

Л. М. ДОРОХОВ
Кандидат биологических наук

ЖИЗНЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО МОЛДАВИИ
КИШИНЕВ * 1962

1. ЗНАЧЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Живые существа представлены на земном шаре в виде животных, растений и микроорганизмов (бактерий). Последние настолько мелки, что их можно видеть только под микроскопом при увеличении в 600—800 раз.

Между указанными группами организмов в природе существуют определенные взаимоотношения. Наиболее характерным из них является то, что существование животных и абсолютного большинства микроорганизмов в конечном счете зависит от жизнедеятельности зеленых растений.

Высокоорганизованные зеленые растения широко распространены на суше земного шара. Они встречаются не только на юге, в средних широтах, но и на Крайнем севере — там, где хотя бы на короткий период времени оттаивает почва. Растения произрастают на берегах морей, в долинах и в горах на высоте до 4000 метров, образуя в последнем случае альпийские луга. Наряду с этим представители более просто устроенных растений — водоросли заселяют широкие пространства морей и океанов.

Основная особенность всех зеленых высших и низших растений состоит в том, что у них в процессе эволюции (длительного исторического развития) появилось замечательное зеленое вещество — хлорофилл. Этот пигмент обладает свойством улавливать световые лучи, а вместе с ними и энергию, щедро посылаемые на поверхность земного шара солнцем. Одновременно с этим, листья растений поглощают из воздуха углекислый газ, состоящий из углерода и кислорода. В их клетках из углекислоты и воды под влиянием энергии солнечных лучей впер-

вые синтезируется (образуется) органическое вещество в виде простейшего сахара — глюкозы. Затем при дальнейших превращениях из глюкозы возникает тростниковый сахар, содержащийся в корнеплодах сахарной свеклы; крахмал, заполняющий клубни картофеля; клетчатка, инулин и т. д. Эти вещества называют иначе углеводами. Из углеводов в тканях растений возникают жиры, накапливающиеся в значительных количествах в семенах таких растений, как лен, подсолнечник, в плодах грецкого ореха и т. д. Из тех же веществ (сахара, крахмала) и из азота, поступившего из почвы, в зеленых листьях впервые образуются и белки.

Зеленые растения являются единственными организмами, способными к первичному синтезу органических веществ из минеральных. Животные, как не имеющие хлорофилла, не способны к этому. Их питание, а, следовательно, и жизнь, всецело зависят от зеленых организмов. Это положение остается верным и по отношению к человеку.

При образовании в листьях простейшего сахара — глюкозы потребляется значительное количество энергии. Растение получает ее вместе с солнечными лучами. Как при первичном возникновении углеводов, жиров и белков, так и при последующих превращениях их, поглощенная листьями энергия солнца не исчезает. Она лишь превращается в другой вид и накапливается в потенциальном (скрытом) виде. Частичное или полное разрушение органических веществ, например, при сгорании, всегда сопровождается выделением этой энергии в форме тепла.

Таким образом, зеленые растения не только образуют органические вещества из минеральных, но одновременно с этим еще накапливают энергию солнечных лучей. Кроме них в природе нет других организмов, которые могли бы улавливать и запасать впрок энергию солнца, миллионы лет посылаемую на поверхность земного шара.

В связи с этим великий русский ученый ботаник-физиолог растений К. А. Тимирязев (1843—1920 гг.) писал следующее: «Зеленый лист, или, вернее, микроскопическое зеленое зерно хлорофилла, является фокусом, точкой в мировом пространстве, в которую с одного конца идет энергия солнца, а с другого берут начало все про-

явления жизни на земле. Растение — посредник между небом и землей. Оно — истинный Прометей, похитивший огонь с неба. Поглощенный им луч солнца горит и в едва мерцающей лучине и в ослепительной искре электричества. Луч солнца приводит в движение и чудовищный маховик гигантской паровой машины, и кисть художника, и перо поэта».

Человек, растения, животные и большинство микроорганизмов при дыхании поглощают из воздуха кислород и выделяют углекислый газ. Последний попадает в атмосферу также при сжигании топлива и при извержении вулканов. Углекислый газ в повышенных концентрациях ядовит для людей и животных. Следовательно, если бы в природе не было обратного процесса, понижающего содержание углекислоты в воздухе, то человечеству угрожала бы гибель от отравления им. Если этого не наблюдается и не сможет никогда произойти, то здесь опять-таки проявляется полезная деятельность зеленых растений. Они на свету поглощают углекислый газ в громадном количестве и превращают его в органические вещества. Только благодаря этому содержание углекислоты в атмосфере веками поддерживается практически на одном и том же, относительно низком, уровне, при котором возможна жизнь человека и животных.

Все живые существа дышат за счет кислорода, поглощаемого из воздуха. В связи с этим возникает вопрос, не может ли наступить такое время, когда весь запас кислорода атмосферы будет использован при дыхании и горении и человечество погибнет от страшной смерти — удушья? Именно такая мрачная перспектива и была «предсказана» одним из буржуазных физиков в конце прошлого столетия, но она оказалась не научной, а потому и не верной.

К. А. Тимирязев доказал, что «зеленый океан» листьев на свету при синтезе углеводов выделяет в воздух громадное количество кислорода, восстанавливая тем самым запасы его в атмосфере земного шара. Следовательно, зеленые растения, которые человек в прошлом так варварски уничтожал, несут ему жизнь, предотвращают удушение его от недостатка кислорода в воздухе.

Все вышесказанное делает зеленые растения абсолютно незаменимыми в жизни человека.

Человечество широко использует не только современ-

ную, но и прошлую деятельность растительного мира. Мы имеем в виду добычу каменного угля и нефти. Содержащаяся в них тепловая энергия, используемая в быту и в промышленности, — это энергия солнечных лучей. В древние геологические периоды она была поглощена зелеными растениями и вместе с ними погребена в толще земного шара. Извлекая из недр земли уголь и нефть, человек фактически использует результаты работы зеленых организмов в далекие от нас времена. То же самое происходит и при разработке торфяников, с той лишь разницей, что последние по своему происхождению значительно более молоды, чем вышеуказанные источники тепла.

Из всего огромного разнообразия растительного мира для человека в настоящей его деятельности наибольший интерес представляют цветковые растения. Их, по указанию академика В. Л. Комарова, на земном шаре имеется свыше полумиллиона отдельных видов. Возделываемые культурные растения отобраны человеком среди их диких сородичей и улучшены в основном условиями произрастания. Современное мировое земледелие во всех широтах использует лишь около трех тысяч видов растений. В умеренном поясе их значительно меньше. Растительный мир является тем резервом, из которого человек, движимый практическими жизненными потребностями, черпает все новые и новые растения, перенося их на поля и плантации. Вооруженный современными знаниями, он производит скрещивание уже имеющихся растений и, применяя определенные условия воспитания, создает совершенно новые сорта и формы полезных культур.

Использование зеленых растений чрезвычайно разнообразно. От них человек получает необходимые продукты питания для себя, корма для сельскохозяйственных животных, а также сырье для промышленности. Даже мясо, молоко, масло, сыр, яйца, шелк, шерсть, кожу и прочие продукты животноводства мы имеем благодаря тому, что домашние животные питаются растениями. Животные являются в этом случае только посредниками между человеком и растением. Зеленые растения дают человеку: крахмал, сахар, белки, жиры, каучук, гуттаперчу, волокна, бумагу, эфирные масла, смолу, древесину, дубильные вещества, краски, лекарства, табак,

махорку, чай, кофе, какао, вино, фрукты, овощи, мед, различные кислоты, витамины и многое другое.

Следует подчеркнуть, что, возделывая на полях и плантациях разнообразные растения, человек посредством их *заново создает* всевозможные органические вещества. В этой своей деятельности он использует замечательное свойство зеленых организмов — их способность улавливать энергию потока солнечных лучей и при помощи ее синтезировать углеводы, жиры, белки, кислоты, витамины и т. д. из углекислого газа воздуха, воды и минеральных веществ почвенного питания. Именно по этой причине растениеводство во всех его видах (полеводство, садоводство, виноградарство, овощеводство) по праву является *созидающей отраслью* сельского хозяйства.

Растения — живые организмы. Как всякое живое существо, они сложно устроены. Однако современный уровень знаний о строении и жизни растений настолько высок, что человек, овладевший ими, имеет полную возможность не только управлять продуктивностью сельскохозяйственных культур, но и коренным образом перестраивать природу растений в желательном для него направлении. Особенно велики эти возможности у нас в Советском Союзе. Социалистическая форма сельского хозяйства создала величайшие возможности для широкого и планового внедрения всех достижений передовой мичуринской агробиологической науки в колхозное и совхозное производство.

Чтобы уметь управлять продуктивностью сельскохозяйственных растений, т. е. их урожаем, необходимо знать строение и потребности растений, короче говоря, — знать их жизнь. Большое значение этому придавал великий русский ученый, преобразователь природы Иван Владимирович Мичурин. Его пожелания в этом направлении выражены следующими замечательными словами: «Заветной мечтой моей жизни всегда было видеть, чтобы люди останавливались у растений с таким же интересом, с таким же затаенным дыханием, с каким останавливаются они перед новым паровозом, более усовершенствованным трактором, невиданным еще комбайном».

II. ВНЕШНЕЕ И ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ РАСТЕНИЙ. СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Высшие растения, выращиваемые человеком, имеют корни, стебель, листья, цветы. Это основные органы растительного организма. Еще в сороковых годах прошлого столетия было обнаружено, что в основе строения любой части растений и животных лежат клетки. Они мелкие, поэтому в большинстве случаев отдельные клетки можно хорошо видеть только под микроскопом при увеличении в 100—200 раз.

Средний размер клетки высших семенных растений колеблется около 0,05—0,1 миллиметра. Наряду с этим встречаются и более крупные клетки. Например, в клубнях и сочных плодах диаметр клеток часто бывает равен 1 миллиметру, а лубяные клетки прядильных растений имеют длину: у льна и конопли—20—40 миллиметров, у крапивы — 80 миллиметров, у рами — свыше 200 миллиметров. Волоски на семенах хлопчатника, состоящие всего из одной клетки, достигают в длину 65 миллиметров. Ясно, что такие крупные клетки на тонком срезе ткани растений видны уже простым глазом.

Важнейшие физиологические процессы происходят внутри клеток, а поэтому для того, чтобы понять жизнь растения, необходимо подробно познакомиться со строением растительной клетки и с ее свойствами.

ОБЩЕЕ СТРОЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

При рассмотрении под микроскопом обнаруживается, что растительная клетка устроена довольно сложно. Она имеет оболочку, протоплазму, ядро, вакуоль и всевозможные включения.

Клеточная оболочка — это тонкая пленка, которая ограничивает клетки друг от друга. У молодых клеток она состоит из особого углевода, называемого клетчаткой, или целлюлозой. Как ткань мешка, она сплетена из множества мельчайших нитей.

Такое строение объясняет основные, очень важные в жизни растения, свойства оболочки клетки. Она пориста, т. е. пронизана большим количеством мелких отверстий, через которые вода и растворенные в ней вещества могут беспрепятственно проникать во внутрь клетки. Одновременно с этим клеточная оболочка эластична: она мо-

жет до известных пределов растягиваться, когда внутреннее содержимое клетки засасывает большое количество воды, и, наоборот, — расслабляться, сокращаться (при потере воды клеткой).

Протоплазма (или плазма) — это важнейшая составная часть растительной клетки. В ней происходят основные жизненные процессы. По внешнему виду это полужидкая, слизистая масса. Главной составной частью протоплазмы растений являются белковые вещества.

По указаниям Ф. Энгельса, жизнь — это особая форма существования белковых тел. Однако чистые белки не обладают свойством живого. В растительной клетке — в ее плазме — наряду с белками всегда находятся особые, похожие на жиры, органические вещества, называемые липоидами. Кроме того, в жидкости, пропитывающей протоплазму, обнаруживаются углеводы (сахара) и всевозможные минеральные соединения. Последние поступают в высшие растения из почвы через корни вместе с водой.

По данным одного из определений, в протоплазме клеток листьев капусты содержится (в процентах от сухого веса): белков — 63,1 процента, жиров, липоидов и других подобных им соединений — 20,75 процента, минеральных веществ (зола) — 6,45 процента, других веществ — 9,7 процента.

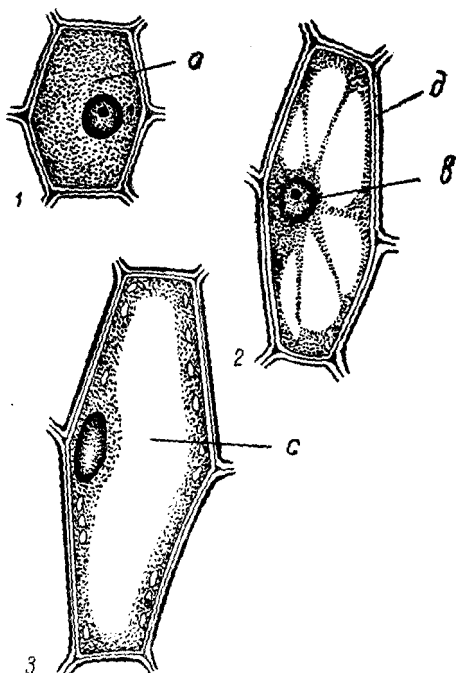


Рис: 1. Последовательные фазы роста растительной клетки:

a — протоплазма; б — ядро; с — вакуоль; д — клеточная оболочка.

Основные составные части протоплазмы растительной клетки находятся в состоянии сильного раздробления до частиц, имеющих величину от одной десятитысячной до одной миллионной доли миллиметра. Вещества, находящиеся в такой степени раздробления, отличаются по своим свойствам от обычных водных растворов (например, от раствора поваренной соли). Поэтому им присвоено особое название — «коллоидные вещества».

Каждая из частиц коллоидного вещества протоплазмы клеток растений способна с большой силой притягивать к себе воду, благодаря чему она окружена водной пленкой. Толщина этой пленки зависит от степени насыщенности клетки водой.

Свойством живого вещества протоплазма растений обладает лишь в состоянии указанного выше раздробления. Мельчайшие частицы белков и липоидов протоплазмы находятся в непрерывном движении. При этом частицы сталкиваются друг с другом, однако, благодаря тому, что покрыты пленками воды, они не могут слипаться и увеличиваться значительно в своем размере.

Таким образом, вода, пропитывающая протоплазму растительной клетки, способствует поддержанию её в определенном состоянии, с которым связано свойство живого организма.

Следует указать, что в поддержании раздробленности составных частей плазмы принимают участие и находящиеся в клеточном соке минеральные вещества. Они создают вокруг каждой мельчайшей частицы протоплазмы одноименный электрический заряд, отталкивающий их друг от друга, мешающий слипанию и образованию более крупных частиц, способных к оседанию. Последнее частично разъясняет роль и значение в жизни растений минеральных соединений, поглощаемых ими из почвы.

Если клетки растения по каким-либо причинам, например, в засушливую погоду, теряют воду, толщина водных оболочек, окружающих частицы протоплазмы, уменьшается. Это, в случае сильного обезвоживания тканей растения, приводит к свертыванию (коагуляции) протоплазмы, подобно тому, как наблюдается свертывание белковых веществ молока при его скисании.

Полная коагуляция плазмы клеток влечет за собою смерть растения. Из сказанного выше становится понятным, что *вода составляет необходимую часть прото-*

плазмы. Существование живых растительных клеток и растения в целом без воды невозможно. Установлено, что в теле зеленого растения на долю воды часто приходится больше 80 процентов его общего веса.

У растений при потере ими воды могут наблюдаться *два вида коагуляции протоплазмы: обратимая и необратимая.* Первая имеет место тогда, когда растения подверглись не столь глубокому обезвоживанию. В этом случае достаточно бывает одной обильной поливки, чтобы растения пришли в нормальное состояние — «оживли». Необратимая коагуляция наступает при сильном обезвоживании клеток растений. Никакие поливки водой, хотя бы их было несколько, в этом случае уже не могут вернуть растение к жизни.

Необходимо иметь в виду, что свертывание протоплазмы клеток растений может быть вызвано и рядом других причин, например, высокой температурой, повышенной кислотностью почвы, ядовитыми веществами и т. д. Об этом более подробно сказано в соответствующих разделах этой книги.

Выше указано, что протоплазма растений — это полужидкая слизистая масса. Она обладает определенной вязкостью, что предохраняет ее от полного растворения в воде даже тогда, когда у нее нет клеточной оболочки. Это имеет большое значение в жизни не только водорослей, окружающей средой которых является водная стихия, но и в жизни наземных растений. Если бы плазма растений была растворима и не обладала свойством вязкости, то, при наличии пористой клеточной оболочки, она могла бы вымываться водой рек, морей и океанов (у водорослей) и атмосферными осадками (у сухопутных растений).

Протоплазма растительных клеток способна поглощать большое количество воды. При этом она набухает и сильно увеличивается в объеме. Однако благодаря вязкости плазма, даже при полном насыщении водой, не теряет своей самостоятельности и сохраняет характер студенистого тела, которое резко отграничено от окружающей воды.

Ядро. При рассматривании клеток под микроскопом ядро, обычно, выделяется в виде шарообразного или круглоовального тела, включенного в протоплазму. Положение его в клетке очень непостоянно. У молодых кле-

ток ядро занимает более или менее центральное положение; по мере же роста и старения клеток оно все больше и больше оттесняется к клеточной стенке.

По своей химической природе ядро несколько отличается от протоплазмы. В состав его входят особые сложные белки, носящие название «нуклеопротеидов». Они содержат фосфор.

Долгое время считали, что ядро является главнейшей частью растительной клетки. С обязательным присутствием его связывали способность клеток делиться, т. е. давать новые дочерние клетки, расти, синтезировать новые вещества, например, крахмал.

Представители антинаучного идеалистического направления в биологии — вейсманисты считали ядро единственным носителем наследственных свойств организма. На ядро смотрели как на регулятор всех жизненных процессов, происходящих в протоплазме. В связи с этим существование безъядерных клеток не допускалось.

Ошибочность указанных выше взглядов на роль и значение ядра в жизни растительной клетки вскрыта в последнее десятилетие советскими учеными Кизелем и, главным образом, Лепешинской. Ими установлено, что не ядро управляет жизненными процессами, происходящими в протоплазме, а что само клеточное ядро является производным протоплазмы. Присутствие ядра не является обязательным признаком живой клетки, способной расти, синтезировать органические вещества и делиться. На клеточное ядро необходимо смотреть как на анатомическое образование, возникшее в протоплазме клеток на высшей ступени их эволюции (исторического развития). В тех клетках, в которых не удастся заметить ядро даже при значительном увеличении под микроскопом, химическими методами можно обнаружить особое органическое вещество — тимонуклеиновую кислоту, которая затем, на более высоком этапе эволюции, дает начало морфологически различаемому ядру.

Понаучное, идеалистическое представление вейсманистов-морганистов о том, что только ядро клетки является носителем наследственных качеств организма, опровергнуто исследованиями советских биологов-мичуринцев. Академиком Т. Д. Лысенко доказано, что «наследственность есть свойство живого тела требовать опре-

деленных условий для своей жизни, своего развития и определенно реагировать на те или иные условия». Следовательно, наследственность заключена не в «генах» клеточного ядра, а носителем ее является протоплазма — все растение в целом.

Вакуоль. В молодых клетках вся внутренняя полость заполнена протоплазмой. По мере же роста и жизни растительной клетки внутри протоплазмы появляются скопления жидкости, так называемые вакуоли. Отдельно появившиеся мелкие вакуоли затем сливаются и образуют одну или несколько крупных вакуолей, заполняющих большую часть объема клетки. В этом последнем случае протоплазма оттесняется к оболочке клетки. Вакуоли — это водный раствор различных минеральных и органических веществ. Первые поступают в клетки растений из почвы вместе с водой, вторые же, т. е. органические вещества, или вырабатываются самой протоплазмой, или же притекают в клетку из других органов растений, например, из листьев.

Содержимое вакуоли иначе называют *клеточным соком*. Растворенные в нем вещества имеют большое значение в определении величины той реальной силы, с которой растительная клетка способна всасывать воду. Концентрация веществ в клеточном соке может сильно меняться в зависимости от внешних условий произрастания растения и от процессов, происходящих в самой клетке. Подробнее об этом будет сказано ниже. Здесь же мы ограничимся лишь указанием на то, что способность отдельных клеток высших растений и их органов всасывать или, наоборот, отдавать воду, сильно меняется. А это имеет большое значение в их жизни.

Включения растительных клеток. Кроме оболочки, протоплазмы, ядра и вакуоли, в клетках сельскохозяйственных растений встречаются всевозможные включения. Из них мы остановимся на так называемых *пластидах*. Они имеют чаще всего дискообразную форму. У высших семенных растений величина пластид колеблется от 3 до 10 тысячных долей миллиметра. По окраске и физиологической роли различают следующие три основных типа пластид: хлоропласты, хромопласты и лейкопласты.

Хлоропласты окрашены в зеленый цвет. Они содержат замечательный по своему значению зеленый пигмент — хлорофилл. Хлоропласты встречаются в клет-

ках всех зеленых органов растений (листьев, стеблей, незрелых плодов и т. д.). В наибольшем количестве они находятся в клетках листьев.

Хромопласты окрашены в желтый, коричневый и красный цвет. Их присутствием в клетках объясняется окраска цветов, зрелых плодов (томатов, яблок, груш, лимонов, персиков, абрикосов) и корнеплодов (например, моркови). Хромопласты являются измененными хлоропластами и обычно имеют округлую форму. Они содержат желтые, красные и бурые пигменты, строения менее сложного, чем хлорофилл. Из них наибольший интерес представляют два желтых пигмента — каротин и ксантофилл. Оба они содержатся в зеленых листьях наряду с хлорофиллом.

Каротин легко переходит в ксантофилл и обратно. По некоторым данным, они участвуют в поглощении листьями света. Каротин при расщеплении и дальнейшем окислении дает начало витамину «А», ускоряющему рост. Этим, в частности, и объясняется благоприятное влияние моркови и свежих зеленых кормов на рост молодняка сельскохозяйственных животных.

Лейкопласты относятся к наиболее мелким пластидам. Они бесцветны. Лейкопласты встречаются в клетках растений, не имеющих окраски. Форма их чаще всего шарообразная или веретенообразная. В клубнях, например, картофеля, в корневищах (подземных стеблях), в корневых утолщениях и т. п. лейкопласты выполняют роль запасующих пластид: в них откладывается крахмал. В этом последнем случае лейкопласты сильно растягиваются.

Несколько лет тому назад в протоплазме сильно растущих клеток были обнаружены особые, тоже бесцветные, пластиды, способные образовывать строительное вещество оболочек — клетчатку. Им дано название «целлюлопласты» (пластиды—образователи клетчатки). Присутствием таких пластид, например, объясняют сильное разрастание волосков, покрывающих семена хлопчатника, ради которых и культивируется это растение.

Все типы пластид связаны между собой в своем происхождении. Они могут переходить друг в друга, например, из бесцветных лейкопластов возникают зеленые хлоропласты. Переход хлоропластов в хромопласты хорошо виден при созревании многих плодов (томаты, рябина, шиповник). Клубни картофеля, богатые бесцвет-

ными лейкопластами, и желто-оранжевые корнеплоды моркови, если они оказываются на поверхности почвы, под влиянием света зеленеют.

СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Оболочка растительной клетки упругая, обладает ограниченной растяжимостью. При давлении, направленном от вакуоли наружу, она хорошо сохраняет свою форму. Клеточная оболочка, будучи образована сплетением множества отдельных пучков клетчатки, имеет мельчайшие отверстия (поры). Благодаря этому она практически почти не оказывает препятствий для проникновения во внутрь клетки воды и растворенных в ней питательных веществ.

Качественно иными свойствами обладает протоплазма. Она способна к неограниченной растяжимости, а поэтому при насыщении водой может занимать все пространство в клетке, оказывая внутреннее давление на оболочку. Будучи коллоидным веществом, имеющим слизистый вязкий характер, протоплазма оказывается для разных веществ в различной степени проницаемой. Например, она хорошо проницаема для воды, труднее — для растворов селитры и поваренной соли, еще менее проницаема для глицерина и очень мало проницаема для раствора обыкновенного сахара (сахарозы).

Абсолютное же большинство сложных органических веществ вообще не может проникать через протоплазму растительных клеток. Перепонки, обладающие таким низким проницаемостью, принято называть «полупроницаемыми» или «избирательно проницаемыми».

Следовательно, протоплазма, прилегающая к внутренней стенке оболочки растительной клетки, обладает свойством избирательно проницаемой перепонки по отношению к веществам, находящимся в окружающем растворе. Именно этим свойством протоплазмы и объясняется, почему, например, одноклеточные корневые волоски, расположенные на всасывающей зоне корня, берут из почвы не вообще все вещества, а лишь по преимуществу те, которые нужны для питания растения. Свойство избирательной проницаемости протоплазмы появилось у растений в процессе длительного периода приспособления их к условиям окружающей среды.

Будучи избирательно проницаемой для веществ, входящих в наружном растворе, протоплазма живой клетки в то же время совершенно не проницаема для веществ клеточного сока. Это означает, что составные части самой протоплазмы и те, которые находятся в вакуоле, прочно удерживаются клеткой. Указанное свойство плазмы можно продемонстрировать на следующем примере: если корень столовой свеклы измельчить на кусочки, затем тщательно промыть эти кусочки и поместить в холодную воду, то последняя долгое время не будет окрашиваться.

Объясняется это тем, что живые клетки свеклы с сохранившимися клеточными оболочками прочно удерживают внутреннее содержимое, в том числе и цветной пигмент, находящийся в клеточном соке. Однако стоит лишь подогреть воду до 60—80 градусов, как она начнет сперва слабо, а затем все больше и больше окрашиваться свеклой. Протоплазма, убитая высокой температурой, теряет свойство непроницаемости, из-за чего все вещества клетки, растворимые в воде, беспрепятственно выходят наружу. На этом, собственно, и основан процесс варки пищи кипячением.

Именно благодаря способности живой протоплазмы клеток прочно удерживать в себе даже растворимые в воде вещества, возможно существование подводных растений (водорослей) в реках, прудах, морях и океанах. Этим же объясняется жизнедеятельность корней сельскохозяйственных культур в почве, содержащей влагу.

Если изготовить мешочек из полупроницаемого животного пузыря или из коллодия, которым заливают небольшие раны, наполнить его до половины концентрированным раствором обыкновенного сахара, завязать прочно мягкой ниткой и затем положить в чистую воду, то можно заметить, что содержимое мешочка начнет постепенно увеличиваться в объеме. Через несколько часов мешочек, наполненный в начале опыта лишь до половины и имевший вследствие этого расслабленные стенки, окажется полностью заполненным жидкостью. Стенки его растянутся и придут в напряженное состояние.

В основе этого явления лежат следующие причины: между раствором сахара и водой сосуда оказались стенки мешочка из полупроницаемой перепонки. Через последнюю легко проходили частицы воды и очень медлен-

но — частички растворенного сахара. Сахар усиленно высасывал воду. Благодаря этому содержимое в мешочке быстро увеличивалось в объеме. Через некоторое время раствор сахара заполнил мешочек и пришел в соприкосновение с его стенками. Мешочек расправил свои складки. Так как и после этого сахар все еще продолжал засасывать воду, то раствор начал давить на стенки, растянул их и привел в упруго-напряженное состояние.

Следовательно, внутреннее давление на стенки полупроницаемой перепонки в описанном опыте возникло по двум причинам: благодаря односторонней проницаемости самой перепонки (она быстро пропускала воду и очень медленно — сахар) и благодаря способности сахара притягивать к себе частицы воды. Сила, с которой раствор вещества способен притягивать к себе воду, а, следовательно, и оказывать давление на полупроницаемую перепонку, получила название *осмотического давления*. Вещества же, которые способны притягивать к себе воду, называются осмотически действующими.

Именно к таким осмотическим действующим веществам и относится все содержимое растительной клетки: протоплазма и клеточный сок с растворенными в нем минеральными солями, сахарами, органическими кислотами и другими соединениями.

Установлено, что величина осмотического давления, измеряемого атмосферами, зависит от концентрации раствора и его температуры. Между ними существует прямая связь, т. е. чем концентрированнее раствор осмотически действующего вещества (или веществ), тем с большей силой он будет притягивать к себе воду и, следовательно, сильнее будет удерживать ее. Этот закон имеет очень большое значение для понимания многих явлений в жизни растений.

Исследования показали, что абсолютная величина осмотического давления в клетках растений может достигать значительных размеров, а именно:

- 1) у подводных растений рек, прудов и озер — от 1 до 3 атмосфер;
- 2) в органах сухопутных растений — от 5 до 18 атмосфер;
- 3) в плодах сельскохозяйственных растений (яблоках, грушах), в корнеплодах (свекле, моркови), в ягодах винограда — от 20 до 40 атмосфер;

4) в клетках растений, произрастающих на засоленных почвах в пустынях и полупустынях, — от 60 до 100 атмосфер.

В связи с приведенными величинами невольно возникает вопрос: как же оболочки клеток выдерживают такое высокое давление?

Чтобы понять это, необходимо учесть следующее. В тканях и органах высших растений соседние клетки плотно прилегают друг к другу своими оболочками, будучи склеены особыми (пектиновыми) веществами. Благодаря этому оболочка каждой клетки, растягиваясь под влиянием давления на нее протоплазмы, встречает на своем пути противодействие стенок соседних клеток, что и сохраняет ее от разрыва.

Однако бывают случаи, когда клеточная оболочка под влиянием высокого осмотического давления внутриклеточного содержимого разрывается. Это чаще всего происходит с половыми клетками пыльцы перекрестно-опыляющихся растений, например, ржи, кукурузы и других. Каждая пыльца — это отдельная половая мужская клетка. Если цветение совпадает с периодом влажной и дождливой погоды, то содержимое клетки-пыльцы засасывает большое количество воды. Вследствие этого развивается такое сильное давление протоплазмы на оболочку клетки, что последняя, после предельного растяжения, не выдерживает его и разрывается. Это приводит к массовой гибели пыльцы — мужских половых клеток, а, следовательно, и к невозможности опыления и оплодотворения растений.

Описанным явлением, в частности, объясняется тот широко известный колхозникам факт, что дождливая погода в период цветения перекрестно-опыляющихся растений (ржи, кукурузы) приводит к понижению урожая зерна и к так называемой чреззернице початков и колосьев.

Если клетки растений попадают в среду, легко отдающую влагу, они начинают засасывать воду. Содержимое их при этом сильно увеличивается в объеме. Протоплазма начинает давить на клеточную оболочку. Последняя, как обладающая эластичностью, растягивается и приходит в напряженное состояние, которое иначе называется *тургорным состоянием*. Ткани и органы растений в это время насыщены водой, а поэтому легко ломаются.

Такое *тургесцентное* состояние растения в целом обычно наблюдается в ранние утренние часы, после обильного полива, или в дождливую погоду. Это хорошо известно практикам сельского хозяйства. Овощеводы, например, избегают в это время излишнего хождения по капустным грядкам, табаководы же, наоборот, предпочитают вести ломку листьев в утренние и послеобеденные часы, так как в это время листья табака легче обламываются.

