы вытеснить из него воздух, он становится прозрачным. То же самое можно сделать и с листовой мякотью. У некоторых более нежных листьев достаточно сжать её между пальцами, чтобы получить прозрачное пятно.

Рыхлое расположение клеток листовой мякоти и пронизывающие её межклетники, заполненные воздухом, обеспечивают свободное проникновение углекислоты к каждой её клетке. А для того чтобы углекислота из окружающей атмосферы могла попадать в межклетники, прикрывающая лист кожа снабжена бесчисленными

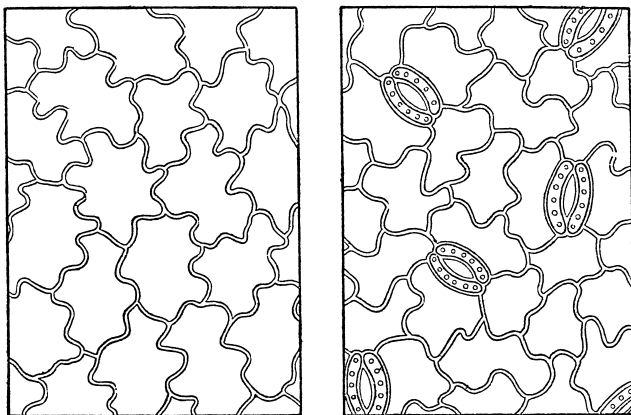


Рис. 16. Кожица, содранная с листа барвинка, рассматриваемая под микроскопом. Слева — верхняя сторона листа, без устьиц; справа — нижняя сторона листа с устьицами.

мелкими отверстиями — устьицами, невидимыми простым глазом; но под микроскопом (рис. 16) они сразу же бросаются в глаза на содранной с листа кожице. Устьица очень малы, но их много — до 100 и более на каждый квадратный миллиметр листовой поверхности. Например на листе подсолнечника их можно насчитать несколько миллионов. Вся кожица является поэтому мелкопродырявленной. Через эти ничтожные по величине многочисленные отверстия углекислота очень легко и быстро проникает в межклетники.

Усвоение растением солнечной энергии

Каким образом растение может использовать углекислый газ как источник своего питания? Ведь для питания человека и животных этот газ совершенно не пригоден и вреден. Мы задыхаемся, когда в воздухе накопится много

углекислоты. Она для нас представляет отброс, образующийся при дыхании. Мы своим дыханием вентилируем лёгкие, удаляем из них накопившуюся углекислоту и заменяем её свежим воздухом. А для растения углекислота является источником питания, источником снабжения его необходимым ему углеродом. Значит растение должно обладать особым аппаратом, который помогает ему осуществлять эту трудную задачу.

В каждой клетке листовой мякоти видны под микроскопом мелкие зелёные зёрнышки, придающие всему листу изумрудно-зелёный цвет. Их хорошо видно на рис. 15 в клетках плотной и рыхлой мякоти листа. Они называются хлоропластами. Подробнее мы будем говорить о них несколько дальше, а пока укажем, что именно в этих зелёных зёрнах и происходит очень сложный и важный процесс превращения углекислоты в углеводы — сахар и крахмал.

Поступающая из межклетников углекислота растворяется в пропитывающей клетку воде, получается раствор, подобный общеизвестной содовой воде. Но как сделать сахар или крахмал из содовой воды? Несмотря на огромные успехи химии, мы до сих пор не умеем делать этого в наших лабораториях или на химических заводах. А в растении этот процесс идёт чрезвычайно легко и быстро. Например, лист сахарной свёклы вырабатывает за лето сахара по весу значительно больше, чем весит сам лист, в котором был выработан этот сахар из углекислого газа и воды.

При этом происходит ещё одно очень важное явление: наряду с сахаром растительная клетка из раствора углекислоты выделяет свободный кислород, который проникает в межклетники, а из них поступает в окружающую атмосферу. Поглощая углекислоту и выделяя кислород, растения очищают испорченный при горении и дыхании воздух и делают его вновь пригодным для дыхания человека и животных.

Для этой трудной работы растение нуждается в притоке энергии извне.

Здесь мы встречаемся с другим основным законом современного естествознания — законом сохранения энергии, открытым так же, как и закон сохранения вещества, М. В. Ломоносовым. Согласно этому закону, энергия не

возникает из ничего и не превращается в ничто. В природе мы можем наблюдать лишь бесчисленные примеры превращения одного вида энергии в другой. Например, электрическая энергия легко превращается в тепловую и световую.

Постараемся разобраться в том, что происходит в зелёном листе растения при использовании им углекислоты и воды для создания таких органических веществ, как сахар и крахмал. Прежде всего обратим внимание на очень важное свойство этих веществ — на их способность к горению. Горение сложных органических веществ представляет собою их распад, сопровождающийся химическим соединением углерода и водорода с кислородом воздуха. При этом образуются углекислота и вода, и выделяется значительное количество тепла. Чтобы горение началось, нужно эти вещества зажечь, то-есть очень сильно их нагреть. Затем горение идёт уже само собой и распространяется всё дальше и дальше, так как выделяющееся при нём тепло нагревает всё новые и новые массы горючего органического вещества.

По закону сохранения энергии, образование этого органического вещества должно сопровождаться затратой соответственного количества энергии. Это органическое вещество, как мы уже говорили, образуется в листьях растений из тех именно веществ, которые являются продуктами горения, то-есть из углекислоты и воды. Кроме того, образование его сопровождается выделением свободного кислорода. Это процесс, прямо противоположный горению, и ясно, что на него должна затрачиваться энергия, и притом в таком же точно количестве, в каком она может быть выделена при сгорании этого вещества. Откуда же берётся эта энергия?

Этим источником энергии является солнце. Находясь в раскалённом состоянии, оно излучает в пространство огромное количество энергии. Часть её попадает и на поверхность нашей планеты. Так как все виды энергии могут переходить один в другой и в конце концов в теплоту, то для измерения энергии пользуются тем количеством тепла, в которое она может быть переведена. Единицей измерения служит тепло, достаточное для нагревания килограмма воды на один градус. Это количество тепла получило название *большой калории*.

Длительные наблюдения, организованные в разных частях земного шара, дали возможность подсчитать, какое именно число калорий получает от солнца поверхность нашей земли. Оказалось, что в среднем каждый квадратный метр земной поверхности получает в час около 100 больших калорий. Это количество энергии достаточно для того, чтобы вскипятить целый килограмм воды. Правда, значительная часть этой энергии, отражаясь от земной поверхности и от облаков, возвращается обратно в мировое пространство. Но большая часть энергии солнца поглощается атмосферой и земной поверхностью и поддерживает её в нагретом состоянии.

Эту солнечную энергию и используют растения для переработки углекислоты и воды в органические вещества — сахар, крахмал и другие. Как именно совершается этот процесс — мы пока ещё вполне точно не знаем. Насколько удалось до сих пор в этом разобраться, можно предполагать, что процесс начинается с распада воды на водород и кислород, причём кислород выделяется наружу, а водород, присоединяясь к углекислоте, кладёт начало её дальнейшим превращениям, заканчивающимся образованием сахара или крахмала. Получаемая от солнца энергия тратится как раз на первый этап этих сложных превращений, — на разложение воды. Здесь лучистая энергия солнца играет такую же роль, как электрическая энергия в разложении воды электрическим током на водород и кислород. Получаемый при этом водород обладает очень большой активностью, и мы можем всю энергию, затраченную на его освобождение (при разложении воды), вновь получить в виде тепла, если мы будем сжигать его, то-есть давать ему снова соединяться с кислородом и образовывать воду.

Однако полученный в растении под воздействием солнечной энергии водород не выделяется в свободном состоянии, как при разложении воды электрическим током. Этот водород немедленно вступает во взаимодействие с углекислотой, в результате чего в клетках растения и возникают углеводы.

Эти, происходящие в листе химические превращения носят уже созидательный характер. Они чрезвычайно точно согласованы друг с другом и совершаются с очень большой быстротой. Выделение кислорода зелёными хло-

ропластами начинается почти моментально, как только на них упадёт луч света, а через очень короткое время в них можно обнаружить уже и появление углеводов.

Наибольшие заслуги в раскрытии процесса усвоения углекислоты растением принадлежат крупнейшему русскому ученому К. А. Тимирязеву, работы которого составляют основу всего современного учения о жизни растений. Проследим ход этого процесса.

Зелёное вещество листьев — хлорофилл и его значение

Для превращения одного вида энергии в другой требуется, чтобы она была поглощена. Когда мы хотим использовать электрический ток для варки пищи, мы должны поставить на его пути металлическую спираль, как в электрической плитке; она поглощает электрический ток и нагревается. Если мы хотим для нагревания использовать солнечный свет, мы также должны поставить на его пути какой-либо сильно поглощающий его предмет. Известно, что тёмная одежда нагревается лучами солнца гораздо сильнее, чем светлая. А прозрачные предметы, как, например, стекло, нагреваются на солнце совсем мало.

Световая энергия поглощается зелёными листьями растения. Листья поглощают большую часть лучей. Зелёный цвет листьев обусловлен присутствием в клетках листовой мякоти многочисленных зелёных зёрнышек, погружённых в протоплазму. Они носят название зелёных пластид или хлоропластов. В них и происходит процесс поглощения солнечной энергии и использования её для переработки углекислоты и воды в органические вещества. В них же происходит и сама эта переработка. Здесь впервые возникают и углеводы. В этом легко убедиться при рассмотрении листовой мякоти под микроскопом, пользуясь при этом способностью крахмала окрашиваться от раствора иода в темносиний цвет. Достаточно нанести одну каплю такого раствора, например, на поверхность разрезанной картофелины или на ломтик белого хлеба, чтобы получилось темносинее пятно. Объясняется это тем, что и в картофеле и в хлебе преобладающим веществом является крахмал.

Возьмём теперь тонкий почти прозрачный лист лесного мха. Он состоит всего лишь из одного слоя клеток.

Поэтому его можно рассматривать под микроскопом целиком, не делая срезов (рис. 17). Здесь мы увидим, что лист состоит из множества клеток, в каждой из которых находятся многочисленные хлоропласты.

Теперь положим этот лист на несколько часов в спирт. Здесь он обесцветится, а спирт позеленеет — вытянет из листа то вещество, которое окрашивало его в зелёный

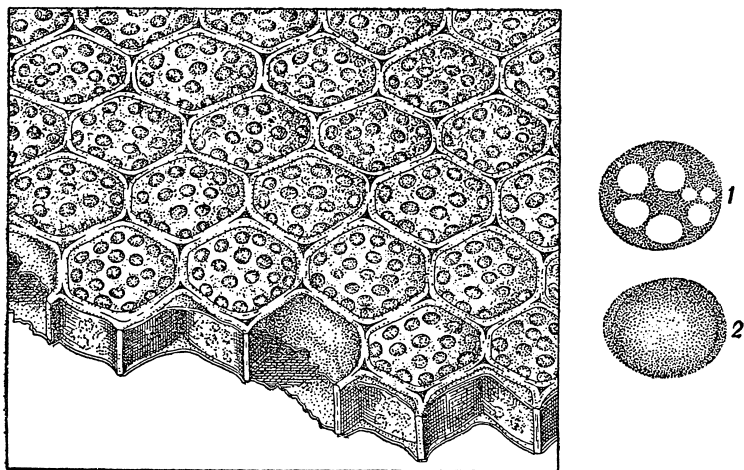


Рис. 17. Часть листочка лесного мха. Слева — клетки с хлоропластами внутри. Справа — отдельные хлоропласты при более сильном увеличении: 1 — хлоропласт с крахмальными зёрнами, образовавшимися на свету; 2 — не содержащий крахмальных зёрен после долгого пребывания в темноте.

цвет. Вещество это называется хлорофиллом. Подробнее остановимся на нём несколько дальше. Рассматривая обесцвеченный лист под микроскопом, мы увидим, что хлоропласты не растворились — они остались на своих местах и только потеряли зелёную окраску. Это показывает, что они состоят не из хлорофилла, а только окрашены им. В основном же они, как и протоплазма, состоят из белковых веществ. Иначе и быть не может. Ведь хлоропласты представляют собою живые части клетки, а жизненные свойства всякого живого вещества неразрывно связаны с белком. Ещё Энгельс указывал, что жизнь—это

форма существования белковых тел. И мы не знаем таких живых существ, основное вещество которых — протоплазма — не состояло бы из белковых веществ. Поэтому и хлоропласты, будучи живыми частями клетки, состоят из белковых веществ.

Подеиствуем теперь на обесцвеченный спиртом лист мха раствором иода. Сами хлоропласты окрасятся от иода в буро-жёлтый цвет. Но в каждом из них мы увидим несколько почти чёрных зёрнышек. Это — крахмал, образовавшийся в хлоропластах под воздействием света.

Крахмал образуется в хлоропластах только на свету. Мы не найдём его в хлоропластах растений, находившихся несколько дней в темноте. Но стоит только такие обескрахмаленные растения выставить на свет, как через несколько часов в их хлоропластах вновь появятся крахмальные зёрна.

Теперь о хлорофилле. Как мы видели, он легко может быть извлечён из хлоропластов спиртом. Возьмём некоторое количество свежих или лучше предварительно высушенных листьев (особенно хороши для этого листья крапивы), зальём их спиртом и поставим в тёмное место в закупоренной склянке. Через день-два получится очень красивый, изумрудно-зелёный раствор. Сами же листья при этом совершенно обесцветятся. Однако это ещё не будет вполне чистый хлорофилл. В этом растворе содержатся окрашенные в жёлтый цвет вещества, которые обычно становятся заметными только осенью, когда листья стареют и отмирают — хлорофилл разрушается и листья желтеют. Но при встряхивании раствора хлорофилла с бензином может быть получен из спиртовой вытяжки зелёных листьев уже совершенно чистый хлорофилл.

Хлорофилл представляет собою очень сложное органическое вещество, химический состав и строение которого вполне точно удалось установить лишь совсем недавно. Оказалось, что наряду с углеродом, водородом, кислородом и азотом, которые имеются почти во всех органических веществах, хлорофилл содержит в себе ещё и магний. Хлорофилл энергично поглощает почти все лучи солнечного спектра, кроме зелёных и небольшой части красных. Только эти лучи он не поглощает, почему и имеет изумрудно-зелёный цвет. Однако, будучи выделен из листа и переведён в раствор, хлорофилл уже не в состоя-

нии перерабатывать углекислоту и воду в крахмал и сахар. Этот важнейший процесс происходит только в живых пластидах, где хлорофилл находится в непрочном соединении с белковыми веществами.

Процесс, при котором из простых веществ создаются более сложные, химики называют синтезом (соединением). А так как синтез органических веществ в растениях из углекислоты и воды требует неперенного участия света (фото), то он получил название фотосинтеза. Фотосинтез представляет собою важнейший процесс, совершающийся в растениях. Это единственный процесс, при котором создаются сложные органические вещества из таких простых, как углекислый газ и вода. Так как важнейшей составной частью всех органических веществ является углерод, то фотосинтез называют ещё усвоением или ассимиляцией углерода. Его нередко обозначают как процесс воздушного питания растений, противоположный корневому питанию, при котором в растение поступают из почвы вода и растворённые в ней питательные минеральные соли.