Если тонкий срез ткани растения или чешую огородного лука выдержать в воде, а затем поместить на 20—30 минут в концентрированный раствор сахара и после этого посмотреть под микроскопом, то можно легко заметить, что протоплазма многих клеток отделилась от оболочек. Это явление получило название *плазмолиза*, а клетки с отставшей от оболочки плазмой называются *плазмолизированными*.

Появление плазмолиза клеток объясняется следующим: между концентрированным раствором сахара, взятого для проведения описанного опыта, и осмотически действующими веществами каждой растительной клетки оказался поверхностный слой протоплазмы, непроницаемый для частиц сахара. По этой причине раствор сахара, проникший в клетку через пористую оболочку ее, не мог входить в протоплазму. Так как сахар был взят в высокой концентрации, то его присасывающая сила к

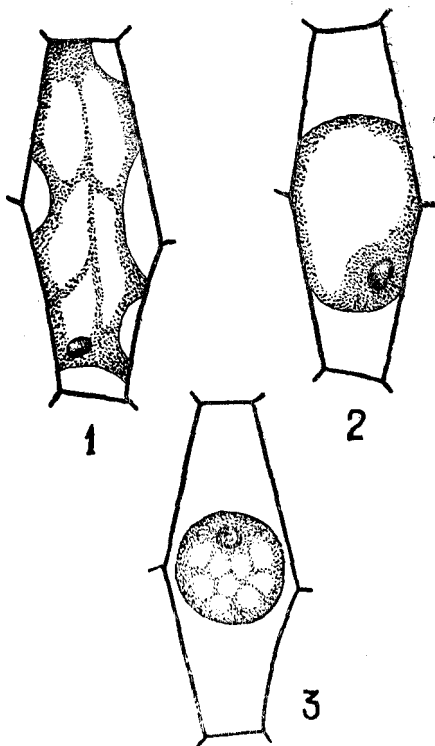


Рис. 2. Плазмолиз растительных клеток.

воде оказалась выше, чем водоудерживающая способность содержимого клеток. Последние отдавали раствору сахара воду, т. е. обезвоживались; объем их клеточного сока и протоплазмы при этом все больше и больше уменьшался. Плазма вследствие этого сжалась в комочек, потеряла связь с клеточной оболочкой и, наконец, отстала от нее.

По мере того как протоплазма растительной клетки из-за потери ею воды уменьшается в своем объеме, внутреннее давление на клеточную оболочку постепенно понижается. До этого оболочка была в упруго-напряженном (тургорном) состоянии, но постепенно напряжение слабеет, а затем и совсем исчезает. Вот почему в клетке с начавшимся плазмолизом стенки оказываются в расслабленном состоянии.

Весьма важно уяснить себе, что явление плазмолиза растительных клеток и наступление расслабленного состояния их оболочек происходит из-за потери клетками воды. Уменьшение же воды в клетках, тканях, органах и в растении в целом может происходить по разным причинам. Так, например, в клетках корня сельскохозяйственных растений обезвоживание их может происходить вследствие сильного иссушения почвы. В этом случае происходит значительное повышение концентрации солей почвенного раствора. Последний начинает отнимать воду от клеток корневых волосков и мочек подобно тому, как это происходило с клеткой, помещенной в раствор сахара. В период сильной и длительной засухи обезвоживание протоплазмы клеток корня приводит не только к потере ими тургорного состояния, к плазмолизу, но и к необратимой коагуляции (свертыванию) плазмы, что вызывает гибель растений.

Обезвоживание клеток надземных органов растений (стеблей и листьев), как правило, вызывается значительной потерей ими воды при испарении. Это приводит к потере клетками тургорного состояния, а все растение — к завяданию. Такие растения имеют расслабленные, «вялые» органы. Чаще всего это наблюдается в полуденные часы жарких сухих дней.

Всасывая воду, органические вещества клетки разбухают. Первые дозы воды, всасываемые сильно обезвоженными, но еще живыми клетками растений, притягиваются с большой силой. Например, сухие семена сельскохозяйственных растений в начале своего набухания

притягивают воду с силою до 1000 атмосфер. Это свойство сухих семян хорошо было известно человеку еще в древности и оно использовалось им для расщепления скал. Для этого в образовавшуюся естественным путем щель насыпались сухие семена (например, горох) и заливались водой. Разбухая, семена развивали громадную силу давления и разламывали скалы.

Необходимо иметь в виду, что по мере обогащения семени водой, сила всасывания резко падает. Это хорошо видно на следующем примере. В одном из опытов семена дикого растения дурнишника засасывали воду:

1. Семена сухие	—	с силою до 1000 атмосфер
2. Семена, содержавшие 12 процентов воды	—	" " " 130 "
3. Семена, содержавшие 30 процентов воды	—	" " " 35 "
4. Семена, содержавшие 40 процентов воды	—	" " " 15 "
5. Семена, содержавшие 50 процентов воды	—	" " " 0 "

Такая же закономерность наблюдается и при набухании семян культурных растений в почвенных условиях. Будучи посеяны даже в сухую почву, семена в первый период времени отнимают от почвы влагу, набухают и начинают прорастать («наклеиваться»). Однако по мере насыщения водой они теряют свое преимущество в борьбе за влагу с почвенными растворами. Поступление воды внутрь семян постепенно прекращается и начавшие прорастать семена в сухой почве погибают.

Из сказанного следует чрезвычайно важный для практики вывод: *предварительное намачивание семян перед посевом можно делать лишь в том случае, если они затем высеваются во влажную почву.*

Сила, с которой клетки корня, стебля и листьев способны засасывать воду, так же как и у семян, не является величиной постоянной. Она сильно меняется в зависимости от общей концентрации осмотически действующих веществ в клетке, т. е. от концентрации веществ, способных притягивать к себе воду, и от степени насыщенности протоплазмы водой. Объясняется это следующим: по мере насыщения протоплазмы водой она, как это уже указывалось, начинает оказывать внутреннее давление на клеточную оболочку. Последняя

в первый момент растягивается, но, растягиваясь, начинает оказывать противодействие на плазму. По мере приближения оболочки клетки к пределу своей растяжимости, ее противодействие на протоплазму все больше и больше увеличивается.

В связи с ростом противодействия клеточной оболочки на плазму, получившего специальное название — *тургорное давление*, поступление воды в клетку затрудняется, так как оболочка клетки все больше и больше препятствует увеличению объема протоплазмы и клеточного сока. Происходящие в этом случае явления можно схематически пояснить на примере надувания футбольного мяча. Общеизвестно, что первые порции воздуха легко вгоняются насосом в футбольную камеру. Но после того, как каучуковая камера придет в соприкосновение с кожаной крышкой, последняя начинает оказывать противодействие силе нагнетания воздуха. В следующий момент, когда крышка растягивается до возможного предела, ее противодействие полностью погашает силу вхождения воздуха во внутрь мяча.

То же самое происходит и в клетке растения. Когда клеточная оболочка достигает предельного растяжения, ее тургорное давление полностью погашает силу сосания воды содержимым клетки. Таким образом, мы приходим к заключению, что та реальная сила, с которой клетка растения в каждый данный момент может засасывать воду, определяется разницей между общей величиной осмотического давления веществ клетки и противодействием на протоплазму клеточной оболочки. Эта величина получила название — *сосущая сила* растения. *Сосущая сила* — это та сила, с которой клетка сосет воду.

Становится понятным, что у одной и той же клетки наибольшая сосущая сила будет тогда, когда противодействие (тургорное давление) клеточной оболочки на протоплазму отсутствует. Это наблюдается у клеток растений, перешедших в состояние завядания вследствие потери ими значительного количества воды, что часто бывает в жаркие дни и в период засухи. Наименьшая же сосущая сила, практически равная нулю, будет у клеток, находящихся в состоянии полного водного насыщения. В этом случае тургорное противодействие предельно растянутой клеточной оболочки полностью

погашает силу сосания воды клеточным содержимым. Наименьшая сосущая сила или ее отсутствие наблюдается в клетках растений в теплую влажную погоду в ранние утренние часы, когда весь растительный организм до предела насыщен водой.

Опытами установлено, что величина сосущей силы в различных органах одного и того же растения не одинакова. Наименьшей она бывает в корневых волосках, наибольшей — в верхушечных листьях. Объясняется это тем, что в летние дни наибольшему обезвоживанию вследствие испарения подвергаются именно клетки листьев, а не стебля или корня. Такое закономерное повышение сосущей силы от корней к листьям и объясняет подачу воды внутри растений снизу вверх — от корней к листьям.

В клетках одного и того же органа, например, листа, сосущая сила значительно меняется и в течение суток. Если в почве достаточно влаги, то в типичный весенний или летний день общая картина изменения величины сосущей силы в клетках листьев сельскохозяйственных растений выглядит так: в ранние утренние часы, когда еще не взошло солнце, сосущая сила близка к нулю. Растения в это время насыщены водой, они находятся в тургесцентном — «веселом» состоянии. С восходом солнца температура воздуха повышается, листья начинают испарять воду, содержимое клеток уменьшается в объеме, степень растянутости клеточных оболочек уменьшается, противодействие их на протоплазму понижается. Возникает сосущая сила, которая непрерывно возрастает по мере все увеличивающегося обезвоживания листьев. К вечеру, в связи с понижением температуры и ослаблением света, испарение понижается, недостаток воды в листьях начинает восполняться подачей ее из почвы, объем протоплазмы увеличивается, степень растянутости клеточных оболочек повышается, и, как следствие всего этого, сосущая сила клеток листьев падает. В ночные часы клетки листьев приходят в состояние полного водного насыщения, в связи с чем их сосущая сила исчезает.

Ясно, что по мере увеличения степени обезвоживания клеток их сосущая сила увеличивается и наоборот. Таким образом, в «механизме» регулирования величины сосущей силы мы видим один из примеров удивитель-

ного приспособления растений к обеспечению себя водой.

Вместе с водой в растительную клетку проникают и растворенные в ней минеральные и органические вещества, необходимые для жизни. К ним относятся: азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо, а из органических: простейший сахар глюкоза, органические кислоты и другие.

Раньше считали, что проникновение веществ во внутрь клетки является чисто механическим процессом фильтрации их через поры протоплазмы. Теперь уже твердо установлено, что это не так. Исследования показали, что проникновение веществ в клетку является физиологическим процессом, оно тесно связано со всей жизнедеятельностью клетки и, особенно, с актом дыхания. Так, например, если почва сильно уплотнена и, следовательно, доступ воздуха к клеткам корней сельскохозяйственных растений затруднен, то степень поглощения ими воды и минеральных веществ из почвы катастрофически понижается. По современным представлениям, проникающие в клетку вещества адсорбируются (поглощаются) поверхностью мельчайших частиц протоплазмы и передвигаются во внутрь клетки, где и переходят из плазмы в клеточный сок. Энергия, необходимая для этого, получается при дыхании.

Степень проницаемости протоплазмы для поступающих в нее воды и веществ сильно меняется под влиянием внешних условий.

Свет повышает проницаемость. Этим и объясняется тот факт, что, например, листья растений с появлением первых утренних лучей солнца легче отдают воду, что, в частности, и приводит к повышению испарения.

Концентрированные растворы солей понижают проницаемость плазмы. Это объясняет, почему сельскохозяйственные растения при внесении в почву слишком высоких доз удобрений начинают страдать, что отрицательно сказывается на их урожае. В этом случае высокая концентрация почвенного раствора, созданная неумелым вкиснением удобрений, понизив степень проницаемости протоплазмы клеток корня, ухудшает условия питания растений водой и минеральными веществами.

Понижение температуры приводит к уплотнению протоплазмы, которая делается более вязкой. Вследствие этого проницаемость плазмы растительных клеток для

воды и растворенных в ней веществ понижается. Это явление имеет особенно большое значение для понимания деятельности корней растений, находящихся в почве. Более подробно об этом будет сказано ниже, здесь же мы ограничимся лишь указанием на то, что даже при избытке воды в почве, если последняя холодная, сельскохозяйственные растения могут страдать от недостатка влаги.

Интенсивное дыхание повышает проницаемость протоплазмы растительных клеток.

Вещества, поступившие в клетку, подвергаются в ней всевозможным превращениям. Общее направление этих превращений чаще всего можно характеризовать как переход из растворимого в нерастворимое состояние. Например, сахар переходит в крахмал, из растворимых углеводов образуются жиры, минеральные вещества вступают в соединения с органическими и т. д. Эти процессы приводят к накоплению веществ в клетках растений. Наряду с этим имеется ряд случаев, когда вещество, накапливаясь в клетках в значительных количествах, остается в растворимом виде. Так, например, в клетках сахарной свеклы и огородного лука содержится большое количество растворимого сахара. Предполагают, что в этом случае растворимые формы соединений находятся в виде особых непрочных соединений с каким-либо веществом клеточного сока, благодаря чему они и не вымываются.

* * *

В биологической науке около ста лет господствовала ошибочная теория немецкого ученого Вирхова о том, что целый сложный организм растений и животных является суммой множества отдельных клеток, подобных кирпичам, слагающим здание. По мнению Вирхова и его последователей жизнь начинается только с клетки. В свете этой теории клетка рассматривается как простейшая организованная «единица жизни» — внеклеточной структуры жизни нет. Так как по Вирхову всякая новая клетка происходит только от материнской клетки путем деления последней на две дочерних клетки, то, следовательно, и свойство живого, однажды возникнув на земле, продолжается непрерывно до наших дней.

Исходя из этих ложных представлений, биологическая наука до последнего времени вместо того, чтобы изучать организм как единое целое, как сложную систему, в которой все мельчайшие частицы находятся в постоянном взаимодействии и во взаимозависимости друг от друга и от окружающих их внешних условий, во многих случаях изучала клетку как изолированную (обособленную) самостоятельную единицу. Этот ненаучный, в своем существе механистический, подход к живым организмам не мог дать правильного понятия о сущности жизненных процессов, происходящих в теле растений и животных.

Положение вирховианцев—«всякая клетка от клетки» фактически отрицает общую закономерность поступательного движения в природе, развитие от простого к более сложному, от низшего к высшему. Это «учение», реакционное и вредное в своей основе, превратилось в тормоз дальнейшего развития науки о жизни, завело ее в тупик. Лишь преодоление неправильных вирховианских представлений с позиций материалистической диалектики могло обеспечить дальнейшее успешное развитие учения о живом веществе, о растительной и животной клетке. Это и было сделано в последние годы замечательными исследованиями советского ученого О. Б. Лепешинской и ее сотрудниками.

О. Б. Лепешинская, наблюдая под микроскопом жидкость, излившуюся из головастика, обнаружила в ней так называемые «желточные шары». Желточные шары состоят из желтка, в состав которого входят белки, липиды и другие вещества. Так как желток, обычно, входит в яйцевые клетки, то до сих пор считали, что он служит лишь питательным веществом для зародыша. При внимательном наблюдении Лепешинская обнаружила, что желточные шары в жидкости головастика были не однородны. Одни из них состояли только из желточных зерен; в других имелось ядро, но без характерного для него хроматина (тимонуклеиновой кислоты); в третьих имелось вполне сформировавшееся ядро с хроматином; в четвертом типе желточных шаров уже наблюдалось вполне сформировавшееся ядро в стадии прямого деления, что является характерным признаком для настоящих клеток высших организмов.

Видя это, Лепешинская, вопреки установившимся в биологии взглядам, сделала смелое предположение о

том, что перед нею была развернутая картина образования клетки из бесклеточного живого желточного вещества. Это привело ее к мысли о возможности образования новых клеток не только из материнской клетки путем деления, как это утверждал Вирхов, но и из живой материи, не имеющей клеточного строения.

Дальнейшие опыты самой Лепешинской и ее сотрудников по изучению поведения желточных шаров из яиц кур, канареек и рыб дали ту же картину: при определенных условиях они превращались в настоящие клетки, способные делиться.

Еще более поразительными являются опыты, проведенные с гидрой. Гидра — животное пресных вод. Она обладает хорошо выраженной способностью к регенерации, т. е. к восстановлению утраченных органов и тканей. Гидра тщательно растиралась в ступке, вследствие чего живой организм и отдельные его клетки полностью разрушались. Растертую массу заливали стерильной (прокипяченной) охлажденной водой и центрифугировали. Полученную указанным способом каплю раствора Лепешинская помещала на предметное стекло и наблюдала под микроскопом. Первое время капля раствора представляла собой совершенно чистое однородное поле, затем, через час, начали появляться мельчайшие блестящие точки. Они постепенно увеличивались и образовывали шарики двух типов: а) оранжевой окраски и б) бесцветные.

Первые имели жировую, вторые — белковую природу. При добавлении к белковым шарикам особого питательного вещества они через 24 часа развивались в клетки. Эти клетки затем становились подвижными и начинали делиться. В конце суток возникшая клетка, вследствие ее деления, превращалась в большой шар, состоящий из 30—35 клеток. *Это были клетки, образовавшиеся из живого неклеточного вещества гидры.*

Описанный выше процесс был заснят на киноплентку, благодаря чему он может быть в любое время воспроизведен перед зрителями на экране.

Замечательные опыты советского ученого О. Б. Лепешинской с неопровержимостью показали всю несостоятельность теории Вирхова о происхождении клеток. Лепешинская доказала, что клетки организма могут образовываться не только путем деления ранее существо-

вавшей клетки, но и возникать заново из неклеточного живого вещества.

Кроме того, в свете открытий профессора Лепешинской современные представления о формах жизни на земле значительно расширяются. Теперь уже доказано, что, вопреки утверждениям самого Вирхова и его последователей, клетка не является элементарной «единицей жизни». Кроме клеточной структуры в природе имеется еще более простая неклеточная форма существования живой материи.

В самое последнее время обнаружено, что не только желток, но и белок является живым веществом. Из последнего при определенных условиях также образуются полноценные клетки, способные делиться и размножаться.

В лаборатории, возглавляемой Лепешинской, установлено, что в процессе формирования клетки из живого вещества большая роль принадлежит особым, содержащим фосфор, нуклеиновым кислотам. Они входят в состав ядра клетки. При их отсутствии протоплазматический белковый шарик не может развиваться в клетку.

В конце XIX — начале XX века, когда химическая природа белков была известна еще очень мало, некоторые ученые-идеалисты предполагали наличие в белках какого-то особого таинственного начала, являющегося носителем жизни. Данные современной химии белков показывают, что их молекула (частица) состоит из особых азотсодержащих органических кислот — из так называемых аминокислот. В белковой молекуле аминокислоты связаны между собой в длинную цепочку особыми (полипептидными) связями. Число аминокислотных частичек, входящих в эту цепочку, у разных белков может колебаться от нескольких сотен до нескольких тысяч. По этой причине цепочка очень длинная и в большинстве случаев закручивается в сложный, но определенным образом построенный клубок, который и представляет собой собственно белковую молекулу (частицу).

Необходимо отметить, что в каждом белковом веществе находятся разные аминокислоты. В настоящее время известно около 30 различных аминокислот, входящих в состав природных белков.

Очень важным является то, что свойства природных белков зависят не только от числа и разнообразия ами-

нокислот, входящих в состав белковой молекулы, но и от того, в какой последовательности и пространственной взаимосвязи эти аминокислоты находятся. Это, во-первых, объясняет то колоссальное многообразие белковых тел, которое наблюдается в природе, и, во-вторых, позволяет до известной степени понять роль нуклеиновых кислот в процессе формирования клетки из неклеточного живого вещества.

По исследованиям Лепешинской значение нуклеиновых кислот состоит в том, что они обладают способностью *развертывать молекулы глобулярных белков* (растворимых в слабых растворах нейтральных солей) и благодаря этому значительно повышать их жизнедеятельность. Это открытие имеет важное значение, так как оно еще больше приближает нас к изучению процесса перехода неживых белков в живые, перехода вещества в живое существо, — к разрешению важнейшей проблемы о происхождении жизни.

Лепешинская доказала, что живой организм это не сумма клеток, как утверждает Вирхов, а сложная система, состоящая не только из клеток, но из живого вещества, не оформленного в клетки. Организм растения и животного есть единое целое, в котором все части зависят от целого, а целое от частей, весь же организм — от внешних условий.

Необходимо особо подчеркнуть, что под «живым веществом» следует понимать не таинственную «жизненную силу» виталистов, а протоплазматическую массу, не имеющую формы клетки, но содержащую в себе ядерное вещество в распыленном или диффузном состоянии. Это живое вещество обязательно должно обладать свойством обмена веществ, приводящего... «не к гибели и не только к сохранению, но и к размножению через переходные состояния роста» (Лепешинская).

Открытия профессора Лепешинской имеют чрезвычайно большое научное и практическое значение. Подобно тому, как физика сделала скачок в своем развитии, установив делимость атома и его сложное строение, так и советская биология открытием О. Б. Лепешинской о том, что *не клетка, а живое вещество является основным элементом живого*, сделала огромный шаг вперед в учении о строении живой материи.

В природе существуют как одноклеточные, так и многоклеточные организмы. Тело первых состоит всего лишь из одной изолированной клетки. В мире растений примером таких живых существ служат разнообразные микроорганизмы и одноклеточные водоросли.

Многоклеточные растения, в том числе и сельскохозяйственные, произошли от простейших одноклеточных организмов путем длительного исторического процесса развития. Они значительно более сложно устроены. Их тело состоит из колоссального количества клеток, приспособленных к выполнению определенных физиологических функций. Внешне однородные клетки, выполняющие в жизни растения определенную роль, образуют ткань. У высших растений различают следующие типы тканей: покровные, основные, проводящие, механические, выделительные и образовательные. Обладая определенными свойствами, ткани обуславливают и объясняют многие явления в жизни растений.

Образовательные ткани (меристемы) дают начало всем остальным тканям растения. Они состоят из молодых клеток, способных делиться и образовывать новые (дочерние) клетки. После того, как произойдет деление исходной (материнской) клетки на две дочерних, каждая из них начинает разрастаться за счет образования новой протоплазмы и засасывания воды. Характерным признаком образовательной ткани является то, что ее клетки при благоприятных условиях сохраняют способность к повторному делению в течение всего периода жизни растения.

Образовательная ткань расположена определенными участками во всех основных органах растений. Так, например, на концах стеблей и корней находится первичная меристема. Деятельностью ее клеток и объясняется тот факт, что и корни, и стебли растений растут своими верхушками. Кроме верхушечной образовательной ткани, в тех же органах имеется еще и так называемая боковая меристема. Она образует цилиндр из делящихся клеток внутри стебля и корня (перицикл и камбий). Благодаря присутствию боковой образовательной ткани корни и стебли способны утолщаться.

Покровные ткани возникают из клеток образовательной ткани. Они покрывают снаружи все тело растения.

Сюда относится *эпидермис*. Это тонкая кожа, состоящая из плотно прилегающих друг к другу живых плоских клеток. Она покрывает все органы молодого растения. У однолетних растений эпидермис сохраняется в течение всей жизни, у многолетних же он часто уже в первом году видоизменяется и заменяется вторичным типом покровной ткани — пробкой. Эпидермис очень трудно проницаем для воды и газов. Благодаря этому он защищает клетки внутренних тканей растения от обезвоживания их теплым и сухим воздухом.

Сообщение внутренних тканей органов, покрытых эпидермисом, с внешней средой происходит при посредстве особых отверстий, так называемых устьиц. У многих растений непроницаемость эпидермиса для воды и газов усиливается еще тем, что он покрыт сверху сплошной пленкой, называемой *кутикулой*. Она состоит из особого вещества — кутина, вырабатываемого протоплазмой. Кутин, будучи выделен клеткой на наружную поверхность в жидком виде, затем затвердевает и образует довольно прочную пленку. Кроме того, эпидермис многих сельскохозяйственных растений бывает покрыт восковым налетом. В этом случае органы растений приобретают голубовато-сизый оттенок. Многим известен такой сизый налет на стеблях и листьях ржи, разных сортов пшеницы, овса, на стеблях клещевины, на листьях капусты, на зрелых плодах сливы, терна, винограда и т. д. Он легко стирается с поверхности. Покрытые восковым налетом листья не смачиваются водой. Последняя скатывается с них отдельными каплями.

У растений засушливых мест эпидермис часто бывает покрыт волосками. Волоски являются выростами наружной стенки некоторых клеток эпидермиса. Они так же, как и эпидермис, кутикула и восковой налет, понижают потерю воды растением. Кроме того, белые волоски, например, у полыни, отражают свет. Благодаря этому они не только понижают температуру тканей, но и предохраняют хлорофилл листьев от разрушения его яркими солнечными лучами.

Волоски на эпидермисе бывают живые и мертвые. Среди последних особо важное практическое значение имеют придатки кожицы семян хлопчатника. Образуются они вследствие выпячивания и дальнейшего разрастания клеток эпидермиса на семязачатках. Волосок хлоп-

чатника состоит из одной клетки, имеющей форму трубочки с толстыми стенками. Главной составной частью его является целлюлоза (до 90 процентов). После созревания семян протоплазма отмирает, и трубка волоска сплющивается. Волокно хлопчатника под микроскопом имеет вид длинной узенькой ленточки, закрученной по оси.

У многолетних растений эпидермис на стеблях сохраняется от нескольких недель до нескольких месяцев. Затем взамен его возникает вторичная покровная ткань, называемая *пробковой тканью*. У фруктовых деревьев это происходит в первый год их жизни, а у взрослых экземпляров на новых побегах — обычно во второй половине лета. Образованию пробковой ткани предшествует появление в стебле вторичной образовательной ткани, так называемого *пробкового камбия*, который развивается двусторонне. К наружной стенке стебля камбий откладывает слои клеток, превращающихся в мертвый пробковый слой, и во внутрь — живые клетки. Пробковый слой непроницаем для воды и газов. Он предохраняет стебли и побеги многолетних растений от летней и зимне-весенней засухи, а также и от вымерзания. Наблюдения показывают, что если фруктовые деревья и ягодные кустарники по каким-либо причинам (прохладная, влажная и облачная вторая половина лета, неумелый обильный полив в тот же период года, обильное удобрение азотом и т. д.) не успели хорошо развить пробковый слой на однолетних побегах, то они сильно страдают при пересимовке.

Следует указать, что пробковая ткань появляется не только на стеблях, но и на корнях, на некоторых плодах, на клубнях (например, у картофеля и топинамбура). Зарубцовывание ран на живых органах растений также часто сопровождается образованием пробкового слоя.

При возникновении пробковой ткани устьицы бывшего эпидермиса превращаются в так называемые *чечевички*. Они хорошо выделяются на белой коре березы в виде коричневато-желтых черточек. Чечевички образованы из рыхло сложенных клеток, свободно пропускающих газы. Через них происходит снабжение внутренних тканей стебля воздухом, необходимым для дыхания живых клеток.

Наиболее мощное развитие пробковой ткани свойст-

венно пробковому дубу, растущему в жарких странах. У нас в СССР он вводится в культуру на южном берегу Крыма и на Кавказе. На Дальнем Востоке растет в диком виде амурское бархатное дерево, образующее слой пробки толщиной в несколько сантиметров.

Основные ткани занимают в растении наибольший объем. Этим и объясняется их название. Снаружи они защищены покровными тканями, а в середине пронизаны проводящими, механическими и другими тканями. Клетки основной ткани чаще всего округло-многоугольной формы. Между отдельными довольно крупными клетками имеется много ходов, образующих так называемые *межклеточные пространства*, заполненные воздухом и углекислым газом. Последний является продуктом дыхания живых клеток основной ткани.

В зависимости от роли, выполняемой в растении, различают следующие виды основной ткани:

1) *Поглощающая паренхима*. Имеет большое значение в питании растений. Она расположена во всасывающей части корня. Водные растворы питательных минеральных веществ, поглощенных из почвы корневыми волосками, затем передаются при помощи клеток поглощающей паренхимы во внутрь корня, где попадают в особые трубочки (сосуды). По этим трубочкам вода и питательные вещества уже передвигаются в стебли и листья.

2) *Ассимиляционная паренхима*, или *хлоренхима*. В клетках ее содержится хлорофилл, который способен ассимилировать, т. е. усваивать, углекислый газ из воздуха и световые лучи. Хлоренхима является основной составной частью листьев. В них она расположена непосредственно под тонким прозрачным эпидермисом. В клетках ассимиляционной паренхимы из углекислого газа и воды под влиянием энергии солнечных лучей происходит процесс первичного образования углеводов — сахара, а затем крахмала. Этим и определяется та громадная роль, которая принадлежит хлоренхиме в жизни растений.

3) *Запасающая паренхима*. Приспособлена к накоплению и отложению в своих клетках запасов органических питательных веществ (сахара, крахмала, жиров, белков и т. д.). Она имеется во всех органах диких и культурных растений.

Запасающая паренхима особенно сильно развита в

семенах хлебных злаков (ржи, пшеницы, ячменя, овса, кукурузы), бобовых растений (гороха, фасоли, сои, чины, чечевицы, арахиса), масличных культур (льна, подсолнечника), в корнеплодах (сахарной, столовой и кормовой свеклы, моркови, петрушки, сельдерея), в клубнях (картофеля, топинамбура), в сочных плодах (яблоках, грушах). У лесных и фруктовых деревьев, а также у кустарников запасаящая паренхима расположена в стволах, ветках и в корнях. В ней откладывается главным образом крахмал.

Значение описываемого типа основной ткани для растения огромно. За счет отложенных в запас органических веществ происходят процессы дыхания, развитие зародыша и молодого растения при прорастании семян, образование новых побегов и листьев весной (у деревьев и кустарников), питание корней у многолетних растений до образования массы новых листьев и т. д.

Многим хорошо известно, что абрикосы и кизил ранней весной образуют сперва цветы, а потом уже листья. Появление цветов и развитие жизненных процессов в них в это время происходит лишь за счет веществ, отложенных в запасяющей ткани корней, стеблей и побегов в предыдущее лето.

Большое значение имеет запасаящая паренхима растений и для человека. Она является для него источником продуктов питания и разнообразнейшего сырья для промышленности.

Клетки основной ткани при определенных условиях приобретают способность к делению, т. е. могут давать новые — дочерние клетки. Это их свойство широко используется в практике сельского хозяйства, например, при прививке в садоводстве, при размножении растений черенками, отводками и т. д.

Проводящие ткани. В теле живого растения в теплый период года (весной, летом и осенью) все время происходит передвижение воды, минеральных и органических веществ. У высших растений это перемещение растворов совершается главным образом при посредстве особой проводящей ткани. Эта ткань образована из множества сильно вытянутых клеток, соединенных друг с другом концами, причем поперечные стенки клеточной оболочки в местах соединения или полностью исчезают, или имеют сквозные отверстия. Благодаря этому проводящая ткань

цветковых растений имеет форму тоненьких трубочек, пронизывающих основную ткань корня, стебля и листьев.

У сельскохозяйственных растений существует два типа проводящей ткани: сосуды и ситовидные трубки. Первые представляют собой длинные, на всю высоту растения, узкие трубочки. В местах их соединения перегородочки отсутствуют. Сосуды состоят из мертвых клеток, лишенных протоплазмы. Начинаясь в тонких разветвлениях корня, сосуды проходят через стебель и попадают в ткани листа. По ним передвигаются снизу вверх (от корней к листьям) вода и растворенные в ней минеральные вещества. Этот процесс получил название *восходящего тока в растении*.

Следует указать, что ранней весной, когда растения переходят от периода покоя к активной жизни, в жидкости, передвигающейся по сосудам, обнаруживаются не только минеральные, но и органические соединения. Это — запасные органические вещества (главным образом, сахара и составные части белка), которые были отложены предыдущей осенью в корнях и которые необходимы теперь в первые весенние дни для образования листьев и цветов.

Ситовидные трубки, так же как и сосуды, состоят из ряда вытянутых в длину трубчатых клеток, но поперечные перегородки в них не исчезают полностью, а имеют отверстия наподобие сита. По этой причине их и называют ситовидными трубками. Они состоят уже не из мертвых, а из живых клеток, в которых протоплазма расположена тонким слоем у стенок. По ситовидным трубкам происходит передвижение раствора органических веществ сверху вниз, — от листьев, где они вырабатываются, к стеблям и корням. Это так называемый *нисходящий ток*. Он доставляет ко всем клеткам растения углеводы и составные части белковых веществ. Без восходящего и нисходящего токов жизнь высших растений была бы невоз-

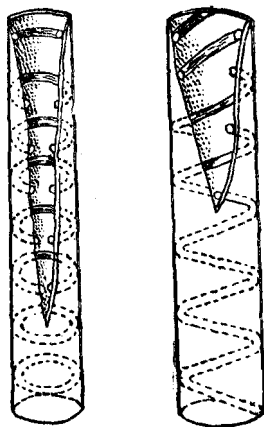
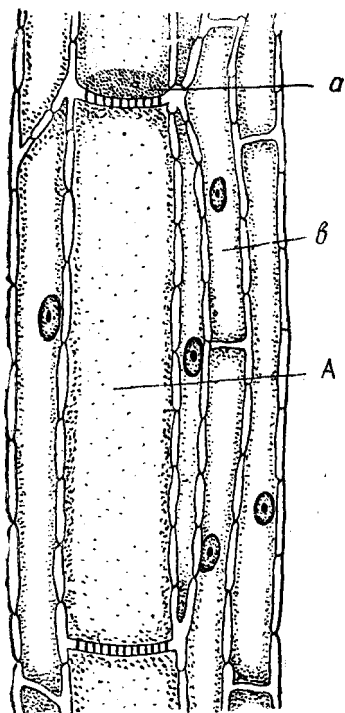


Рис. 3. Сосуды растений:
А — кольчатый сосуд;
Б — спиральный сосуд.

можной. Этим и определяется общее значение проводящей ткани в растительном организме.

Ситовидные трубки обычно расположены пучками и идут параллельно сосудам. Проводящая ткань (сосуды и ситовидные трубки) вместе с другими тканями часто образуют в теле растения

прочные хорошо заметные проводящие пучки. Они пронизывают все органы растения снизу доверху. Проводящие пучки хорошо заметны, например, на нижней стороне листьев в виде крупных жилок. Они образуют здесь как бы каркас, на котором держится нежная ткань мякоти листовой пластинки. Внутри стеблей, плодов и корней проводящие пучки соединяются между собой перемычками, образуя таким образом в теле растения сплетенную сеть, придающую всему растительному организму прочность и устойчивость в вертикальном положении. Показательны в этом отношении сочные плоды южного растения люффы. Если их положить на длительное время в воду, то после сгнивания мякоти плода остается густое



1 с. 4. Ситовидная трубка тыквы:

А — ситовидная трубка; а — ситовидная пластинка; в — со-
проводящая клетка.

сплетение проводящих пучков, которое известно под названием „растительной губки“. Эта губка используется в быту и для изготовления летних головных уборов.

Механические ткани. Растения не имеют скелета, подобного тому, какой встречается в теле животных. И тем не менее они обладают достаточной прочностью, позволяющей им выдерживать тяжесть своих собственных орга-

нов (стеблей, листьев, цветов) и обильного урожая (например, у фруктовых деревьев). Кроме того, растения, особенно деревья, хорошо противостоят силе ударов ветра и тяжести снегопада. Объясняется это рядом причин. У травянистых растений способность их сохранять вертикальное положение зависит прежде всего от тургорного состояния клеток и тканей. При потере его, что бывает при значительном испарении воды в жаркие дни, надземные органы растения (стебли и листья) впадают в состояние завядания; растение поникает как бы под давлением веса своих собственных органов.

Прочность растению придают находящиеся в нем так называемые механические ткани, состоящие из плотно прилегающих сцементированных между собою клеток с сильно утолщенными клеточными стенками. Различают следующие три основных типа механических тканей: колленхиму, склеренхиму и каменные клетки.

1) *Колленхима* — это ткань, клетки которой имеют утолщения оболочки не на всей поверхности, а лишь в определенных местах. Колленхима присутствует в наружных частях первичной коры стебля, в черешках листа у тыквенных растений, в стеблевых узлах хлебных злаков, иногда в корне свеклы, капусты и других растений. Колленхима встречается также в стеблях лубяных растений (конопля, рами), а также тыквы, мяты. Благодаря сильно развитой колленхиме стебли тыквы и мяты имеют резко выступающие грани.

2) *Склеренхима* является наиболее важной по прочности тканью растений. Она образована толстостенными, сильно вытянутыми клетками, сцементированными особым пектиновым веществом. Длина клеток склеренхимы значительна, иногда до 50 сантиметров. Сюда относятся лубяные и древесинные волокна.

Лубяные волокна встречаются в основной ткани стеблей растений в виде отдельных тяжей или цилиндров. Каждый такой тяж представляет лубяной пучок, состоящий из отдельных сильно вытянутых клеток. При очень небольшом поперечнике, измеряемом несколькими (12—50) тысячными долями миллиметра, лубяные клетки имеют значительную длину.

Сильно развитые лубяные волокна являются характерным признаком культивируемых в сельском хозяйстве прядильных растений, таких, как лен, конопля, кенаф,

джут и другие. Их лубяные клетки имеют длину: лен — от 4 до 60 миллиметров, конопля — от 8 до 40 миллиметров, кендырь — от 2 до 55 миллиметров, рами — от 5 до 35 миллиметров, крапива — от 4,5 до 55 миллиметров, кенаф — от 4 до 12 миллиметров, джут — от 8 до 41 миллиметров и новозеландский лен — от 25 до 56 миллиметров.

Соединяясь друг с другом по длине, лубяные клетки образуют лубяной пучок, называемый в практике техническим волокном. Прочность и сырьевые качества технического волокна зависят от степени сцепления лубяных клеток между собой и от плотности соединения их в пучки. Материалом, цементирующим лубяные волокна, у прядильных растений являются пектиновые вещества, которые при водяной или росяной мочке частично разрушаются. Благодаря этому получается волокно, пригодное в прядильной промышленности.

Таким образом, мы видим, что лубяные волокна, выполняющие в самом растении роль механической ткани, широко используются человеком в его практической деятельности.

Древесинные волокна состоят из более мелких, чем лубяные волокна, клеток. Длина клеток в среднем 1—1,5 миллиметра. Их стенки утолщены и всегда подвергаются процессу одревеснения, т. е. пропитыванию их особым стойким веществом — лигнином. Это придает клеткам исключительную прочность. Клетки не образуют длинных тяжей. Древесинные волокна составляют основную массу древесины деревьев. Поэтому древесина обладает исключительной твердостью и крепостью, как, например, у дуба, бука, граба, кизила и других.

3) *Каменистые клетки* — это мертвые одревесневшие клетки с очень сильно утолщенными слоистыми стенками. Их много в стеблях, в твердых незрелых плодах и в семенах некоторых растений. Исключительная твердость косточек у абрикосов, вишни, сливы, скорлупы орехов, жесткость мякоти некоторых сортов груш, айвы и т. д. объясняется наличием в них каменистых клеток. Ткань, образованная каменистыми клетками, не только придает прочность органам растений, но и защищает надолго семена от повреждения их неблагоприятными условиями. Известно, например, что семена, имеющие каменистую

оболочку, могут пролежать в почве десятки лет, сохраняя свою всхожесть.

Условно к группе механических тканей можно отнести также и проводящие пучки, которые своим сплетением придают прочность растительному телу. В заключение необходимо сказать, что общая прочность растения зависит не только от механических тканей, но и от всей массы остальных тканей, а также и от их тургорного состояния.

Выделительные ткани. В растительном организме в процессе его жизни вырабатываются всевозможные вещества, главная масса которых потребляется самим растением. Однако наряду с этим имеются и такие вещества, которые основного питательного значения не имеют. К ним относятся некоторые кислоты, эфирные масла, слизи, смолы, алкалоиды и т. д. Значение их в жизни растений разнообразно. Например, органические кислоты и многие алкалоиды предохраняют растения от поедания животными, эфирные же масла служат для привлечения насекомых, облегчающих опыление цветов. По некоторым наблюдениям, накопившиеся в растениях слизи и смолы иногда рассасываются. Это дает основание предполагать, что они могут выполнять роль запасных питательных веществ.

Часть перечисленных выше веществ выделяется наружу (главным образом, эфирные масла); большинство же откладывается внутри тканей (преимущественно слизи, смолы и алкалоиды). В последнем случае растительные выделения обычно собираются в межклеточных пространствах, будучи выделены клетками за пределы

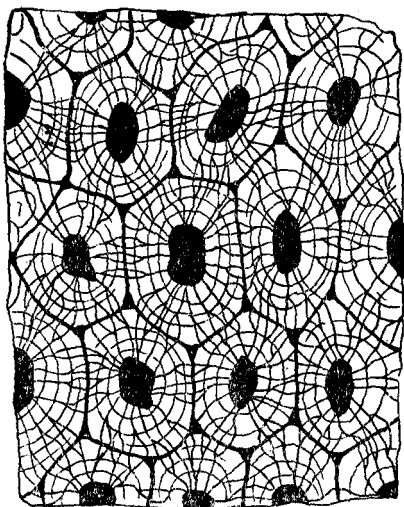


Рис. 5. Ткань из каменных клеток косточки персика.

оболочек. Однако нередко случаи, когда выделения растений накапливаются внутри клеток. Такие клетки отмирают и превращаются в склады «отбросов», от которых освобождаются окружающие ткани. У многих растений образуются специальные выделительные ходы, пронизывающие большую часть их тела. Таковы, например, выделительные ходы у укропа, петрушки и болиголова. У названных растений ходы заполнены маслами. У хвойных растений (пихта, сосна, ель, лиственница) выделительные ходы заполнены смолой. Они имеют большое практическое значение. Например, из «живицы», выделяемой по смоляным ходам хвойных деревьев, добывают скипидар и другие продукты.

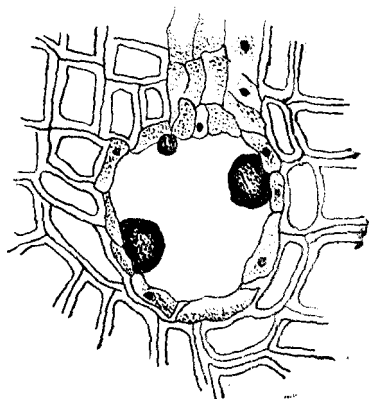
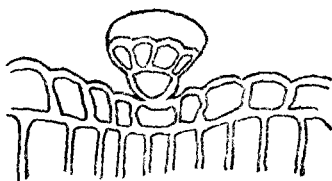
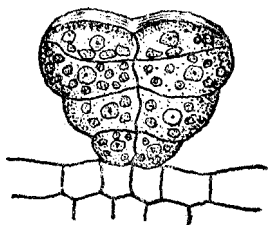


Рис. 6. Смоляной ход в древесине сосны (видны капли бальзама).

Кроме внутренних, у растений имеются и внешние выделительные клетки. Они встречаются в нектарниках цветов и в так называемых железистых волосках, к ко-



А



Б

Рис. 7. Железистые чешуйки с эфирными маслами: А — листа ромашки; Б — листа перечной мяты.

торым относятся жгучие волоски крапивы, волоски мяты, далматской ромашки, герани и других растений.

К числу растительных выделений, как уже указывалось, относятся эфирные масла. Они широко используются в технике, медицине, парфюмерной, косметической.

кондитерской и других отраслях промышленности. Эфирные масла, как продукты жизнедеятельности растений, накапливаются в различных органах: в корнях и корневищах (ирис), в стеблях и листьях (мята, базилик, лаванда, эвкалипты и многие другие), в волосках (герань), в прицветниках (мускатный шалфей), в лепестках (роза, жасмин, цитрусовые), в весенних почках (тополь), в плодах (абрикос, персик, земляника, виноград, лимоны, апельсины), в семенах (анис, кориандр, тмин и другие).

Следует иметь в виду, что эфирные масла далеко не обязательно присутствуют только в специальных выделительных клетках. Они встречаются и в других клетках растений, будучи растворены, или в форме небольших капелек, включенных в протоплазму и клеточный сок.

Из описанных типов тканей образуются путем сочетания основные органы высших растений — корень, стебель и листья. Каждый из них выполняет в жизни растения определенную роль. Поэтому правильнее будет рассмотреть основные черты строения корня, стебля, листьев и их значение одновременно с разбором основных процессов жизни растительного организма.

III. ПОТРЕБНОСТЬ РАСТЕНИЙ В ВОДЕ. ПОСТУПЛЕНИЕ ВОДЫ В РАСТЕНИЕ. ТРАНСПИРАЦИЯ

Растения — живые организмы. Основным признаком всех живых существ является способность их к обмену веществ с окружающей мертвой природой. Это означает, что растения и животные, как бы просто они ни были устроены, способны поглощать из внешней среды питательные вещества, перерабатывать их в протоплазме своего тела и выделять наружу продукты своей жизнедеятельности.

Восприятие организмами веществ мертвой природы, лишенной способности к обмену веществ, и превращение их в составную часть живого тела получило название *ассимиляции*. Обратное же явление, т. е. распад веществ в клетках и выделение продуктов жизнедеятельности во внешнюю среду называется *диссимиляцией*. К ассимиляции и диссимиляции способна лишь живая протоплазма.

В разделе о строении растительной клетки было указано, что вода является необходимой составной частью протоплазмы. Вода не только обуславливает то состояние плазмы растения, при котором она обладает свойствами живого вещества, но и обеспечивает стойкость этого состояния. При значительном обезвоживании протоплазма коагулирует (свертывается) и теряет основное свойство живой материи — способность к обмену веществ. Однако этим не исчерпывается все значение воды в жизни растений. Главную массу веществ, необходимых для питания, растения могут поглощать из почвы только в виде водных растворов. Следовательно, вода нужна им еще и как растворитель питательных веществ.

Наземные растения, в отличие от животных, не имеют своей постоянной температуры. Температура их тканей и органов зависит от температуры окружающего воздуха. В связи с этим в жаркие летние дни мог бы произойти перегрев растений. Обычно этого не случается, так как растения, испаряя воду листьями и стеблями, понижают температуру этих органов. Следовательно, вода необходима растениям также и для понижения температуры их тела.

Наконец, следует иметь в виду, что у высших растений активные жизненные процессы могут происходить лишь в клетках с высокой степенью насыщенности водой. Определения показывают, что в теле зеленого растения на долю воды часто приходится больше 80 процентов его общего веса. В этом отношении показательными являются данные, относящиеся к содержанию влаги в хозяйственном урожае овощных культур, а именно: в свежих огурцах в среднем содержится 96 процентов воды, в капусте — 92 процента, в луке — 87 процентов, в моркови — 87 процентов и в картофеле — 75 процентов.

Исключительное значение воды в жизни сельскохозяйственных растений подтверждают также и данные о количестве влаги, потребляемой ими в течение вегетационного периода. Точными опытами установлено, что одно растение кукурузы или подсолнечника в южных районах СССР расходует за период от появления всходов до созревания урожая от 200 до 250 килограммов воды т. е. 20—25 ведер.

В наших опытах одно взрослое растение томатов испаряло за сутки от 0,8 до 1,5 килограмма влаги.

Профессор В. И. Эдельштейн указывает, что для получения одной тонны моркови, лука, капусты, огурцов, томатов и других овощей растения должны поглотить корнями из почвы и испарить листьями от 30 до 60 тонн воды. Поэтому при выращивании овощных растений их приходится размещать на пониженных местах, куда стекают осадки с возвышенностей, или применять обильное орошение. Не менее убедительные цифры получаются и при подсчетах количества воды, нужного для получения единицы веса урожая зерновых культур, а именно: на каждый центнер собранного с поля сухого вещества (в виде соломы) расходуется от 300 до 600 центнеров, а на один центнер зерна пшеницы — до 1200 центнеров воды.

Из общего количества влаги, поступившей в растение, химически связывается в нем лишь ничтожная часть: из каждых 1 000 граммов — в среднем 1,5—2 грамма. Остальная вода испаряется через листья или находится в клетках и свободном состоянии, создавая ту среду, в которой возможно течение жизненных процессов. Если подсчитать общее количество воды, израсходованной растением в течение его жизни, а затем разделить на вес растения в абсолютно сухом состоянии в конце опыта, то окажется, что сельскохозяйственные растения на каждый килограмм пропущенной через себя воды образуют в среднем 3—4 грамма сухого вещества.

Из всего растительного мира лишь водоросли, живущие в воде, легко берут ее из окружающей среды всей поверхностью. Наземные же растения вынуждены условиями своего обитания вести ожесточенную борьбу за влагу. Это особенно ярко проявляется в районах с недостаточным увлажнением и, тем более, в полупустынных и пустынных областях. Необходимость борьбы за влагу накладывает сильный отпечаток как на строение, так и на всю жизнедеятельность растительного организма.

У сельскохозяйственных растений одновременно происходит два процесса: поступление воды из почвы и отдача ее в воздух при испарении. Соотношение между приходом и расходом воды в растении часто называют водным балансом. Если расход воды, вызванный сильным испарением, становится большим, чем подача ее из почвы, тогда говорят о дефицитном водном балансе.

Это бывает часто у растений в знойные дни. При дефицитном водном балансе происходит обезвоживание растительных тканей. Высшие растения не могут переносить длительного перерыва в нормальном водоснабжении: они начинают на первых этапах страдать, а затем совсем погибают.

В борьбе за воду у растений в процессе исторического развития появились особые приспособления, позволяющие им в большинстве случаев выравнять свой водный баланс без глубокого (катастрофического) недостатка влаги. К числу таких приспособлений относятся:

а) мощная и далеко идущая вглубь корневая система, охватывающая большой объем почвы;

в) хорошо развитая проводящая система (сосуды и ситовидные трубки), облегчающая передвижение воды и растворов по растению;

с) система покровных тканей (эпидермис, пробковая ткань), предохраняющая растение от высыхания;

д) специальные приспособления, понижающие испарение воды (кутикула, восковой налет, густая сеть волосков, способные закрываться устьица).

Наземные растения главную массу необходимой им воды берут из почвы. Для добывания воды они образуют громадную, мощно развитую корневую систему. О длине и мощности корневой системы часто судят по тому остатку ее, который извлекается из почвы при выдирании или неосторожном выкапывании растения, что вообще неверно. В результате обрывания в почве остается значительная часть наиболее тонкой (толщиной 1—2 миллиметра) всасывающей зоны корневой системы, а вместе с ней и колоссальное количество очень нежных тончайших корневых волосков.

Чтобы составить правильное представление о действительной длине корней, о глубине проникновения их в почву и о зоне распространения по горизонтали (в сторону), на сельскохозяйственных опытных станциях прибегают к специальным методам исследования. Основным стремлением при этом является полное сохранение всех корней растения (толстых и тонких) и изучение их мощности в естественных условиях произрастания. Для этого на некотором расстоянии от стебля роют глубокую шахту. После этого землю в зоне размещения корней осторожно отмывают тонко распыленной струей воды.

По мере размокания и смывания грунта прослеживают за распространением в нем корешков.

В том случае, если хотят учесть всю массу корней и корневых волосков, растение выращивают в большом деревянном ящике с разборными стенками. Перед исследованием корней стенки ящика, в котором выращено растение, удаляют и в продолжение нескольких дней осторожно отмывают землю водой, распыленной до мельчайших капелек. Оборвавшиеся тончайшие корешки при этом улавливаются на специальных ситах разной густоты. После отмывки корней их сортируют по диаметру, взвешивают и измеряют.

Многочисленные исследования, проведенные в Советском Союзе указанными выше методами, позволили составить правильное представление о фактической мощности корневой системы дикой и культурной растительности. Так, например, было установлено, что пустынная колючка, произрастающая среди песков и камней, имеет корни длиной до 15 метров. С их помощью это растение засасывает драгоценную влагу из глубинных подпочвенных слоев. Люцерна простирает свои корни на глубину до 18—20 метров в зону расположения подпочвенных вод. Благодаря этому люцерна, как кормовая культура, успешно возделывается не только на крайне засушливом юге, но даже в знойной Африке. Сорная полынь, произрастающая в сухих степях юго-востока Советского Союза, отличается исключительной засухоустойчивостью. Кроме густого покрова из волосков на листьях и стеблях, понижающих испарение воды, она имеет также очень длинные по отношению к наземной части корни (3—4 метра).

Подобных примеров можно было бы привести много, но в этом нет необходимости. Приведенных фактов достаточно для того, чтобы убедиться в том, что в борьбе за воду дикие растения засушливых мест развивают мощную корневую систему.

Культурные растения при возделывании их на полях и плантациях находятся в более благоприятных условиях, чем их дикие сородичи. Человек, желая получить высокий урожай, заботится о создании для растений лучших условий произрастания. С этой целью производится глубокая вспашка почвы, ее рыхление, удобрение, удаление сорняков, снегозадержание и ряд других

агротехнических мероприятий. Однако в зонах умеренного, а тем более недостаточного увлажнения это не устраняет полностью необходимости для растения развивать сильную корневую систему. Подтверждением этого служат данные таблицы 1.

Таблица 1

Длина корней взрослых сельскохозяйственных растений

Р а с т е н и я	Длина корней в метрах	
	о т	д о
Рожь озимая	1,0	2,2
Пшеница озимая	1,1	2,2
Пшеница яровая	1,1	2,0
Ячмень яровой	1,6	2,2
Просо	0,8	1,1
Кукуруза	1,1	2,2
Вика яровая	0,9	2,4
Горох	0,8	1,6
Люпин	1,3	2,8
Чечевица	0,7	0,8
Фасоль	0,8	0,9
Люцерна	более	5 метров
Клевер	1,0	3,0
Лен	0,8	1,1
Гречиха	0,8	1,0
Свекла	0,8	2,8
Подсолнечник	1,3	2,7
Картофель	1,1	1,6
Конопля	0,8	1,1
Помидоры (томаты)	—	1,5
Огурцы	—	1,1
Лук	—	1,0

Из нее видно, что зерновые полевые культуры (рожь, пшеница, ячмень, кукуруза), а также некоторые бобовые (вика), простирают свои корни до глубины 2,2—2,4 метра. Корни же подсолнечника, свеклы, люпина могут достигать почти 3 метров. Особенно глубоко идущую корневую систему имеют бобовые кормовые травы (клевер — до 3 метров, люцерна — свыше 5 метров).

Необходимо иметь в виду, что развитие корней вглубь в известной степени зависит от плотности подпочвенного слоя. Плотные слои, лежащие ниже пахотного горизонта, затрудняют (но не исключают) проникновение корневой системы вглубь.

Раскопки показывают, что подпахотные слои почвы и

подпочвы обычно бывают пронизаны многочисленными ходами (норами) дождевых червей и других животных-землероек (муравьев, разных жуков, больших земляных пауков-тарантулов, сусликов, кротов и других). Эти ходы достигают значительных глубин, например: у дождевого червя — до 8,5 метра, у кротов — до 5,3 метра, у муравьев — до 3,2 метра, у разных пауков и жуков — до 1,6 метра. По этим ходам-каналам, сделанным всевозможными животными, и проникают в глубину наиболее длинные корни растений, давая многочисленные разветвления в сторону в глубинных горизонтах земли, содержащих влагу.

Корни распространяются не только вглубь, но и вширь. В поисках влаги и минерального питания они пронизывают почву по горизонтали. Специальными исследованиями установлено, что ширина распространения корней у разных растений не одинакова, но она во всех случаях значительна. Приведем несколько примеров. У растений, выращенных на одной и той же почве, корни в ширину занимали следующие пространства: у ржи — 66 сантиметров, у льна — 71 сантиметр, у овса — 84 сантиметра, у ячменя — 98 сантиметров, у пшеницы — 102 сантиметра, у картофеля — 115 сантиметров, у свеклы — 133 сантиметра и у кукурузы — 150 сантиметров.

Такая огромная корневая система дает возможность растению довольно совершенно использовать запасы воды в почве и содержащиеся в ней питательные вещества. Общая длина корней одного растения со всеми разветвлениями, если их сложить в одну линию, измеряется десятками и даже сотнями километров.

В одном из опытов выращивалась озимая рожь. В фазе колошения ржи ее корни были осторожно отмыты водой, подсчитаны и измерены. В среднем на одном хорошо раскустившемся растении оказалось следующее количество корней: первого порядка — 143, второго — 35 тысяч, третьего — 2 миллиона 300 тысяч и четвертого порядка — 11,5 миллиона, а всего около 14 миллионов корней. Общая длина всех этих корней была 600 километров, а общая поверхность — около 255 квадратных метров. На этих корнях находилось около 15 миллиардов мельчайших корневых волосков с общей длиной около 10 тысяч километров и с общей площадью 400 квадратных метров.

Подсчеты показали, что поглощающая поверхность всех корней была приблизительно в 130 раз больше, чем общая поверхность надземных частей (стеблей и листьев).

Листья и стебли (особенно первые) в жаркие дни испаряют большое количество воды. Без возмещения потери влаги при испарении растение могло бы погибнуть. Поэтому мощно развитая корневая система и значительное преобладание добывающей воду поверхности корней над расходующей ее надземной частью — пример удивительной приспособленности растительного организма к суровым условиям существования.

Однако следует иметь в виду, что приспособительная способность растений к добыванию влаги не является беспредельной. Это обязывает практиков-растениеводов полузасушливых и засушливых районов повседневно заботиться о накоплении и сохранении воды в почве путем проведения соответствующего комплекса агротехнических мероприятий (подготовка паров, глубокая зяблевая вспашка, рыхление почвы, снегозадержание, задержание талых вод, уничтожение сорняков и т. д.).

Количество воды, расходуемой растением в течение своей жизни, в сильной степени зависит от климатических условий. В жарком сухом климате растения потребляют воды в 2—3 раза больше, чем во влажном и прохладном. В соответствии с этим и корневая система в первом случае развивается более мощно, чем во втором. Что же касается испаряющей площади — листьев, то она, как правило, в местах с засушливым климатом бывает развита слабее, чем в районах с влажной и прохладной погодой. Такая же в общем закономерность наблюдается в разные годы у одного и того же растения, произрастающего в данной местности.

Не менее интересные данные получены учеными и при определении веса массы корневой системы растений. Так, например, установлено, что на площади одного гектара в 30-сантиметровом слое почвы в среднем находится следующее количество корней (в сухом состоянии):

- | | |
|---|----------------|
| 1) на старопахотном участке, занятом зерновыми культурами | 1,2— 1,5 тонны |
| 2) на пятилетнем пырейном участке | 6,1— 6,5 тонны |
| 3) на двенадцатилетней залежи | 11,6—12,0 тонн |

Особенно большую массу корней в пахотном горизонте развивают многолетние злаковые и бобовые кормовые травы в их травосмесях. По литературным данным, вес сухой корневой массы люцерны второго года пользования на 1 гектаре был равен: в районе г. Чкалов — 4,7 тонны, в Мелитопольском районе — 4,4 тонны, а в травосмеси люцерна+житняк — соответственно 9,9 и 9,8 тонны.

По исследованиям кафедры почвоведения Кишиневского сельскохозяйственного института, в средней зоне Молдавской ССР на одном гектаре травосмеси люцерны, эспарцета, костра безостого, овсяницы луговой, житняка и тимофеевки в различном их сочетании на второй год пользования накапливается от 7,1 до 11,0 тонн корней.

Приведенные цифры имеют двойной интерес: во-первых, они показывают, сколь велика масса органов, добывающих воду их почвы и, во-вторых, объясняют то положительное влияние, которое оказывают травосмеси многолетних бобовых и злаковых трав на образование мелкокомковатой структуры почвы. А такая структура необходима, наряду с водой и питательными веществами, для получения высоких урожаев сельскохозяйственных растений.

* * *

Рабочей частью корня, погруженного в почву, являются тончайшие его части диаметром в 1—2 миллиметра, которые часто называют корневыми *мочками*. Они покрыты густой сетью одноклеточных образований так называемых *корневых волосков*. Корневые волоски плотно прилегают к частицам почвы и засасывают из нее воду, а вместе с ней — и необходимые для питания растения минеральные вещества.

Корневые мочки и корневые волоски очень нежные. Они легко обрываются, и тогда нарушается контакт (соприкосновение) растения с почвой, поступление воды и питательных веществ в растение прекращается. Это часто бывает при неумелой пересадке растений. При небрежном выкапывании саженцев, особенно с применением «усилия вверх», значительная часть корневых мочек вместе с собственно всасывающей частью — корневыми волосками — остается в почве. Такие растения на новом месте плохо приживаются, а часть их совсем погибает.

Приктикам сельского хозяйства хорошо известно, что высаженная в грунт из парника рассада овощных растений (помидоров, капусты, перца, баклажан и других) некоторый период времени (10—14 дней) страдает, т. е. легко завядает, теряет часть листьев, отстаёт в росте. Это объясняется обрывом рабочей части корней при пе-

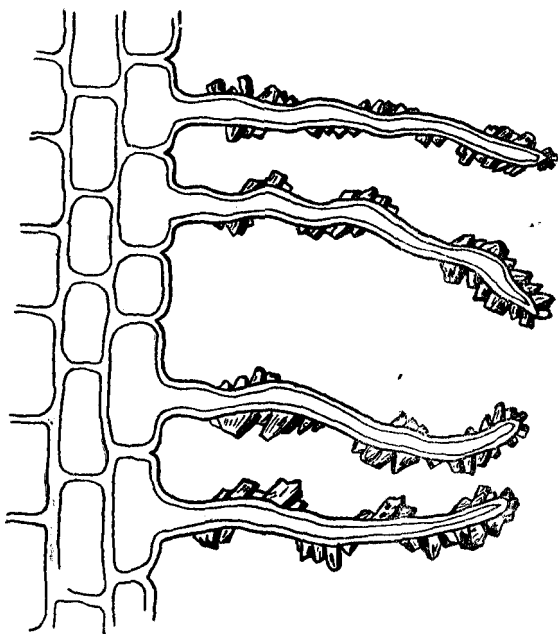


Рис. 8. Корневые волоски с приставшими к ним частицами почвы.

реносе рассады в поле. Лишь после образования этой части корней на новом месте за счет веществ, находящихся в листьях и тканях, растение оправляется.

Наиболее безболезненным для растения является пересадка его с комом земли. Еще лучше предварительно выращивать растение в бумажных и навозных стаканчиках, наполненных специальной смесью из почвы и перегноя. В этом случае рассада овощных растений пересаживается на новое место вместе со стаканчиком, и корневая система не нарушается. Такие растения дают более высокий урожай и раньше созревают. Обязательное уме-

ренное уплотнение почвы и ее полив при посадке растений также увеличивает соприкосновение почвы с корнями.