Для своего роста, создания новых клеток, образования живой протоплазмы растения нуждаются в готовых органических веществах. Они не могут строить свою протоплазму и другие составные части клеток — ядра, пластиды, оболочки — непосредственно из углекислоты и воды. Но растения обладают способностью сами создавать нужные им для питания органические вещества при помощи своих хлоропластов и при участии света. Процесс питания растений может быть разбит на две стадии: 1) подготовительную, при которой из углекислого газа и воды строятся органические питательные вещества, и 2) завершающую, при которой эти ещё неживые вещества усваиваются протоплазмой и превращаются в её живые составные части. Впрочем, не все части клетки растения способны осуществлять первую, подготовительную стадию. Она может проходить только в зелёных пластидах и только на свету. Вот почему зародыш семени, ещё не имеющий зелёных пластид и растущий под землёй, в темноте, нуждается в запасе готовых питательных веществ, отложенных в семядолях или в эндосперме. Потому-то и корни не способны самостоятельно строить органические вещества, а нуждаются в притоке их из зелёных надземных частей растений.



Глава третья

ПОЧВЕННОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЯ

Значение воды в жизни растения

Мы уже отмечали, что в процессе фотосинтеза участвуют углекислота и вода. Возникающие при этом органические вещества почти наполовину состоят из углерода, и примерно наполовину из водорода и кислорода, то-есть из элементов, составляющих воду. Но значение воды в жизни растений этим далеко не ограничивается.

Жизненные процессы могут протекать в растении нормально только при достаточном насыщении его клеток водой. Сухие семена не проявляют никаких признаков жизни. При недостатке воды рост растения сильно угнетается.

Задача непрерывного насыщения водой всех органов растения далеко не лёгкая. Огромная поверхность листьев со всех сторон соприкасается с воздухом и нагревается лучами солнца. Это необходимо для того, чтобы к клеткам их мякоти непрерывно притекал углекислый газ и свет. Но это неизбежно влечёт за собою и сильное испарение воды листьями.

Чтобы листья всё время были насыщены водой, растениям приходится расходовать большие её количества. Так, например, хлебные злаки на каждый килограмм накопленного ими за лето сухого вещества тратят около 300—400 килограммов воды. Каждое растение подсолнечника тратит за лето 200—300 литров или около 20—30 вёдер воды. Примерно столько же расходует и кукуруза. Даже такие небольшие по размерам растения, как отдельные кусты пшеницы или овса, требуют по

несколько литров воды. В пересчёте на гектар растения тратят за лето до 200—250 тысяч вёдер воды. Это количество образует на гектаре слой воды, толщиной в 200—300 миллиметров.

Эта величина соответствует тому количеству атмосферных осадков — дождя и снега, — которое в течение года выпадает в степных районах нашей страны. Поэтому хорошие урожаи здесь можно получать лишь при бережном отношении к воде. Нужно заботиться о том, чтобы выпавший за зиму снег в виде талых вод не сбегал весной в овраги, чтобы эти воды просочились в почву и были использованы растениями. А ещё дальше на юго-восток осадков выпадает так мало, что для получения высоких урожаев нужно применять искусственное орошение, подавая на поля воду из рек или прудов.

Добывание растением из почвы и подача в листья всё новых и новых количеств воды, взамен испаряемой, требует специальных и довольно сложных приспособлений, имеющих в растительном организме.

Органом всасывания воды является корневая система растений. Она представляет собою множество тонких нитей, пронизывающих почву по всем направлениям. Эти тонкие корешки отходят или от более толстого главного корня или непосредственно, в виде пучка, от основания стебля. В каждом корешке мы можем различать три части или зоны: 1) быстро растущий кончик, имеющий форму заострённого конуса и прикрытый на конце корневым чехликом, как бы напёрстком, защищающим его от повреждений при проталкивании между частицами почвы; 2) собственно всасывающую часть, покрытую очень нежными корневыми волосками, проникающими во все мельчайшие поры между почвенными частицами, и 3) более старую часть, тёмного цвета, которая служит для проведения в стебель воды, а также для укрепления растения в почве (рис. 18).

Эти корневые зоны не являются резко обособленными одна от другой. Они переходят одна в другую и представляют собою только различные возрастные состояния одного и того же корня. Каждая часть корня в начале была молодым растущим кончиком. Но по мере удлинения корня, более взрослая его часть уже заканчивает свой рост в длину. На её поверхности появляются выросты — корневые во-

лоски, и она превращается во всасывающую зону, а растущая верхушка продвигается дальше в почву. Корневые волоски используют прилегающие к ним частицы почвы и всасывают доступную им воду. Затем они отмирают, и стенки поверхностных слоёв клеток корня пропитываются непроницаемым для воды веществом, вроде воска. Внутри корня более явно обособляются проводящие воду трубки, называемые сосудами. Так всасывающая зона превращается в зону проводящую.

Таким образом, вместе с ростом корней непрерывно перемещается в почве и всасывающая их зона. Сегодня корни сосут воду (а также минеральные питательные вещества) уже не из тех участков почвы, из которых они брали её вчера, а завтра будут брать опять из новых участков. Это постоянное перемещение сосущей зоны имеет особенно большое значение в засушливых местностях. Чем суше почва, тем медленнее перемещается в ней вода, и корням приходится буквально «итти по воду» в более влажные, ещё не использованные, зоны почвы.

Молодые части корней, так называемые корневые мочки, обладают замечательной способностью не только всасывать

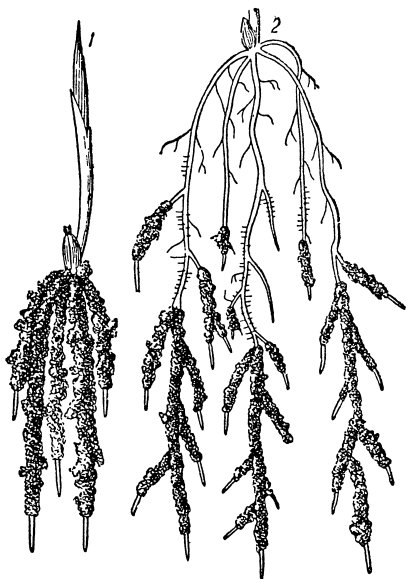


Рис. 18. Развитие корневой системы пшеницы. Слева (1) — молодой проросток; корешки сплошь покрыты земляными футлярами, образовавшимися вследствие приклеивания частичек почвы к корневым волоскам; только быстро растущие кончики лишены этих футляров. Справа (2) — корни более взрослого растения; более старые части корней уже сбросили корневые волоски, и почвенные частицы к ним не прилипают. Это — проводящая часть корневой системы. Всасывающая и растущая зоны переместились дальше, в более глубокие слои почвы.

воду, но и с довольно значительной силой выталкивать её в проводящие сосуды, и таким образом заставлять подниматься вверх, в стебель. В этом легко убедиться, если сре-

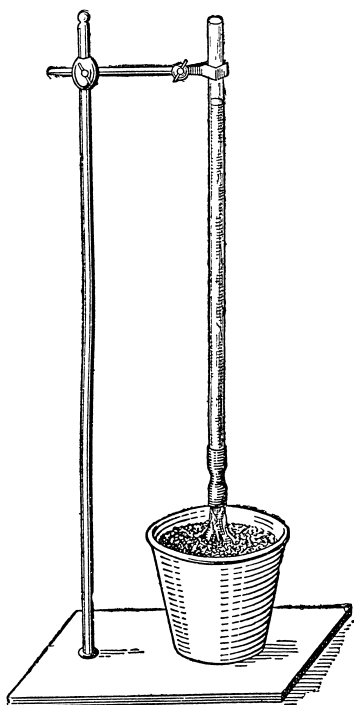


Рис. 19. Корневое давление. Растение подсолнечника срезано под корень и на оставшийся пенёк насажена резиновая трубка, в которую вставлена стеклянная. Водянистая жидкость из корня поднялась по стеклянной трубке на высоту около 0,5 метра.

зать под корень, например, подсолнечник, или же спилить весной небольшое деревцо, лучше всего берёзу или клён. Мы увидим, что на поверхности оставшегося пенёка всё время будет выступать водянистая жидкость. Если на пенёк насадить резиновую трубку, а в неё плотно вставить стеклянную, то мы можем наблюдать поднятие этой жидкости на довольно значительную высоту (рис. 19). Явление это получило название плача растений. Особенно ярко оно выступает весной, когда корневое давление у растений бывает наиболее высоким. У берёзы и некоторых других деревьев весенний плач можно наблюдать и не спиливая ствола, а только просверлив в нём небольшую дырочку и вставив туда изогнутую вниз трубочку. Из трубочки будет вытекать по капле сладкий сок, который можно собрать в бутылку. Очень сильный плач можно наблюдать у виноградной лозы.

Механизм плача растений выяснен уже давно. Он довольно сложен, и мы останавли-

ваться здесь на нём не будем. Корневое давление, накапливающее воду в сосуды корня и поднимающее её вверх по стеблю, является очень важным двигателем того непрерывного потока воды, который из корней направляется по

стеблю в листья. Но это не единственный его двигатель. Вторым двигателем воды являются испаряющие её листья. Они сами очень энергично сосут воду из проводящих путей растения, и притом сосут её тем сильнее, чем сильнее испаряют.

Сосущее действие листьев обнаружить не трудно. Достаточно срезать небольшую веточку с любого дерева и укрепить её при помощи резиновой пробки с отверстием в длинной стеклянной трубке, заполненной водой. Затем следует опустить свободный конец стеклянной трубки в ртуть. Тогда мы увидим, что через короткое время ртуть начнёт подниматься в трубке, замещая всасываемую веткой воду (рис. 20). Испарение воды листом создаёт ненасыщенность в клетках листовой мякоти, и поэтому они сосут воду из пронизывающих весь лист жилок. А так как сосуды, составляющие эти жилки, находятся в непосредственном сообщении с сосудами древесины, а те, в свою очередь, с сосудами корней, то через всю эту проводящую воду систему сосание листьев передаётся в стебель и даже в корни, способствуя всасыванию ими воды из почвы.

Таким образом, вода движется по растению благодаря двум двигателям, расположенным по концам всей водоносной системы растения. Нижний двигатель — это корневые мочки, с большой силой нагнетающие воду в сосуды. Верхний двигатель — это мякоть листьев, клетки которой с ещё большей силой сосут воду из жилок. Оба

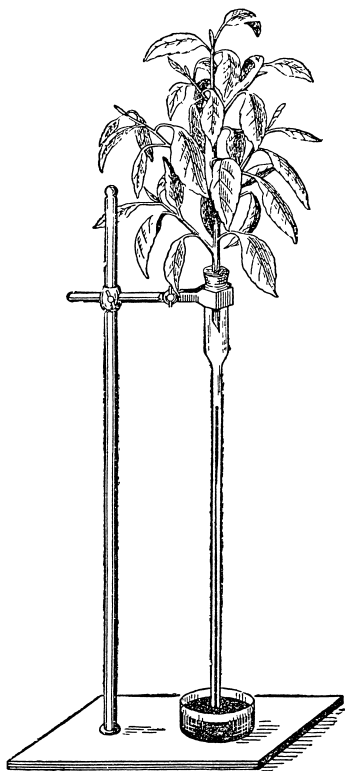


Рис. 20. Сосание воды веткой, вставленной в стеклянную трубку, узкий конец которой опущен в плоскую со ртутью. Взамен испаряемой веткой и всасываемой из трубки воды, в трубке поднимается ртуть.

двигателя вместе создают постоянное движение воды по растению, так называемый восходящий ток, непрерывно пополняющий ту воду, которая испаряется из листьев в силу нагревания их солнцем и обвеивания ветром. При помощи этого восходящего тока растение поддерживает свои листья и молодые стебли в достаточно насыщенном водою состоянии. А это для него чрезвычайно важно, так как только в достаточно насыщенных водой листьях может успешно идти фотосинтез и только в достаточно насыщенных водой точках роста могут происходить клеточные деления и увеличение размеров молодых клеток, то-есть, может происходить рост.

Борьба растения с засухой

Итак, двигатели восходящего тока, корневое давление и сосущее действие листьев являются весьма мощными и могут поднимать воду на вершины самых высоких деревьев. Тем не менее возмещение теряемой листьями воды может происходить лишь до тех пор, пока она имеется в почве в достаточном количестве. А для этого взятая растениями из почвы вода должна возмещаться выпадающими дождями. Но иногда бывают бездождные периоды, длящиеся неделями и даже месяцами. Тогда растения страдают от засухи, — молодые части стеблей, листовые черешки и пластинки теряют свою упругость, завядают, бесильно опускаются вниз, повисая, как тряпка. Если завядание не зашло слишком далеко, оно не причиняет растению большого вреда. Стоит растение полить, как оно снова поднимает опустившиеся листья и молодые части стеблей, восстанавливая своё прежнее хорошее состояние. Но всё же влияние засухи не проходит бесследно.

Во время завядания растений останавливается их рост, прекращается фотосинтез, нарушаются и другие жизненные процессы. В результате этого такие растения остаются низкорослыми и снижают урожай. Если же растение оставалось в завядшем состоянии слишком долго и потеряло много воды, оно уже не в состоянии оправиться и может совсем погибнуть. Поэтому засуха представляет собою одно из самых опасных для растений явлений природы. И неудивительно, что за большой период своего существования растения выработали в себе многочислен-

ные приспособления для борьбы с этой грозной опасностью и для смягчения её последствий. Эти приспособления наиболее ярко выражены у растений, населяющих сухие степи, пустыни и сыпучие пески. Но они наблюдаются и у обычных растений умеренного климата, так как и здесь бывают засушливые периоды. В сущности, каждый ясный и жаркий летний день уже ставит перед растением нелёгкую задачу — сохранить свои листья достаточно насыщенными влагой, несмотря на сильную потерю её на ветру и на солнце.

Одним из главнейших приспособлений, позволяющих растению ограничивать свой расход воды в сухую погоду, является его устьичный аппарат. Мы уж говорили о мельчайших многочисленных отверстиях, которые служат для сообщения межклетников листа с окружающей атмосферой и которые называются устьицами. Каждое устьице обрамлено двумя замыкающими клетками изогнутой полулунной формы (см. рис. 16, стр. 37). Устьичные клетки способны сближаться друг с другом и отодвигаться одна от другой, и этим открывать или закрывать находящиеся между ними отверстия.

Две замыкающие клетки плотно спаяны своими концами, тогда как в средней части они только соприкасаются друг с другом или оставляют щель, которая и представляет собою устьичное отверстие. Ширина этого отверстия является непостоянной и может изменяться в зависимости от внешних условий. Если растение насыщено водой, то устьичные клетки напряжены. А так как концы их скреплены друг с другом, то это напряжение заставляет их изгибаться в разные стороны, и устьица широко раскрываются. Если же растение испытывает недостаток в воде и завядает или даже только приближается к завяданию, то устьичные клетки теряют своё напряжение, сближаются, и щель между ними закрывается.

Таким образом, устьица растений — это автоматически действующий аппарат, при помощи которого во время засухи сообщение межклетников с окружающим воздухом прекращается и тем самым значительно уменьшается испарение воды листьями. Напротив, в условиях достаточного водоснабжения устьица широко раскрыты и растение щедро тратит воду. Но одновременно и углекислому газу атмосферы широко открыт доступ к зелёной листовой

мякоти, где будет энергично идти процесс фотосинтеза. Опыты показывают, что при закрытых устьицах отдача воды листьями сокращается в 10 и более раз. Устьица тем сильнее ограничивают расход воды листьями, чем меньше её остаётся в почве и чем труднее добывать её растению. Однако закрывание устьиц имеет и невыгодные последствия — прекращение доступа углекислого газа в межклетники листа, а следовательно, и приостановку процесса фотосинтеза. Здесь мы встречаемся с одним из глубоких противоречий, заложенных в самой природе растения, — противоречий между водообеспеченностью листьев и происходящим в них важнейшим процессом питания — фотосинтезом.

Противоречие это сказывается на растениях тем сильнее, чем засушливее населенные ими области. Поэтому так разнообразны и приспособления растений к перенесению засухи. В условиях жарких и сухих пустынь растения имеют значительно меньшую испаряющую поверхность, как, например, кактусы, у которых листья превратились в колючки, а усвоение углекислоты осуществляется зелёными мясистыми стеблями, содержащими в себе огромные запасы воды. У других растений, например у алоэ или агав, эти запасы воды заключены в толстых мясистых листьях. У пустынных растений, кроме того, имеется огромная корневая система, охватывающая очень большой объём почвы и нередко спускающаяся на значительную глубину. Таковы, например, обычные в пустынях Казахстана полынь, верблюжья колючка и подобные им растения. Надземные же части этих растений имеют вид жалких, редко сидящих кустиков, во много раз уступающих по своим размерам подземным частям (рис. 21). Эти растения к тому же имеют не яркозелёный, а серый цвет от густо покрывающих их мёртвых, сухих волосков, защищающих листовую мякоть от чрезмерного перегревания палящими лучами солнца.

Многие растения засушливых мест необычайно быстро проходят весь свой жизненный путь: весной, когда в пустынях есть ещё запас влаги в почве после зимних осадков и когда ещё перепадают дожди, они очень быстро зеленеют, дают несколько листочков, затем через две-три недели уже зацветают, плодоносят и успевают дать зрелые семена, прежде чем начнётся летняя сушь. Эти скоро-

спелки как бы убегают от засухи. Но обладая очень малой продолжительностью жизни, они по большей части имеют карликовые размеры. Другие пустынные растения — многолетники полукустарникового типа не снижают своей жизнедеятельности вплоть до самой засухи, а затем впадают в состояние полного оцепенения, сбрасывая свои

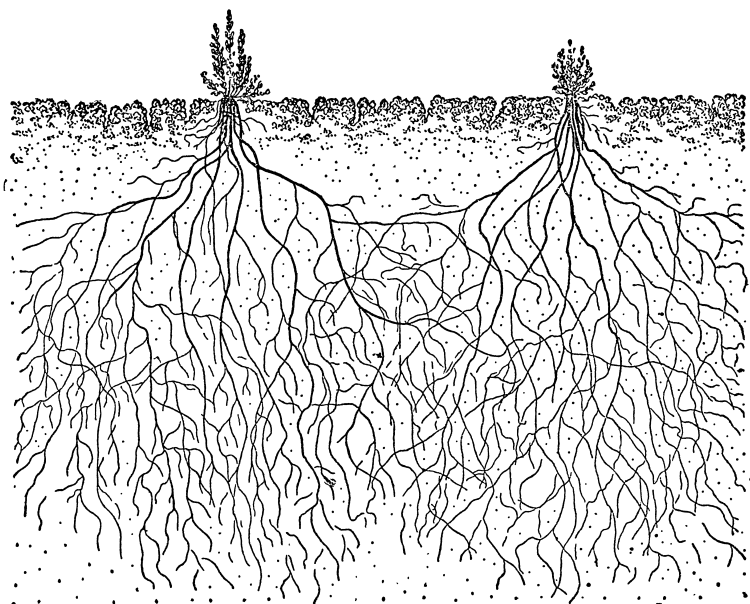


Рис. 21. Кустики пустынной полыни с корневой системой, во много раз превышающей размеры надземных частей.

листья и даже целые ветки для сокращения потери воды. Сюда относятся такие, уже упомянутые, растения пустынь, как полынь, верблюжья колючка и другие, покрывающие огромные пространства в Казахстане и среднеазиатских республиках.

Есть и такие растения, которые способны выносить полное высыхание, а затем, при возобновлении подачи воды, вновь оживать и продолжать свой рост. Сюда относятся низшие растения — мхи и лишайники, покрывающие кору деревьев или голые камни. В промежутках

между дождями они высыхают до того, что их можно истереть в порошок, а после дождя напитываются водой и возобновляют свою жизнедеятельность. Так же ведут себя и некоторые пустынные злаки и осоки, которые могут переносить в высохшем состоянии периоды длительного бездождия, а затем быстро зеленеть и возобновлять свой рост, как только пройдут хотя бы кратковременные дожди. Наконец, почти у всех растений оказываются способными к полному высыханию вполне зрелые, наполненные питательными запасами семена. В сухом состоянии, в течение долгого времени они могут сохранять свою всхожесть и не терять жизнеспособности. Очень мало воды содержат в себе также и зимующие почки. Но у растущих жизнедеятельных органов потеря слишком большого количества воды неизбежно приводит к повреждению и гибели протоплазмы, а следовательно, к отмиранию растительных органов.

Наши сельскохозяйственные растения не могут переносить засуху без большого вреда; все они сильно страдают во время засухи и значительно снижают урожай. Это обуславливается уже отмеченными нами угнетением процесса фотосинтеза, вследствие закрывания устьиц, но в ещё большей степени тем, что недостаточное снабжение молодых растущих органов водой сильно задерживает их рост, а в силу этого и развитие листовой поверхности. А так как листья представляют собой основные рабочие органы растений, в которых создаются важнейшие питательные вещества — углеводы и белки, то сокращение листовой поверхности неизбежно влечёт за собой общее снижение накопления вещества растением, то-есть снижение урожая.

Различные растения в разной степени чувствительны к недостатку воды. Одни при засухе очень резко снижают урожай, другие являются более выносливыми и легче оправляются после перенесённого глубокого завядания. Это различие в устойчивости обуславливается, главным образом, внутренними свойствами протоплазмы клеток растений. У одних она скорее теряет свою активность при недостатке воды, у других — дольше сохраняет её. Этими внутренними свойствами и определяется степень засухоустойчивости отдельных сортов сельскохозяйственных культур.

Наиболее устойчивыми будут те сорта, которые возникли или были выведены в более засушливых областях. Так, среди пшениц наибольшей засухоустойчивостью обладают сорта, выведенные на селекционных станциях нашего юго-востока — Саратовской, Безенчукской, Краснокутской и других. Напротив, сорта пшениц, выведенные селекционерами во влажных районах, попадая в условия наших степей, сильно страдают от засухи, и урожаи их оказываются ничтожными. Засухоустойчивые сорта отличаются и некоторыми внешними признаками, помогающими им лучше переносить засушливый климат. Мы находим у них более развитую корневую систему, более узкие листья, более толстую кутикулу, а также большую скороспелость, позволяющую им как бы уходить от засухи, наступающей обычно во вторую половину лета. Но все эти внешние признаки являются лишь дополнением к основной особенности засухоустойчивых растений — большей устойчивости их протоплазмы при недостатке воды.

Наиболее засухоустойчивые сорта пшеницы и других культурных растений только и могли быть выведены на наших селекционных станциях, расположенных в засушливой полосе СССР. Испытывая почти ежегодно действие засухи, высеваемые здесь пшеницы постепенно изменяют свою наследственную природу в сторону всё большей и большей засухоустойчивости. Поэтому даже в крестьянских хозяйствах, переселившихся сюда ещё во время сельскохозяйственного освоения юго-восточных областей, без систематического отбора возникли более устойчивые к засухе сорта, хотя и представлявшие собой довольно пёструю смесь различных форм.

Каждый засушливый год, когда менее стойкие формы либо почти не давали зерна, либо совсем погибали, способствовал отбору более стойких форм. Селекционерам в таких случаях путём тщательного и планомерного отбора оставалось лишь выявить наиболее устойчивые формы, тщательно испытать их, размножить и передать в производство. Так были созданы многие выдающиеся по своей засухоустойчивости сорта, которые затем были подвергнуты дальнейшему улучшению путём скрещивания с более урожайными, более скороспелыми, дающими лучшее по качеству зерно.

Таким же образом нужно представлять себе и возникновение пустынных растений. Все их особенности, позволяющие расти им в самых сухих условиях, выработались в них под влиянием окружающей среды. Одним из основных положений передовой биологической науки, созданной великим преобразователем природы И. В. Мичуриным и успешно развиваемой академиком Т. Д. Лысенко, является положение о единстве организма и окружающей его среды.

Внешние условия, действующие на растения в течение ряда поколений, усваиваются ими и становятся их потребностями. Под влиянием этих условий изменяются не только ход индивидуальной жизни растений, их размеры, устойчивость, урожайность, но и порода, то-есть наследственность. Таким путём возникли все современные растения, обнаруживающие высокую степень приспособленности их к окружающей среде. По мере вековых изменений, совершающихся на земной поверхности, возникают всё новые и новые формы растений и животных, приспособленные к этим новым условиям существования. На основе мичуринского учения в условиях социалистического сельского хозяйства переделка природы осуществляется несравненно более быстрыми темпами и притом направленно, то-есть в интересах человека.

Откуда растение получает азот

Из предыдущего мы знаем, что большую часть своего тела растение строит из углерода, водорода и кислорода, получаемых из углекислого газа атмосферы и из воды. До 90 и более процентов сухого вещества растения приходится на долю этих элементов, из которых состоят углеводы — сахар, крахмал, а также клетчатка. Но всё же этих элементов недостаточно для того, чтобы построить живое вещество — протоплазму растительных клеток. Важнейшей составной частью протоплазмы являются белки, которые, кроме углерода, водорода и кислорода, содержат в себе азот, серу, фосфор. Белки — это одни из самых сложных веществ на земле. Самым опытным химикам до сих пор не удаётся получить их искусственно, путём синтеза (химического соединения) из более простых веществ. Но пути к синтезу белковых

веществ уже намечаются и есть все основания надеяться, что советским химикам и эту труднейшую задачу удастся разрешить. А пока приходится довольствоваться теми белками, которые создают растения в своих листьях.

Для построения белков, кроме углеводов, растениям нужен азот, которого белки содержат около 16—18 процентов. Как и откуда растения получают этот азот? Существует два источника азота: 1) атмосферный воздух, в котором содержится около 79,2 процента азота по объёму, 2) почва, где имеется перегной, который содержит в себе азот в виде белков и продуктов их распада, а также солей аммиака и азотной кислоты. В этих соединениях азот находится не в свободной, как в атмосфере, а в связанной форме, в соединении с углеродом, кислородом и водородом, а также и другими элементами.

Какой из этих двух источников азота — атмосфера или почва — является более доступным для растений? Этот вопрос может быть решён только опытом. Мы уже говорили, что растения можно выращивать совсем без почвы, на одной воде, в которой растворено небольшое количество солей. Соли представляют собою те вещества, которые мы находим в золе, остающейся после сжигания растений. Именно поэтому зола и представляет собою хорошее удобрительное средство. Но опытами установлено, что если к этим солям не прибавлять азотистых веществ, то растения на таком растворе хорошо расти не будут, несмотря на то, что они со всех сторон окружены свободным атмосферным азотом. При этом получатся карликовые растения (рис. 22), которые вырастут лишь настолько, насколько им позволят отложенные в семени запасы азотистых веществ. И если мы произведём химический анализ таких карликовых растений, то увидим, что они действительно содержат в себе лишь такое количество азота, какое было в семенах, из которых они выросли.

Это показывает, что свободный азот атмосферы совершенно недоступен для высших зелёных растений и что они не могут обходиться без азота, получаемого ими из почвы. В этом лежит разгадка того факта, что почва тем плодороднее, чем она чернее, то-есть чем больше в ней перегноя, содержащего азот. Потому-то навоз и другие

органические остатки являются прекрасными удобрениями.

Правда, свежие, еще не разложившиеся остатки не могут быть непосредственно использованы как удобрение. Для этого они должны перегнить, то-есть разложиться на более простые соединения под воздействием гнилостных микробов, имеющихся в почве в огромных количествах. Эти микробы, несмотря на свою ничтожную величину, выполняют огромной важности работу. Они разрушают сложные соединения — углеводы, жиры, белки — и превращают их в простые — углекислый газ, воду, аммиак, сероводород и т. п. А эти вещества уже могут быть использованы растениями или непосредственно как углекислота и отчасти аммиак, или после их окисления.



Рис. 22. Подсолнечник. Слева (1) — выращенный в промытом кварцевом песке, смоченном питательным раствором, включающим азот (селитру); справа (2) — выращенный на таком же растворе, но без азота.

Значение микробов в жизни почвы чрезвычайно велико. В каждом кубическом миллиметре почвы имеются миллионы различных бактерий.

Если бы в почве не было микробов, способных разрушать органические остатки, поверхность земли покрылась бы нетленными трупами животных и растений и для новой жизни уже не оказалось бы места. Поэтому гнилостные бактерии являются не врагами нашими, а благодетелями.

Но в почве живут не только бактерии-разрушители, но и бактерии-созидатели. Среди них наиболее важными являются те, которые могут усваивать свободный азот атмо-

сферы, совершенно недоступный для высших зелёных растений. Составляющий $\frac{4}{5}$ частей атмосферы свободный азот представляет собою вещество, чрезвычайно инертное, бездеятельное. Этим он резко отличается от кислорода, который очень легко вступает в соединение с самыми разнообразными веществами, вызывая их окисление, иногда очень медленное, как ржавление железа, а иногда очень быстрое, как горение органических веществ. Азот же во всех этих реакциях окисления не принимает никакого участия. Он только несколько замедляет их. Вот почему в чистом кислороде все процессы горения идут гораздо скорее и энергичнее, чем в воздухе.

Однако при некоторых условиях можно заставить и азот вступить в соединение с другими элементами, например, с тем же кислородом воздуха, с которым он обычно не вступает ни в какое взаимодействие. Для этого нужно через воздух пропускать сильный электрический ток и затем этот воздух быстро охладить. Так можно получить из воздуха азотную кислоту. И это действительно осуществляется в заводском масштабе. Несколько сложнее, но зато значительно дешевле получение из азота атмосферы аммиака, представляющего собою соединение азота с водородом. Этот способ является сейчас наиболее распространённым на наших заводах, изготавливающих азотные удобрения.

Высшие зелёные растения, как было отмечено, не обладают способностью связывать свободный азот атмосферы для построения белковых веществ. Среди же микробов, живущих в почве, удалось найти таких, которые обладают этой удивительной способностью. В почве всегда можно найти микроскопически мелкие шарики бурого цвета. Это — клетки азотобактера, микроба, получившего это название за свою способность усваивать атмосферный азот.

Почва, в которой много азотобактера, становится всё богаче соединениями азота. Клетки азотобактера живут недолго, новые быстро нарождаются, а старые отмирают; их тела становятся добычей гнилостных микробов, вызывающих их распад и обогащающих почву доступными для корней растений соединениями азота.

Особенно благоприятные условия для своего размножения находит азотобактер в рыхлых почвах паровых

полей. Поэтому лежащая под паром почва накапливает в себе соединения азота в довольно больших количествах и становится более плодородной. Нужно только поддерживать её в рыхлом состоянии, обеспечивающем достаточный доступ воздуха в более глубокие слои и не давать ей зарастать сорняками.

Количества азота, связываемого азотобактером, весьма значительны. За лето почва может накопить на гектаре за счёт работы этих микробов до 100 и более килограммов связанного азота.

Для своего роста азотобактер нуждается в готовых безазотистых веществах, главным образом углеводах, которые он получает от перегнивающих растительных остатков, например, за счёт запаханной стерни и корней культурных растений. Живые корни растений также обогащают почву некоторым количеством органического вещества. А потому особенно много азотобактера мы находим в непосредственной близости от корней растений почти на самой поверхности корней. Получается как бы обмен услуг между микробами и растениями — азотобактер снабжает растения связанным азотом, а они питают его безазотистыми органическими соединениями.