Корневые волоски всасывают влагу из почвы благодаря тому, что они обладают сосущей силой. Напомним, что эта сила возникает в клетках растений тогда, когда в них количество воды оказывается меньшим, чем то, которое необходимо для полного водного насыщения.

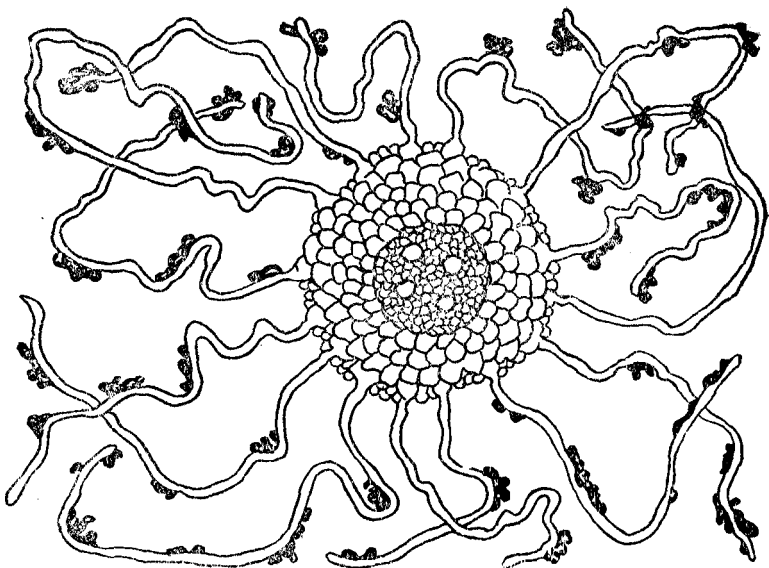


Рис. 9. Поперечный разрез корня с корневыми волосками (в центре видны сосуды).

Иначе говоря, тогда, когда клетка до известной степени обезвожена. Наибольшему обезвоживанию у сельскохозяйственных и диких растений подвергаются листья, так как они испаряют воду. Вследствие этого в них появляется значительная сосущая сила. Сосущая сила всегда выше в клетках листьев, чем в корнях. Благодаря этому листья, через сосуды стебля, отнимают воду от клеток корня. Так возникает та реальная сила корневых волосков, которая заставляет их отнимать воду у почвы.

Кроме того, корни обладают еще и самостоятельной активной силой, при помощи которой они способны засасывать влагу из почвы и поднимать ее по сосудам снизу

вверх. В этом легко убедиться на ряде примеров. Если весной или летом срезать ствол молодого деревца вишни или яблони на высоте 40—60 сантиметров от почвы, можно заметить, что с поверхности поперечного среза начнет обильно выделяться жидкость. То же самое происходит и у срезанной до распускания листьев лозы культурного и дикого винограда. Это явление получило название — «плач растений».

Выделяемая жидкость, как показали исследования, не чистая вода. Она содержит в себе еще минеральные соли и органические вещества. Органических веществ особенно много у растений ранней весной в первые дни их пробуждения к активной жизни. По этой причине жидкость, выделяемую при «плаче растений», называют *пасокой*. И в первом и во втором примерах листьев нет. Что же заставляет пасоку подниматься снизу вверх? Ответ может быть только один: сила живых корней. Та сила, с которой корни выдавливают жидкость по сосудам вверх, получила название *корневого давления*. Измерения показали, что у древесных пород она достигает 1—2 атмосфер, а у виноградного куста — даже 2,5 — 3,0 атмосфер.

Что корневое давление связано с деятельностью именно корней и только *живых корней*, показывают следующие факты. Если, после удаления стебля с листьями, корни убить, например, залив почву кипятком или мыльной водой, то начавшийся «плач растений» быстро прекращается. Постепенно он замедляется, а затем полностью исчезает и в обычных условиях, то есть без вмешательства человека. В этом случае происходит постепенное отмирание корневой системы в силу того, что при полном удалении листьев приток органических питательных веществ к корням отсутствует.

В настоящее время причина возникновения корневого давления установлена достоверно. Состоит она в том, что сила, с которой жидкость, находящаяся в сосудах корня, притягивает к себе воду, всегда выше, чем водоудерживающая способность клеток, расположенных на пути от сосуда к корневому волоску. Поэтому содержимое сосуда корня все время отнимает воду от корневого волоска, а последний, в силу повышения его осмотической силы — от почвы. Таким образом, возникает непрерывный ток воды от живых корневых волосков в со-

суды корня, из которых она выдавливается вверх вновь поступившими частицами воды. При перерезании же сосудов вода выливается наружу, что и получило название «плача растений».

Если в теплое весеннее утро, накануне восхода солнца, выйти в поле, то на кончиках листиков всходов яровой пшеницы, ячменя, овса и кукурузы можно заметить мелкие капельки воды. На солнце они красиво переливаются всеми цветами радуги. Это не роса. При росе вся поверхность листьев и стебля покрыта тонкой пленкой воды. Здесь же мы видим отдельные мелкие, как бусинки, капельки жидкости. Это так называемая *гуттация*. Возникновение ее также доказывает наличие корневого давления. Корни активно засасывают воду из почвы и нагнетают ее по сосудам вверх к листьям. Так как листики еще малы по своему размеру, да к тому же утром воздух бывает насыщен водяными парами, то они не успевают испарять подаваемую воду. В силу этого избыток ее выделяется в определенных местах листа (гидатодах) в виде отдельных капелек.

Источником воды для сельскохозяйственных растений является влага, содержащаяся в почве. Количество ее может быть разное. Это зависит от годовой суммы атмосферных осадков (дождь, снег, иней, роса), распределения их по сезонам года (весна, лето, осень, зима), от химического состава самой почвы, от ее состояния (рыхлая, уплотненная), от растительного покрова, климатических условий и т. д.

Следует указать, что далеко не вся влага, содержащаяся в почве, доступна для растений. Вода в почве находится не в чистом состоянии, а в виде растворов. В ней содержатся всевозможные минеральные и органические вещества. Каждый же раствор обладает собственной соущей и водоудерживающей силой. Хорошо известно, что, например, во влажном воздухе поваренная соль начинает притягивать к себе воду и превращаться в концентрированный раствор. Для того, чтобы его высушить, т. е. отнять воду, необходимо затратить значительное количество энергии в виде тепла при кипячении. Таким образом, мы приходим к заключению, что растения в естественных условиях не просто берут, а добывают воду, преодолевая водоудерживающие силы почвы.

По характеру связи с почвой, а также по степени до-

ступности для растений почвенная вода делится на следующие пять основных видов.

1) *Гравитационная вода* заполняет крупные поры (отверстия) почвы. Ее бывает много после обильных дождей. Почвой гравитационная вода почти не удерживается, а поэтому она вполне доступна для корневой системы растений.

2) *Капиллярная вода* содержится в мелких по диаметру отверстиях (капиллярах) почвы. Капиллярную воду растения берут из почвы легко. Это, обычно, основной вид влаги, за счет которой и происходит питание водой.

3) *Пленочная вода* облекает мельчайшие частицы почвы тончайшими оболочками. Практически она мало доступна для растений, так как удерживается почвой довольно прочно.

4) *Гигроскопическая вода* — это влага, содержащаяся в почве, высушенной на воздухе. В зависимости от состава почвы количество ее колеблется от 0,5 до 14 процентов (в песчаной — меньше, в глинистой — больше). Этот вид воды удерживается почвой с силой до 1000 атмосфер, а поэтому она не доступна для растений, так как клетки корней не могут развивать такую громадную со-
сущую силу.

5) *Имбибиционная вода* содержится в набухших почвенных составных частях. Для растений недоступна по причинам, указанным выше.

Таким образом, вся влага в почве может быть распределена на доступную и недоступную для растений. После использования запасов доступной влаги (гравитационной и капиллярной) растения сперва завядают, а затем погибают. По этой причине часть почвенной воды, недоступной для всасывания корневой системой, называют еще «коэффициентом завядания», или «мертвым запасом» воды.

В разных почвах абсолютная величина «мертвого запаса» воды не одинакова. Установлено, что коэффициент завядания равен (в процентах от веса почвы): у крупного песка — 0,9 процента, у мелкого песка — 2,6 процента, у суглинка — 5—10 процентов, у черноземной почвы — 8—10 процентов, у тяжелой глинистой почвы — 16—17 процентов и у торфяных почв еще выше. Следовательно, количество недоступной для растений воды зависит от состава и типа почвы.

Из приведенных выше цифр следует, что легкие песчаные или супесчаные почвы связывают меньшее количество недоступной для растений воды, чем тяжелые суглинки. Это означает, что если при очередном определении нами обнаружена влажность почв, равная, например, 20 процентам, то действительное количество воды, находящейся в распоряжении растений, будет в песчаной почве больше, чем в суглинистой. Следовательно, при одном и том же показателе общего содержания воды в почве сельскохозяйственные культуры будут лучше обеспечены влагой на легких почвах.

Знание показателя «мертвого запаса» воды в почвах колхоза или совхоза имеет большое практическое значение. Пользуясь им, можно в любое время составить себе точное представление о действительных условиях водоснабжения растений и предотвратить страдание их от недостатка влаги. Для этого необходимо определить в процентах общую влажность почвы в данный момент и вычесть из нее коэффициент завядания. Полученная указанным способом разница и будет показывать содержание доступной для растений воды.

Из сказанного выше ясно, что чем ближе к нулю разница между показателем общей влажности и коэффициентом завядания, тем хуже будут условия водоснабжения произрастающих на данной почве растений. При полном их равенстве растения, несмотря на некоторое наличие влаги в почве, впадают в длительное завядание и погибают. В этом случае лишь срочный полив или хороший дождь могут спасти сельскохозяйственные культуры от гибели.

Существует несколько способов определения «мертвого запаса» влаги в почве. Поскольку они имеют практическое значение, дадим их краткое описание.

Наиболее надежным способом считается следующий: в разных местах полевого участка отбирают образцы почвы, затем их смешивают и просеивают через металлическое сито с отверстиями размером 2—3 миллиметра. Из общей массы просеянной почвы отбирают среднюю пробу весом 8—10 килограммов и помещают ее в железный, гончарный или деревянный сосуд. После этого в сосуд высевают семена растения, поливают и ожидают появления всходов. Поливку производят до тех пор, пока растения не окрепнут и не образуют сильно разви-

гую листву. Затем полив прекращают. Растения, испаряющие воду, будут нормально выглядеть до тех пор, пока в почве будет иметься доступная для корней влага. После же полного использования ее растения переходят в состояние длительного завядания, т. е. такого завядания, которое, появившись днем, не исчезает к утру. Если теперь определить влажность почвы, то она и будет точно совпадать с величиной «мертвого запаса» или «коэффициента завядания» данной почвы.

Существует и другой, более быстрый и удобный метод определения величины недоступной для растений влаги. Просеянную почву рассыпают тонким слоем на столе в комнате и доводят ее до воздушно-сухого состояния. Такая пылящая при пересыпании почва содержит в себе гигроскопическую влагу. Путем высушивания почвы при 100—105 градусах в течение 6—8 часов определяют в процентах количество воды в ней, умножают найденную величину на 1,5 или 2,0 и таким образом находят «мертвый запас» влаги для данной почвы (коэффициент 1,5 применяют для черноземных, а 2,0 — для суглинистых почв).

Специально проведенные опыты показали, что различные сельскохозяйственные растения *на одной и той же почве* имеют одинаковый коэффициент завядания. Столь неожиданное явление объясняется тем, что вододерживающая способность почвы при переходе от капиллярной (доступной) влаги к гигроскопической и имбибиционной (недоступной) быстро возрастает на сотни атмосфер, тогда как сосущая сила корней способна повыситься при этом всего лишь на несколько атмосфер.

Из приведенного примера следует, что хотя у растений в процессе длительного исторического развития и выработались приспособления, облегчающие борьбу за влагу, все же они в суровых условиях обитания нуждаются в активной помощи человека, направленной на коренное улучшение условий внешней среды.

* * *

На всасывающую деятельность корневой системы большое влияние оказывают условия внешней среды. Прежде всего остановимся на температуре почвы.

Если хлорчатник, выращиваемый в сосуде, обильно

полить, а затем корни охладить путем обкладывания сосуда льдом, то растение, несмотря на обилие воды в почве, завянет. Такое явление объясняется тем, что в холодной почве увеличиваются плотность и вязкость протоплазмы клеток всасывающей зоны корня. Благодаря этому проницаемость ее сильно понижается и скорость поступления воды в растение замедляется или даже полностью прекращается. Таким образом, влажная, но холодная почва оказывается для растения как бы сухой, или, говорят еще, *физиологически сухой почвой*. Поскольку растение все же продолжает испарять листьями воду, то оно впадает в состояние опасного длительного завядания. Если удалить лед, то через некоторое время (после нагревания почвы) растение восстановит свое первоначальное тургорное состояние.

Из описанного опыта следует, что температура почвы оказывает большое влияние на работу корней. С понижением температуры деятельность корневой системы по всасыванию воды и растворенных в ней минеральных веществ сильно падает. Сказанное позволяет нам понять многие явления в поведении растений ранней весной, осенью, а также в иные периоды внезапного похолодания.

Принято считать, что для культурных и диких растений засуха начинает сказываться в жаркую погоду при сухой почве. Фактически же бывает и так, что уже в ранние весенние дни, если стоит холодная погода, растения начинают страдать от недостатка воды в тканях, даже если в почве ее достаточно. Так было, например, в Молдавии в 1946 году. Губительная для озимых почвенная засуха началось не с первых чисел мая, когда наступила жаркая погода, а еще в конце марта — начале апреля, когда выпадало достаточное количество осадков, но они не могли быть использованы растениями из-за холодной почвы. Таким образом, первая декада мая была не началом, а продолжением засушливого периода, начавшегося значительно раньше.

Можно привести и другой случай. Начало осеннего листопада у древесных пород обычно понимают как результат влияния первых заморозков. Однако даже простое наблюдение показывает, что нижние листья, например, у яблони, начинают опадать задолго до наступления отрицательных температур. Объясняется это тем, что в связи с общим осенним похолоданием скорость вса-

сыхания воды корнями понижается, из-за чего в растительном организме создается недостаток влаги. Общая физиологическая сухость в тканях дерева и приводит к началу осеннего листопада. Таким образом, в описанном нами случае действительной причиной наблюдаемого явления служит не температура воздуха, а физиологическая сухость холодной почвы.

Особенно чувствительной к понижению температуры почвы является корневая система теплолюбивых растений южного происхождения (цитрусовых, хлопка, сои, арахиса, огурцов и т. д.). Овощеводам хорошо известно, что огуречные растения при похолодании до 8—10 градусов начинают сильно страдать и останавливаются в росте. Листья начинают по краям подсыхать, растения желтеют, нормальное цветение заменяется образованием лишь мужских цветов, не дающих плодов. Конечно, в приведенном примере пониженная (но выше нуля) температура воздуха оказывает отрицательное влияние и на ряд других физиологических процессов огуречного растения, но среди них решающее значение принадлежит изменениям, происходящим в корневой деятельности.

Физиологической сухостью холодной почвы объясняется также и часто наблюдающееся у плодовых деревьев и ягодных кустарников повреждение побегов, а иногда и целых веток в зимне-весенний период. Внешне это выражается в высыхании верхней трети побегов дерева при наступлении теплого периода. Чаще всего это бывает в садах, расположенных на восточных, юго-восточных и южных склонах. Обычно в таких случаях считают, что деревья пострадали от морозов. Но ведь на северном склоне даже днем температура бывает ниже! Почему же в таком случае усыхание веток все же бывает не на северных, а на южных склонах?

Объясняется это тем, что в ранние весенние дни, когда почва, вследствие таяния снега, еще холодная, прямые солнечные лучи сильно нагревают темноокрашенные побеги деревьев и кустарников, вызывая у них значительное испарение воды. В то же время корни, находящиеся в холодной почве, не могут развить своей активной деятельности. Вследствие этого происходит иссушение тканей веток и они погибают.

Таким образом, мы приходим к заключению, что в описанных случаях гибель верхней части кроны происходит не от морозов, а от зимне-весенней засухи.

Чтобы избежать гибели веток от зимне-весенней засухи, необходимо устранить возможность сильного нагревания их в тот период, когда корневая система находится еще в холодной и, тем более, в не совсем оттаявшей почве. Это можно сделать путем опрыскивания деревьев «известковым молоком». Будучи покрыты белым тонким слоем, надземные части растения отражают солнечные лучи, меньше нагреваются, а вследствие этого и меньше испаряют воды. Это и предохраняет их от высыхания в тот период, когда корни работают еще слабо.

В связи с разбираемым явлением не лишним будет коснуться спорного в садоводстве вопроса о том, нужно ли или не следует засыпать приствольные круги плодовых деревьев кучами снега накануне наступления весны? Приносит это мероприятие пользу или вред?

Ответ на поставленный вопрос необходимо искать во влиянии температуры почвы на всасывающую деятельность корня. Нетрудно догадаться, что на восточном, юго-восточном и южном склонах приствольные кучи снега будут задерживать оттаивание и нагревание почвы. Это, при одновременном сильном нагревании кроны дерева прямыми солнечными лучами, вызовет зимне-весеннюю засуху и усилит ее пагубное влияние на ветви.

В садах же, размещенных на северном, северо-западном и западном склонах, наоборот, насыпанные вокруг штамба кучи снега могут принести пользу, так как задержанное таяние снега под кроной дерева отодвигает сроки наступления цветения и обогащает почву влагой; проявление же засухи в тканях ветвей, пронизываемых косо падающими солнечными лучами, менее вероятно.

Вторым мощным фактором, влияющим на деятельность корневой системы, является доступ в почву воздуха. Корни, как и все остальные живые органы растений, дышат. Для дыхания им нужен кислород, содержащийся в воздухе. Опытами установлено, что на всасывание корнями воды и минеральных веществ из почвы тратится энергия. Корни получают ее в акте дыхания. Если доступ воздуха в почву прекращается, приостанавливается и всасывающая деятельность корней. Чем рыхлее почва, тем легче проникает в нее воздух и, наоборот, уплотнение пахотного горизонта затрудняет снабжение корневой системы кислородом. Из сказанного становится ясным, что систематическое рыхление почвы, занятой сельско-

хозяйственными растениями, является обязательным в комплексе агротехнических мероприятий по получению высоких урожаев. В агрономической литературе существует выражение: «рыхление — это сухая поливка растений». В нем заложен глубокий смысл. Сущность последнего состоит в том, что рыхление не только сохраняет влагу в почве, но и, повышая по указанным выше причинам всасывающую деятельность корней, усиливает поступление воды в растение. Необходимо подчеркнуть, что рыхление почвы имеет большое значение не только на юге, в засушливых зонах, но и на севере при достаточном, и, тем более, избыточном увлажнении. В последнем случае оно, стимулируя дыхание корневой системы, обеспечивает *реальное* поступление воды в растительный организм.



Из каждых 1000 граммов воды, поступивших в растение, лишь ничтожная их часть (1—3 грамма) химически связывается в организме и идет на построение веществ. Остальная вода испаряется растением в воздух через листья. Процессу испарения влаги растительным организмом дано специальное название — *транспирация*.

Таким образом, в живом растении существуют два противоположных процесса: с одной стороны, поступление воды через корни, с другой — потеря колоссального количества ее при транспирации. В жаркое время, особенно при недостатке влаги в почве, испарение может привести к такому сильному обезвоживанию тканей, что растение погибнет. В связи с этим возникает вопрос, нужна ли вообще транспирация растениям? Не является ли она «неизбежным злом» в их жизни?

Специальными опытами установлено, что транспирация не только не является «неизбежным злом» — она является важным физиологическим процессом в жизни растений. Благодаря испарению в растении создается так называемый «восходящий ток» воды от корней к листьям, становится возможным передвижение по растению минеральных питательных веществ, поглощенных корнями из почвы. Следовательно, транспирация связана с питанием растений из почвы. Она необходима для этого процесса.

Выше уже указывалось, что растения, в отличие от животных, не имеют своей собственной температуры. Температура их клеток зависит от температуры окружающей среды (почвы и воздуха). Вследствие этого летом в жаркие знойные дни мог бы происходить опасный для растений перегрев тканей и органов. Если обычно так не бывает, то в этом проявляется полезное влияние транспирации. Последняя, как и потение у человека, способствует понижению температуры тканей растения. Правда, эта способность не безгранична. При помощи испарения влаги растение может понизить температуру листьев — органов, находящихся под непосредственным воздействием палящих солнечных лучей, всего лишь на 4—6 градусов, но и этого уже часто бывает достаточно для того, чтобы растение не погибло от перегрева. Что же касается стеблей, то они, в той или иной степени, бывают защищены листьями от нагрева прямыми солнечными лучами.

Значение транспирации в жизни растений как процесса, предохраняющего их от гибели, можно показать на таком примере из сельскохозяйственной практики. Овощеводам хорошо известно, что если в ясный весенний день во-время не открыть парники, то находящаяся в них рассада погибает. В то же время в соседних парниках с приоткрытыми рамами растения чувствуют себя хорошо. Объясняется это тем, что благодаря транспирации воздух в закрытых парниках в солнечную теплую погоду очень быстро насыщается водяными парами. Это прекращает дальнейшее испарение воды листьями. Потеряв способность понижать температуру, листья перегреваются; протоплазма их клеток от высокой температуры свертывается и растение погибает. Как бы ни старались мы в этом случае «отлить» растения водой, это не помогает, так как действительной причиной гибели растений является не недостаток воды в почве, а перегрев листьев вследствие прекратившейся временно транспирации.

На интенсивность транспирации, т. е. на количество воды, испаряемой единицей поверхности листьев за один час, большое влияние оказывают внешние условия.

Чем суше воздух, тем интенсивнее транспирация. Растение испаряет особенно много воды в атмосферную засуху, когда относительная влажность воздуха пони-

жается до 20 и даже до 15 процентов. *Повышение температуры воздуха и листьев сильно ускоряет отдачу воды растениями.* В первом случае происходит понижение относительной влажности воздуха, во втором — ускоряется процесс перехода воды в парообразное состояние в межклеточных пространствах тканей листьев.

В естественных условиях воздух очень редко бывает в совершенно спокойном состоянии. *Ветер (движение воздуха) усиливает испарение воды растениями.* Он ускоряет удаление с поверхности листьев легкого облачка выделившихся водяных паров, и тем самым усиливает транспирацию. Ветер при силе до 5 метров в секунду особенно ярко сказывается на скорости транспирации. Дальнейшее же усиление ветра не влияет на скорость транспирации.

Солнечный свет сильно повышает испарение воды листьями. Объясняется это несколькими причинами. Первая заключается в том, что при появлении света, например утром, повышается температура воздуха, одновременно понижается и относительная влажность его. И то и другое, как мы видели, усиливает транспирацию. Кроме того, свет повышает проницаемость протоплазмы. Благодаря этому клетки листьев легче пропускают через себя воду и быстрее отдают ее сухому воздуху. Наконец, свет способствует раскрытию устьиц в эпидермисе листа, через которые водяные пары, образовавшиеся внутри ткани, выделяются наружу. Опытами обнаружено, что даже рассеянный свет повышает транспирацию на 30—40 процентов.

Скорость транспирации и общее количество воды, принимаемой растением при испарении, в различные периоды суток не одинаковы: наименьшими они бывают ночью, наибольшими — в послеполуденные часы; к вечеру транспирация падает. Так, например, в наших опытах с огурцами одно растение испаряло за сутки от 286 до 1052 граммов воды (среднее за 5 суток равно 598,8 грамма). Из этого количества на транспирацию в ночные часы приходилось всего лишь от 10 до 15 граммов. Растение томатов испаряло в течение суток от 264 до 669 граммов воды (среднее за 3 суток равно 479,3 грамма), при этом на ночную транспирацию приходилось 6—10 граммов.

Меньшая интенсивность испарения ночью объясняет-

ся более низкой, чем днем, температурой, более влажным воздухом и отсутствием света. Кроме того, у многих растений, например, у хлебных злаков, ночью устьица бывают почти полностью закрыты.

Главным органом, испаряющим воду, является лист. В связи с этим на величину транспирации того или иного растения, кроме атмосферных факторов, большое влияние оказывает строение листа, состояние его клеток и тканей. Выше уже указывалось, что сверху лист имеет трудно проницаемый для газов эпидермис. Верх-

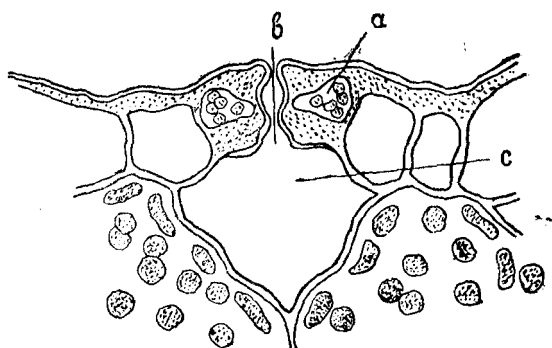


Рис. 10. Строение устьица в поперечном разрезе:
а — замыкающие клетки с хлоропластами; б — устьичная щель; с — воздушная полость.

няя сторона эпидермиса у многих растений бывает покрыта кутикулой, а иногда и восковым налетом. В эпидермисе имеются отверстия — устьица, которые ведут в межклеточные пространства, образованные поверхностью смежных рыхло расположенных клеток внутренней части листа. Испарение в узком смысле слова, т. е. переход жидкой воды в парообразное состояние, происходит в межклеточных пространствах с поверхности клеток, образующих межклеточные ходы. Через устьица образовавшиеся пары воды выделяются за пределы листа — в воздух. Такая транспирация называется *устьичной*.

Кроме нее, у растений существует *кутикулярная* транспирация. При кутикулярной транспирации водяные пары выделяются не через устьица, а через кутикулярный слой, покрывающий лист. Главная масса воды теряется растениями при устьичной транспирации. Кути-

кулирная транспирация обычно в 15—20 раз слабее устьичной. Особенно ничтожна она у старых листьев с хорошо развитой кутикулой. Кутикулярная транспирация решающего значения в жизни растений не имеет. Однако с ней приходится считаться, например, при поливке растений. Если в жаркую часть суток полить листья сверху, то это может вызвать завядание растений. Объясняется это тем, что у смоченных сверху листьев происходит разбухание кутикулы. Проницаемость же разбухшей кутикулы для водяных паров повышается. Вследствие этого транспирация листьев сильно возрастает, что и приводит их к завяданию. Поэтому и не рекомендуется поливать растения сверху в жаркие дни.

Выше указывалось, что собственно испаряющая поверхность растения это не верхняя и нижняя площадь листьев, а поверхность межклеточных пространств, расположенных в тканях листьев. Исследованиями установлено, что отношение поверхности межклеточников к наружной поверхности листьев у разных типов растений не одинаково. Оказывается, что у тепловых растений поверхность межклеточных пространств в среднем в 7—10 раз больше наружной поверхности листьев, у мезофитов (растений, произрастающих в местах с умеренным увлажнением) — в 12—19 раз больше и у ксерофитов (растений пустынь и полупустынь) — в 17—30 раз больше. Таким образом, мы видим, что чем суше климат, тем совершеннее спрятана испаряющая поверхность листьев в их тканях. Это одно из приспособлений, позволяющих растениям понижать расход воды при транспирации в суровых условиях обитания. Появилось оно в процессе длительной эволюции.

Подсчеты обнаружили, что средняя площадь листьев всех растений, расположенных на одном гектаре посева, равна:

- а) у кукурузы (при 35 000 растений) около 2 гектаров
- в) у пшеницы, ржи, ячменя . . . — „ — 25 гектаров
- с) у картофеля . . . — „ — 40 гектаров

Если поверхность межклеточных пространств листьев считать равной величине в 19 раз большей, чем их наружная площадь (как у мезофитов), то тогда собственно испаряющая поверхность растений на одном гектаре будет равна:

а) у кукурузы	около 38 гектаров
б) у пшеницы, ржи, ячменя	475 »
с) у картофеля	760 »

Это означает, что 1 гектар площади, занятой сельскохозяйственными растениями, фактически иссушается в 38—475—760 раз большей собственно испаряющей поверхностью листьев. Именно этим и объясняется столь быстрый расход запасов влаги почвы в жаркое время.

Нами уже указывалось, что транспирация складывается из двух процессов: перехода воды в парообразное состояние с поверхности клеток, образующей межклеточные ходы внутри листа, и диффузии (проникновения) водяных паров из межклеточников за пределы листа — в окружающий воздух. Последний процесс происходит через устьица. У абсолютного большинства сельскохозяйственных растений устьица расположены с обеих сторон листа. В среднем их бывает около 80—100 штук на 1 квадратном миллиметре листа, но у некоторых растений число устьичных отверстий доходит до 500 штук на квадратном миллиметре. Устьица настолько ничтожны по своему размеру, что величина их измеряется микронами*.

В наших опытах с томатами сорта Бизон, проведенных в тепличных условиях, устьица характеризовались следующими величинами: длина устьичной щели — от 6 до 8 микронов; ширина ее, в зависимости от условий, колебалась от 1,8 до 5,3 микрона. Средняя ширина за день — 3,24—3,26 микрона.

Несмотря на столь значительное количество, общая открытая поверхность устьиц, благодаря ничтожному размеру, обычно не превышает 1 процента от общей поверхности листовой пластинки. По нашим измерениям, у томатных растений сумма площадей открытых отверстий устьиц на 1 квадратный дециметр листа (10.000 квадратных миллиметров) была равна: в первом опыте 6,0, во втором — 15,6 квадратным миллиметрам, что составляет всего лишь 0,06 — 0,16 процента от общей площади листа.

Казалось бы, что малая абсолютная площадь устьичных отверстий должна была бы задерживать транспирацию растений, т. е. сводить к минимуму их способность

* Микрон — тысячная доля миллиметра.

понижать температуру тканей в жаркие дни. Однако этого не происходит. опыты показывают, что интенсивность испарения листьев всего лишь на 10—20 процентов ниже скорости испарения воды с открытой водной поверхности, расположенной рядом. Объясняется это тем, что скорость диффузии водяных паров через малые отверстия происходит значительно быстрее, чем через отверстия с большим диаметром. Иначе говоря, одна и та же единица открытой площади будет испарять быстрее в том случае, если она составлена из большего числа более мелких отверстий.

В подтверждение этого приведем данные одного из наших опытов. У томатов сорта Бизон интенсивность транспирации 1 квадратного дециметра открытой площади устьиц составляла (в миллиграммах воды за 1 час):

а) при ширине устьиц 3,25 микрона — 43,6 миллиграмма;

в) при ширине устьиц 1,26 микрона — 88,1 миллиграмма, т. е. при уменьшении отверстия устьиц листа почти в 2,6 раза диффузия водяных паров через них не уменьшилась, а, наоборот, увеличилась в 2,02 раза. (Данные представляют собой средние величины из наблюдений в течение двух суток.)