Этот обмен услуг ещё более отчётливо выражен у другой группы бактерий, также способных усваивать атмосферный азот, именно, у клубеньковых бактерий. Эти бактерии живут в особых клубеньках, образующихся на корнях бобовых растений, как горох, бобы, вика, клевер, люпин, люцерна, соя и другие. Среди бобовых есть и кустарники, как белая и жёлтая акация, колючая гледичия и другие. На корнях всех этих растений мы найдём небольшие клубеньки, величиной от просяного зерна до горошины, а в клубеньках — множество бактерий. Первоначально думали, что эти клубеньки представляют собою болезненные наросты, но более глубокое изучение показало, что растения, на корнях которых образуются клубеньки, растут гораздо лучше, а главное — они не нуждаются в азотных удобрениях.

Точные анализы показали, что бобовые растения содержат в себе много азота, гораздо больше, чем его имелось в почве, когда они были в неё высеяны. Кроме того, и почва после культуры бобовых растений становится

не беднее, а значительно богаче азотом. Происходит это потому, что после уборки урожая в почве остаются корни бобовых с находившимися на них клубеньками, в которых скопляется особенно много азотистых веществ.

В настоящее время удалось точно установить, что клубеньковые бактерии, подобно азотобактеру, усваивают свободный азот атмосферы, переводят его в связанную форму, доступную для использования растениями. Бобовые растения в свою очередь снабжают своих жильцов необходимыми для них углеводами. Живя вместе и взаимно обмениваясь продуктами своей жизнедеятельности, бобовые растения и клубеньковые бактерии усваивают из воздуха углекислоту и азот, а поэтому и могут успешно произрастать на песчаных, бедных перегноем почвах, лишь бы в них было достаточно других минеральных веществ.

Благоприятное действие культуры бобовых растений на последующие за ними урожаи злаков и других растений было подмечено практиками сельского хозяйства ещё задолго до того, как выяснилось существо этого действия. Уже в начале XIX столетия стала получать широкое распространение культура клевера в качестве предшественника пшеницы и других злаков, и это способствовало значительному повышению урожайности полей. Точно также уже давно было подмечено, что смешанные посевы овса с викой или горохом дают значительно лучшие результаты, чем чистые посевы овса и приводят не к истощению, а, напротив, к повышению плодородия почвы. Все эти наблюдения практиков тогда ещё не могли найти себе правильного объяснения, потому что в те времена ещё и не подозревали о существовании клубеньковых бактерий и способности их усваивать атмосферный азот. Только после того, как в середине прошлого столетия была создана новая наука — микробиология, оказалось возможным понять это благотворное влияние бобовых растений, как азотособираателей.

Связыванием свободного атмосферного азота и переводом его в усвояемую другими растениями форму не ограничивается польза от бобовых растений. Обладая по большей части стержневыми, глубоко идущими в почву корнями, они извлекают из глубоких слоёв почвы необходимые им кальциевые (известковые) соли. После отмира-

ния растений верхние слои почвы оказываются обогащёнными кальцием, который поглощается перегноем. Это придаёт последнему прочность, то-есть способность не распыляться в воде.

Одним из важнейших условий почвенного плодородия, как указывает выдающийся советский учёный академик В. Р. Вильямс, является мелкокомковатая структура почвы. Такая структура создаётся периодическим посевом на полях многолетних бобовых трав в смеси с рыхло-кустовыми злаками.

У злаковых многолетних трав корни мочковатые (тонкие, ветвистые); развиваются они преимущественно в верхнем слое почвы, густо и равномерно пронизывают её и разделяют на комки, величиной от 1 до 10 миллиметров. Корни злаковых трав ежегодно отмирают и разрушаются бактериями, образуя свежий перегной. Этот перегной пропитывается солями кальция, извлечёнными корнями бобовых трав из нижних слоёв почвы.

Такой перегной обладает способностью склеивать (цементировать) частички бесструктурной почвы в комках, образовавшихся под воздействием мочковатых корней злаковых трав. Так, при совместном воздействии бобовых и злаковых многолетних трав, распылённая, бесструктурная почва превращается в комковатую, структурную. Поэтому введение в севооборот травяных полей, где высеваются травосмеси, состоящие из бобовых (люцерна, клевер и др.) и злаковых (житняк, тимофеевка и др.) многолетних трав, способствует созданию прочной мелкокомковатой структуры почвы и обогащает её азотом. Травопольные севообороты являются поэтому совершенно необходимым звеном правильной системы земледелия, разработанной В. Р. Вильямсом и получившей название травопольной системы. В настоящее время эта система земледелия, согласно постановлению Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года, вводится и осваивается во всех колхозах и совхозах степных и лесостепных районов европейской части СССР, как надёжное средство для создания высоких и устойчивых урожаев независимо от стихийных сил природы. Эта система земледелия, понятно, в равной мере необходима для колхозов и совхозов также других зон нашей страны.

Минеральное питание растения

Растениям для своей жизни необходимо получать из почвы не только азот, но и ряд других элементов, которые после сжигания растений остаются в виде золы и получили поэтому название зольных или минеральных элементов.

Если взять проросток какого-либо растения и укрепить его над банкой с чистой водой так, чтобы его корешок был погружён в воду, то он будет расти и развиваться, даст несколько листьев, а иногда может даже зацвести. Но всё же нормального растения не получится: оно скоро станет обнаруживать признаки истощения, листья начнут бледнеть и отсыхать, и оно погибнет даже в том случае, если внести в воду немного азота, например, в виде селитры.

Растение погибнет потому, что ему необходимы зольные вещества. В семени их настолько мало, что они дают возможность проростку развиваться лишь некоторое время. Но как только они иссякнут, наступает истощение и смерть. Если взять щепотку золы в 1—2 грамма, лучше всего от такого же растения, какое мы хотим вырастить в банке, и растворить её в литре воды, то положение сразу же изменится. На таком растворе растение будет развиваться вполне нормально.

Какие же зольные вещества необходимы для питания растения? Что это за вещества и все ли они действительно необходимы? Химический состав золы растений хорошо известен. Мы находим в ней больше всего калия, кальция, фосфора, кремния, магния, нередко много натрия, затем серу, железо, марганец, бор и другие элементы, входящие в состав почвенных минералов. Выращивая растения на растворах солей, состоящих из этих элементов и исключая по очереди то один, то другой из них, удалось выяснить, без каких элементов растения совершенно отказываются нормально расти, а какие могут быть исключены без вреда (рис. 23).

Таким путём удалось установить, что больше всего растения нуждаются в калии, фосфоре, магнии, сере и кальции. В очень малых количествах им необходимы железо, марганец, бор, цинк, медь. Все эти элементы равнозначимы и незаменимы. Ни один из них не может быть

заменён другим. При полном отсутствии какого-либо из этих элементов растение не будет развиваться, оно погибнет. А вот без натрия и кремния растение может вполне обойтись. Если мы и встречаем их в золе растений в значительных количествах, то лишь потому, что их много



Рис. 23. Водные культуры табака на полном питательном растворе необходимых минеральных солей (1) и на растворах, из которых был исключен кальций (2) или фосфор (3), или калий (4).

содержится в почве, откуда они неизбежно попадают в растения вместе с водой.

Почти каждый вид почвы содержит необходимые для растения питательные элементы. Поэтому на каждой почве, если она достаточно увлажняется осадками, мы находим растительность. Но не каждая почва содержит все элементы в достаточном количестве для того, чтобы

обеспечить нормальный рост растений. Практика сельского хозяйства с незапамятных времён научила отличать богатые, плодородные почвы от бедных. Но отчего та или иная почва недостаточно плодородна и как устранить причины её бедности, как повысить урожайность? Ответить на этот вопрос оказалось возможным лишь после того, как наука установила основы почвенного плодородия и питания растений. Плодородие почвы в полной мере может быть обеспечено, как мы уже отмечали, травопольной системой земледелия. Одним из её звеньев является система удобрения.

Задача этой системы состоит в том, чтобы сельскохозяйственные растения были обеспечены питательными веществами и созданы условия для жизнедеятельности почвенных бактерий. Для этого лучше всего применять органические удобрения совместно с минеральными.

До недавнего времени считали, что для получения высокого урожая достаточно удовлетворить потребность растений в азоте, калии и фосфоре. Потребность же их в кальции, магнии, сере, а тем более в остальных элементах, которые нужны лишь в ничтожных количествах, всегда в достаточной мере обеспечивается теми запасами этих веществ, которые имеются во всякой почве. Оказалось, однако, что так бывает далеко не всегда. Правда, магния, кальция и серы действительно вполне достаточно во всех почвах, за самыми редкими исключениями. Но не такими уж редкими оказались случаи, когда растения обнаруживали признаки страдания от недостатка таких элементов, как марганец, бор и даже медь и цинк, которые нужны растениям в совершенно ничтожных количествах. Недостаток бора иногда даёт себя чувствовать на свекловичных плантациях, вызывая у свёклы особую болезнь, так называемую гниль сердечка. Очень чувствителен к недостатку бора и лён. От недостатка меди плохо развиваются посевы на торфяных почвах осушенных болот. От нехватки цинка страдают и даже гибнут насаждения ценного тунгового дерева. А от недостатка железа на известковых почвах растения страдают хлорозом — в их листьях не образуется хлорофилла, и они становятся бледножёлтыми, а затем буреют и отмирают.

Минеральные элементы, необходимые растениям в ничтожно малых количествах, получили название *микро-*

элементов. Их значение для растений нередко сравнивают со значением для животных и человека так называемых витаминов, которые нужны также в ничтожных количествах и отсутствие которых в пище вызывает ряд серьёзных расстройств — цыngu, пеллагру, болезнь бери-бери и т. п. Очень часто для повышения урожаев на бедных микроэлементами почвах их вносят вместе с другими удобрениями, применяя для этого по большей части отходы, получаемые при переработке и обогащении соответствующих руд — колчеданные огарки, содержащие в себе остатки меди, марганцовые шламмы, отходы при получении борной кислоты и т. п.

Нередко недостаток в растениях микроэлементов вызывается не полным их отсутствием в почве, но тем, что они являются недоступными для корней растений, находясь в совершенно нерастворимом состоянии. Особенно часто это бывает на почвах, имеющих несколько щелочную реакцию от избытка извести, которая переводит многие из микроэлементов в недоступную для растений форму. Вот почему на известковых почвах и наблюдается нередко хлороз, хотя железа в них находится довольно много. На таких почвах внесение микроудобрений не всегда достигает цели, так как попавшие сюда микроэлементы прочно ею связываются и в растения не поступают. В этих случаях в последнее время стали прибегать к опрыскиванию растений слабыми растворами микроэлементов. Эти растворы всасываются листьями, и микроэлементы непосредственно проникают, в клетки растений.

Различные минеральные элементы выполняют в растениях разные назначения. Поэтому они и не могут заменять друг друга. Азот, как мы уже отмечали, представляет собою необходимую составную часть белка; без азота не может быть и живого вещества. В состав белка обязательно входит и сера, хотя в меньшем, чем азот, количестве. Поэтому гниющие, разлагающиеся белки всегда пахнут аммиаком и сероводородом.

Фосфор находится в растениях в виде соединений фосфорной кислоты. Эта кислота входит в состав тех важнейших белковых веществ, из которых состоят клеточные ядра и протоплазма. Поэтому без фосфора также не может быть живого вещества. Кроме того, фосфорная кис-

лота принимает деятельное участие в процессе дыхания, без которого также нет жизни. Не менее важное значение имеет и калий. Он всегда, в виде солей, присутствует в жизнедеятельной протоплазме и играет очень важную роль в растениях при превращениях углеводов и отложении их в запас. Вот почему картофель и свёкла, которые в своих подземных органах накапливают большое количество углеводов (картофель — в виде крахмала, свёкла — в виде сахара), чрезвычайно отзывчивы на калийные удобрения.

Кальций имеет большое значение для роста корней, которые при его недостатке легко ослизняются и загнивают. Кроме того, он в больших количествах накапливается в клетках стареющих органов растений, нередко отлагаясь в виде кристаллов щавелевокислой извести, — совершенно нерастворимого в воде соединения кальция со щавелевой кислотой. В этом виде он, повидимому, является уже отбросом. Магний, как мы уже отмечали, входит в состав зелёного красящего вещества растений — хлорофилла, и уже это делает его совершенно необходимым для растений. Кроме того, он всегда находится в протоплазме молодых клеток и играет важную роль в происходящем в них обмене веществ.





Глава четвертая

ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЯ

Во всех растительных клетках как более старых, которые уже не делятся и не увеличиваются в размерах, так в особенности и в более молодых непрерывно идёт новообразование протоплазмы. В процессе своей жизнедеятельности она всё время разрушается и постоянно возобновляется. Жизнь — это непрерывное созидание и разрушение, непрерывный обмен веществ с окружающей средой, восприятие из неё материалов для построения живой материи и возвращение в неё отслуживших частей — отбросов жизненного процесса.

Как именно происходит переработка пищевых веществ в вещества живой протоплазмы, мы пока ещё очень мало знаем. Это один из труднейших вопросов биологии. Но мы знаем, что эта перестройка всегда сопровождается очень глубоким распадом, а затем окислением части этих веществ. Конечными продуктами этого окисления, то-есть соединения с кислородом воздуха, являются такие простые вещества, как углекислый газ и вода. Часть органических веществ, особенно углеводов, как бы сгорает в живых клетках. При этом выделяется энергия, которая используется при синтетических процессах, обуславливающих возникновение новых количеств живой протоплазмы. С этим окислительным процессом мы уже несколько познакомились, когда рассматривали прорастание семян. Он известен очень давно под названием дыхания и свойственен всем без исключения живым клеткам животных и растений. Очень энергично идёт процесс дыхания и у

микробов, что связано с их чрезвычайно быстрым ростом и размножением.

Внешним проявлением дыхания является выделение углекислого газа и воды и поглощение кислорода, необходимого для окисления углерода и водорода. Дыхание поэтому представляет собою полную противоположность фотосинтезу, при котором на свету поглощается и перерабатывается в углеводы углекислый газ и вода, а взамен выделяется кислород. Противоположны эти два процесса и в том отношении, что при дыхании органические вещества, и в первую очередь углеводы, потребляются, а при фотосинтезе они создаются. И, наконец, при дыхании энергия освобождается, выделяется и используется организмом для создания живой протоплазмы, а при фотосинтезе, напротив, затрачивается, поглощается энергия солнечных лучей.

В зелёных листьях растений и, вообще, во всякой клетке, заключающей в себе хлоропласты, оба противоположных процесса — дыхание и фотосинтез — могут идти одновременно. Протоплазма клеток зелёной мякоти листа всегда обнаруживает процесс дыхания. Он становится ясно заметным, если листья находятся в темноте, когда процесс фотосинтеза не может идти из-за отсутствия света. В темноте листья растения также выделяют углекислый газ и поглощают кислород, как и всякие другие его части. Это дыхание листьев является основной причиной всем известного самонагревания свежескошенного сена, сложенного в большие кучи.

При дыхании выделяется тепло, а наружные слои кучи препятствуют его распространению в окружающую среду и тем способствуют самонагреванию внутренних слоёв. Но когда листья растений ярко освещены солнцем или даже находятся на рассеянном свете, тогда в их хлоропластах идёт противоположный процесс — поглощается углекислота и выделяется кислород. Процесс этот идёт во много раз энергичнее, чем дыхание, которое одновременно совершается в протоплазме тех же самых клеток, а поэтому на свету мы будем наблюдать только фотосинтез и не сможем обнаружить дыхания. Но если мы будем постепенно уменьшать яркость падающего на лист света, например, постепенно отодвигать растение в глубь комнаты, то фотосинтез будет всё больше и больше ослабевать.

В конце концов мы сможем найти такую степень освещённости растения, при которой оно будет в процессе дыхания потреблять весь выделяемый при фотосинтезе кислород, а в процессе фотосинтеза перерабатывать всю выделяемую при дыхании углекислоту. В этой точке оба процесса будут уравнивать друг друга и будет казаться, что оба они остановились. Но это не так. Стоит только ещё дальше продвинуть растение от окна, чтобы заметить, что здесь уже дыхание перевесит фотосинтез и растение начнёт выделять углекислоту и поглощать кислород, подобно животному. Как видим, несмотря на свои ничтожные размеры, клетка растения представляет собою настолько сложное образование, что в ней могут одновременно идти два совершенно противоположных процесса.

Процесс дыхания может приводить к значительным потерям накопленного растениями органического вещества. Это легко наблюдать при прорастании семян до появления проростков на земной поверхности, пока они не подставили солнечным лучам свои первые листья. Опыты показывают, что в первые дни прорастания семян происходит потеря веса сухого вещества проростков. И если семена были заделаны слишком глубоко, то они могут израсходовать все свои запасы и погибнуть от истощения, так и не увидев дневного света.

Страдают и гибнут от истощения и комнатные растения, если их держать далеко от окна. Зимой и на окнах они получают так мало света, что прекращают рост и часто сбрасывают часть своих листьев, а то и совсем погибают. Только самые неприхотливые, самые теневыносливые растения могут успешно расти в комнатах, так как отличаются очень слабым дыханием.

Листья растений, соприкасающиеся со всех сторон с атмосферным воздухом и пронизанные разветвлённой системой межклетников, никогда не испытывают недостатка в кислороде для своего дыхания. К тому же в дневные часы они сами являются источником кислорода, выделяемого ими в окружающую атмосферу. В ином положении оказываются корни растений. Кислород проникает с трудом в наиболее глубокие слои даже рыхлой почвы. К тому же почва всегда кишит огромным количеством бактерий, которые жадно поглощают кислород и выделяют

большое количество углекислоты. А между тем и сами корни дышат очень энергично, так как молодые кончики их растут быстро. Кроме того, работа по накачиванию воды в наземные части растений и поглощению из почвы минеральных веществ требует затраты энергии, а следовательно, и усиленного дыхания. Поэтому для успешного выращивания растений необходимо заботиться о снабжении их корней кислородом. Для этого нужно производить обязательно глубокую вспашку, а затем поддерживать поверхностные слои почвы в достаточно рыхлом состоянии. Такое рыхление, кроме того, способствует сохранению почвенной влаги и удалению сорняков, перехватывающих у культурных растений и воду, и питательные вещества.

Очень большое значение для снабжения корней достаточным количеством кислорода имеет мелкокомковатое строение почвы. В промежутках между комками сравнительно легко циркулирует почвенный воздух, а находящаяся внутри комков влага хорошо используется корнями растений. Во время дождя или при таянии снега вода свободно проникает в такую почву на значительную глубину. Отверстия между комками почвы довольно скоро освобождаются от избытка воды, всасываемой комками или непосредственно корнями растений.

В почве же бесструктурной, выпаханной, почвенные частицы очень плотно прилегают друг к другу и движение воды и воздуха между ними крайне затруднено. Поэтому дождевые и снеговые воды в значительной своей части бесполезно стекают с поверхности почвы, уходя в ручьи и речки. А та часть этих вод, которая проникает в почву, полностью вытесняет почвенный воздух, затрудняет дыхание корней и тем снижает их жизнедеятельность. Поэтому на бесструктурной почве растения растут значительно хуже, чем на структурной, и дают пониженные урожаи. Создание и поддержание почвенной структуры является поэтому одной из важнейших задач правильного ведения полеводства.

Особенно опасным для корней растений является затопление почвы водой. При этом вода полностью заполняет все промежутки между почвенными комками и вытесняет отсюда воздух. Поэтому, если почва долго остаётся в затопленном состоянии, то корни растений задыхаются и отмирают. Этому способствует и то, что в

отсутствие кислорода в затопленной почве начинаются процессы брожения, дающие, кроме большого количества углекислоты, ещё такие ядовитые вещества, как сероводород, аммиак, масляная кислота и т. п., отравляющие корни растений. Следовательно, нужно не допускать слишком долгого застаивания вод на полях, устраивать сбросные канавы или сточные колодцы. По этой же причине заболоченные почвы, всегда пропитанные водой, непригодны для культуры сельскохозяйственных растений. Такие почвы необходимо осушать, прокладывая канавы или дренажные трубы, по которым могла бы стекать излишняя вода.

Почвы осушенных болот дают высокие урожаи, так как они содержат в себе большое количество растительных остатков. Однако такие урожаи получаются не сразу после осушки земель. Должно пройти некоторое время, чтобы в почве успели перегнить растительные остатки и разрушиться накопившиеся в ней ядовитые вещества.

А как же могут жить на заболоченных почвах болотные растения? Как может, например, рис не только хорошо расти, но и давать наиболее высокие урожаи в условиях затопления почвы водой? У этих растений мы находим чрезвычайно важную особенность: через всё их тело, начиная от листьев, через стебли и до кончиков корней, проходят широкие воздухоносные полости.

В дневное время, когда в процессе фотосинтеза листья обильно выделяют кислород, последний поступает в эти воздухоносные полости и по ним проникает в подводные части стеблей и корни, обеспечивая им процесс дыхания. Кроме того, эти растения могут дольше переносить недостаток кислорода, чем обычные растения. И, наконец, все растения заболоченных почв оказываются менее восприимчивыми к накапливающимся в этих почвах ядовитым веществам. Как видим, растениям в очень широких пределах свойственна способность приспосабливаться к условиям окружающей среды.





Глава пятая

РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Цветок, его строение и происходящий в нём процесс оплодотворения

Все живые организмы, населяющие землю, обладают ограниченной продолжительностью жизни. Каждое существо рождается, растёт, живёт, стареет и в конце концов умирает. Однако смерть отдельных живых существ не влечёт за собой прекращения существования всей данной группы организмов, в которую они входят и которую в науке называют видом. Виды продолжают существовать благодаря тому, что живые существа обладают способностью воспроизводить себе подобных, оставлять потомство. Этот процесс воспроизведения называют размножением организмов. В растительном мире особенно ярко выражена эта способность к размножению. Каждое растение приносит нередко сотни и тысячи семян и каждое семя, как мы видели, есть уже новое растение, хотя ещё зачаточное и находящееся в покое состоянии.

Только у самых низших организмов — бактерий, некоторых одноклеточных водорослей, амёб и некоторых других — размножение сводится к простому делению пополам, — из одной клетки возникают две, и каждая начинает жить самостоятельной жизнью; затем она снова делится и возникают уже четыре одноклеточных организма и т. д. У всех многоклеточных живых существ размножению предшествует слияние двух клеток в одну, после чего уже следует ряд последовательных делений этой клетки и образование нового организма. Это слияние получило название оплодотворения или полового процесса. При этом почти всегда одна из клеток обладает меньшими

размерами и большей подвижностью, а другая — большими размерами, меньшей подвижностью и некоторым запасом питательных веществ. Первая представляет собою мужскую оплодотворяющую клетку, или *сперматозоид*, а вторая — женскую оплодотворяемую клетку, или *яйцеклетку*.

У высших растений, размножающихся семенами, процесс оплодотворения совершается в цветках и осуществ-

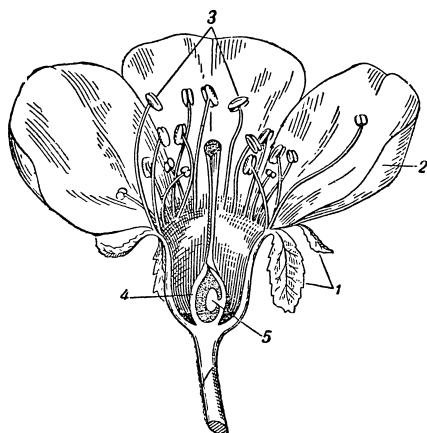


Рис. 24. Цветок вишни в разрезе: 1 — чашечка; 2 — венчик; 3 — тычинки; 4 — пестик, состоящий из столбика с рыльцем наверху и входящей под ним завязи. В завязи видна семяпочка (5).

ляется довольно сложно. Мы не будем останавливаться здесь на всех его деталях; отметим лишь самое существенное. Возьмём, например, цветок вишни (рис. 24). В нём мы легко различим цветочные покровы — зелёную чашечку и розовато-белый окрашенный венчик, и органы, служащие для оплодотворения, — тычинки и пестик.

Тычинки представляют собою мужские органы цветка; их важнейшей частью являются парные мешки — пыльники, в которых образуется пыльца. Она состоит из округлых

клеток с толстыми двойными оболочками и двумя ядрами, называемыми вегетативным и генеративным. Когда пыльники созревают, они раскрываются и пыльца из них высыпается. Но пылинки — это ещё не сперматозоиды. Последние образуются, когда пыльца прорастает — при этом наружная оболочка пыльцевой клетки лопаётся, а внутренняя вытягивается в длинную трубочку; в эту трубочку и перемещаются оба ядра. Вегетативное ядро, повидимому, только способствует росту пыльцевой трубки и дальнейшей роли в процессе оплодотворения не играет,

а генеративное — делится на два, которые вместе с прилегающим к ним небольшим количеством протоплазмы и превращаются (рис. 25) в мужские половые клетки — сперматозоиды. Они-то и производят оплодотворение.

Женским органом цветка является пестик. Его важ-

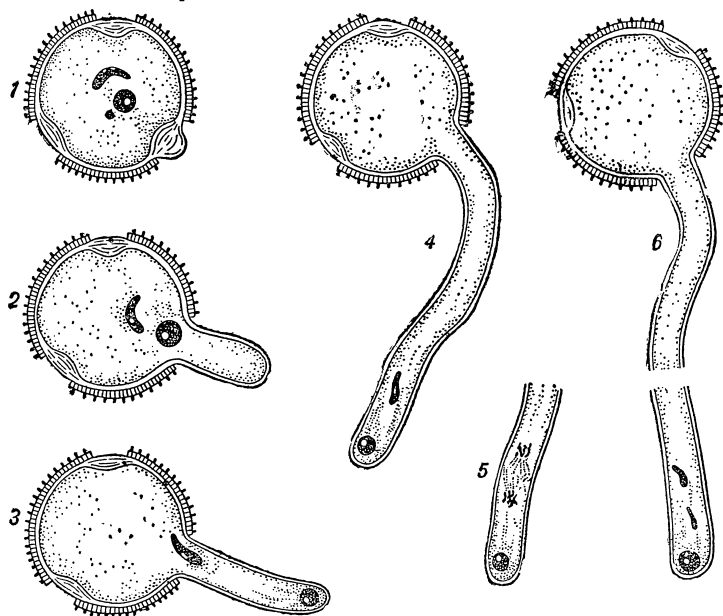


Рис. 25. Строение и прорастание пыльцы лилии: 1 — пылинка, покрытая двумя оболочками и содержащая в себе два ядра — округлое (вегетативное) и удлинённое (генеративное); 2, 3, 4 — начало прорастания пыльцы и вытягивание пыльцевой трубки; 5, 6 — деление генеративного ядра на два сперматозоида.

нейшую часть составляет завязь с находящимися в ней семязпочками. Семязпочек может быть разное число — от одной до большого количества. Верхняя часть пестика вытянута в столбик, иногда короткий, а иногда — очень длинный, а самая верхняя, обычно расширенная часть столбика, носит название рыльца. Чтобы найти собственно женские клетки, или яйцеклетки, нужно при большом увеличении рассмотреть строение семязпочки (рис. 26).

У каждой семязпочки мы найдём ножку, на которой она сидит, один или два покрова, не вполне смыкающиеся

на её конце, и затем центральную её часть, в которой ясно выделяется большая клетка, во много раз более крупная, чем все остальные, — эта клетка получила название зародышевого мешка. Но это ещё не женская

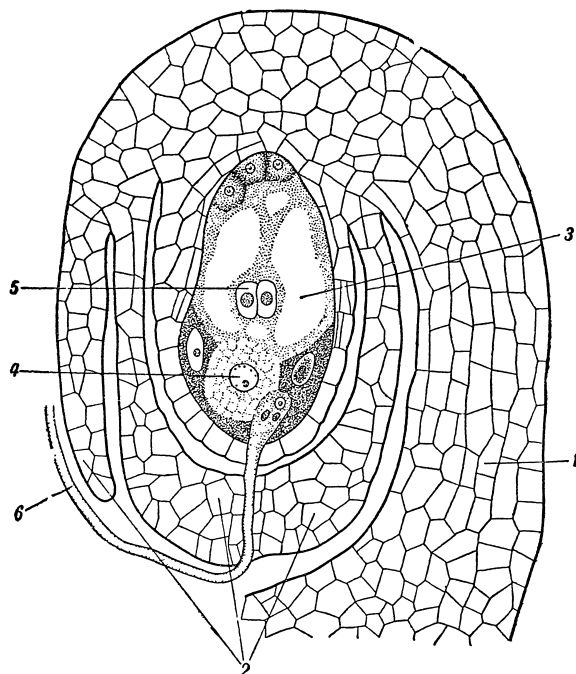


Рис. 26. Семяпочка лилии непосредственно перед оплодотворением: 1 — ножка семяпочки; 2 — покровы; 3 — зародышевый мешок; 4 — лежащая в нём яйцеклетка; 5 — вторичное ядро зародышевого мешка (составляющие его ядра ещё не слились друг с другом); 6 — конец проникшей в семяпочку пыльцевой трубки с двумя сперматозоидами и вегетативным ядром.

клетка; она обособляется в зародышевом мешке лишь незадолго до полного распускания цветка. В это время ядро, находившееся в центре зародышевого мешка, начинает делиться сперва на два, затем на четыре, и, наконец, на восемь новых ядер.

Из возникших таким образом новых ядер три направляются к одному концу зародышевого мешка, три к дру-

тому, а два остаются посредине. Около каждого из ядер, отошедших к концам зародышевого мешка, обособляется некоторая часть протоплазмы и, таким образом, возникают шесть клеток, которые, однако, не образуют вокруг себя оболочек, а остаются лежать внутри общей оболочки зародышевого мешка. Одна из этих клеток лежит ближе к тому концу зародышевого мешка, где не вполне сходятся покрывающие центральную часть семязпочки покровы; это и будет собственно яйцеклетка, которая принимает непосредственное участие в процессе оплодотворения. Остальные же пять — две у одного конца зародышевого мешка и три у другого — имеют лишь вспомогательное значение. Наконец, оставшиеся в центре два ядра сливаются друг с другом и дают так называемое вторичное ядро зародышевого мешка. Теперь семязпочка вполне созрела и готова к оплодотворению.