Ввиду того, что устьица играют большую роль в жизни растений, следует остановиться на них более подробно. Каждое устьице образовано двумя замыкающими клетками, чаще всего полулунной формы. Стенки клеток, обращенные в сторону отверстия, более толстые, чем противоположные. Благодаря такому строению устьица могут активно менять ширину своей щели, т. е. открываться и закрываться. При насыщении замыкающих клеток водой, что бывает при обильном содержании влаги в растении, устьица сильно открываются, и транспирация листьев повышается. При обезвоживании растения, а одновременно и замыкающих клеток, устьица сильно или совсем закрываются, в связи с чем испарение воды понижается или прекращается. На указанное движение устьиц, кроме общей степени насыщения растений водой, влияют и другие факторы: свет, концентрация углекислого газа в воздухе и процессы превращения органических веществ внутри самих замыкающих клеток.

Выше уже указывалось, что у большинства расте-

ний свет способствует открыванию устьиц. В связи с этим у многих растений, например, у хлебных злаков, в ночные часы устьица бывают закрыты. Наряду с этим у картофеля, капусты, кормовой свеклы, при достаточном количестве воды в тканях, устьица открыты и днем

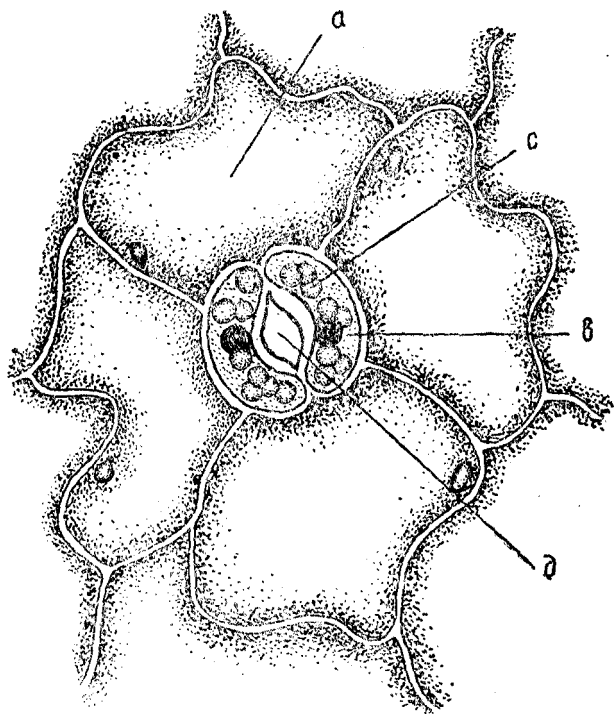


Рис. 11. Кожица листа:

а — обычные клетки; в — замыкающие клетки; с — хлоропласты; д — устьичная щель.

и ночью. Другие растения в этом отношении занимают промежуточное положение.

Сам «механизм» движения устьиц в настоящее время уже не представляет собой чего-то таинственного. Установлено, что в основе его лежат процессы превращения органических веществ внутри замыкающих клеток. При обогащении последних водой в протоплазме под влиянием ферментов происходит превращение крахмала в сахар, т. е. в то вещество, из которого раньше возник крахмал. Этот процесс сопровождается повышением концент-

рации осмотически действующих веществ. Они усиленно засасывают воду из соседних клеток; внутреннее давление протоплазмы на оболочки замыкающих клеток при этом увеличивается. Наружные стенки, как более тонкие, начинают сильно растягиваться и тянут за собой внутренние, прилегающие к щели. В результате этого щель расширяется, т. е. устьице открывается. При превращениях обратного направления, когда сахар переходит в крахмал, что бывает при значительной потере воды листьями, замыкающие клетки обезвоживаются, их наружные стенки теряют напряжение. Благодаря этому внутренние, более толстые, стенки выпрямляются и, прилегая друг к другу, закрывают устьичную щель.

Обычно различают три основных типа движения устьиц:

1) Фотоактивная реакция открывания. Она наблюдается в ранние утренние часы и вызывается появляющимся солнечным светом.

2) Гидроактивная реакция закрывания. Вызывается она недостатком воды в листьях. (В клетках, образующих устьице, сахар переходит в крахмал.)

3) Гидропассивная реакция закрывания. Наблюдается она в период обильных длительных дождей, когда листья достигают высокой степени насыщенности водой. В этом случае устьица закрываются не активно, а пассивно, благодаря сильному боковому давлению на них со стороны разбухших клеток эпидермиса.

Гидропассивное закрывание устьиц представляет собой опасное явление в жизни растения. Устьица нужны растениям не только для транспирации, но и для других очень важных физиологических процессов. Через них вместе с воздухом проникает кислород, нужный для дыхания, и углекислый газ, потребляемый зелеными листьями для создания органических веществ при фотосинтезе. Через них же, в случае отсутствия фотосинтеза, происходит и выделение углекислого газа, образовавшегося при дыхании. Вследствие этого растения при длительном пребывании с пассивно закрытыми устьицами начинают страдать как от недостатка кислорода, так и от избытка углекислоты в тканях. Необходимо также добавить, что в период затяжных длительных непрерывных дождей, благодаря густой облачности, растениям недостает солнечного света. Общую картину страдания растений в

описываемом случае крестьяне часто определяют выржением «растения стекают».

Нельзя представлять себе, что основные типы движения устьиц наступают у растений попеременно или последовательно. Поведение устьиц в каждый данный момент зависит от действия на них одновременно нескольких, иногда противоположно влияющих, факторов, например, — света и недостатка воды.

Сильно развитая испаряющая поверхность при высокой интенсивности транспирации может привести растительный организм к гибели вследствие значительного обезвоживания протоплазмы клеток. Если так не бывает, как правило, то это объясняется наличием у растений приспособлений, при помощи которых они способны в значительной степени понижать расход воды. К числу их относятся, прежде всего, устьица. При сильном уменьшении устьичной щели транспирация листьев понижается, при полном закрывании устьиц она сводится почти к нулю.

Таким образом, устьичный аппарат растений с его способностью под влиянием внешних условий открываться и закрываться является замечательным приспособлением, при помощи которого растение, регулируя транспирацию, предохраняет себя от гибели. Наблюдения показывают, что потеря устьицами способности к активному движению неминуемо влечет за собой гибель растений от обезвоживания. Так бывает при поражении устьичных клеток хлебных злаков ржавчиной, при «параличе» устьиц, вызванном суховеями и слишком высокой температурой воздуха. Известны случаи, когда у овса устьица впадали в состояние «паралича» при температуре 40—45 градусов через 4—5 часов.

Придавая большое значение устьичному регулированию транспирации, следует иметь в виду, что растение не может долго держать устьица закрытыми. При закрытых устьичных щелях прекращается доступ в листья кислорода и углекислого газа. Последний необходим зеленым растениям в процессе фотосинтеза. Здесь мы сталкиваемся с одним из основных противоречий в жизни растений, а именно: для фотосинтеза устьица днем должны быть все время широко открыты, для понижения же транспирации они должны быть сильно закрыты. Закрывание устьиц прекращает не только испарение, но и

фотосинтез, обрекая растения на голод. По этому поводу К. А. Тимирязев в свое время писал следующее: «...растение роковым образом вынуждено много испарять для того, чтобы успешно питаться, так как условия обоих процессов одни и те же. Растения могли бы себя оградить от опасной засухи, т. е. жажды, только обрекая себя на верный голод».

Указанное выше противоречие между транспирацией и фотосинтезом разрешается наличием у растений так называемого *внеустьичного регулирования транспирации*. Состоит оно в том, что по мере испарения начинается подсыхание оболочек и протоплазмы клеток, образующих межклеточные пространства внутри тканей листа. Вододерживающая способность испаряющих клеток при этом все больше и больше возрастает. Благодаря этому в каждый последующий отрезок времени с единицы поверхности оболочек клеток, прилегающих непосредственно к межклеточному пространству, переходит в парообразное состояние все меньшее и меньшее количество воды, подобно тому, как коллоидная масса сочных плодов при варке повидла по мере общего подсыхания все труднее и труднее отдает воду.

Таким образом, происходит сильное понижение транспирации и при открытых устьицах. Внеустьичное регулирование транспирации — важнейший способ понижения испарения. Оно особенно сильно развито у растений пустынных и полупустынных областей. Это дает им возможность держать устьица открытыми даже в знойные часы суток, что необходимо для фотосинтеза. Для таких растений характерным признаком является чрезвычайно высокая концентрация клеточного сока.

* * *

В жаркий солнечный день испарение, несмотря на регулируемую способность растения, настолько возрастает, что корни не успевают восполнять потерю воды. По этой причине в растении возникает некоторый *водный недостаток*, или *водный дефицит*. Часто даже при умеренно влажной почве он достигает 5—10 процентов. При недостатке же влаги в почве водный дефицит может достигать до 20—25 процентов и выше. Разрыв между поступлением воды в растение и расходом ее при

испарении в пределах 10—25 процентов — обычное явление на юге в полуденные часы и особого вреда не причиняет. Так как способность сельскохозяйственных растений к регулированию транспирации не безгранична, а имеет свои пределы, то в жаркие сухие дни, особенно при недостатке воды в почве, в растении возникает значительный водный дефицит. В этом случае оно впадает в состояние *завядания*, которое становится заметным прежде всего на листьях. *Бывает два типа завядания: временное и длительное.* Временное завядание растений наступает вследствие разрыва между скоростью транспирации и подачей воды корневой системой. При достаточном количестве влаги в почве оно к вечеру или в крайнем случае к утру исчезает. Растение в этом случае не погибает, но урожай его несколько понижается, так как наблюдается временное прекращение фотосинтеза.

Длительное или постоянное завядание ни к вечеру, ни к утру не исчезает. По этому признаку оно и распознается. Длительное завядание возникает при отсутствии в почве доступной для растений воды. В отличие от временного, оно губительно для растений. Объясняется это многими причинами.

При длительном завядании прежде всего начинают страдать молодые, растущие ткани. Вследствие этого рост растений прекращается. Корневые волоски, находящиеся в сухой почве, отмирают, так как они обезвоживаются самой почвой. Следовательно, всасывание воды корнями полностью прекращается. В то же время под влиянием внутренней засухи отмирает значительная часть устьиц, и растение теряет способность понижать транспирацию, что ускоряет его высыхание. Хлоропласты, содержащие хлорофилл, разрушаются, фотосинтез прекращается, а дыхание возрастает. Из-за недостатка воды и органических веществ цветы и плоды опадают. В конечном счете растение через несколько дней погибает. Единственный способ устранения постоянного завядания — это срочный обильный полив растений.

Все органы растения (корни, стебли, листья, цветы) нуждаются в воде, в минеральных и в органических веществах. Передвижение их в растительном организме происходит по двум основным направлениям:

а) снизу вверх — от корня к листьям; это так называемый *восходящий ток*,

и) сверху вниз — от листьев к корням; это *нисходящий ток*.

Восходящий ток осуществляется по особым сосудам, начинающимся в корнях и кончающимся в листьях. Он несет с собой воду и растворенные в ней минеральные вещества. В наличии восходящего тока можно убедиться на следующем простом опыте: если ветку дерева с листьями срезать и быстро поставить в воду, окрашенную красными чернилами, то уже через 1—2 часа можно заметить, что жилки листа, где расположены сосуды, станут красными.

Нисходящий ток происходит по ситовидным трубкам. Они заполнены водным раствором органических веществ. Садоводам-практикам хорошо известно, что если у дерева снять кору в виде кольца, то со временем над обнаженной частью древесины образуется наплыв. Объясняется это тем, что, произведя такое «кольцевание», мы прерываем нисходящий ток. Благодаря этому органические вещества накапливаются у верхнего края кольца и вызывают разрастание тканей коры.

Путь воды в растении схематически складывается из следующих отрезков:

а) от корневого волоска до сосудов внутри корня вода передвигается от клетки к клетке, преодолевая сопротивление протоплазмы. Это так называемый осмотический способ передвижения;

в) вода, поступившая в сосуды корня, затем попадает в сосуды стебля, а из последних — в сосуды черешка и жилок листа;

с) из сосудов жилок листа вода затем опять осмотически перемещается до испаряющих ее клеток ткани листа.

Таким образом, вода в растительном организме передвигается двумя основными способами: по проводящей системе и осмотически, от клетки к клетке.

Протоплазма, как уже об этом говорилось, является полужидкой массой. Она представляет собой сплошную среду, лишенную каких бы то ни было пор. Благодаря этому, при передвижении воды осмотически, она встречает на своем пути громадное сопротивление. По некоторым данным это сопротивление в листьях дикого вьющегося растения плюща равно 0,1 атмосферы, а в

коре корня фасоли — даже 0,43 атмосферы на каждую клетку.

Если принять средний размер одной клетки за 0,1 миллиметра (а это уже крупная клетка), то и в этом случае сопротивление при осмотическом передвижении воды в растении будет равно: на расстоянии 1 миллиметра — 1 атмосфере, на расстоянии 1 сантиметра — 10 и на протяжении 1 метра — 1000 атмосферам. Такой значительной сосущей силы крайние, отстоящие от воды, клетки развивать не могут, поэтому существование их невозможно. Кроме того, осмотически вода передвигается очень медленно. Согласно многочисленным исследованиям, при действии на воду силы, равной одной атмосфере, она в живой протоплазме проходит за час путь всего лишь около 0,01 миллиметра. Вот почему низшие растения, например, мхи и лишайники, лишенные настоящей проводящей системы, столь ничтожны по своим размерам.

Существование на земном шаре более крупных растений, достигающих в высоту, часто, десятков метров стало возможным лишь благодаря появлению в процессе эволюции специальной проводящей ткани в виде трахеидов и сосудов. При передвижении по сосудам вода испытывает значительно меньшее сопротивление, которое в среднем равно 0,2—0,3 атмосферы на 1 метр.

Несмотря на это, все же и в сосудах вода сама собой не может подниматься. Что же в таком случае заставляет ее передвигаться снизу вверх?

В сосудах имеется два концевых двигателя. Один из них нам уже известен: это корневое давление силою до 1,5—3,0 атмосфер. Однако оно не объясняет поднятие воды на десятки метров, что наблюдается у высоких деревьев.

Наряду с нижним концевым двигателем (корневым давлением) у растений существует и верхний двигатель — присасывающее действие транспирации. Происхождение его следующее: в листьях при потере воды в процессе транспирации возникает значительная сосущая сила, достигающая до 10—18 атмосфер. Благодаря этому клетки листьев засасывают воду из сосудов, расположенных в жилках листовой пластинки. В сосудах растений нет пузырьков воздуха, а поэтому между частицами (молекулами) воды существует сила взаимного сцепле-

ния до 300—350 атмосфер. Таким образом, вода верхней части столбика, заключенного в сосуде, при засасывании ее листьями подтягивает за собой и нижерасположенные молекулы. В результате этого в растении возникает непрерывный ток воды снизу вверх. Он существует, как уже сказано, благодаря присасывающему действию транспирации, корневому давлению и значительной силе сцепления между частицами воды в проводящих сосудах.

Состояние водных нитей, заполняющих сосуды, зависит от внешних условий. В прохладную облачную погоду, когда испарение воды листьями незначительно, нижний концевой двигатель действует на столбики воды в проводящей системе с такой же скоростью, как и присасывающая сила транспирации. В этом случае сосуды растения бывают сплошь заполнены водой, и диаметры водных нитей определяются способностью стенок сосудов к растяжению. Иные явления наблюдаются в жаркие солнечные дни. При этом, благодаря высокой транспирации, в листьях возникает значительная сосущая сила. Испаряющие клетки быстро сосут воду из жилок листовой пластинки. А так как скорость подачи воды корнем в этом случае отстает от транспирации, водные нити в сосудах приходят в сильно натянутое-напряженное состояние. При этом происходит сокращение диаметра водного столбика. Так как водные нити прочно прикреплены к стенкам сосудов по причине наличия силы сцепления между водой и стенками сосудов, то уменьшение их диаметра влечет за собой эластическое сжатие сосудов. При перерезании сосудов они расширяются; столбик воды подскакивает вверх, и в сосуды врывается воздух.

Только что разобранные явления имеют большое значение в сельскохозяйственной практике. В садоводстве для того, чтобы сделать прививку глазком (окулировку) или черенком (копулировку), приходится срезать в кроне плодоносящего дерева побеги и хранить их некоторое время. Оказывается, что успех окулировки и копулировки в значительной степени зависит от способа подготовки прививочного материала. Если побеги, например, яблони, срезать в середине дня, то при повреждении сосудов в них врывается воздух. Он образует воздушную пробку между нижним концом водной нити в сосуде

стебля и водой ведра, в которое ставят побеги. В этом случае между внешней и внутренней водой контакта не будет, а так как побеги продолжают испарять воду, то это приведет к некоторому обезвоживанию их тканей, что понизит процент приживаемости прививок.

Правильнее было бы место среза побега, перед прикосновением к нему ножа или садовых ножниц, предварительно погружать в воду, однако это не всегда удобно. Поэтому заготавливаемый для прививки материал необходимо срезать в ранние утренние часы и, кроме того, перед тем, как погрузить его в воду, нужно возобновлять места порезов, удаляя нижнюю часть сосудов, заполненную воздухом.

IV. ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

В отличие от животных, высшие растения питаются неорганическими веществами. Необходимые для питания элементы растительный организм черпает из двух источников: из почвы и из воздуха.

Питание за счет веществ, находящихся в почве, получило название *минерального*, или *почвенного питания*. Так как оно осуществляется при помощи корней, то часто его называют еще *корневым питанием растений*. Из воздуха зеленые растения берут углерод, из которого в листьях на свету, после присоединения воды, образуются первичные органические вещества. Этот вид питания называют *фотосинтезом*, или *воздушным питанием растений*.

Рассмотрим подробно каждый из этих видов питания растений.

А. МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

Путем сжигания растений установлено, что в состав их входят углерод, водород, кислород, азот и зола. Первые четыре элемента при горении растительного материала выделяются в газообразном состоянии: углерод — в форме углекислого газа, водород и кислород — как водяные пары, азот — в виде его окиси. Что же касается золы (зольный остаток), то состав ее зависит, прежде всего, от химического состава почвы, который чрезвычайно разнообразен. Почти все известные в химии элементы, в том числе и радий, можно обнаружить в золе расте-

ний. Чаще же всего в зольном остатке растений встречаются фосфор, калий, натрий, магний, кальций, железо, цинк, бор, алюминий, кремний. Возникает вопрос, все ли элементы, обнаруживаемые в растении, являются для него безусловно необходимыми?

Еще в половине прошлого столетия было установлено, что вполне нормальные растения можно вырастить на совершенно чистой дистиллированной воде, добавив к ней в виде солей следующие семь элементов: калий, кальций, магний, железо, сера, фосфор и азот. Такой способ выращивания растений получил название *метода водных культур*. Пользуясь им, ученые впоследствии установили, что, кроме названных элементов, растение также нуждается в ничтожных количествах марганца, бора, цинка, меди и кремния.

Для демонстрации опыта можно взять следующий питательный раствор: на 1 литр воды азотнокислого кальция — 1 грамм, фосфорнокислого калия (однозамещенного) — 0,25 грамма, сернокислого магния — 0,25 грамма, хлористого калия — 0,12 грамма и хлорного железа — две-три капли слабого раствора. При ежедневном продувании раствора в сосуде воздухом в течение 10—15 минут и при смене его через каждые 10—15 дней, на нем можно вырастить любое сельскохозяйственное растение.

В естественных условиях все элементы минерального питания растения берут из почвы корневой системой. Таким образом, корни являются органом, снабжающим растение не только водой, но и питательными веществами.

Необходимые для жизни питательные вещества растение может брать из почвы только в виде слабых растворов, общей концентрации не выше 0,20—0,25 процента. При более высокой концентрации растение начинает страдать. Это можно наблюдать в засушливые годы. Колхозникам хорошо известно, что при наступлении засухи растения начинают «выгорать» в первую очередь на сильно удобренных участках. Это как раз и объясняется тем, что в засуху критическая для растений концентрация почвенного раствора раньше наступает на участках, богатых солями.

Остановимся подробнее на значении важнейших элементов корневого питания в жизни сельскохозяйственных растений.

Питание азотом. Азот играет очень важную роль в

жизни растений. Он входит в состав белков протоплазмы, без которых жизнь невозможна. Кроме того, азот является составной частью зеленого вещества — хлорофилла, без которого не может происходить фотосинтез, т. е. питание растений углеродом. Содержание азота в растениях колеблется от 1 до 3 процентов сухого веса.

Главная масса азота находится в свободном состоянии в атмосфере. Здесь на его долю приходится около 80 процентов объема воздуха. Подсчитано, что азота воздуха хватило бы для бесперебойного снабжения растений на многие сотни лет. Однако высшие растения не могут усваивать свободный азот атмосферы. Вот почему основой питания сельскохозяйственных и иных растений является не свободный, а связанный азот, т. е. азот, находящийся в соединении с другими элементами. Связанный азот встречается и в воздухе в виде аммиака (соединение азота с водородом) и окисей азота (соединение азота с кислородом), но количество их настолько ничтожно, что они не имеют практического значения в жизни растений.

Таким образом, мы приходим к заключению, что весь необходимый для питания азот растения берут из азотистых соединений почвы.

В почве имеются следующие виды азота:

а) азот органических соединений, или *органический азот*, входящий в состав перегноя, белковых веществ и продуктов превращения белков — аминокислот. Органический азот не усваивается растениями, за исключением аспарагина и мочевины, которых практически в почве нет, так как они очень быстро разрушаются микроорганизмами.

б) *минеральный азот почвы*, куда входят:

1. Нитратный азот — это соли азотной кислоты, называемые нитратами, или селитрами.

2. Аммиачный азот, т. е. азот соединений аммиака с минеральными кислотами. Аммиачный азот в почве может быть представлен в виде азотнокислого аммония, сернокислого аммония и хлористого аммония.

Минеральный азот почвы доступен для растений и служит основой их питания.

Общее содержание азота (органический плюс минеральный) в черноземных почвах может достигать 0,5 процента. Из этого количества на долю нитратного азота

приходится всего лишь около 0,003 процента, а аммиачного — 0,002 процента. Из приведенных цифр видно, что основная масса азота в почве содержится в органическом виде, непосредственно недоступном для корней. Специальные опыты показали, что азот органических соединений становится пригодным для питания растений лишь после минерализации (разрушения) их микроорганизмами, населяющими почву. Этому процессу способствует обработка и умеренное увлажнение почвы. Вот одна из причин, объясняющих положительное влияние правильной агротехники на урожай сельскохозяйственных культур.

Раньше считали, что из минеральных форм азота пригодным для питания культурных растений является лишь нитратный азот, но это оказалось неверным. Советский ученый академик Д. Н. Прянишников доказал, что аммиачный азот в виде солей минеральных кислот, так же как и нитратный, является хорошим источником питания для многих сельскохозяйственных растений. Он установил, что аммиачные формы азота лучше усваиваются растениями, имеющими семена, богатые углеводами (например, хлебными злаками), и на нейтральных или слабощелочных почвах. Объясняется это тем, что при избытке углеводов аммиак, поступивший в корни проростков, соединяясь с оксикислотами, возникшими из углеводов, превращается в особое вещество — аспарагин, чем и устраняется его ядовитое действие на растительные клетки.

Благодаря открытиям Д. Н. Прянишникова у нас в Советском Союзе теперь в качестве азотных удобрений широко применяются не только селитры (нитратный азот), но и сернокислый аммоний.

Конечным продуктом усвоения растениями азота являются накапливаемые ими белковые вещества. Химизм этого процесса в схематическом изложении представляется так: нитратный азот в виде раствора поступает из почвы в корни. Из корней он вместе с восходящим током поднимается вверх и попадает в листья. В листьях нитратный азот, вероятно под влиянием энергии углеводов, восстанавливается до так называемых аминокрупп (соединение азота с двумя атомами водорода). Аминокруппы вступают в соединение с оксикислотами, возникшими из углеводов, и образуют аминокислоты. Аминокислоты, группируясь определенным образом, дают начало белкам.

Описанный процесс называется *первичным синтезом*

белковых веществ. Он происходит в зеленых листьях, но не обязательно на свету. Первичный синтез белков может идти и ночью, однако при одном непременном условии: если в дневные часы в листьях накопилось достаточное количество углеводов. В этом выражается связь между фотосинтезом, дающим углеводы, и синтезом белковых веществ в растениях.

Химизм первичного синтеза белковых веществ при питании растений аммиачным азотом несколько отличается от только что описанного, но он также происходит в листьях и связан с потреблением значительного количества углеводов.

Почва содержит относительно небольшое количество азота, в среднем от 0,1 до 0,5 процента. В то же время из нее ежегодно уносится вместе с урожаем сельскохозяйственных растений от 50 до 80 килограммов, а при стахановских урожаях — до 200—300 килограммов азота с 1 га. Вполне понятно, что если бы в природе не существовало обратного явления, т. е. хотя бы частичного восполнения потерь азота почвой, то последняя очень быстро превратилась бы в бесплодную для растений основу. Исследованиями установлено, что в природе, наряду с процессами освобождения азота из его соединений, существует и процесс связывания свободного азота атмосферы и превращения его в соединения, пригодные для питания растений. Происходит это двумя путями: чисто химическим — при электрических разрядах в атмосфере (во время гроз) и биологическим — при помощи особой группы так называемых *азотфиксирующих микроорганизмов.*

При электрических разрядах в воздухе образуется некоторое количество окислов азота, которые с атмосферными осадками попадают в почву. По своему напряжению этот процесс выражен не сильно, а поэтому он и не имеет большого значения для сельского хозяйства. Значительно большее значение в природе имеет биологический способ связывания азота атмосферы.

В 1893 году русский ученый Виноградский впервые открыл, что в почве имеется особый микроорганизм, который, находясь в бескислородной среде, способен поглощать из воздуха свободный азот и превращать его в форму, пригодную для питания высших растений. Этот микроорганизм был назван «кlostридиум пастерианум». Вскоре (в 1901 г.) в плодородной садовой земле был об-

обнаружен и другой микроорганизм, который, подобно первому, связывает азот атмосферы. Это — так называемый «азотобактер». Клостридиум пастерианум и азотобактер живут в почве свободно. Превращая органические вещества (углеводы), они в то же время черпают азот из воздуха и тем самым обогащают почву азотом. Благодаря их деятельности ежегодно в 1 гектар почвы попадает из атмосферы от 10 до 25 килограммов азота (на севере меньше, на юге больше).

Приведенными примерами не исчерпываются все случаи биологического связывания азота атмосферы. Давно уже было замечено, что бобовые растения (фасоль, горох, бобы, люцерна и т. д.), в отличие от хлебных злаков, дают неплохие урожаи и на почвах, бедных азотом. На основании этого создалось представление, что бобовые растения якобы не нуждаются в азоте. Однако еще в 1866 г. русский ученый Воронин обнаружил, что имеющиеся на корнях бобовых вздутия (клубеньки) заполнены бактериями. Впоследствии им было дано название «клубеньковые бактерии». Оказалось, что они так же, как и клостридиум пастерианум и азотобактер, способны поглощать азот из воздуха. Живя в тканях корней бобовых, клубеньковые бактерии получают от «растения-хозяина» воду, минеральные и органические вещества, а в обмен на это снабжают его азотом, поглощенным из воздуха. В описываемом явлении мы имеем яркий пример симбиотического взаимоотношения двух живых организмов — высшего растения из семейства бобовых, не способного питаться свободным азотом атмосферы, и микроорганизма, черпающего азот из воздуха.

Азотистые вещества, синтезированные в клетках клубеньковых бактерий, расходуются ими в трех направлениях:

- а) потребляются на построение протоплазмы собственного тела,
- в) передаются растению-хозяину в обмен на минеральные вещества и углеводы.
- с) часть выделяется в почву.

В последнем убеждают следующие опыты. Если злаковое (овес) и бобовое (соя) растения посеять совместно, то повышается урожай не только сои, но и овса. Из сельскохозяйственной практики также известно, что викоов-

сяная смесь дает урожай сена выше, чем чистые посевы вики и овса.

Установлено, что клубеньковые бактерии строго специфичны, т. е. определенные виды этого микроба могут поселяться на корнях только определенного бобового растения. По этому признаку они делятся на следующие группы: 1) бактерии гороха и вики, 2) бактерии люцерны и донника, 3) бактерии люпина и сераделлы, 4) бактерии фасоли и конских бобов, 5) бактерии сои, 6) бактерии нута, 7) бактерии клевера и т. д.

Клубеньковые бактерии не только повышают урожай бобовых растений, но и обогащают почву азотом за счет атмосферы. Благодаря им при запахивании корневой системы и пожнивных остатков бобовых растений на 1 гектар попадает от 100 до 300 килограммов связанного азота. Следовательно, увеличивая площади посева под бобовыми культурами, социалистическое сельское хозяйство одновременно разрешает несколько проблем: проблему обеспечения животноводства высокопитательным, богатым белками, сеном (люцерна, эспарцет, клевер); проблему снабжения трудящихся растительными белками (горох, фасоль, чина, чечевица и т. д.) и, наконец, проблему повышения плодородия почвы.

Образование клубеньков на корнях бобовых растений происходит лишь в том случае, если в почве имеется соответствующая раса бактерий. Если же она отсутствует, то клубеньки не развиваются. В последнем случае бобовое растение, так же, как и все остальные растения, испытывает нужду в большом количестве минерального азота почвы. В связи с этим давно уже возникла мысль, нельзя ли клубеньковые бактерии вносить в почву искусственно перед посевом бобовых?

Многочисленные опыты, проведенные в различных местах Советского Союза, дали на этот вопрос положительный ответ. При заражении почвы перед посевом соответствующей расой клубеньковых бактерий мощность развития и урожай бобового растения значительно (на 20—30 процентов) повышается. В настоящее время специальные заводы-лаборатории изготавливают бактериальный землеудобрительный препарат *нитрагин*. Это — черная земляная масса, содержащая в себе клубеньковые бактерии. Нитрагин готовится для каждой бобовой культуры отдельно, например: «нитрагин люцерны», «нитрагин фа-

соли», «нитрагин сои» и т. д. Перед внесением в почву нитрагин разбавляется водой до полужидкого состояния. Затем им слегка смачивают семена соответствующего растения. Таким образом, при посеве семян в почву вносятся и клубеньковые бактерии. Применение нитрагина дает особенно хороший результат в том случае, если бо-

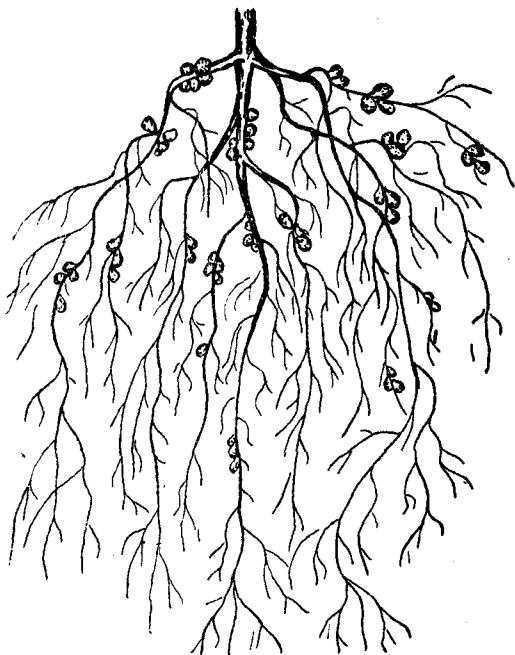


Рис. 12. Клубеньки на корнях бобового растения сои.

бовое растение высевается на данной почве впервые или через интервал в 3—4 года.

В настоящее время нитрагин, как землеудобрительный бактериальный препарат, находит все более и более широкое применение в практике передовых колхозов и совхозов. В связи с этим необходимо хотя бы кратко остановиться на физиологических основах действия нитрагина на азотное питание растений.

Некоторые агрономы и практики сельского хозяйства склонны понимать, что проблема снабжения бобовых рас-

тений азотом может быть полностью разрешен путем заражения почвы клубеньковыми бактериями. Наши опыты, проведенные при кафедре физиологии растений Кишиневского сельскохозяйственного института в 1950 и 1951 годах, показали, что это далеко не так. Оказалось, что у бобовых растений, в отличие от других, одновременно существует потребность в двух формах азота: в минеральном и в биологическом. Под биологическим мы понимаем азот, предоставляемый бобовому растению клубеньковыми бактериями, живущими на корнях. В упомянутых исследованиях биологический азот не мог полностью заменить минерального и наоборот. Лучший результат в опытах с соей и фасолью получался тогда, когда растение одновременно снабжалось и минеральным и биологическим азотом в определенных соотношениях. Следовательно, для того, чтобы получить на бедных почвах максимальный урожай бобовых растений, необходимо применять не только нитрагин, но и азотистые удобрения. Выявилась также полная непригодность для сои и фасоли аммиачных форм азота как без нитрагина, так и при его применении. Лучше усваивается соей и фасолью в обоих случаях нитратный азот.

Вторым бактериальным земледобрительным препаратом является *азотоген* или *азотобактер*. Это так же, как и нитрагин, земляная масса, но содержащая не клубеньковые бактерии, а азотобактер. Будучи внесен в почву, азотобактер улучшает питание растений азотом. Азотоген можно применять под все культуры.

Несмотря на большое значение азотфиксирующих микроорганизмов, все же они не могут своей деятельностью восполнить всю потерю азота почвой. Поэтому в сельском хозяйстве и приходится прибегать к удобрению полей, садов и огородов навозом, селитрой и сернокислым аммонием.

Значение фосфора. Фосфор имеет большое значение для растений. Он входит в состав особых сложных белков, так называемых нуклеопротеидов. Нуклеопротеиды составляют основу ядерного вещества и ядра растительной клетки. Кроме того, фосфор в виде фосфорной кислоты участвует в процессе дыхания растений. Установлено, что он активизирует окисление углеводов в клетках. В зернах хлебных злаков (например, пшеницы) соеди-

нение фосфорной кислоты с простейшим сахаром — глюкозой образует фитин, входящий в состав клейковины. Повышенным содержанием клейковины объясняются высокие хлебопекарные и питательные качества пшениц южной, юго-восточной и восточной частей Советского Союза. Наконец, фосфор входит в состав некоторых липоидов (например, лецитина), а они, наравне с белками, представляют основу живой протоплазмы.

Недостаток фосфора приводит к гибели растений. Избыток его ускоряет созревание хлебных злаков, ограничивает развитие листовой поверхности, сокращает срок жизни листьев как органов фотосинтеза и, по нашим наблюдениям, понижает концентрацию хлорофилла в листьях.

Фосфор в форме солей фосфорной кислоты достигает листьев и, в отличие от азота, не восстанавливается, а в том же окисленном состоянии идет на построение нуклеопротеидов.

В почву фосфор попадает вместе с растительными и животными остатками. По исследованиям ученых, при запахивании пожнивных остатков вместе с ними вносится следующее количество фосфорной кислоты на 1 гектар: при культуре пшеницы, ржи, овса и ячменя — от 30 до 35 килограммов; при культуре люцерны и клевера — от 53 до 62 килограммов. Так же, как и азот, фосфор находится в почве в двух видах: в форме органических соединений (растительные и животные остатки) и в минеральном виде (соли фосфорной кислоты, или фосфаты). Органический фосфор не пригоден для питания растений, так как он ими не усваивается. Поэтому превращение органического фосфора в минеральный имеет большое значение в жизни высших растений. Этот процесс происходит в почве под влиянием населяющих ее микроорганизмов. Правильная обработка почвы способствует превращению фосфора в форму, пригодную для питания сельскохозяйственных растений.

В абсолютном большинстве случаев почвы бедны фосфором, доступным для растений. Поэтому внесение в почву фосфорнокислых удобрений (суперфосфата, томассова шлака, фосфоритной и костяной муки) дает значительную прибавку урожая.

Значение серы. Сера входит в состав всех белков растительного организма. Этим и определяется ее основное

значение в жизни растений. Кроме того, сера участвует в образовании так называемых горчичных и чесночных масел. Они содержатся в семенах крестоцветных (горчица, рапс), в луке и в чесноке. }

Растения берут серу из растворимых солей серной кислоты. Содержание ее в почве обычно бывает достаточным для обеспечения урожая сельскохозяйственных растений. Однако давно уже замечено, что при опрыскивании виноградников бордосской жидкостью, содержащей сернокислую медь (медный купорос), урожай их повышается не только потому, что при этом уничтожаются грибные заболевания, но и благодаря неизбежному попаданию части раствора в почву. То же наблюдается и при опыливании растений (винограда, огурцов) серным цветом. В связи с этим в некоторых случаях прибегают даже к специальному внесению чистой серы в почву (на сильно щелочных, богатых кальцием, почвах). В обычной колхозной и совхозной практике сера попадает в почву попутно при удобрении растений сернокислым аммонием, сернокислым калием и навозом.

Значение калия. Роль калия в жизни растений полностью еще не изучена. Большое количество его находится в молодых образовательных тканях (в меристеме). В связи с этим считают, что калий играет положительную роль при делении клеток. Кроме того, значительные количества калия обнаруживаются в местах усиленного превращения и передвижения органических веществ. Это дало повод некоторым ученым высказать мысль о том, что калий влияет на работу ферментов*. При недостатке калия наблюдается переполнение листьев крахмалом, что понижает процесс фотосинтеза. По некоторым данным, он влияет на дыхание растений, резко изменяя тип его. Калий повышает морозостойкость озимых культур, улучшает качество волокна у пряжильных растений, увеличивает содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы, улучшает качество табака и повышает количество крахмала в клубнях картофеля. В отличие от других элементов корневого питания калий, поступивший в растительный организм, почти полностью (до 90-98 процентов)

* Ферменты — вещества, под влиянием которых в клетках происходит синтез и распад всевозможных органических соединений.

находится в свободном состоянии, не вступая в соединения. Благодаря этому он быстро передвигается по растению.

Недостаток калия влечет за собой понижение урожая сельскохозяйственных культур. Чтобы устранить это, в почву вносят специальные калийные удобрения, например, калийную соль.

Много калия содержится также и в древесной золе, являющейся ценным и общедоступным удобрением.

Значение кальция. Бесхлорофилльные растения (грибы) и многие микроорганизмы не нуждаются в кальции. Высшие растения жить без кальция не могут. Особенно большую потребность в кальции имеют из диких растений лакрица (местные названия — лакричник, солодник, солодковый корень), из культурных — виноград.

В растениях кальций нейтрализует органические кислоты и тем устраняет их вредное влияние на клетки. Особенно много накапливается его в стареющих тканях и органах растений (в коре, в листьях). Кальций необходим для роста, но его избыток вызывает уменьшение площади листьев и, кроме того, сокращает продолжительность их жизни.

Кальций обычно содержится в почве в достаточном для растений количестве, и заботиться о дополнительном внесении его не приходится. Исключение представляют кислые почвы. В них вносят большие количества кальция в виде извести. Этот агроприем называется известкованием.

Значение магния. Магний входит в состав важнейшего зеленого пигмента — хлорофилла. При отсутствии магния хлорофилл не образуется, из-за чего питание растений углеродом из воздуха становится невозможным. Этим определяется основное значение магния в жизни высших растений. Наряду с этим имеются предположения, что роль магния, вероятно, близка и к роли калия. Кроме листьев, содержащих хлорофилл, магний встречается в семенах и в молодых органах. Свыше 50 процентов магния, поступившего в растение из почвы, находится в нем в свободном состоянии.

В естественных условиях магний бывает в достаточном количестве, а поэтому вносить его в почву в виде специальных удобрений нет необходимости.

Значение железа. Железо, хотя и в небольших количествах, но обязательно необходимо для зеленых растений. Если оно отсутствует, хлорофилл не образуется, и листья на свету имеют бледнозеленую или соломенно-желтую окраску. Такая «болезнь» называется *хлорозом*, а само растение — *хлоротичным*. Хлоротичное растение не способно в полной мере питаться углеродом из воздуха и в конечном счете оно погибает.

Хлороз листьев может наблюдаться и тогда, когда анализы обнаруживают присутствие железа в почве. Объясняется это тем, что не всякое железо доступно для растений. опыты показывают, что только окисное железо может усваиваться растениями; закисные же формы не пригодны для их питания. Переход окисной формы железа в закисную может вызываться, в частности, присутствием в почве значительного количества кальция. Это можно наблюдать, например, около вновь построенных зданий, когда строительный мусор (остатки мелкого камня-известняка, штукатурка и неиспользованная известь) закапываются в землю. В этом случае известь (кальций) переводит железо почвы в непригодное для питания растений состояние. Кустарники и деревья на таких почвах страдают хлорозом.

Необходимо иметь в виду, что хлороз может быть вызван не только отсутствием железа, но и недостатком других элементов минерального питания — азота (азотный хлороз), магния (магниевый хлороз), а также сильно кислой почвой.

Распознавание истинных причин появления хлороза имеет очень большое практическое значение. Если желтая листовая пластинка начинает желтеть от нанесенного на нее слабого раствора хлорного железа, это указывает на то, что хлороз растения вызван отсутствием физиологически доступного железа в почве. Азотный хлороз устраняют добавлением азота, а магниевый хлороз — внесением магния в почву. Хлороз же, вызванный кислой почвой, исчезает лишь при ее известковании.

По мнению некоторых ученых, железо играет роль и в акте дыхания растений.

Значение микроэлементов. Сельскохозяйственные растения нуждаются кроме азота, фосфора, серы, калия, кальция, магния и железа еще в боре, марганце, цинке, меди, кремнии и т. д. Так как эти элементы потребляют-

ся растением в ничтожном количестве, их называют микроэлементами. Физиологическая роль микроэлементов еще слабо выяснена. Ряд ученых считает, что этим элементам принадлежит важная роль как при образовании, так и при функционировании органов оплодотворения растений. Кроме того, установлено, что при полном исключении из питательной среды бора у сахарной свеклы начинается загнивание точки роста. Добавление в сосуд с растением одной-двух капель слабого раствора борной кислоты устраняет это нежелательное явление. По некоторым данным, недостаток бора ограничивает также развитие проводящих сосудов в клубеньках на корнях бобовых растений. По данным советского ученого Заблуды, медь способствует сохранению хлорофилла в листьях при неблагоприятных условиях.

Не безинтересно указать, что по наблюдениям некоторых виноградарей Молдавии опрыскивание виноградного куста бордосской жидкостью, содержащей медный купорос (сернокислую медь), дает повышение урожая даже в том случае, если листья растений не поражены грибными заболеваниями.

Некоторые из микроэлементов уже сейчас широко применяются в социалистическом земледелии; например, бор вносится под сахарную свеклу, а медь — на торфяных почвах с целью повышения урожая сельскохозяйственных культур.

Несколько растений, выращенных на одной и той же почве, имеют разный химический состав золы. Это указывает на то, что растение воспринимает элементы минерального питания не пассивно, а активно, избирательно. Так, например, обнаружено, что среднее содержание фосфора (в виде его окиси) в зольном остатке равно:

а) в золе семян пшеницы — 47,9 процента, льна — 42,5 процента, фасоли — 38,9 процента;

б) в золе листьев и стеблей пшеницы — 4,8 процента, льна — 6,2 процента, кукурузы — 11,2 процента.

Потребность растений в отдельных элементах корневого питания не одинакова. Это видно из следующих данных. Вынос элементов растениями с одного гектара в среднем равен (в килограммах):

Культура	Урожай в центнерах с одного гектара	Вынос в килограммах с одного гектара			Откуда взяты данные
		азот	фосфор	кальций	
Пшеница озимая . . .	зерна — 30	100	35	75	П. Г. Найдин
	соломы — 40				
Кукуруза . .	зерна — 20	62	24	73	В. П. Кочетков
	соломы — 40				
Подсолнечник	семян — 18	102	52	249	Кафедра агрохимии КСХИ
	стеблей — 65				
Хлопчатник .	хлопка-сырца — 17	63	29	69	Рогальский
Свекла сахарная	корнеплодов — 270	166	42	157	Д. Н. Прянишников
Картофель . .	клубней — 150	60	29	97	Д. Н. Прянишников
	— 870				
Капуста . . .	— 870	238	101	107	З. И. Журбицкий
Свекла столов.	корнеплодов — 550	134	45	259	Котовский
Яблоня — 30 лет, 100 штук на га	плодов — 615	67	18	71	Сливяковский
Виноград . .	ягод — 300	89	38	190	Бузин

Следовательно, различные сельскохозяйственные растения не в одинаковой степени истощают почву по отношению к тому или иному элементу питания. Это приходится учитывать в практике сельского хозяйства при составлении схем севооборотов и при внесении удобрений в почву.

Специальными опытами установлено, что в различные периоды своей жизни растения по-разному поглощают питательные вещества из почвы. У большинства однолетних растений большая часть минеральных солей и азота поглощается до цветения. У некоторых растений, например, у кукурузы, к моменту наступления цветения в тканях уже имеется необходимое количество зольных веществ. В дальнейшем их поступление почти прекращается. Кроме того, по некоторым данным у овса калий и кальций поступает в растение, главным образом, в первую половину жизни, а магний — в течение всего периода вегетации. Имеется разница между растениями и в общем ходе кривой, характеризующей поступление зольных элементов. У овса кривая поступления зольных элементов

очень высокая до цветения, а затем падает, у гороха — до конца вегетации повышается.

Из приведенного следует один общий, очень важный для сельскохозяйственной практики вывод: потребность растений в минеральных солях в различные периоды их жизни не одинакова. Поэтому для обеспечения высокого урожая далеко не безразлично, когда вносятся удобрения.

В первые дни своей жизни молодые растеньица используют, главным образом, запасы минеральных солей семени. Прирост органических веществ в этот период развития растений незначительный, а в связи с этим и потребность их в минеральных солях относительно небольшая. По мере же увеличения надземной зеленой массы требования растений к минеральной пище все больше и больше возрастают. Своего максимума они обычно достигают ко времени цветения и завязывания плодов. Следовательно, именно в этот период растение должно найти в почве достаточное количество элементов корневого питания. Учитывая эту биологическую особенность, советская агрономическая наука и предложила так называемое «дробное внесение удобрений» и метод «подкормки» сельскохозяйственных растений, нашедших в настоящее время широкое применение на полях колхозов и совхозов.

Ранее практиковавшееся (однократное) внесение удобрений перед посевом не соответствует биологии питания растений, так как при нем наибольшее количество питательных веществ в почве создается в период наименьшей потребности в них со стороны растений. Наряду с этим повышенная концентрация солей в почве часто задерживает прорастание семян и вызывает страдание всходов. Кроме того, старый метод внесения удобрений экономически менее выгоден. При нем растения эффективно используют всего лишь $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ части внесенных удобрений. Остальное количество элементов минерального питания или переходит в нерастворимую, а, следовательно, и недоступную для растений форму (фосфор, сера), или вымывается из почвы дождями (азот). В результате этого растения не находят в почве минеральные вещества в период наибольшей потребности в них.

При дробном внесении гектарная норма удобрений дается растениям в 2—3 приема, причем половина перед посевом, а остальное количество — в виде 1—2 подкормок — через определенные промежутки времени после по-

явления всходов. Способы подкормок зависят от растений. Не останавливаясь на этом вопросе подробно, укажем лишь на то, что подкормки не могут полностью заменить собой основной «заправки почвы» перед посевом. Максимальный эффект подкормка дает лишь в том случае, если она применяется на фоне высокого предшествующего обеспечения растений питанием.

Объясняется это тем, что абсолютная величина потребности растения в том или ином элементе питания в данный момент находится в прямой зависимости от степени обеспеченности им в предшествующий период жизни, иначе говоря — от истории питания растений.

Если растение в предшествующий год или в начальный этап своей жизни произрастало на богатой почве, то и в последующий период жизни оно имеет повышенную потребность ко всем элементам корневого питания, которая должна быть удовлетворена в целях получения высокого урожая.

Это чрезвычайно важное обстоятельство нужно помнить не только в связи с применением подкормок растений, но и при выращивании посевного материала на специальных семенных участках. Оно обязывает практиков и специалистов сельского хозяйства создавать высокий агротехнический фон не только на семенных участках, но и на полях, занятых выращенными на этих участках семенами.

Сказанное в равной степени относится и к рассаде овощных культур.

Минеральное питание растений влияет на потребность растений в воде. Еще К. А. Тимирязев указывал на то, что обильное удобрение почвы понижает *относительный* расход воды, т. е. количество испаряемой воды, приходящейся на 1 грамм образующегося сухого вещества. В то же время Тимирязев подчеркивал, что абсолютный (общий) расход воды у удобренного растения больше, чем у неудобренного. Указания Тимирязева о том, что обильное удобрение понижает *относительный* расход воды растением, понимают иногда неправильно: делают вывод, что якобы с засухой можно бороться при помощи удобрений. Это не верно.

В подтверждение сказанного приведем цитату из сочинений Тимирязева: «Целый ряд наблюдений, — пишет он, — приводит к согласному заключению, что для рас-

тений, получающих удобрение (особенно азотистое), понижается... отношение между образующимся органическим веществом и испаряемой водой, т. е. на каждую единицу веса образуемого органического вещества растение, получившее удобрение, испаряет меньше, чем растение, не получившее его. *Не следует*, однако, понимать этого вывода так, что растение удобрённое испаряет менее не-удобрённого, — такое толкование могло бы привести к печальным недоразумениям. Растение, получившее удобрение, испаряет *абсолютно* более воды, что и понятно, так как оно более бурно разовьётся и образует большую поверхность испарения, но эту воду оно расходует с относительно большей пользой, так как за равное количество воды даёт больше органического вещества в сравнении с растением, не получившим удобрения. Это различие, очевидно, очень существенно и его полезно всегда иметь в виду. Если, например, растению будет доступно количество воды, только строго обеспечивающее малый урожай, то удобрением мы пожалуй можем поставить его в такие условия, что оно даст урожай ещё худший, так как несвоевременно может истощить свой ограниченный запас воды» (Соч., т. 3, стр. 168—169).

Из указаний Тимирязева следует одно чрезвычайно важное правило для практики сельского хозяйства: удобряя почву, необходимо позаботиться об одновременном более обильном снабжении растений водой в течение всей их жизни и, наоборот: чтобы получить высокий урожай, практики-растениеводы должны не только обильно поливать растения, но и удобрять их.

Следовательно, в засушливых и в полузасушливых районах внесение удобрений на неполивных площадях должно обязательно сопровождаться одновременным проведением комплекса агротехнических мероприятий, обеспечивающих накопление влаги в почве.

Б. ФОТОСИНТЕЗ (ВОЗДУШНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ)

Для построения органических веществ недостаточно одних минеральных соединений и воды, поступающих в растения из почвы. Для этого необходим ещё углерод. Его растения берут из воздуха при помощи зеленых листьев. Таким образом, корни и листья являются органами, питающими растительный организм.

О значении углерода, а в связи с этим и воздушного питания в жизни растений, можно судить по тому факту,

что в среднем углерод составляет 45 процентов сухого веса зеленого организма, тогда как зола составляет всего лишь около 5 процентов, азот — 1,5 процента, водород — 6,5 процента и кислород 42 процента.

Фотосинтез — это синтез простейших углеводов из неорганических веществ углекислого газа и воды на свету. Этот процесс часто называют ассимиляцией углекислоты или ассимиляцией углерода. С биологической точки зрения фотосинтез является питанием зеленых растений углеродом, взятым из воздуха.

Ассимиляция углерода у зеленых растений была открыта в 1772 году. Благодаря исследованиям многочисленных ученых, среди которых виднейшее место принадлежит русскому ботанику-физиологу Клименту Аркадьевичу Тимирязеву, в настоящее время наши представления о фотосинтезе настолько широки, что им уже можно в известной степени управлять не только в лабораторных, но и в естественных условиях произрастания растений.

В темноте фотосинтез отсутствует. Первичным органическим продуктом, возникающим при фотосинтезе, является простейший сахар-глюкоза — соединение из класса углеводов. Глюкоза состоит из 6 атомов углерода, 12 атомов водорода и 6 атомов кислорода ($C_6H_{12}O_6$) *. Из глюкозы затем в листьях обычно образуется крахмал. Его называют первичным ассимиляционным крахмалом. Присутствие крахмала указывает на то, что в растении происходит процесс ассимиляции углерода. Для обнаружения крахмала зеленый лист, пробывший несколько часов на свету, срезают и помещают в спирт для извлечения зеленого вещества — хлорофилла. При осторожном подогревании хлорофилл полностью растворяется спиртом, и листовая пластинка обесцвечивается. Если после промывания водой на такой лист подействовать раствором иода и иодистого калия **, то он посинет. Это указывает

* Атом — мельчайшая частица химического элемента; до 20-го века атом считался неделимым. Теперь установлено, что атом делен и представляет собой сложную систему, состоящую из положительно заряженного ядра и движущихся вокруг него электронов.

** Реактив готовится следующим образом: растворяется 1 часть (по весу) иода и 4 части иодистого калия в 300 частях воды. Приготовленный таким способом раствор еще разбавляется водой, пока не получится жидкость бурого цвета. Хранить реактив следует в склянках оранжевого цвета.

на присутствие крахмала — вторичного продукта фотосинтеза. Если то же самое проделать с листом, пробывшим в течение 6—8 часов в абсолютной темноте, посинения листовой пластинки от раствора иода не произойдет. Это доказывает то, что в отсутствии света ассимиляции углерода нет.

На образование крахмала в листе в среднем расходуется от 30 до 50 процентов продуктов фотосинтеза — сахаров. Остальное количество их идет на построение других органических веществ, в частности, белков; часть же расходуется на дыхание.

Следует иметь в виду, что не у всех растений сахар обязательно превращается в крахмал. У таких растений, как огородный лук и тюльпан, вместо крахмала накапливаются сахара, а у льна, подсолнечника и др. маслянистых растений сахара в конечном счете превращаются в растительные жиры.

Из сахара, возникшего при фотосинтезе, затем, путем сложных превращений или соединений с элементами пищевого питания, в растениях возникают и другие органические соединения: углеводы (более сложные сахара, крахмал, обычная и растворимая клетчатка), жиры, белки, пигменты, органические кислоты, дубильные вещества, гликозиды (соединения сахара со спиртами, кислотами), алкалоиды (никотин табака, теин чая, кофеин кофе), смолы и т. д. Таким образом, фотосинтез стоит в самом начале того разнообразного по своим продуктам биологического синтеза органических веществ, ради которого человек выращивает зеленые растения.

Углерод, поглощаемый при фотосинтезе, растения берут из воздуха в форме углекислого газа (углекислоты). Среднее содержание углекислого газа в воздухе открытого поля — около 0,03 процента. Растительность земного шара в течение года поглощает при фотосинтезе колоссальное количество углекислого газа. Тем не менее содержание углекислоты в атмосфере в течение многих тысяч лет практически остается постоянным. Объясняется это тем, что, в противовес поглощению углекислоты зелеными растениями при ассимиляции, в природе не менее широко распространен и обратный процесс. Большое количество углекислого газа попадает в воздух при горении всевозможных органических веществ (соломы, дров, торфа, каменного угля, нефти и др.). Например, при со-

временных размерах мирового потребления угля и нефти в атмосферу ежегодно возвращается около $\frac{1}{10}$ части поглощаемого при фотосинтезе углерода. Дыхание растений, животных и микроорганизмов также сопровождается окислением углерода пищи и выделением его в воздух в виде углекислого газа. О мощности этого процесса можно судить хотя бы по следующим данным: каждый человек в среднем выделяет при дыхании в 1 день около 900 граммов углекислоты. Если принять население земного шара за 2,2 миллиарда человек, то тогда все люди выдыхают в воздух в сутки около 2 миллионов тонн, а за год — около 730 миллионов тонн углекислого газа. Дыхание же животных, растений и микроорганизмов не поддается учету, ибо не известно их количество. Можно лишь сказать, что оно дает колоссальное количество углекислого газа. Кроме того, углекислота выделяется в воздух при извержениях вулканов, она содержится также в громадном количестве, в растворенном виде, в воде морей и океанов. По ориентировочным подсчетам запасы углекислоты в морях и океанах превосходят ее годовое потребление зелеными растениями суши в десятки тысяч раз.

Все это объясняет, почему установившийся миллионы лет тому назад уровень содержания углекислого газа практически остается постоянным до наших дней.

Углекислый газ в более высоких концентрациях, чем в атмосфере, ядовит для человека и животных. Отсюда нетрудно понять, что «зеленый океан» (так называл растения К. А. Тихирязев), поглощая углекислоту при фотосинтезе, спасает человечество от отравления.

Фотосинтез у растений возможен лишь благодаря тому, что они содержат особый зеленый пигмент хлорофилл. Он пропитывает ткани листовой пластинки и придает ей зеленую окраску. В этом можно убедиться на следующем простом опыте: если взять лист, поместить его в колбу, залить этиловым (винным) спиртом, а затем нагреть колбу, погрузив ее в кипящую воду, то спирт окрасится в изумрудно-зеленый цвет; сама же листовая пластинка обесцветится и приобретет белую или желтовато-белую окраску, сохранив свое анатомическое строение. Для полного извлечения и количественного определения хлорофилла поступают и так: берут 1—2 грамма сырых листьев, измельчают их ложницами, помещают в фарфоровую ступку, заливают спиртом, тщательно растирают пе-

стиком и растертую массу фильтруют. Прошедшая через бумажный фильтр жидкость содержит хлорофилл и другие пигменты листа, осадок же на фильтре, имеющий, как и в первом случае, желтовато-белый оттенок, представляет собой разрушенные растиранием ткани листа.

Исследованиями установлено, что общее содержание хлорофилла в растении незначительно — всего лишь около 1 процента от сухого веса, и тем не менее от его присутствия зависит жизнь растений.

Замечательное свойство хлорофилла состоит в том, что он активно поглощает солнечный свет. Энергию поглощенных световых лучей хлорофилл направляет на молекулы (частицы) углекислого газа и воды и восстанавливает их с образованием простейшего сахара — глюкозы. Кроме того, по указаниям К. А. Тимирязева, подтвержденным последующими исследованиями, зеленый пигмент участвует в фотосинтезе и химически.

При детальном изучении вопроса обнаружилось, что хлорофилл не просто пропитывает ткани листа, а сосредоточен в особых включениях клеток — в хлоропластах, имеющих сложное строение. Сверху они покрыты тончайшей светопроницаемой оболочкой. Это — так называемый перистромий. Внутри хлоропласта имеется губчатое или мелкозернистое вещество — строма. Она-то и пропитана хлорофиллом. Кроме хлорофилла, строма содержит в себе особые вещества — ферменты. По современным взглядам, хлорофилл в строме находится в комплексном соединении с белковыми носителями. Внутри хлоропластов обнаруживаются вакуоли — скопления продуктов ассимиляции углекислого газа (сахар, крахмал). Вакуоли соединяются с наружной частью хлоропласта при помощи мельчайших канальцев — пор. Описанные выше пластиды, пропитанные зеленым пигментом, часто называют хлорофилловыми зернами. Они хорошо видны на тонком поперечном разрезе листа под микроскопом.

Собственно фотосинтез происходит в хлоропластах листа. Для успешного хода его необходима согласованная деятельность стромы и хлорофилла. Этим и объясняется тот факт, что извлеченный из листа зеленый пигмент, к сожалению, не способен к ассимиляции углерода и синтезу сахаров даже на свету. Кроме того, как показали опыты, хлорофилл проявляет свое замечательное свойство лишь в листе, имеющем определенное структурное

строение. Если листовую пластинку, не отделяя ее от растения, положить на подведенное гладкое стекло и затем прокатать слегка стеклянной палочкой так, чтобы не было заметно какого-либо повреждения, то листовая пластинка потеряет способность к фотосинтезу. Этим, в частности, и объясняется вредное влияние на растения града, не вызвавшего на первый взгляд повреждения листьев.

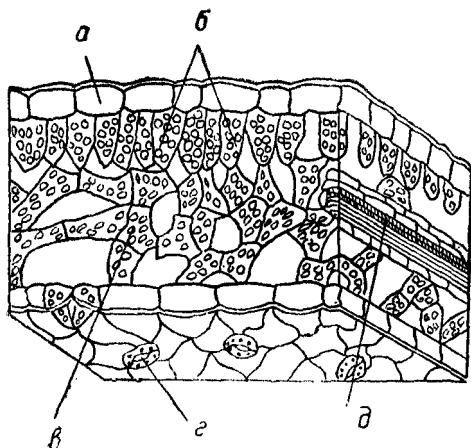


Рис. 13. Поперечный разрез листа подсолнечника:

а — верхняя кожица (эпидермис); б — столбчатая ткань (в середине клеток — хлоропласты); в — губчатая ткань; г — устьице; д — сосуды жилки листа.

Хлорофилл имеет сложный химический состав. В него входят следующие пять элементов: углерод, водород, кислород, азот и магний. Последний занимает центральное место в молекуле (частице) хлорофилла. Присутствием магния объясняется зеленая окраска хлорофилла и способность его поглощать свет. При действии на хлорофилл даже слабых кислот он буреет. Это значит, что магний вытесняется. Азот в молекуле зеленого пигмента вместе с углеродными и водородными атомами образует особые, так называемые пирольные кольца. Они встречаются и в гемоглобине крови животных. По этому признаку можно судить о химической близости двух очень важных в живой природе пигментов: хлорофилла растений и гемоглобина животных. Доказательством тому служит и то, что хлорофилл, употребляемый человеком в

пищу в виде зеленых листьев (салат, шпинат, лук и т. д.), обладает хорошей кроветворной способностью.

Хлорофилл исследован у более двухсот видов растений. При этом химический состав его оказался одинаковым. Следовательно, и химизм самого процесса фотосинтеза в природе один.

Кроме зеленого пигмента, в листьях всегда присутствуют и два желтых: каротин и ксантофилл. Они так же, как и хлорофилл, извлекаются этиловым спиртом при растирании листовых пластинок. В наличии желтых пигментов можно убедиться на следующем опыте: берут в пробирку 4—5 кубических сантиметров спиртовой вытяжки из зеленых листьев, полученной указанным выше способом, добавляют 1—2 капли воды и доливают 4—5 кубических сантиметров чистого авиационного бензина. После этого пробирку энергично встряхивают, закрыв отверстие обычной пробкой, и оставляют ее стоять. В течение нескольких минут происходит разделение содержимого пробирки на два слоя: верхний зеленый и нижний желтый, содержащий ксантофилл.

В естественных условиях каротин и ксантофилл начинают ярко вырисовываться в листьях осенью при потере ими зеленой окраски.