Самое оплодотворение совершается следующим образом. Пылинки, выпавшие из пыльника, попадают на рыльце пестика. Это будет ещё только подготовительный к оплодотворению этап, называемый опылением. Различают самоопыление, когда на рыльце попадает пыльца из того же цветка, и перекрёстное опыление, когда пыльца заносится из другого цветка, обычно ветром или насекомыми. На рыльце пыльца прорастает, то-есть выпускает пыльцевую трубку, которая быстро растёт, спускаясь вниз по столбику (рис. 27), затем врастает в завязь, доходит

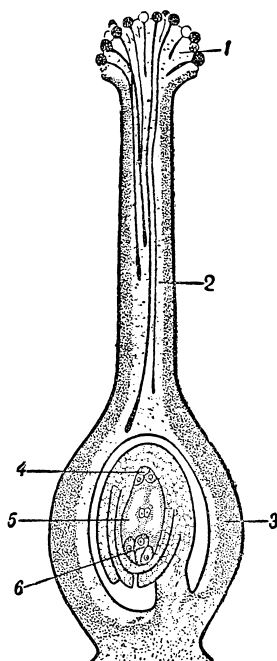


Рис. 27. Прорастание пыльцы на рыльце (1) пестика. Пыльцевые трубки спускаются вниз по столбику (2) и направляются к семязпочке (4), находящейся внутри завязи (3). Середину семязпочки занимает огромная клетка — зародышевый мешок (5), с находящимися в нём яйцеклеткой (6), пятью вспомогательными клетками и двойным ядром посредине.

до семяпочки. Затем через отверстие, оставшееся от неполного смыкания покровов, пыльцевая трубка дорастает до оболочки зародышевого мешка. В самом конце этой трубки, как мы уже отмечали, проходят весь этот долгий и сложный путь и находящиеся в ней мужские половые клетки, то-есть сперматозоиды.

Пыльцевая трубка пробивает затем оболочку зародышевого мешка и сама вскрывается на своём конце. Сперматозоиды выскальзывают из неё и один из них направляется к яйцеклетке и сливается с ней. Это и будет собственно оплодотворение. Мы уже отмечали, что у всех живых существ оплодотворение состоит в слиянии двух клеток — мужской и женской. С этого момента и начинается жизнь нового существа. Но у растений дело этим не ограничивается. Второй сперматозоид проникает ещё глубже в зародышевый мешок, приближается к вторичному ядру этого мешка и сливается с ним. Происходит чрезвычайно своеобразное двойное оплодотворение. Оно было открыто в конце прошлого столетия выдающимся русским учёным академиком С. Г. Навашиным.

Развитие и созревание семян и плодов

Развитие нового поколения начинается с деления той клетки, которая возникла в результате слияния яйцеклетки и сперматозоида и носит в науке название зиготы. За первым её делением следует второе, затем третье и так далее, и в результате из зиготы образуется многоклеточное тело — зародыш будущего растения (рис. 28). Зародыш этот лежит внутри зародышевого мешка, в котором также происходит ряд важных изменений. Прежде всего зародышевый мешок сильно разрастается, и хотя зародыш быстро растёт, он остаётся внутри мешка и не разрывает его. Кроме того, вторичное ядро зародышевого мешка, после своего слияния со вторым сперматозоидом, также начинает делиться и даёт начало множеству мелких клеток (рис. 28, Г, З). Они заполняют всю полость зародышевого мешка между его стенками и разрастающимся зародышем, который оказывается при этом либо сдвинутым в одну сторону, либо со всех сторон окружённым мелкоклеточной тканью. Ткань эта, как ранее было отмечено, получила название эндосперма и имеет вспомога-

тельное значение — в ней откладываются питательные вещества, которые притекают к растущим и созревающим семенам из материнского растения и служат тем запасом, который расходуется зародышем семени при его прора-

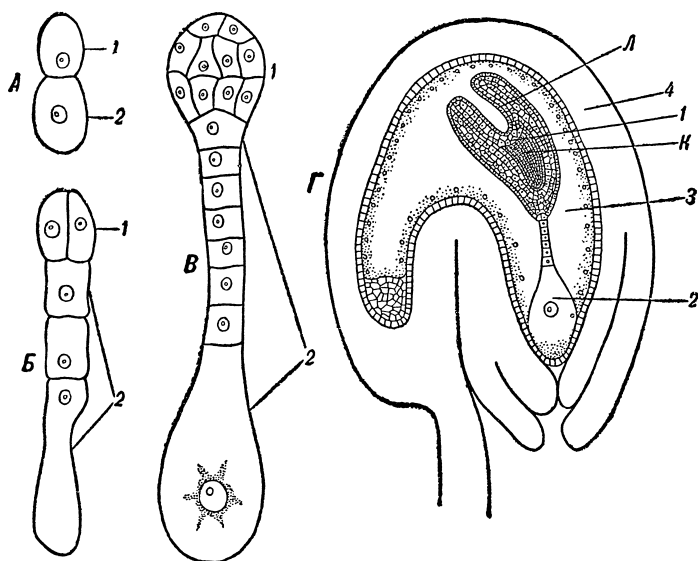


Рис. 28. Развитие зародыша из оплодотворённой яйцеклетки (зиготы) у сорного растения пастушьей сумки. А — зигота разделилась на две клетки, из которых верхняя (1) образует затем зародыш, а нижняя (2) поддерживающий его подвесок. Б и В — дальнейшее развитие зародыша (1) и подвеска (2). Г — семяпочка, превращающаяся в семя. 1 — зародыш, в котором уже обособился корешок (К) и два первых листа — семядоли (Л); 2 — подвесок; 3 — зародышевый мешок, заполняющийся мелкими клетками и превращающийся в эндосперм; 4 — покровы семяпочки, превращающиеся в кожуру семени

стании. С эндоспермом мы уже познакомились, когда рассматривали строение семени пшеницы.

Одновременно с ростом зародыша и эндосперма разрастаются покровы семяпочки, которые превращаются в конце концов в кожуру семени (рис. 28, Г, 4), а вся семяпочка — в семя. Вместе с тем начинают разрастаться и стенки завязи, которая превращается в плод. У многих растений эндосперм потребляется не при прорастании

семени, а гораздо раньше, еще при его созревании. Тогда в зрелом семени мы его не находим, и зародыш заполняет собою всё семя и лежит непосредственно под семенной кожурой. Запасные вещества откладываются при этом в самом зародыше, в его первых двух листьях — семядолях. Так идёт созревание семян, например, гороха и фасоли, со строением которых мы уже ознакомились.

Непосредственным результатом оплодотворения является, таким образом, усиленный рост почти всех частей женских органов растения. Быстро растёт возникший из оплодотворённой яйцеклетки зародыш. Вместе с ним растёт и эндосперм, хотя зародыш часто обгоняет его и даже вытесняет. Растут покровы семяпочки, превращаясь в кожуру семени. Очень быстро растут стенки завязи, превращаясь нередко в объёмистый плод, вроде арбуза или тыквы. Только столбик и рыльце, выполнив своё назначение, отсыхают, так же как отсыхают и опадают тычинки и цветочные покровы.

Что же является причиной такого быстрого роста семян и плодов? Причина эта связана с процессом оплодотворения. Неоплодотворённые завязи обычно не растут, а напротив, отсыхают или сбрасываются вследствие образования на плодоножках такого же отделительного слоя, какой образуется осенью перед листопадом в листовых черешках.

Оплодотворение приводит к появлению в первой клетке нового поколения (в зиготе) ряда новых качеств. Из них самое важное состоит в том, что эта новая клетка является очень сильно омоложенной, самой молодой клеткой нового растения. Вновь возникающие из неё клетки зародыша также являются несравненно более молодыми, чем все клетки материнского растения. А молодые клетки обладают всегда значительно большей активностью, значительно большей энергией всех совершающихся в них процессов, в особенности процессов обмена веществ. Благодаря этому, молодые клетки зародыша становятся центрами притяжения питательных веществ сперва из ближайших, а затем и из более удалённых частей растения. В результате семена и плоды быстро растут и заполняются питательными веществами, а все части материнского растения отдают им свои вещества, истощаются и слабеют, у растений же однолетних и совсем отмирают.

Одной из причин такого передвижения веществ из более старых частей растения в молодые являются различия в характере работы ферментов в молодых и старых частях растения. Как мы уже отмечали, ферменты являются важнейшими химическими веществами, при помощи которых растения ускоряют переработку питательных веществ, подвергая их распаду на составные части и тем способствуя их поступлению в клетки и дальнейшей переработке. Однако, как показали замечательные исследования академика А. И. Опарина и его сотрудников, ферменты могут способствовать не только распаду сложных органических веществ на их составные части, но и обратному построению из них сложных веществ. Всё зависит от того, в каком состоянии находятся ферменты. Если они находятся в растворе, то способствуют распаду сложных веществ, если же они прочно связаны с различного рода структурными образованиями в протоплазме, то способствуют синтезу (соединению) сложных органических веществ из более простых.

В старых клетках ферменты находятся преимущественно в растворе и потому в них преобладают процессы распада и накаплиются легко растворимые и подвижные более простые вещества. Напротив, в молодых клетках ферменты связаны с протоплазмой и работают в направлении синтеза. Все попадающие в них более простые вещества очень скоро перерабатываются в сложные, составляющие их протоплазму, а потому не накапливаются в них и не мешают поступлению всё новых и новых пищевых веществ из более старых клеток. Поэтому верхушки стеблей и корней, их точки роста, о которых мы уже говорили, оттягивают питательные вещества из более старых, уже выросших частей. Поэтому же молодые семена и плоды, при своём росте и наливе, становятся центрами притяжения легко подвижных питательных веществ и снабжаются ими за счёт более старых тканей материнского растения.

К ферментам действенно присоединяются и другие химические вещества живых клеток, именно те возбудители роста или ауксины, с которыми мы познакомились раньше. Пыльца очень богата ауксинами. Этим и объясняется быстрый рост пыльцевых трубок у растений с очень длинными столбиками, как, например, у лилии или кукурузы.

Из пыльцевой трубки ауксины попадают вместе со сперматозоидом в яйцеклетку и способствуют росту развивающегося из неё зародыша. А как только возникла группа молодых делящихся клеток, то-есть молодая точка роста, — она сама становится местом выработки ауксинов. Последние не только способствуют дальнейшему росту зародыша, но и просачиваются из него в окружающие ткани, вызывая разрастание покровов семяпочки, образующих кожуру семени, и стенок завязи, превращающихся в плод.

Таким образом установлен характер взаимодействия между созревающими семенами и разрастанием плода и выяснена одна из причин того, почему только оплодотворённые завязи разрастаются в плод, а неоплодотворённые не растут и опадают. Причина оказалась в тех ауксинах, которые вырабатываются оплодотворёнными семяпочками.

Отсюда возникла мысль, нельзя ли вызвать разрастание завязи в плод и без оплодотворения, искусственно вводя в неё синтетические препараты, которые по своему физиологическому действию близки к естественным ауксинам. Вводя внутрь неоплодотворённой завязи небольшое количество гетероауксина, оказалось возможным получить плоды вполне нормального размера, но только с недоразвитыми семенами или совсем без семян. Особенно легко получать такие бессемянные плоды у помидоров; для этого достаточно опрыскать их цветочные кисти очень слабым (от 10 до 100 миллиграммов на 1 литр воды) раствором синтетических стимуляторов роста, например, гетероауксина. По своим размерам, вкусовым качествам и по содержанию питательных веществ и витаминов эти бессемянные плоды не только не уступают обычным, но даже превосходят их, а потому опрыскивание растворами стимуляторов роста получает всё более и более широкое применение при культуре томатов.

После того, как плоды достигнут окончательной величины и рост их прекратится, в них начинается процесс созревания. Сочные плоды, как яблоки, груши, сливы, помидоры и др., становятся при этом более мягкими и более сладкими и их первоначально зелёная окраска сменяется более яркой — жёлтой, красной, темносиней и т. п.

Одновременно с созреванием мягких плодов созревают и заключённые в них семена. Но направление биохимических процессов в созревающих семенах иное, чем в мякоти. Здесь до самого конца созревания все процессы идут в сторону синтеза, отложения в клетках сложных нерастворимых или малорастворимых в воде запасных веществ — крахмала, жиров, белков. Одновременно семена теряют содержащуюся в них воду и к концу созревания приходят в воздушносухое состояние, то-есть содержат в себе только прочно связанную воду, которую можно удалить лишь при нагревании до 100 градусов. А так как в отсутствие свободной воды останавливаются все жизненные процессы, то вполне зрелые семена впадают в состояние полного покоя и не проявляют никаких признаков жизни. Это состояние покоя имеет очень большое значение для размножения и распространения семян. В совершенно сухом виде они могут без вреда переносить любые неблагоприятные условия — зимние морозы, жару и засуху, и могут быть переносимы ветром или животными на большие расстояния.

Условия, необходимые для перехода растения к цветению и плодоношению.

Теория стадийного развития растений

Не во всяком возрасте растения способны давать цветки, а затем плоды. Большинство деревьев достигает цветочно-зрелого состояния (которое соответствует половозрелому состоянию у животных) только через несколько лет после всходов. Например, яблони зацветают обычно на 5—7-й год, а дубы только на 20—25-й год своей жизни. Однолетние растения также сперва только растут, дают листья и побеги, и лишь через несколько недель после всходов приобретают способность давать цветки и плодоносить. Время это различно. В соответствии с этим различают скороспелые и позднеспелые растения и сорта. Озимые растения дают всходы с осени, а выколашиваются, зацветают и плодоносят только на следующее лето.

Период времени между всходами и цветением нужен растениям для того, чтобы в них могли пройти внутренние изменения, делающие их способными к половому размножению. Изменения эти происходят постепенно, изо

дня в день. Накапливаясь понемногу, они приводят к особым переломным моментам, когда резко меняется сама природа растений и их отношение к условиям окружающей среды. Согласно теории, разработанной выдающимся советским учёным академиком Т. Д. Лысенко, развитие растения от семени и до семени идёт не равномерно, а скачками. Период развития, в течение которого накапливаются эти изменения, получил название стадий развития, а переломным моментом является переход от одной стадии развития к другой.

Яснее всего стадийность в развитии выражена у озимых растений. Если высеять озимые растения весной, они будут всё лето только куститься, то-есть

давать всё новые побеги и листья, а колоса не будет. Если же высеять озимые осенью, то после перезимовки они очень дружно и быстро выколашиваются. Раньше полагали, что озимые нуждаются для своего зацветания в периоде зимнего покоя, но позднейшие исследования показали, что им для зацветания нужен не полный покой, а только длительное пребывание при температуре не выше 8—10 градусов тепла. Поэтому в юж-



Рис. 29. Озимая пшеница, высеянная весной в вегетационных сосудах. Слева (1) — семена были яровизированы; справа (2) — посев был произведён не-яровизированными семенами.

ных районах, например, в Закавказье, где зимой почти нет морозов и растения не останавливают на зиму своего роста, озимые хорошо выколашиваются и после мягкой зимы.

Исследования Т. Д. Лысенко показали, что можно подвергнуть длительному охлаждению лишь намоченные и наклюнувшиеся семена озимых растений. Если это охлаждение длится достаточно долго, не менее 40—60 дней (в зависимости от сорта), то после этого и при весеннем посеве наступает скорое и дружное колошение. Выдержанные на холоду в прорастающем состоянии озимые стали как бы яровыми, откуда и приём предпосевного выдерживания наклюнувшихся семян на холоду получил название *яровизации* (рис. 29). А та стадия развития, в течение которой растение, для своего последующего выколашивания, нуждается в продолжительном пребывании на холоду, была названа стадией яровизации.

Стадия яровизации свойственна не только озимым растениям. Она есть и у яровых, но значительно короче — всего несколько дней, и требует для своего прохождения не столь низких температур — до 13—15 и более градусов тепла. Только тропические и полутропические теплолюбивые растения, вроде клещевины, хлопчатника, риса и других — совсем не требуют охлаждения для своего перехода к плодоношению. Напротив, они успешно развиваются только в том случае, если температура не падает надолго ниже известного минимума, обычно 15—20 градусов тепла. У этих растений стадия яровизации проходит успешно уже не при пониженных, а, напротив, при несколько повышенных температурах.