Роль желтых пигментов в жизни растений еще не совсем выяснена. Предполагают, что они защищают хлорофилл в листе от разрушающего действия ярких солнечных лучей. В последние годы стали появляться работы, из которых следует, что каротин и ксантофилл могут в известной степени поглощать солнечные лучи. Каротин по своему химическому составу близок к витамину «А», ускоряющему рост животных и человека*. Молекула каротина разрывается на две части и, окисляясь кислородом, дает 2 молекулы витамина А. Этими свойствами каротина объясняется положительное влияние зеленого корма, моркови и других кормов на рост молодняка сельскохозяйственных животных. На том же принципе основано полезное действие так называемого витаминного сена, широко внедряемого в настоящее время в живот-

* Витамины — органические вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности (и даже для самого существования) животного и человеческого организма. Они поступают в организм с пищей. Болезни, вызываемые отсутствием витаминов, называются авитаминозами (например, цинга).

поводческой практике колхозов и совхозов. Оно готовится путем быстрой сушки зеленой массы, скошенной в начале цветения, что предохраняет витамины и, в частности, каротин от разрушения.

Для образования хлорофилла в растениях необходимы определенные условия. К ним относятся:

1. Наличие в клетках листа или другого органа пластид, способных к позеленению. По современным представлениям в таких пластидах содержится особое вещество — предшественник хлорофилла — лейкофилл. На свету лейкофилл превращается в деятельный хлорофилл.

2. Наличие хотя бы слабого света.

3. Присутствие в почве окисного железа.

4. Наличие в почве элементов, входящих в состав хлорофилла (магния и азота).

В темноте зеленый пигмент не образуется. Больше того, если в листьях был хлорфилл, то при длительном стоянии растения в темноте он разрушается. В отсутствии или при недостатке света у растений наблюдается так называемая этиоляция. Этиолированные растения имеют бледножелтые недоразвитые листья, вытянутые междоузлия, тонкие слабые стебли. Стебли не способны стоять вертикально, так как имеют слабо развитые механические ткани. По указанным признакам этиоляцию легко отличить от хлороза, вызываемого, как уже говорилось, недостатком железа в почве.

Этиоляция в полевых условиях может быть вызвана густой посадкой или густым посевом сельскохозяйственных культур. В этом случае она особенно сильно проявляется в теплую облачную дождливую весну, вызывая полегание растений, что значительно понижает их урожай. Своевременное прореживание путем боронования или удаления части растений ручным способом (на пропашном поле) предотвращает этиоляцию и полегание.

Поток солнечного света, падающего на зеленый лист, не однороден по своему составу. В этом можно убедиться, наблюдая радуго. Она имеет семь основных цветов: оранжевый, красный, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. К. А. Тимирязев рядом точнейших опытов установил, что лист поглощает с наибольшей полнотой красные, а затем синие-фиолетовые лучи. Этим лучам принадлежит решающая роль при фотосинтезе. Красные лучи дают наибольшее количество энергии. Необходимо

сказать, что по мере утолщения слоя хлорофилла или увеличения его концентрации указанные выше две основные полосы поглощения света сперва расширяются, а затем почти сливаются друг с другом. В этом случае лист поглощает не только красные, но и часть желтых

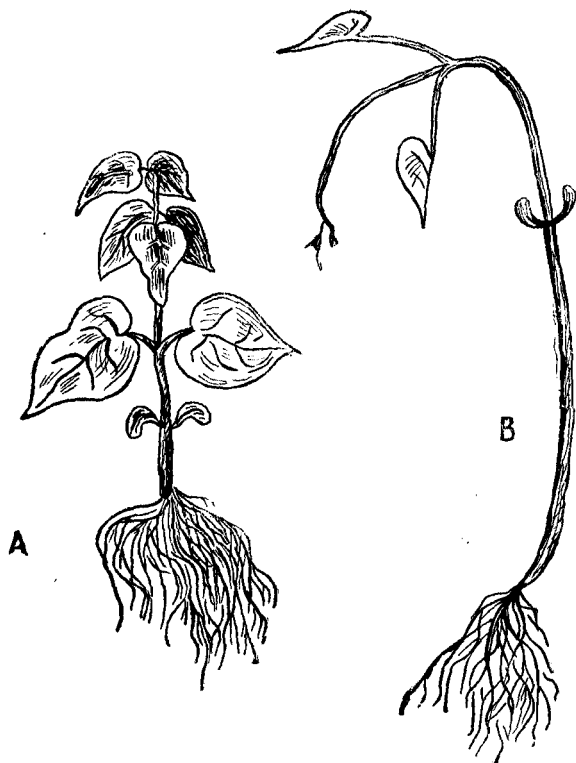


Рис. 14. Растения фасоли: А — нормальное; Б — этиолированное.

лучей. Значительно усиливается также поглощение лучей и в сине-фиолетовой части солнечного спектра. Остаются непоглощенными крайние инфракрасные и зеленые лучи. Зеленые лучи отражаются листом, попадают к нам в глаза и производят впечатление зеленого цвета.

По указаниям К. А. Тимирязева, хлорофилл в крайне высокой степени концентрации — не зеленого, а черного цвета, так как он в этом случае полностью поглощает все составные лучи солнечного света.

Следовательно, степень поглощения листом падающей на его поверхность световой энергии находится в прямой зависимости от толщины листовой пластинки и от концентрации хлорофилла в клетках.

В природных условиях лист в среднем улавливает 75 процентов и отражает или пропускает через себя бесследно около 25 процентов падающей на него лучистой энергии. Необходимо иметь в виду, что далеко не вся поглощенная листом энергия света идет на фотосинтез. Свыше 90 процентов ее переходит в тепловую и тратится на транспирацию, на нагрев самого листа, рассеивается в воздухе. На собственно фотосинтез зеленые растения в среднем используют всего лишь 1—5 процентов поглощенной листьями энергии. Лишь в редких случаях эта величина достигает 10 процентов. Специальными исследованиями установлено, что разные растения используют, примерно, следующую часть падающего на них светового потока: клен — от 0,6 до 2,7 процента, гречиха сахалинская — от 1,1 до 7,7 процента, подсолнечник — 4,5 процента, кукуруза — 2,3 процента, пшеница яровая — 3,26 процента, рожь яровая — 2,6 процента, овес — 3,31 процента, картофель — 3,02 процента и свекла — 2,12 процента.

Потребленная при фотосинтезе солнечная энергия не исчезает. Она лишь превращается и накапливается зелеными растениями в потенциальной (скрытой) форме, в виде органических веществ. Общеизвестно, что растительные материалы при горении дают тепло. Так, например, при сжигании 1 грамма крахмала выделяется 4,2 больших калорий, 1 грамма белка — 5,7 и 1 грамма жира — 9,3 больших калорий тепла*. Это тепло и есть энергия солнечных лучей, поглощенная зелеными растениями при ассимиляции углерода.

Насколько это поглощение велико, можно судить хотя бы по следующим данным. Подсчитано, что поверхность поля площадью в 1 гектар, занятого посевом кукурузы, при благоприятных условиях накапливает за сутки около 2 300 000 больших калорий солнечной энергии (при

* Калория — единица количества тепла. Малая калория — количество тепла, необходимое для повышения температуры 1 грамма воды на 1 градус Ц, большая калория — количество тепла, необходимое для повышения температуры 1 килограмма воды на 1 градус, иначе — 1000 малых калорий.

30 000 растений на 1 гектаре). Следовательно, зеленые растения не только синтезируют органические вещества из минеральных, но при этом еще и накапливают в скрытом виде колоссальное количество энергии, щедро посылаемой на поверхность земного шара солнцем.

Органами фотосинтеза у абсолютного большинства растений являются листья. В процессе эволюции они приобрели своеобразный тип строения, который дает им возможность усваивать углерод. Листья обычно имеют вид тонкой широкой или сильно вытянутой пластинки. Они расстилаются в воздухе, никогда не прикасаясь друг к другу. Это значительно увеличивает поверхность растений, поглощающую солнечный свет и скудно рассеянный в воздухе углекислый газ.

Сверху, как мы уже знаем, лист покрыт тонким прозрачным эпидермисом, имеющим мельчайшие устьица.

Углекислый газ проникает во внутрь листа через открытые устьица и попадает в межклетники. Там, при соприкосновении с клетками, он растворяется в их воде и проникает в хлоропласты, в которых собственно и идет фотосинтез.

Определения показали, что проникновение углекислого газа через открытые устьица идет со скоростью, примерно, в 50 раз большей, чем в насыщенный раствор щелочи (например, каустической соды), жадно поглощающей углекислоту из воздуха. При полностью закрытых устьицах, что бывает в сильную засуху и в затяжную дождливую погоду, углекислый газ не может проникать в листья. В этих случаях наблюдается углеродное голодание растений, что и приводит к понижению урожая.

Фотосинтез происходит на поверхностях хлоропластов, пропитанных хлорофиллом. Общая площадь их, примерно, в 200 раз больше наружной поверхности листьев. Если принять во внимание, что площадь листьев на 1 гектаре картофеля равна 40 гектарам, а пшеницы — 25 гектарам, то действительно ассимилирующая поверхность этих растений на 1 гектаре будет соответственно равна 8 000 и 5 000 гектарам. Эти цифры дают представление о мощности процесса первичного синтеза органических веществ на единице площади земного шара, занятой сельскохозяйственными растениями.

На интенсивность фотосинтеза большое влияние ока-

зывают природные условия. Остановимся на этом вопросе подробнее.

Влияние света. Свет, как мы уже знаем, является источником энергии при фотосинтезе. Каждое растение начинает фотосинтез при определенном напряжении света. Это так называемый «световой порог» фотосинтеза. Чем интенсивнее зеленая окраска листьев, тем при меньшем напряжении света начинается фотосинтез. В практике сельского хозяйства это приходится учитывать. Так у озимых и яровых растений, посеянных на почвах различной степени плодородия, начало фотосинтеза приходится на разное время: на почвах, богатых азотом, повышающим концентрацию хлорофилла, этот процесс начинается раньше, а вечером кончается позже, чем на бедных почвах. Иначе говоря, на богатых и хорошо удобренных участках растения имеют более длинный «рабочий день», чем на бедных и неудобренных. Этим, в частности, и объясняется более высокий урожай на почвах первого типа.

По мере повышения интенсивности света возрастает и фотосинтез. Однако прямой пропорциональности между силой света и скоростью ассимиляции углекислого газа не наблюдается. Фотосинтез возрастает только до определенного напряжения силы света.

Степень освещенности растений человек может регулировать не только в искусственных, но и в природных условиях. В практике это достигается путем установления определенной густоты посадки и посева сельскохозяйственных культур, а также распределением растений на занимаемой ими площади. Так, например, при рядовом посеве зерновыми сеялками, благодаря более равномерному распределению растений, улучшается не столько корневое, сколько воздушное питание растений, так как создаются условия более равномерного освещения листьев. При направлении рядков растений с юга на север растения освещаются лучше, что позволяет увеличить норму высева. Для пропашных растений при квадратно-гнездовом способе посева получаются условия освещения лучшие, чем при рядовом. Исходя из тех же соображений, в садоводстве принят шахматный способ посадки деревьев и т. д. Важно уяснить себе, что нормы высева, способ распределения на площади, количество растений на гектаре — это те агроприемы, при помощи которых мы мо-

жем регулировать в производственных условиях «световое довольствие», а, следовательно, и воздушное питание растений.

Потребность в свете у разных растений не одинакова. По этому признаку их можно разделить на две группы: а) светолюбивые и б) теневыносливые растения. К числу первых относятся кукуруза, хлопок, подсолнечник, огурцы, редька, табак, соя, фасоль, пшеница, ячмень, горох; ко вторым — овес, горчица и другие. Из древесных пород более светолюбивыми оказываются сосна, береза, менее светолюбивыми — ель, бук, клен.

Исследованиями установлено, что степень светолюбия находится в тесной связи с дыханием растений, а именно: чем интенсивнее дыхание у растений, тем выше потребность их в свете. Объясняется это следующим. При дыхании растений происходит расход углеводов, создаваемых при фотосинтезе. Понятно, что чем выше трата углеводов, тем интенсивнее должно быть то напряжение света, которое вызывает фотосинтез, восполняющий потерю углеводов. Момент, когда фотосинтез по своей продуктивности равен расходу органического вещества в акте дыхания, называют компенсационным пунктом, или компенсационной точкой, растения. Оказалось, что компенсационный пункт наступает у растений при следующем напряжении света: у кукурузы — при 8 000, у огурцов — при 6 000, у редьки — при 4 000, у табака — при 2 200 — 2 800, у фасоли — при 2 400, у пшеницы — при 1 800—2 200, у гороха — при 1 100, у горчицы — при 900, у овса — при 300 и у мха — при 100 люксах*.

В природных условиях напряжение света сильно меняется. В поздние осенние и зимние месяцы сила его настолько понижается, что вырастить нормальные растения в парниках и теплицах только при солнечном свете, проникающим в теплицу через стекла, не представляется возможным. В связи с этим давно уже возник вопрос, нельзя ли естественный свет солнца заменить искусственным? Многочисленные опыты, проведенные учеными с различными источниками света, привели прежде всего к выводу о том, что необходимо не только снабдить растения светом, но и светом определенного спектрального состава, близкого к солнечному. Оказалось, что свет, излу-

* Люкс — единица измерения силы света. Прямой солнечный свет в полдень равен примерно 30 000—40 000 люксам.

чаемый обычной осветительной электрической лампой, беден сине-фиолетовыми и слишком богат желто-красными и особенно крайними красными (инфракрасными) лучами. Недостаток же сине-фиолетовых и обилие инфракрасных лучей способствуют вытягиванию и чрезмерному нагреванию растений. Значительно лучшие результаты получаются тогда, когда к обычной электрической лампочке добавляется еще свет ртутных и неоновых ламп. Ртутные лампы со стеклянной оболочкой, не пропускающей губительных для растений ультрафиолетовых лучей, дают сине-фиолетовые, а неоновые лампы — красно-оранжевые лучи и тем устраняют недостаток обычных электрических ламп.

Производственные опыты, широко проведенные в Советском Союзе, показывают, что при добавлении к слабому в осенний и зимний периоды солнечному свету света электрических ламп вполне возможно вырастить в тепличных условиях нормальный урожай таких овощных растений, как огурцы, томаты, цветная капуста, редис, салат, шпинат и зеленый лук. Это дает возможность социалистическому сельскому хозяйству успешно разрешить поставленную перед ним партией и правительством задачу снабжения трудящихся свежими витаминными овощами круглый год.

Большой интерес в этом отношении представляют появившиеся в последние годы так называемые люминесцентные лампы, или лампы дневного света. Применяя их, можно вырастить обычные по внешнему виду растения даже при полном отсутствии солнечного света.

Влияние концентрации углекислого газа. Углекислый газ, содержащий углерод, является «сырьем», из которого строятся углеводы при фотосинтезе. Опытами, в том числе и нашими, теперь уже твердо установлено, что в природных условиях фотосинтез часто ограничивается недостатком углекислого газа. Искусственное добавление его в воздух значительно ускоряет процесс накопления углеводов в листьях.

В исследованиях автора, проведенных в 1937 году, 1 грамм абсолютно сухих листьев огуречных растений содержал вечером следующее количество углеводов (в миллиграммах глюкозы):

7/VII — без добавления углекислого газа —	211,
с добавлением	„ „ — 291

10/VII	— без добавления углекислого газа	— 204
	с добавлением	— 389
27/VII	— без добавления	— 193
	с добавлением	— 323

Аналогичная закономерность была обнаружена и на другом растении — салате. Повышенному содержанию углеводов в листьях всегда предшествовал более интенсивный процесс ассимиляции углерода. Кроме того обнаружилось, что углекислый газ действует и на другие физиологические процессы, например: дыхание листьев повышается, транспирация же, наоборот, значительно понижается. При обогащении воздуха углекислым газом цветение у огуречных растений, томатов и фасоли наступает раньше на 10—20 дней, урожай плодов значительно (на 40—75 процентов) возрастает. Урожай листьев у салата и шпината также бывает выше. Таким образом, обогащение воздуха углекислым газом является одним из надежных способов повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. Однако следует иметь в виду, что для отдельных групп растений существует определенный оптимум содержания углекислоты в воздухе. Согласно нашим данным он равен: для огуречных растений 0,5—1 проценту, а для томатов, фасоли, салата и шпината — не выше 0,35—0,4 процента.

Обогащение воздуха углекислым газом с целью повышения урожая (у сельскохозяйственных растений) или получения более раннего цветения (у цветочных растений) носит название — «воздушное удобрение растений». Ему принадлежит большое будущее. Удобрять углекислым газом можно не только культуры в закрытом грунте (в теплицах и в оранжереях), но и в открытом поле. Последнее возможно по следующим двум причинам: во-первых, углекислый газ в 1,52 раза тяжелее воздуха и, во-вторых, почва быстро поглощает углекислоту, а затем очень медленно выделяет ее в воздух.

По исследованиям автора почва, насыщенная углекислым газом, приходит в то состояние (в смысле содержания этого газа), в котором она была до опыта, лишь через 5—6 часов.

Источниками углекислого газа при воздушном удобрении растений могут являться: жидкий углекислый газ в баллонах, употребляемый для газирования воды; твердый углекислый газ («сухой лед»), применяемый для охлаждения; навоз и другие органические удобрения, за-

нахиваемые в почву. При разложении органических удобрений в почве образуется большое количество углекислоты, которая, выделяясь в воздух, повышает фотосинтез растений. Для обогащения воздуха теплиц углекислым газом можно помещать в них конский навоз, но не свежий, а достаточно перегнивший, потому что свежий навоз в начале разложения выделяет значительное количество аммиака, который может отравить растения.

Влияние температуры. Температура оказывает большое влияние на скорость усвоения растениями углерода. Та наименьшая температура, при которой ассимиляция углекислого газа только что начинается, называется «температурным порогом» фотосинтеза. Абсолютная величина его, так же как и «светового порога», зависит от концентрации хлорофилла в листьях: чем они богаче зеленым пигментом, тем при более низкой температуре начинается фотосинтез. Это означает, что, например, у озимых растений в осеннюю холодную погоду, интенсивность ассимиляции углерода будет определяться плодородием почвы. Чем богаче почва азотом, тем выше концентрация хлорофилла в растении и тем, следовательно, выше фотосинтез при пониженных температурах. Это подтверждается данными наших опытов, проведенных в Кишиневе (таблица 2).

Таблица 2

**Вес надземной массы 20 растений озимой пшеницы в абсолютно сухом состоянии 3/XI-1949 года
(возраст растений 48 дней)**

Условия минерального питания	Содержание хлорофилла (в миллиграммах)		Вес сухой надземной массы 20 растений (в граммах)	
	в 1 грамме абсолютно-сухих листьев	среднее в 1 растении	Одесская 3	Тоди-решты 32
Смесь $\frac{1}{2}$ почвы + $\frac{1}{2}$ песок	14,35	3,49	6,54	—
Почва	16,50	4,10	7,76	8,21
Почва + 2 нормы азота . .	30,11	11,68	12,09	11,70
Почва + 2 нормы азота . .	29,13	12,88	12,87	14,48

С повышением температуры до известного предела скорость ассимиляции углекислого газа возрастает. Наилучшая (оптимальная) температура для фотосинтеза у различных сельскохозяйственных растений не одинакова. У хлопка и кукурузы она равна, примерно, 32—35, у томатов — 30, у пшеницы — 25, у огурцов — 20—25, у редиса, салата и шпината — 15—18 градусам.

Разницей температур, оптимальных для ассимиляции углерода, объясняется, в частности, тот факт, что в одной и той же теплице не удастся одновременно вырастить хорошего урожая таких растений, как томаты, огурцы, редис и салат. У этих культур температура-оптимум для фотосинтеза разная.

Повышение температуры сверх оптимальной сперва понижает, а затем и полностью прекращает фотосинтез. Вот почему слишком жаркая погода отрицательно влияет на урожай растений. Исследования показывают, что у многих растений в этом случае наблюдается процесс перехода хлоропластов в инактивное (недеятельное) состояние.

Влияние условий почвенного питания. Исследования последних лет дают все больше и больше фактов, показывающих, что фотосинтез нельзя рассматривать в отрыве от минерального питания растений, что между воздушным и почвенным питанием существует теснейшая связь. Эта связь выражается во многих формах и деталях. Так, например, азот, магний и железо влияют на образование хлорофилла, без которого невозможен фотосинтез. Если магния и железа в почвах обычно бывает достаточно, то азот часто находится в минимуме и добавление его в виде удобрений дает резкое увеличение как концентрации, так и общего содержания зеленого пигмента в растениях. От концентрации же хлорофилла в листьях, как мы видели, зависит степень поглощения ими солнечной энергии, величина «светового порога» и «температурного порога» фотосинтеза. Кроме того, имеются и прямые данные, которые говорят о том, что обильное снабжение растений азотом повысит количество усвоенного единицей площади листа углекислого газа за 1 час.

Давно уже было отмечено, что с повышением концентрации хлорофилла в листьях продуктивность работы его понижается. Многие восприняли это как отри-

пательное явление. Однако опыты последних лет показывают, что такое мнение ошибочно. По исследованиям автора, у пшеницы, ячменя, подсолнечника, сои, фасоли и томатов понижение «продуктивности работы» весовой единицы хлорофилла, выраженной в миллиграммах абсолютно сухого вещества, происходит не обратно пропорционально увеличению концентрации и общего запаса зеленого пигмента в растениях, а в меньшей степени. Благодаря этому сельскохозяйственные культуры, удобренные азотом, как правило, накапливают большую вегетативную массу и дают более высокий урожай.

Другой элемент корневого питания растений — фосфор, по нашим исследованиям, ограничивает положительное влияние высоких доз азота на образование хлорофилла, но в то же время он предохраняет хлорофилл от разрушения в листьях озимой пшеницы осенью и, следовательно, тем самым положительно влияет на фотосинтез пшеницы. Кроме того, при совместном обильном снабжении сельскохозяйственных культур азотом и фосфором продуктивность работы весовой единицы зеленого пигмента бывает выше, чем при одностороннем избытке в питательной среде азота.

Кроме того, азот сильно стимулирует, а фосфор ограничивает развитие площади листьев у хлебных злаков, подсолнечника, томатов и других небобовых растений. У бобовых (фасоль, соя), по нашим исследованиям, повышение дозы минерального азота без сочетания их с нитрагином, наоборот, задерживает в сильной степени рост листьев. Азот и калий удлиняют жизненный цикл листьев, как органов фотосинтеза, фосфор сокращает его. Наконец азот, и частично калий, способствуют пополнению ассимиляционной площади хлебных злаков молодой, энергичной в фотосинтезе, тканью листьев вплоть до момента налива зерна.

Все это дает основание утверждать, что элементы почвенного питания, влияя на концентрацию хлорофилла в листьях, на развитие ассимиляционной поверхности и на ее возрастно-качественный состав, тем самым оказывают сильное воздействие на общую мощность фотосинтеза у растений. Иначе говоря, создавая в поле путем соответствующей агротехники и внесением удобрений определенный режим минерального питания для

растений, практики сельского хозяйства одновременно с этим влияют и на их воздушное питание.

Было бы неверно считать, что только почвенное питание влияет на фотосинтез. В действительности же дело обстоит так, что фотосинтез, в свою очередь, оказывает воздействие на поступление минеральных элементов и азота в корни. Это значит, что, улучшая условия для фотосинтеза, например, светом или углекислым газом, мы тем самым повышаем потребность растений в элементах корневого питания.

Таким образом, мы приходим к заключению, что между почвенным и воздушным питанием существует тесная двусторонняя связь и обусловленность. Она настолько характерна для жизни растений, что поступление минеральных элементов и азота из почвы (минеральное питание) и усвоение углерода из воздуха (фотосинтез) правильнее будет рассматривать как две стороны единого процесса питания зеленых растений.

Зависимость между фотосинтезом и величиной урожая сельскохозяйственных растений. Мы уже знаем, что 90—95 процентов сухого вещества растений составляют органические вещества, для которых исходным «строительным материалом» является у зеленых организмов глюкоза, создаваемая при фотосинтезе. На долю углерода в органических веществах растений в среднем приходится 45 процентов. Напрашивается вывод, что между фотосинтезом и урожаем растений должна существовать если не пропорциональная, то хотя бы прямая зависимость. Тем не менее, в научной литературе до сего времени можно встретить немало утверждений о том, что фотосинтезу не принадлежит ведущая роль в создании урожая сельскохозяйственных растений. Такое мнение возникло в результате того, что в большинстве случаев искали связь или между величиной урожая и интенсивностью фотосинтеза, или между урожаем и концентрацией хлорофилла в листьях, или между урожаем и площадью листьев.

Такой подход к вопросу методологически * ошибочен, во-первых, потому, что физиологический урожай является конечным результатом не одного, а всех процессов, протекающих в растительном организме, и, во-вторых, ни интенсивность фотосинтеза, ни концентрация зеленого

* Методология — учение о методе научного исследования.

пигмента, ни размер ассимиляционной поверхности, порознь взятые, еще не характеризуют мощности фотосинтеза растения в целом. Они лишь отдельные элементы, обуславливающие фотосинтез, да к тому же не полностью, так как большое значение в определении его общей величины у растения имеет еще и продолжительность времени работы хлорофилла при ассимиляции углерода. Оказывается, что среди всех процессов, слагающих жизнь зеленых растений, именно фотосинтезу принадлежит ведущая роль в создании урожая.

V. ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ

Растение, так же как и животное, дышит. При этом оно поглощает из воздуха кислород, а выделяет углекислый газ. В то время как фотосинтез происходит только на свету, дыхание наблюдается и днем и ночью, точнее — ежечасно, ежеминутно, ежесекундно.

При дыхании растения расходуют органические вещества, окисляя их кислородом воздуха и превращая в углекислый газ. В этом смысле дыхание противоположно фотосинтезу. В связи с этим возникает вопрос: какое же значение для растения имеет существование в нем двух противоположных процессов — образование органических веществ на свету при фотосинтезе и разрушение их и днем и ночью при дыхании?

В акте дыхания растение, окисляя органические вещества, освобождает заключенную в них солнечную энергию. Таким образом, биологическое значение дыхания — это добывание свободной энергии. Она нужна растениям для всевозможных внутриклеточных процессов: на рост, на превращения веществ, на процессы вторичного синтеза, на поступление в корни минеральных веществ, на движение и т. д.

Растение дышит всеми своими живыми органами и клетками, однако интенсивность этого процесса у одного и того же органа и растения может быть не одинаковой. Опытами установлено, что молодые растущие части дышат интенсивнее; в цветах наибольшее дыхание наблюдается в момент оплодотворения; с повышением общего возраста растений дыхание их понижается.

У высших растений наиболее интенсивно дышат прорастающие семена. Например, при температуре 35—37 градусов семена при дыхании теряют за сутки около 1,2

процента своего веса. Рекордным является дыхание у плесневелых грибов, которые при благоприятных условиях ежедневно окисляют до 6 и даже до 10 процентов органических веществ своего тела.

В отличие от животных, растения не имеют специальных органов дыхания. Доступ кислорода, необходимого для окисления органических веществ, у них облегчается вследствие большой поверхности и, кроме того, наличием устьиц на листьях, чечевичек в коре и сердцевинных лучей в древесине. У растений, имеющих подводные корни, на последних часто образуются специальные выросты, достигающие до поверхности воды. Они служат для снабжения корней воздухом.

Огромная площадь соприкосновения растений с воздухом не только облегчает снабжение тканей кислородом, но и настолько увеличивает рассеивание тепла, что растительный организм не может при помощи дыхания поддерживать температуру своего тела на определенном уровне. Поэтому температура его тканей зависит от температуры окружающей среды (воздуха, почвы, воды). Если же искусственно устранить рассеивание тепла, то температура дышащих тканей растения быстро и сильно возрастает. Примером могут служить семена, прорастающие в куче.

Наибольшее количество энергии, освобождаемой живыми организмами при дыхании, выделяется в виде тепла, однако часть ее может превращаться и в световую энергию. Этим объясняется наблюдающееся у некоторых низших растений (у грибов и бактерий) свечение в темноте. Кроме того, русский ученый А. Г. Гурвич обнаружил, что кончик корней и другие части растений, находящиеся в состоянии усиленного деления клеток, излучают особые, не видимые глазом, так называемые «митогенетические» лучи, которые способны ускорять процесс деления клеток. Этим и объясняется тот факт, что несколько расположенных рядом корешков проростков гороха растут значительно быстрее, чем каждый из них, будучи изолирован от других. Возможно, что митогенетические лучи не являются единственным случаем превращения части энергии дыхательного материала в лучистую энергию, действующую на окружающие растения.

В качестве дыхательного материала растения расходуют в первую очередь углеводы, затем жиры, органиче-

ские кислоты и, в крайнем случае, белки. По мнению академика С. П. Костычева жиры и белки перед окислением предварительно превращаются в водно-растворимые углеводы.

Дыхание — важнейший биологический процесс живой протоплазмы. На интенсивность его оказывают сильное влияние как условия внешней среды, так и состояние самой протоплазмы. Остановимся кратко на этом вопросе.

Влияние температуры. У почек древесных растений даже при температуре минус 20 градусов обнаружено хорошо заметное дыхание. У листьев хвойных растений (хвои) отмечено дыхание при температурах еще более низких. С повышением температуры на каждые 10 градусов дыхание следует так называемому правилу Вант-Гоффа, то есть усиливается в 2—3 раза. Однако это происходит лишь до 40 градусов. Обычно в интервале от 40 до 50 градусов наблюдается быстрый и резкий скачок, за которым следует падение; дыхание протоплазмы прекращается и наступает ее смерть. Временное значительное повышение интенсивности дыхания перед смертью растительных клеток настолько характерно, что его часто называют прыжком смерти.

Важно подчеркнуть, что фотосинтез у растений при повышении температуры на каждые 10 градусов также усиливается в 2—3 раза, но это происходит не до 40, как при дыхании, а лишь до 25—30 градусов. Из этого следует, что высокие температуры (например, в 40 градусов) у многих растений усиливают дыхание и, наоборот, угнетают фотосинтез. Приведем несколько примеров.

Академик С. П. Костычев впервые обнаружил, что на юге в полуденные часы листья некоторых растений вместо поглощения углекислого газа начинают усиленно выделять его в воздух. Это явление в настоящее время известно под названием — «диссимиляция углекислого газа зелеными растениями на свету». Оно, как потом выяснилось, довольно часто встречается в природе, но всегда при высоких температурах. Так, например, выделение углекислого газа на свету нами часто наблюдалось в тепличных условиях у листьев огуречных растений при температуре выше 30 градусов, томатов и фасоли — при температуре выше 32—35 градусов, а у салата и шпината — уже при температуре 20—22 градуса.

Раньше считали, что при диссимиляции на свету якобы происходит отщепление «рыхло связанной» листом углекислоты и выделение ее в воздух. Теперь уже достаточно данных для того, чтобы это явление понимать иначе, а именно: высокие температуры сильно угнетают или даже полностью прекращают фотосинтез и в то же время в несколько десятков раз повышают акт дыхания. Вследствие этого при ослаблении фотосинтеза и отмечается не поглощение, а выделение зелеными растениями углекислого газа.