Пройдя стадию яровизации, растения еще не совсем готовы к зацветанию. После неё они переходят во вторую стадию развития, которая получила название *световой стадии*. Во время её прохождения они нуждаются в определённом световом режиме, именно, в определённой для каждого растения продолжительности дня и ночи.

Отдельные виды растений весьма различно отзываются на изменения в продолжительности светового дня. Их можно разделить на две большие группы. Одни виды растений успешно проходят световую стадию при условии, чтобы день продолжался не более 12—14 часов. При более длинном дне их зацветание происходит позднее или вовсе не наступает. Сюда относятся южные культуры — хлопчатник, рис, клещевина, сорго, соя и др. На юге, как известно, летний день короче, чем на севере.

Ещё южнее, в тропиках, круглый год день почти равен ночи, то-есть продолжается всего лишь 12 часов, тогда как за полярным кругом летом солнце вовсе не заходит и день продолжается все 24 часа в сутки. Значительная длина летнего дня неблагоприятна для растений — выходцев с юга, скорее зацветающих при коротком дне и получивших за это название растений *короткого дня*. Но зато она благоприятна для другой группы растений, происходящих из умеренных широт и получивших название растений *длинного дня*. У этих растений световая стадия проходит тем скорее, чем длиннее летний день, и скорее сего на непрерывном круглосуточном освещении. Сюда относятся пшеница, рожь, овёс, ячмень, горчица, лён, клевер, горох и многие другие. Есть и промежуточная группа нейтральных к длине дня растений, зацветающих почти одинаково скоро при любой длине дня. Сюда принадлежит подсолнечник, помидоры и некоторые другие растения.

Так же как и стадия яровизации, световая стадия у разных растений имеет различную продолжительность. У некоторых, как, например, у проса, она очень короткая. Достаточно дать этой культуре всего 5—10 коротких дней (в зависимости от сорта), чтобы она стала нечувствительной к длине последующих дней и могла выбросить метёлку при любой длине дня. Напротив, у пшеницы световая стадия продолжается до самого выколашивания, и если её перенести раньше времени на короткий день, то её цветение сильно задерживается.

При длине дня, неблагоприятной для прохождения световой стадии, а следовательно, для зацветания, растения не погибают и даже не останавливают своего роста. Они продолжают давать всё новые и новые листья и ветви или побеги кушения. Нередко именно благодаря тому, что у них образуется больше листьев, такие растения достигают даже больших размеров, чем те, которые раньше зацветают и плодоносят, находясь при благоприятной длине дня.

Установление двух основных стадий развития — яровизации и световой — не только позволило лучше понять ход развития растений от начала прорастания и до цветения, но и дало нам в руки возможность управлять этим ходом развития — задерживать или ускорять его.

Это особенно относится к стадии яровизации, которая обычно требует для своего прохождения пониженной температуры и может проходить в едва только наклонувшихся семенах. Яровизируя озимые растения путём выдерживания прорастающих семян на холоду, можно заставить их выколашиваться в первое же лето и тем значительно ускорить ход их развития. Яровизацией яровых растений можно сделать их более скороспелыми. Это имеет большое значение в местностях со слишком коротким летом или с ранним наступлением засухи.

Именно для яровых растений, особенно для пшеницы, приём яровизации, разработанный Т. Д. Лысенко, получил в сельском хозяйстве СССР широкое распространение.

Световая стадия труднее поддаётся внешнему воздействию в производственных условиях. Искусственное укорачивание дня может применяться только в лабораторной обстановке. Удлинять день возможно при помощи электрического света, что нередко применяется в оранжерейной культуре и декоративном цветоводстве. Но знание того, принадлежит ли растение к короткому или длинному дню, имеет большое значение для районирования культурных растений и выяснения возможности продвижения их в новые для них области. Растения длинного дня легче могут быть передвинуты к северу, где более продолжительное освещение позволит им преодолеть задержку развития, вызываемую более низкой температурой. Растения же короткого дня встретят на пути к северу двойное препятствие — и в длине дня и в холоде. В данном случае нужна большая селекционная работа по отбору или созданию таких сортов растений, которые в меньшей степени задерживали бы своё развитие при более длинном дне.

Установление того положения, что развитие растений от посева до уборки урожая идёт не постепенно, а через резко разграниченные стадии, составляет одно из крупнейших достижений советской биологической науки. Оно позволило разработать ряд практических приёмов, способствующих повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Мы уже упоминали о приёме яровизации хлебных злаков, который увеличивает сбор зерна на 1,5—2 и более центнеров с гектара.

Не меньшее значение имеет разработанный Т. Д. Лысенко приём летних посадок картофеля. Этот приём избавил наши южные области от вырождения этой культуры и завоза посадочного материала из более прохладных северных областей. Лысенко установил, что на ранних этапах развития, ещё до образования клубней, картофель может расти при температурах воздуха и почвы свыше 20 градусов. Но позднее, когда начинается клубнеобразование, эти высокие температуры вызывают усиленное старение и дряхление новых клубней. Они в силу этого плохо хранятся, а главное — дают вырожденное потомство. Урожай от таких растений получается низким и плохого качества.

Для борьбы с вырождением картофеля Лысенко предложил приём летних посадок. Высаженные в поле в середине лета клубни картофеля дают молодые растения, ещё не чувствительные к господствующей в это время жаре. Клубнеобразование же начинается у них лишь осенью, когда жара уже пройдёт, а потому клубни получаются крупные и здоровые, способные давать и здоровое потомство. Так, исходя из своей теории стадийного развития, Лысенко решил один из труднейших вопросов агротехники картофеля в южных областях.

Вегетативное размножение растений

Выращивание растений из семян, или половое размножение, представляет собою не единственный способ размножения растений. Кроме него большое распространение имеет ещё бесполое, или вегетативное, размножение, то-есть размножение, происходящее путём отделения от растения его частей, включающих в себя одну или несколько почек (глазков), способных дать начало новым побегам и корням.

Способы вегетативного размножения растений разнообразны. Некоторые растения почти всегда размножаются вегетативно, не образуя цветков или не завязывая плодов. Из культурных растений сюда относится прежде всего картофель, который размножается почти исключительно клубнями, то-есть утолщёнными подземными побегами, несущими на себе несколько глазков, из которых каждый может дать начало новому растению. Клубни картофеля

в изобилии снабжены запасами не только питательных веществ, но и воды.

Каждый огородник знает, что при недостатке посадочного материала можно даже разрезать клубни на части и сажать их отдельно, лишь бы каждый кусочек имел на себе хотя бы один глазок. Подземными клубнями размножается и земляная груша, или топинамбур, а также сладкий картофель, или батат, распространённый в тропических странах и способный расти в самых жарких районах нашего Союза, например, в южной части Черноморского побережья Кавказа.

Земляника и некоторые близкие к ней растения размножаются усами. Это длинные стелющиеся по земле побеги, несущие почки, которые легко укореняются и дают новые растения (рис. 30). Ещё не потеряв связи с материнским растением, молодой кустику земляники уже сам даёт усы и таким образом получают целые цепочки земляничных кустиков, густо покрывающих землю возле старых кустов. Земляника, как известно, обильно цветёт и плодоносит, но семена её трудно прорастают, а сеянцы очень медленно развиваются; поэтому её размножают почти исключительно усами.

Очень многие растения размножаются корневищами — подземными побегами. Они обильно ветвятся и каждый год дают надземные побеги, на зиму отмирающие. Корневища, хорошо укрытые от морозов слоем земли и лежащего на ней снега, служат одновременно и для зимовки растений и для их размножения. Последнее достигается тем, что нарастая с одного конца, корневища отмирают с другого, и благодаря этому отдельные их разветвления в конце концов теряют между собой связь и становятся самостоятельными.

Корневищами размножаются ландыш и многие другие лекарственные растения. Корневищами же размножаются и очень многие сорняки, вроде осота, пырея, берёзки (полевого вьюнка) и других. Эти сорняки особенно опасны тем, что при вспашке их корневища разрезаются плугом на части и, перемешиваясь с почвой, разносятся по полю, а затем каждый отрезок даёт новые побеги, обильно засоряя пашню. Борьба с этими сорняками очень трудна, так как корневища остаются в земле и при прополке, а затем снова отрастают. Единственный надёжный

способ борьбы с ними — это правильная система зяблевой обработки почвы с применением метода удушения корневищевых сорняков.

Таковы важнейшие способы естественного вегетативного размножения. Наряду с ним в растениеводстве широко применяется и искусственное вегетативное размножение черенками. Оно основано на том, что каждый побег, составляя часть общего тела растения, в то же время обладает и значительной самостоятельностью. Будучи



Рис. 30. Размножение земляники усами.

отделён от растения и поставлен в благоприятные условия температуры и влажности, побег может дать у своего основания корни и превратиться в новое растение. Поверхность среза такого побега, получающего название черенка, покрывается при этом довольно рыхлой тканью, образующей наплыв нередко значительных размеров.

Выгоды размножения растений черенками, особенно древесных растений, очень велики, и этот приём широко применяется в растениеводстве с глубокой древности. Но у многих растений черенки очень трудно укореняются или даже вовсе не укореняются, что очень затрудняет их размножение таким путём. Одной из причин трудного укоренения черенков является недостаток в них

питательных веществ, необходимых для образования корней, которое сопровождается усиленным дыханием и потреблением углеводов. Поэтому лучше всего укореняются черенки, срезанные ранней весной, когда ещё не исчерпаны отложенные осенью в ветках запасы питательных веществ.

Хорошо укореняются также зелёные черенки с листьями, то-есть срезанные в начале лета кончики веток с ещё не загрубевшими тканями коры и древесины, где легче происходит заложение новых корней.

Присутствие на зелёных черенках листьев, испаряющих содержащуюся в них воду, влечёт за собой и некоторую опасность, именно олиственные черенки могут засохнуть прежде, чем успеют дать корни. Поэтому укоренение зелёных черенков проводят в парниках или особых ящиках со стеклянной крышкой, устанавливаемых в теплицах с насыщенным влагой воздухом, оставляя при этом на черенках только часть листьев, которые они несли до срезания.

Наличие листьев на зелёных черенках полезно и в том отношении, что в листьях, как мы уже отмечали, вырабатываются особые возбудители роста— ауксины, способствующие заложению и росту корней. Когда мы срезаем черенок, ауксины скопляются у перерезанного конца и здесь способствуют образованию наплыва, а затем и придаточных корней.

Но если ауксинов недостаточно, что особенно часто наблюдается ближе к осени, то образование корней на черенках сильно затрудняется и они могут засохнуть раньше, чем дадут корни. В этих случаях оказывается очень полезным погрузить нижние концы черенков на несколько часов в очень слабый раствор одного из синтетических стимуляторов роста, а затем уже ставить их на укоренение в землю, в песок. Искусственно введённые стимуляторы возмещают недостаток естественных ауксинов, и укоренение значительно облегчается и ускоряется.

Есть и другой способ преодолеть те затруднения, которые возникают при размножении черенками трудно укореняющихся растений. Это — прививки. При прививках черенки, которые получают название привоев, не сажают в землю, а сращивают с уже укоренившимися сеянцами других растений. Растения, на которые прививают че-

ренки, называются подвоями. Так, черенки культурных сортов яблонь прививают на сеянцы диких яблонь и т. п. Подвой при этом срезают таким образом, чтобы на них не осталось способных к росту почек. Иногда прививают даже не целый черенок, а одну только его почку, так называемый глазок, а когда он приживётся, удаляют все побеги подвоя. Этот приём называется окулировкой. При прививке получается как бы составленный из двух частей организм, который имеет корни одного растения, а надземные части другого. Каждая из частей этого организма может довольно сильно влиять на другую.

Как показали замечательные исследования И. В. Мичурина, слабое взаимовлияние срачиваемых частей растения наблюдается только в том случае, если в качестве привоя берут черенки или глазки старых сортов с прочно установившимися наследственными признаками, которые не так-то легко изменить. Но, если прививать черенки недавно выведенных гибридных сортов с ещё не устоявшейся наследственностью, то можно наблюдать глубокое взаимовлияние подвоя и привоя. Поэтому Мичурин рекомендует прививать черенки гибридов на такие сорта, свойства которых желательно усилить в прививаемом гибриде.

Одним из способов направленного воспитания гибридов является разработанный И. В. Мичуриным очень ценный метод *ментора*. Он состоит в том, что молодому гибриднему сеянцу прививают черенки от родителей или от других сортов. Прививается на время (для воспитания) также самый гибридный сеянец в крону дерева какого-либо сорта, влияние которого желательно обеспечить.

Взаимное влияние подвоя и привоя нередко оказывается настолько глубоким, что резко отражается на качестве приносимых ими плодов и семян. Получающееся из таких семян новое поколение обладает признаками, свойственными обоим срачиваемым растениям. Такие растения называют вегетативными гибридами.

Вегетативная гибридизация является одним из наиболее убедительных доказательств лженаучности так называемой хромосомной теории наследственности, изобретённой буржуазными учёными — Вейсманом, Менделем, Морганом. Согласно этой лженаучной «теории»,

хромосомы представляют собою как бы особый мир, особое бессмертное вещество наследственности, независимое от внешних условий развития организма. По Вейсману наследственное вещество хромосом передаётся следующим поколениям независимо от условий жизни организма. Согласно хромосомной теории наследственности, приобретённые организмом новые свойства под влиянием внешней среды не могут передаваться из поколения в поколение, то-есть не могут наследоваться.

Мичуринское учение разоблачило и опровергло эту лженаучную «теорию». Многочисленными опытами доказано, что наследование свойств, приобретённых организмами в процессе их развития, вполне возможно.

При вегетативной гибридизации не происходит никакого слияния клеток от разных организмов и никакой передачи хромосом из подвоя в привой. Тем не менее у привоя можно обнаружить многие признаки, свойственные подвою. Это явление не может быть объяснено лженаучной хромосомной теорией наследственности, а потому вейсманисты очень долго отрицали возможность вегетативной гибридизации. Однако исследованиями И. В. Мичурина, Т. Д. Лысенко, а затем и опытами других учёных-мичуринцев неопровержимо доказано, что путём вегетативной гибридизации можно передавать наследственные свойства одного скрещиваемого растения другому и обратно. По учению И. В. Мичурина и Т. Д. Лысенко, нет никакого особого вещества наследственности, сосредоточенного в хромосомах и не поддающегося воздействиям со стороны окружающей среды. Каждая живая часть любой клетки является носителем наследственных свойств.

Т. Д. Лысенко пишет: «Каждый знает, что между подвоем и привоем происходит только обмен пластических веществ, обмен соков. Подвой и привой не могли обмениваться ни хромосомами ядер клеток, ни протоплазмой. И всё же наследственные свойства могут передаваться из подвоя в привой и обратно. Следовательно, пластические вещества, вырабатываемые привоем и подвоем, также обладают свойствами породы, т. е. наследственности. Они обладают свойствами той породы, в которой они вырабатываются» (Агробиология, 4-е изд., 1948 г., стр. 486). Как видим, мичуринское учение не признаёт существования

в организме особого наследственного вещества. Организм и необходимые для его жизни условия, по учению Мичурина — Лысенко, представляют единство.

Мичуринское учение открывает самые широкие перспективы для творческой деятельности советских людей в области перделки живой природы в интересах социалистического общества. И. В. Мичурин писал: «При вмешательстве человека является возможным *вынудить* каждую форму животного или растения *более быстро изменяться и при том в сторону, желательную человеку*. Для человека открывается обширное поле самой полезной для него деятельности...» (Сочинения, т. IV, изд. 1-е. стр. 172).





Глава шестая

ЖИЗНЬ РАСТЕНИЯ И ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Итак мы познакомились с тем, как живёт растение, что ему нужно для роста, питания и размножения, как оно отвечает на различные воздействия со стороны окружающей среды.

Это знакомство имеет не только познавательное значение, но и большую практическую ценность. Великий русский естествоиспытатель К. А. Тимирязев многократно указывал, что познание жизни растений есть основа рационального земледелия. Первейшая задача земледельца, говорил Тимирязев, состоит в том, чтобы суметь наилучшим образом удовлетворить потребности растения, создать для него наилучшие условия существования, чтобы оно могло хорошо питаться, расти и дать больше плодов, семян, клубней и т. п., то-есть приносить возможно более высокий урожай. А чтобы суметь удовлетворять потребности растений, надо их знать, нужно хорошо изучить жизнь растения. Отдельные растения могут очень сильно отличаться друг от друга по своим потребностям. Поэтому недостаточно знания только общих законов, управляющих жизнью растений; необходимо знать ещё и особенности тех культур, которые приходится возделывать.

Жизнь культурных растений начинается с прорастания их семян. Прорастающее семя нуждается прежде всего в воде и кислороде воздуха. Если мы хотим получить дружные и крепкие всходы от посеянных семян, нужно сеять их во влажную и рыхлую почву. Поэтому следует озаботиться, чтобы почва достаточно впитала в себя весенней талой воды, чтобы вода эта не ушла бесполезно в

овраги и реки. Лучшим средством для этого служит правильная система зяблевой обработки почвы, состоящая из мелкого лущения жнивья и глубокой вспашки поля плугами с предплужниками, а рано весной — прибивка влаги волокушей или гвоздёмкой. Перед посевом требуется культивация почвы на глубину заделки семян. Нужна также тщательная заделка семян на такую глубину, чтобы находящийся над ними слой почвы не пересох раньше чем корешки их успеют уйти глубже, а молодые побеги смогли бы пробиться на земную поверхность ещё до истощения отложенных в семени запасов и перейти к самостоятельному питанию углекислотой воздуха.

Но вот семена взошли. В чём теперь нуждаются молодые растения, какие их потребности мы должны удовлетворять? Они нуждаются прежде всего в солнечном свете для выработки и накопления органического вещества. При удовлетворении этой потребности они могут встретиться с сорняками, многие из которых растут быстрее, чем культурные растения, и закрывают от последних своими листьями солнечный свет. Кроме того, своими корнями сорняки забирают из почвы воду и питательные вещества. И если не вести с ними самой решительной борьбы, то они могут заглушить культурные растения. Поэтому появляющиеся после посева всходы сорняков нужно немедленно удалять с полей путём прополки и культивации междурядий пропашных культур.

Количество сорняков, понятно, следует уменьшать и тщательной очисткой посевного зерна, чтобы вместе с ним не высевать семена сорных растений. Напомним, что наиболее существенными приёмами борьбы с сорняками являются правильная система зяблевой обработки почвы и хорошая обработка чистых (преимущественно чёрных) паров.

После того как всходы поднялись и окрепли, растения больше всего нуждаются в воде и питательных веществах. Величина урожая зависит от того, насколько мы сумеем удовлетворить эти потребности.

Когда нужно вносить в почву удобрения? Вопрос этот представляется довольно сложным, и в различных случаях его приходится решать по-разному. Чаще всего основное количество удобрения вносится при вспашке. В этом случае молодые растения сразу попадают в удоб-

ренную почву и могут с первых же дней жизни пополнять те ограниченные запасы азота, фосфора, калия и других элементов пищи, которые они получили от материнского растения отложенными в семенах. По мере роста растений, увеличения их общей массы, повышается и потребность их в минеральных веществах почвы, особенно перед цветением. К этому времени запас внесённых при вспашке питательных веществ может оказаться в значительной мере уже израсходованным. Если же внести в почву сразу всё нужное для растений количество удобрений, то в ней получится слишком крепкий раствор солей, который будет угнетать нежные всходы. А когда растения достаточно подрастут, часть удобрительных солей может оказаться вымытой из почвы дождями.

Чтобы этого не произошло, передовики социалистического земледелия начали применять подкормку растений. При этом часть удобрений, особенно минеральных, вносится в почву не сразу перед вспашкой, а даётся по частям, по мере роста растений. Таким путём передовики получают рекордные урожаи по многим культурам.

Очень важным и сложным является вопрос о том, какие нужно вносить удобрения и в каком количестве. На него нельзя дать общего ответа. Он зависит и от свойств почвы, и от того, под какое растение вносится удобрение.

Существует целая сеть агрохимических станций и участков, где путём опытов устанавливаются дозы необходимых удобрений. В этих опытах «спрашивают» само растение о том, что ему нужно, чего ему нехватает. Если эти опыты поставлены достаточно чётко и умело, растение даёт на эти вопросы вполне определённый ответ.

На юго-востоке европейской части СССР решающее в повышении урожайности значение принадлежит воде. Получить здесь высокий урожай можно только при условии крайне бережного отношения к той влаге, которая очень скупо и неравномерно выпадает на поля в виде летних дождей или скапливается в почве в холодное время года в виде осенних дождей и снега. Нужно принимать все меры к тому, чтобы не терять этой драгоценной влаги, сберечь её в почве для растений, не дать бесполезно испариться.

Русская агрономическая наука, во главе с такими крупнейшими учёными, как Докучаев, Костычев, Вильямс, давно уж разработала ряд ценнейших приёмов сбережения влаги. Здесь мы найдём и чистые пары, и зяблевую вспашку, и зимнее снегозадержание, и полезащитные лесные полосы, защищающие посевы от суховеев, и рыхление междурядий пропашных культур, и ряд других приёмов.

При соблюдении всего комплекса мероприятий по задержанию осадков и сохранению влаги в почве можно получать высокие урожаи даже в самые засушливые годы. На помощь агротехнике здесь приходит и селекция, уже создавшая ряд выдающихся по своей засухоустойчивости сортов хлебных злаков и других сельскохозяйственных растений. Вооружённое этими научными достижениями, а также передовой машинной техникой и социалистической организацией труда, наше сельское хозяйство не знает таких вызываемых засухами катастроф, какие периодически потрясали отсталое хозяйство царской России (хотя засушливые годы всё ещё повторяются по настоящее время).

Ещё большую устойчивость нашему сельскому хозяйству даст осуществление великого Сталинского плана преобразования природы на огромной территории засушливого юга и юго-востока нашей страны. План этот, изложенный в постановлении Совета Министров Союза ССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года, предусматривает как одно из важнейших мероприятий создание, против дующих из пустынь Азии горячих ветров, мощного зелёного занавеса в виде восьми крупных государственных полос и целой сети защитных лесонасаждений на полях совхозов и колхозов.

В постановлении предусматривается также и более планомерное и последовательное осуществление в нашем сельском хозяйстве всей системы мероприятий, входящих в разработанную В. Р. Вильямсом травопольную систему земледелия, которая в применении к засушливым районам носит название комплекса Докучаева — Костычева — Вильямса. Важнейшими из этих мероприятий, наряду с созданием полезащитных лесных полос, являются введение травопольных полевых и кормовых севооборотов с посевом многолетних бобово-злаковых

травосмесей, чёрные пары, система обработки почвы и система применения органических и минеральных удобрений.

Посев бобово-злаковых травосмесей обеспечивает создание и восстановление прочной комковатой структуры почвы — важнейшего условия её плодородия. Только в структурной почве создаётся благоприятный для растений водно-воздушный режим, способствующий накоплению питательных веществ. Пары же служат важнейшим средством очистки полей от сорных растений и сбережения почвенной влаги.

Дальше на юго-восток, в степях южного Казахстана и особенно в пустынях Средней Азии, осадков выпадает уже так мало, что доставляемой ими влаги недостаточно для получения не только высоких, но даже сколько-нибудь сносных урожаев. Земледельцу здесь приходится полностью брать в свои руки снабжение растений водой и организовывать искусственное орошение полей. В наших среднеазиатских и закавказских республиках искусственное орошение существует с давних времён. Вода рек и речек, текущих с высоких, покрытых ледниками гор, перехватывается отводящими каналами и направляется на поля, где она растекается по мельчайшим бороздам и увлажняет почву. В местностях равнинных, где вода в реках и речках всегда ниже уровня нуждающихся в орошении полей, приходится при помощи плотин создавать большие и малые водохранилища, и из них уже насосами накачивать воду в каналы, несущие её на поля.

Применение искусственного орошения даёт в руки человека огромное преимущество: возможность управлять важнейшим фактором урожая — водой. Это делает орошение весьма перспективным не только в резко засушливых областях, но и там, где неполивное земледелие не даёт достаточно высоких и устойчивых урожаев, а в более засушливые годы несёт и серьёзные потери. Поэтому по решению партии и правительства уже давно ведётся сооружение оросительных систем на Северном Кавказе, Нижней Волге, Нижнем Днепре и в других районах Союза. Площади орошаемых земель с каждым годом всё увеличиваются. В последние годы искусственное орошение полей начали практиковать и в центрально-чернозёмных

областях. Здесь обычно выпадает достаточное количество осадков, но в отдельные годы засуха всё же даёт о себе знать. Очень важно иметь здесь страховые и семенные орошаемые участки, способные обеспечить население хлебом и посевным материалом даже в наиболее засушливые годы. На орошаемых полях колхозы и совхозы имеют в своих руках все факторы, создающие урожай, а потому здесь можно постоянно и уверенно получать урожаи пшеницы по 50—60 центнеров с гектара.

Создавая для растения наилучшие условия питания и водоснабжения, мы можем заставить его дать наиболее высокий общий урожай, то-есть урожай всей органической массы. Но это ещё не всегда нас удовлетворяет. Мы хотим и должны получать наибольшее количество тех именно продуктов, ради которых выращиваем растение — зерна у хлебных злаков, корней у сахарной свёклы, клубней у картофеля, волокна у льна и т. п. И нас мало радует, когда у пшеницы мы получаем много соломы и мало зерна, у свёклы и картофеля много ботвы и мало корней и клубней и т. п. Здесь перед нами встаёт ещё один важный вопрос — как заставить растение образовывать преимущественно те части, какие нам нужны, как побудить его направлять вырабатываемые листьями питательные вещества в интересующие нас его части или органы.

Вопрос этот не лёгкий и далеко не всегда нам удаётся получить на него вполне удовлетворительный ответ. Практика сельского хозяйства, а также физиология растений и агрохимия разработали уже ряд приёмов, при помощи которых мы уже можем в довольно значительной степени регулировать распределение питательных веществ в теле растения. Плодоводы и овощеводы хорошо знают приёмы подрезки, прищипки, пасынкования и т. п., суть которых сводится к удалению лишних точек роста, каждая из которых является энергичным потребителем питательных веществ. Благодаря этому более нужные для нас точки роста, где закладываются цветки или завязываются плоды, получают больше питательных веществ и лучше развиваются. При удобрении полей давно было замечено, что избыток азотных удобрений очень часто вызывает более сильный рост листьев и вегетативных (жировых) побегов в ущерб органам плодоношения. Это может привести к понижению урожая зерна. Фосфор-

ные удобрения, напротив, благоприятствуют развитию органов плодоношения. Таким образом, подбирая правильные соотношения между азотными и фосфорными удобрениями, мы можем получать наиболее высокие урожаи нужной продукции.

Современная физиология растений позволяет нам всё дальше и дальше проникать в те сложные процессы, которые совершаются в живом растении и определяют его рост и величину приносимого им урожая. А это даёт возможность всё более уверенно браться за управление этими процессами, всё более надёжно подчинять жизнь растения нашей воле и заставлять его давать всё больше нужных нам продуктов. Растениеводство, опирающееся на достижения физиологии растений, агрохимии, почвоведения, микробиологии и других наук, всё больше и больше становится передовой отраслью социалистического сельского хозяйства, поддающейся точному планированию и научной организации. В этом залог его дальнейших успехов по пути всё лучшего удовлетворения потребностей народных масс нашей великой Родины.



ОГЛАВЛЕНИЕ

Значение растений в жизни человека	3
<i>Глава первая. Рост растения</i>	<i>5</i>
Клеточное строение растения	5
Прорастание семян и необходимые для этого условия . .	12
Рост и питание проростков	15
Движение растущих органов растения	20
Химические возбудители роста	24
<i>Глава вторая. Воздушное питание растения</i>	<i>28</i>
Из чего состоит тело растения	28
Использование растением углекислоты воздуха	31
Усвоение растением солнечной энергии	37
Зелёное вещество листьев — хлорофилл и его значение . .	41
<i>Глава третья. Почвенное питание растения</i>	<i>45</i>
Значение воды в жизни растения	45
Борьба растения с засухой	50
Откуда растение получает азот	56
Минеральное питание растения	63
<i>Глава четвёртая. Дыхание растения</i>	<i>68</i>
<i>Глава пятая. Размножение растений</i>	<i>73</i>
Цветок, его строение и происходящий в нем процесс оплодотворения	73
Развитие и созревание семян и плодов	78
Условия, необходимые для перехода растения к цветению и плодоношению. Теория стадийного развития растений	83
Вегетативное размножение растений	88
<i>Глава шестая. Жизнь растения и земледелие</i>	<i>95</i>

Редактор *М. И. Долгополов*

*

Технический редактор *В. И. Певзнер*

*

Обложка худ. *А. П. Радищева*

*

Подписано к печати 22/III 1950 г.
Т 02814. Тираж 100 000 экз. 6,5 печ. л.
5,40 уч.-изд. л. Формат бумаги 84×108¹/₃₂
Заказ № 2130. Цена книги 1 р. 60 к.

3-я типография «Красный пролетарий»
Главполиграфиздата при Совете Мини-
стров СССР. Москва, Краснопролетар-
ская, 16.

**НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ ЛИТЕРАТУРА,
ИЗДАННАЯ СЕЛЬХОЗГИЗОМ В 1950 г.**

- Акад. Лысенко Т. Д. О наследственности и ее изменчивости, 3-е изд., 5 печ. л.
- Акад. Лысенко Т. Д. Новые достижения в управлении природой растений, 2 печ. л.
- Акад. Вильямс В. Р. О проведении травопольной системы земледелия, 4 печ. л.
- Проф. Крылов А. В. Преобразованная степь. Опыт освоения травопольной системы земледелия в Каменной Степи, 10,5 печ. л.
- Проф. Дзердзеевский Б. Л. Как предсказывают погоду, 5 печ. л.
- Канд. с.-х. наук Зорин Ф. М. В помощь опытным-мичуринцам (пособие по сортоизучению и селекции плодовых растений), 3 печ. л.
- Акад. Лысенко Т. Д. О путях управления растительными организмами. 2 печ. л.
- Проф. Глущенко И. Е. Мичуринская агробиологическая наука и ее основные принципы, 6 печ. л.
- Акад. Презент И. И. В содружестве с природой, 13 печ. л.
- Акад. Лысенко Т. Д. Мичуринскую теорию в основу семеноводства, 2 печ. л.
- Акад. Лысенко Т. Д. Организм и среда, 1,5 печ. л.
- Акад. Лысенко Т. Д. Колхозные хаты-лаборатории, 2 печ. л.
- Тимирязев К. А. Лист, 2 печ. л.
- Канд. с.-х. наук Аваев М. Г. Травопольная система земледелия, 3-е изд., 12 печ. л.
- Акад. Иванов М. Ф. Избранные работы по наследственности сельскохозяйственных животных, 3 печ. л.