Дыхание, как мы уже знаем, противоположно фотосинтезу в смысле баланса органических веществ в растительном организме. По этой причине слишком высокие температуры вызывают не повышение, а, наоборот, понижение урожая сельскохозяйственных растений. Это наблюдается в жаркие годы.

Знание процессов, которые происходят в растениях под влиянием температурного фактора, имеет особенно большое значение для овощеводства закрытого грунта при установлении правильного температурного режима в помещениях. Например, исходя из того, что ассимиляция углекислого газа в темноте не происходит и что температура стимулирует в сильной степени дыхание, в теплицах в ночные часы температура воздуха устанавливается несколько ниже, чем днем. В противном случае произойдет ненужная трата органических веществ растениями в ущерб будущему урожаю.

Влияние воды. Большое влияние на интенсивность дыхания оказывает степень насыщенности протоплазмы водой. Это хорошо видно на семенах. Определения показали, что 1 килограмм ячменя выделяет за сутки следующее количество углекислого газа:

- а) в воздушно-сухом состоянии (влажность 10—12 процентов) —
— 0,3—0,4 миллиграмма,
- в) при содержании воды 14—15 процентов—1,3—1,5 миллиграмма,
- с) „ „ „ 33 процента — 2000 миллиграммов.

Нетрудно заметить, что с повышением первоначальной влажности семян на 2—3 процента интенсивность их дыхания, а, следовательно, и расход органических веществ, повысились в 4 раза, дыхание же семян, содержащих 33 процента воды, что близко к их полному набуханию, возросло в 5—6 тысяч раз. Эти данные показы-

вают, насколько важным является строгое доведение зерна до кондиционной влажности перед засыпкой его в амбары и элеваторы.

Созревание семян сопровождается обезвоживанием плазмы, в связи с чем дыхание их понижается.

Влияние запаса дыхательных материалов. Еще в 1876 году русский ученый Бородин установил, что дыхание находится в прямой зависимости от наличия в клетках дыхательного материала—углеводов. Как известно, углеводы возникают в листьях при фотосинтезе. Следовательно, между дыханием и фотосинтезом растений существует прямая и положительная связь. Иначе говоря, факторы, оказывающие воздействие на интенсивность ассимиляции углерода листьями, косвенно влияют и на дыхание.

Влияние концентрации углекислого газа в воздухе. Еще совсем недавно существовало мнение, что углекислота не влияет на дыхание листьев. Однако это оказалось неверным. Нашими опытами, проведенными с овощными растениями, доказано, что действие повышенного содержания углекислого газа в воздухе на дыхание зависит от того, способен ли данный орган к фотосинтезу или нет. Оказалось, что не отделенные от растения листья огурцов, томатов и салата в теплицах, обогащенных углекислым газом, дышат значительно интенсивнее, чем в обычных по углекислоте условиях. Так как они одновременно были богаче и по содержанию углеводов, то можно сказать, что углекислый газ влияет на дыхание зеленых листьев не прямо, а косвенно — через фотосинтез. Одновременно с этим имеются многочисленные данные, которые показывают, что накопление углекислоты в воздухе значительно понижает дыхание семян, корнеплодов, клубней, плодов, луковиц.

Учитывая, что повышенная концентрация углекислого газа в воздухе подавляет дыхание семян и, следовательно, может убить их, при хранении значительных партий семенного материала на элеваторах необходимо применять их периодическую вентиляцию путем пересыпания.

На понижении и полном прекращении дыхания клеток бесхлорофилльного организма или части растения из-за накопившегося углекислого газа основано хранение корнеплодов, клубней и плодов по методу «автоконсервирования» (самоконсервирования). Сущность его состоит в следующем. Луковицы огородного лука или корнеплоды

моркови укладывают в пропарафинированную бочку (или ящик) и плотно закрывают сверху. Благодаря дыханию растительных клеток, в бочках накапливается углекислый газ, который сперва подавляет, а затем и полностью прекращает развитие плесневых грибов. По этой причине корнеплоды, клубни и луковицы не портятся длительный период времени.

Необходимо подчеркнуть, что сохраненные методом автоконсервирования корнеплоды, клубни и луковицы не пригодны для целей семеноводства, так как они не прорастают.

Влияние других факторов. На дыхание растительных тканей влияют и другие факторы. Установлено, что дыхание плодов сильно возрастает при воздействии на них паров этилена, серного эфира и кислорода. В последнее время их начали широко применять для ускорения созревания томатов, мандаринов, хурмы, апельсинов. Дыхание семян стимулируется и резкими перепадами температуры. Это может быть с успехом использовано в работе агрономов и контрольно-семенных лабораторий для ускоренного определения всхожести. Механические повреждения плотной кожуры семян, например, перетиранием их с песком, также повышает дыхание, так как облегчает доступ кислорода.

До сих пор речь шла о нормальном дыхании при свободном доступе кислорода. Это так называемое *аэробное дыхание*, которое типично для высших растений. С ним связана жизнедеятельность растительного организма. Если растение в целом или его корни попадают в бескислородную среду, оно погибает, но гибель наступает не сразу. Так бывает, например, при длительном затоплении садов, при заболачивании почвы частыми обильными поливами, при «вымокании» озимых на полях, при уплотнении почвы. В этих случаях в бескислородной среде клетки растения переходят к другому — к *анаэробному типу дыхания*. При нем, так же как и при аэробном дыхании, происходит расход углеводов (но более быстрый) и выделение углекислого газа. Одновременно с этим в клетках накапливается этиловый спирт, который отравляет протоплазму. Анаэробное дыхание не является типичным для сельскохозяйственных растений. При наступлении его они погибают.

В заключение необходимо сказать, что в нормальных

условиях произрастания растений дыхание бывает в несколько раз слабее, чем фотосинтез. Этим и объясняется накопление сельскохозяйственными культурами органических веществ, т. е. урожая.

VI. ВТОРИЧНЫЕ СИНТЕЗЫ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ

Единственным органическим веществом, которое впервые возникает при фотосинтезе, является сахар (глюкоза). Но анализы показывают, что в состав живой протоплазмы растений входят: жиры, липоиды — соединения, подобные жирам, растворимые сахара, сложные углеводы типа крахмала, растворимые азотистые соединения и белки. Вещества, входящие в строение самой клетки, принято называть конституционными. Кроме них, в тканях растений встречаются еще и разнообразные запасные органические соединения: углеводы, белки, жиры, гликозиды, фосфатиды, алкалоиды, органические кислоты, эфирные масла и другие. Количество запасных веществ в клетках растений может сильно меняться в зависимости от органа растения, от фазы его жизни и от условий внешней среды. Особенно богаты ими семена, корнеплоды, клубни, луковицы, плоды, корни и стебли многолетних растений осенью.

Если при ассимиляции углерода образуется только сахар, то возникает вопрос: откуда же в растениях появляются остальные органические вещества? Ведь ни из почвы, ни из воздуха они не поступают! Ответом на этот вопрос может служить предположение о том, что все перечисленные выше соединения возникают в клетках дополнительно в результате жизнедеятельности протоплазмы. Необходимо иметь в виду, что фотосинтез, хотя и является очень важным процессом, но все же он служит только началом сложнейшей цепи биологических синтезов и превращений минеральных и органических веществ в растительном организме. Позифакомимся хотя бы кратко с этой стороной жизни растений.

На долю углеводов в растениях часто приходится больше 50 процентов всех органических веществ. В связи с этим растения, в отличие от животных, можно называть углеводными организмами. Несмотря на то, что углеводы состоят всего лишь из трех химических элементов (уг-

лород, водород и кислород), они очень разнообразны по своим свойствам. Среди них встречаются вещества кристаллического строения, хорошо растворимые в воде, а поэтому легко передвигающиеся по растению. Это, так называемые сахара: глюкоза, фруктоза (виноградный сахар) и сахароза (обычный сахар, добываемый из свеклы). Глюкоза появляется в зеленых листьях при фотосинтезе. Она очень легко переходит в фруктозу. Частицы глюкозы и фруктозы, соединяясь между собой, дают обыкновенный сахар (сахарозу), который и накапливается в значительных количествах, например, в корнеплодах сахарной свеклы (на юге до 25 и даже до 27 процентов).

Из той же глюкозы путем соединения большого количества частиц (по некоторым данным до 638) образуются углеводы коллоидного типа. Это — крахмал, клетчатка (целлюлоза), запасная клетчатка (гемицеллюлоза) и инулин, не растворимые в воде. Углеводы сложного строения наиболее распространены в растениях как запасные вещества.

Различные формы углеводов связаны между собой взаимными переходами друг в друга, например, крахмал, имеющий сложное строение, под влиянием слабых кислот расщепляется (гидрализуется) до простейшего, растворимого в воде сахара — глюкозы. Сахароза при тех же условиях распадается на глюкозу и фруктозу. Одновременно с этим, только при иных условиях, в клетках растений наблюдаются и процессы образования того же крахмала из продуктов его расщепления.

В растительном организме превращения углеводов и других органических соединений происходят не под влиянием кислот, а при участии особых веществ — ферментов.

Ферменты или, как их называли раньше, энзимы — это особые вещества, вырабатываемые протоплазмой клеток. Замечательным свойством ферментов является то, что они во много раз ускоряют ход химических реакций в живом организме. Поэтому энзимы называют биологическими катализаторами*. Ферментам принадлежит большая роль в жизни растений и животных, так как без них невозможны были бы процессы обмена веществ. Будучи производными от протоплазмы, фермен-

* Катализаторы — вещества, которые изменяют скорость химических реакций.

ты в то же время оказываются более стойкими, чем она. Протоплазма убивается при 60—70 градусах, ферменты же погибают лишь при кипячении. Абсолютное большинство энзимов растворимо в воде, а поэтому для того, чтобы извлечь фермент из растительных клеток, достаточно растереть растение в фарфоровой ступке пестиком, настоять в теплой воде и профильтровать. Так, например, получают вытяжку ферментов амилазы (диастазы) из проросших семян ячменя или из зеленых листьев. Спиртом, уксусом и другими обезвоживающими веществами ферменты осаждаются, но прибавлением воды могут быть снова переведены в раствор. На этом принципе основано приготовление концентрированных высокоактивных ферментных препаратов.

О присутствии ферментов судят по их действию. Если взять в пробирку 2-процентный крахмальный клейстер, добавить к нему несколько капель водной вытяжки из солода (из пророщенных семян ячменя), а затем поместить пробирку на 30—40 минут в воду при температуре 50—60 градусов, то крахмал исчезает. В этом можно убедиться, если на часть содержимого пробирки действовать раствором иода в иодистом калии через каждые 3—5 минут. Появившееся в начале опыта синее окрашивание, указывающее на присутствие крахмала, затем в конце опыта исчезает. Специальным методом можно убедиться в том, что вместо крахмала в пробирке появляются сахара. В описанном опыте крахмал превратился (расщепился) в сахар под влиянием фермента амилазы.

Если в другую пробирку с тем же крахмальным клейстером добавить не свежей, а предварительно прокипяченной водной вытяжки из солода, то крахмал и к концу опыта останется неизменным. Это доказывает верность того основного положения, что превращения всевозможных органических веществ в растительном организме происходят только при участии активных ферментов.

Ферменты обладают поразительной активностью. При благоприятных условиях несколько миллиграммов фермента способно за одни сутки «переработать», т. е. расщепить, тонны органических веществ.

В своей работе ферменты строго специфичны. Это означает, что один фермент может участвовать в превра-

щении только одного, строго определенного органического вещества, например, крахмал гидролизуеться только ферментом амилазой, сахароза (обыкновенный сахар) — только ферментом сахаразой (прежнее название инвертиза), жир — только ферментом липазой и т. д. Сахараза и липаза не действуют на крахмал, точно так же амилаза не участвует в превращениях жиров и белков.

Пятьдесят лет тому назад впервые было обнаружено еще одно замечательное свойство энзимов. Оказалось, что один и тот же фермент способен не только расщеплять (гидролизовать) сложное органическое вещество, но и синтезировать его из продуктов распада. Большая заслуга в разъяснении этой «направленности действия ферментов» принадлежит советской школе ученых-биохимиков, возглавляемой академиком А. И. Опариным (А. Л. Курсанов, Б. А. Рубин, Н. Н. Сисакян и др.). Применяв специальный метод (метод вакуум-инфильтрации), им удалось не только проследить работу ферментов непосредственно в живых растительных клетках, что очень важно, но и до известной степени изучить влияние отдельных условий на направляемость их действия в растении.

В растительной клетке фермент может находиться в двух состояниях: в виде раствора и в адсорбированном состоянии*. В первом случае он осуществляет гидролиз (расщепление) вещества, во втором — синтез сложного соединения из продуктов распада вещества. Очень важно подчеркнуть, что в протоплазме одной и той же клетки часть фермента находится в растворе, часть адсорбирована. Из этого следует, что в клетке в одно и то же время может протекать и гидролиз и синтез органических веществ. Соотношение между гидролизом и синтезом может меняться от разных причин. Так, например, установлено, что недостаток воды в тканях усиливает гидролитическую, а избыток ее — синтетическую направленность работы многих ферментов.

Второй группой органических веществ, широко представленной в растительном мире, являются жиры. Они возникают из углеводов путем их превращения. Запасные формы жира встречаются почти во всех семенах, но в

* Адсорбция — поверхностное поглощение; поглощение какого-либо вещества из газообразной среды или раствора поверхностным слоем другого вещества.

разных количествах. При кипячении со щелочами, например, с каустической содой, жиры дают всем известное мыло и глицерин. В растении они расщепляются ферментом липазой на тот же глицерин и жирные кислоты. Конечным продуктом превращения жиров в растительном организме является сахар, что подтверждает происхождение их из углеводов, возникающих впервые при ассимиляции углекислого газа.

Главнейшей составной частью протоплазмы являются белки. Они, как указывалось выше, образуются в клетках зеленых листьев из углеводов и азота, поступившего из почвы. Этот процесс называется первичным синтезом белковых веществ. Многие белки не растворяются в воде, и тем не менее они оттекают из листьев в другие органы растения. Объясняется это тем, что частицы белка под воздействием особых ферментов, носящих название протеазы, расщепляются на так называемые аминокислоты. Аминокислоты хорошо растворяются в воде, а поэтому легко передвигаются по ситовидным трубкам и попадают или в места усиленного роста, или в органы отложения запасных органических веществ. В первом случае из аминокислот, при участии тех же протеаз, возникают конституционные белки протоплазмы новых клеток, во втором — запасные белковые вещества, которые встречаются преимущественно в семенах в виде алевроновых зерен. Алевроновые зерна представляют собой высохшие вакуоли с кристаллами растворимых белков. Их особенно много в зернах хлебных злаков (пшеница, рожь, кукуруза, ячмень). Повышенным содержанием запасных белков как раз и объясняются высокие хлебопекарные и питательные качества пшениц юга, востока и юго-востока Советского Союза.

Для растения, находящегося в состоянии активной жизни, характерным признаком является усиленное передвижение по ситовидным трубкам водных растворов органических веществ, среди которых преобладают сахара и аминокислоты. Их первичный синтез происходит, как мы уже знаем, в зеленых листьях. Из листьев сахара и аминокислоты оттекают или в места их потребления, или в места отложения запасных веществ. Местами потребления чаще всего бывают растущие части и ткани растения, местами отложения — образующиеся семена,

плоды, корнеплоды, клубни, луковицы, а также стебли и корни многолетних древесных растений и кустарников.

Осенью, перед листопадом, из листьев оттекают не только соединения, образовавшиеся в течение дня, но и продукты распада конституционных веществ. Прежде чем сбросить листья, растение транспортирует значительную часть органических и минеральных соединений в зимующие органы и откладывает их там про запас до следующей весны, когда они используются на образование первых листьев и цветов.

В зависимости от фазы жизни растительного организма, основное направление оттока веществ в нем сильно меняется. У однолетних растений в молодом возрасте вещества направляются из листьев в точки роста и места образования новых органов. Благодаря этому на этой стадии жизни у растений происходит образование вегетативной массы (стеблей, корней и листьев), т. е. усиленный рост. С момента же цветения и наступающего затем образования и созревания семян (или плодов) ток основной массы веществ из всех тканей направляется к репродуктивным органам (к цветам) и к семенам. Рост растений в это время, как правило, прекращается, распускаются интенсивно дышащие цветы, после опыления и оплодотворения которых начинают наливаться семена.

Передвижению веществ по растению всегда предшествует их предварительный переход под влиянием ферментов в водно-растворимое состояние. При отложении же запасных органических веществ или при использовании их на построение новых клеток происходят явления, обратные гидролизу: из сахаров строятся более сложные, не растворяющиеся в воде, крахмал, клетчатка и жиры, из аминокислот возникают белки. Эти процессы идут с выделением некоторого количества воды и называются процессами вторичного синтеза органических веществ.

Человек в своей практической деятельности путем определенных приемов может искусственно менять направление оттока веществ в растении и тем самым достигать желаемых результатов. Для пояснения этого приведем несколько примеров.

Систематическое обрывание бутонов приводит к усиленному росту, образованию большого количества стеблей и листьев, а у однолетних растений, кроме того, еще и к удлинению периода их жизни. Объясняется это тем,

что раннее удаление цветов коренным образом меняет направление оттока и использование органических веществ. Эти вещества уже не потребляются на образование репродуктивных органов, а идут на процессы роста надземных частей растений.

При срезании верхушки стебля или побега травянистых или древесных растений они начинают усиленно ветвиться. Это также объясняется изменением направления оттока и использования ассимилятов. При удалении верхушечной точки роста ликвидируется прежнее место усиленного потребления пластических материалов, и органические вещества направляются в «спящие» почки, сидящие у основания черешка листа. Благодаря этому последние «пробуждаются», начинают расти и дают боковые побеги.

На принципе изменения оттока органических и минеральных веществ основана и вся система обрезки в садоводстве и виноградарстве. Не имея возможности останавливаться на этом вопросе подробно, укажем лишь, что сюда относится «обрезка на плодоношение», преследующая цель вызвать образование плодовых веточек, удаление «жировых» побегов в кроне дерева, оставление на кусте винограда при ранней весенней подрезке определенного количества почек (глазков), прищипывание или удаление «пасынков» и т. д.

Умение управлять оттоком пластических веществ имеет значение и в овощеводстве. Так, например, если путем посева во второй половине лета получить к моменту наступления первых заморозков растения цветной капусты, имеющие 4—5 развитых листьев, а затем вырывать их с корнем и поставить в холодные парники при температуре 10—12 градусов, то, примерно, через месяц такие растения дадут вполне пригодные для пищи «головки» (недоразвитые сочные соцветия). Откуда же они появляются? Головки цветной капусты в этом случае образуются за счет ранее накопившихся запасных и конституционных органических веществ листьев. Указанный прием выращивания цветной капусты имеет большое перспективное значение, так как свежая продукция может быть получена в октябре, ноябре и даже в декабре месяце.

Интенсивно протекающие процессы превращения веществ у растений начинаются с момента набухания и

прорастания семени. Основными запасными веществами семени являются углеводы, жиры и белки. Они служат для питания находящегося в семени зародыша в первые дни после прорастания. По этой причине их называют запасными питательными веществами семени.

По типу преобладающего соединения семена делят на две основные группы: маслянистые и крахмалистые. Первые содержат от 30 до 65 процентов растительного жира (конопля, лен, подсолнечник, клещевина, грецкий орех), вторые — всего лишь от 1,3 до 5,8 процента жира. Главным органическим веществом в крахмалистых семенах является крахмал. В семенах пшеницы, овса, кукурузы и риса его содержится от 60 до 77 процентов. В сельском хозяйстве возделываются преимущественно растения с крахмалистыми семенами; в природе же до 90 процентов растений имеет маслянистые семена. И это не случайно: в единице веса жира содержится в 2,27 раза больше энергии, чем в крахмале. Жир, по сравнению с углеводами и белками, представляет как бы концентрат солнечной энергии.

Белковые вещества всегда представляют меньшую часть запасных питательных веществ семени, редко достигая 25 процентов. Семена, богатые жиром, обычно содержат больший процент белковых веществ, чем крахмалистые. Исключение в этом отношении представляют семена бобовых растений, содержащие: фасоль — 23, горох — 29, люпин — 40 и соя 44 процента белка.

В сухих семенах ферменты находятся в малодеятельном состоянии, а поэтому они могут храниться долгое время без заметных на глаз изменений даже в теплую погоду. При набухании семени ферменты активизируются, и под их влиянием начинают быстро протекающие процессы превращения органических веществ. Общее направление этих превращений сводится:

а) к расщеплению сложных соединений на более простые, легко растворимые в воде,

б) к синтезу новых органических веществ, необходимых для построения вновь возникающих клеток зародыша.

При прорастании семени запасной крахмал, под влиянием последовательно включающихся в работу ферментов амилазы, декстриназы и мальтазы, в конечном счете распадается на простейший сахар — глюкозу; жиры при

участии липазы расщепляются на глицерин и жирные кислоты, которые затем превращаются в сахар; белковые вещества под влиянием ферментов протеаз, распадаясь, дают аминокислоты. Подвергается изменениям и клетчатка, входящая в состав семян. При участии фермента цитазы она гидролизуеться до водно-растворимых сахаров, что способствует ее дальнейшему использованию.

Набухание и прорастание, как уже указывалось, сопровождается усилением дыхания семян. В связи с этим основная масса углеводов и продуктов распада жиров расходуется в акте дыхания.

Одновременно с распадом в прорастающих семенах происходят и процессы синтеза новых веществ. Объясняется это тем, что клетки зародыша в набухом семени начинают усиленно делиться. На образование протоплазмы этих вновь появляющихся дочерних клеток расходуются аминокислоты. Из них образуются белки живой протоплазмы, которые коренным образом отличаются от запасных белков своими свойствами живой, способной к обмену веществ, материи. В этом состоит основное биологическое значение превращения белковых веществ при прорастании семян. Кроме синтеза живых белков, при разбираемом процессе происходят и другие новообразования: из сахаров возникает клетчатка стенок новых клеток и липоиды протоплазмы; из белков, фосфора и углеводов образуются нуклеопротеиды, входящие в ядерное вещество, и т. д.

Таким образом, прорастание семян сопровождается сложным циклом превращения органических веществ, в котором процессы распада переходят в процессы синтеза качественно иных соединений.

Исключительно сложные превращения веществ происходят при созревании плодов и семян. Созревание сопровождается формированием зародыша, обезвоживанием и отложением больших количеств запасных питательных веществ. При этом происходят превращения органических веществ, обратные тем, которые имеют место при прорастании семян. Из притекающих в семя растворов сахаров и аминокислот в основном образуются крахмал, жиры и белковые вещества. Одновременно с этим в семени накапливаются и зольные элементы (фосфор, магний и др.).

Общеизвестно, что незрелые плоды и ягоды (яблоки, груши, сливы, виноград и т. д.) имеют кислый вяжущий

вкус и твердую консистенцию. Объясняется это тем, что они богаты органическими кислотами, дубильными веществами и крахмалом. В них очень мало или совсем нет сахара, зато много лектиновых веществ, цементирующих клетки плода и придающих ему твердость.

При созревании сочных плодов пектиновые вещества под влиянием ферментов переходят в растворимую форму. Благодаря этому плоды становятся мягкими и сочными. С изменением консистенции плодов доступ кислорода в них облегчается, поэтому часть органических кислот окисляется в процессе дыхания. Кроме того, органические кислоты соединяются с возникшими из углеводов спиртами и образуют сложные эфиры, придающие плодам приятный запах. В результате двух последних процессов общая кислотность созревающих плодов сильно понижается. Крахмал при созревании фруктов подвергается гидролитическому расщеплению до сахаров, которые придают плодам и ягодам сладкий вкус.

Наряду с этими процессами часть сахаров, соединяясь с кислотами, спиртами и альдегидами, дает так называемые глюкозиды. Присутствием глюкозидов и объясняется своеобразный привкус, которым характеризуются отдельные сорта плодов и ягод.

Многие поздние сорта яблок и груш не успевают созреть полностью на дереве до наступления осенних заморозков. Их снимают в недозревшем, иногда совсем в не пригодном для употребления состоянии и укладывают в специальные помещения, имеющие ровную температуру и относительно сухой воздух, где они и дозревают «в лежке». Следовательно, сложные процессы превращения веществ при созревании сочных плодов могут происходить и вне материнского растения. Этим широко пользуются в практике, применяя так называемое искусственное дозревание («дозаривание») помидоров, мандаринов, лимонов и других плодов.

Для ускорения процесса искусственного дозревания плодов в последнее время начали широко применять особый газ этилен. Опытами установлено, что обработка недозревших сочных плодов в течение 2—3 суток парами этого газа (1 часть этилена на 1000 частей воздуха по объему) значительно ускоряет их созревание. Этилен увеличивает проницаемость клеток, активизирует ферменты и усиливает окислительные процессы в тканях плодов.

Этим и объясняется его стимулирующее влияние на созревание.

Следует указать, что этилен не является чем-то совершенно посторонним для растений. Его, например, можно обнаружить в воздухе хранилищ для яблок. Следовательно, этилен образуется и выделяется клетками яблок. Исходя из этого, можно предположить, что более быстрое созревание яблок, груш и помидоров в кучах объясняется, в частности, накоплением в них этилена.

На химический состав и ход созревания сочных плодов и ягод большое влияние оказывают погодные условия. Во влажную и прохладную погоду фрукты и ягоды созревают медленней. Кроме того, они бывают малосахаристыми и кислыми. Обратное наблюдается, если период созревания совпадает с теплой и сухой погодой. В этом случае массовый сбор урожая наступает на 1½—2 недели раньше, плоды и ягоды содержат меньше кислот и дубильных веществ, в них бывает больше сахара.

Условия погоды оказывают не меньшее влияние и на конечный химический состав урожая и зерновых культур. Объясняется это несколькими причинами. Первая из них состоит в том, что уже сам процесс налива зерна зависит от внешних условий. Семя формируется за счет органических веществ, притекающих к нему, главным образом, из листьев. Если в период, когда семя находится еще в состоянии «молочной спелости»*, наступает засуха, то он в течение 2—3 дней может уничтожить хозяйственно ценный урожай. Вместо выполненного получается тощее (щуплое) легковесное зерно, значительная часть которого при провеивании попадает в мякину. Такое зерно называют «захваченным», а само явление — «захватом».

Истинная причина захвата при засухе состоит в том, что низкая относительная влажность и высокая температура воздуха быстро иссушают листья, убивают и, следовательно, выключают их как органы фотосинтеза. Благодаря этому нарушается нормальный приток органических веществ из листьев в созревающие семена.

Преждевременное созревание при захвате сопровождается также рядом изменений процессов в семени: переход сахаров в крахмал не успевает закончиться, поэтому захваченное зерно пшеницы, кукурузы и других рас-

* При раздавливании семени, находящегося в стадии молочной спелости, из него выделяется жидкость, похожая на молоко.

тений бывает относительно богаче сахарами и беднее крахмалом. Захваченное зерно оказывается относительно богаче белками, чем нормально созревшее. Причиной этого является то, что недостаток влаги задерживает превращение аминокислот в белки в меньшей степени, чем переход сахара в крахмал.

В связи с разбираемым вопросом необходимо иметь в виду два обстоятельства: во-первых, что захвату подвергаются не только зерновые, но и все остальные сельскохозяйственные растения и, во-вторых, что захват семян может быть вызван и целым рядом других причин: обрыванием листьев, поеданием их вредителями, поражением листовых пластинок грибными заболеваниями (ржавчиной), развитием на корнях подсолнечника паразита заразики и т. д.

На химический состав зерна влияют и многие другие факторы. Например, засушливая погода способствует повышению процентного содержания белков; обильная же поливка, наоборот, понижает содержание в зерне белковых веществ и повышает содержание крахмала. В северных и горных районах лен дает более быстро высушающие масла, чем в южных.

Химический состав зерна сильно меняется и в зависимости от географического положения местности. Например, в одном из опытов твердая пшеница, высеянная в разных точках Советского Союза, содержала следующее количество белка: в Белоруссии — 12 процентов, в Саратовской области — 19,6 процента, в Восточной Сибири — 20 процентов. Наконец, имеются данные, говорящие о том, что условия корневого питания оказывают влияние не только на процентное содержание белка в зерне озимых пшениц, но и на качественный состав самих белковых веществ.

Из сказанного следует один общий чрезвычайно важный вывод: изменяя условия произрастания растений, практики сельского хозяйства имеют все возможности влиять не только на абсолютную величину урожая, но и на его качество в смысле химического состава.

VII. РОСТ РАСТЕНИЙ

Рост является одним из проявлений жизни растений. Это необратимое явление. Оно сопровождается увеличением числа клеток, появлением новых органов, уве-

личением общего размера растений. Однако наиболее характерным для процесса роста является накопление массы протоплазмы — увеличение количества органического вещества. По этому признаку рост легко отличить от других явлений в жизни растений. Возьмем, например, прорастание семян. На первый взгляд кажется, что это процесс роста, и тем не менее это не так.

Прорастание семени сильно отличается от типичного явления роста, так как увеличение объема его происходит благодаря поглощению воды при набухании, а не за счет увеличения количества органических веществ. Больше того, вес органических соединений к концу прорастания обычно бывает в $2\frac{1}{2}$ раза меньше, чем до набухания. Увеличение проростков (образование видимых глазом корешков и первичного листика) происходит при прорастании семени за счет перераспределения запасных органических веществ, сопровождающегося, как мы теперь уже знаем, явлениями гидролиза и синтеза. Лишь после того, как проросток достаточно разовьет корни и листья, он начинает питаться вполне самостоятельно и расти в подлинном смысле слова, поглощая минеральные вещества из почвы и углерод из воздуха.

В основе роста растения лежит рост многочисленных клеток. По современным взглядам рост отдельных клеток складывается из трех основных этапов: а) стадия эмбрионального роста; в) стадия растяжения и с) стадия внутренней дифференциации*.

В эмбриональной (зачаточной) фазе роста происходит деление материнских клеток на две дочерние клетки. Увеличивается также и масса протоплазмы, которая возникает из притекающих в образовательные ткани органических и минеральных веществ.

В стадии растяжения клетки не делятся. Остается неизменным также и вес массы протоплазмы в сухом состоянии. В этот период роста клетка усиленно засасывает воду. Благодаря этому оболочка растягивается и объем (размер) клетки увеличивается. Растяжению клеточной оболочки, как показали исследования, способствует и то, что в протоплазме вырабатываются частицы клетчатки, которые внедряются в оболочку¹, уменьшая степень противодействия ее на клеточное содержимое. Благодаря

* Дифференциация — в этом случае разделение, специализация клеток применительно к выполняемой роли в организме.

Этому молодые растущие клетки, а, следовательно, и ткани, всегда имеют более высокую сосущую силу, чем зрелые и старые. Именно этим и объясняется тот факт, что, например, в засуху в первую очередь начинают отмирать нижние листья, нижние побеги и ветви, тогда как верхние органы долгое время остаются еще живыми. Верхние органы, как более молодые и имеющие более высокую сосущую силу, отнимают воду от ниже лежащих, вызывая их гибель.

В стадии внутренней дифференциации растяжение оболочек прекращается. Они начинают утолщаться. В этой фазе жизни клеток происходит образование специальных тканей: механической, проводящей, основной, покровной и т. д.

На рост растений большое влияние оказывают условия окружающей среды. Главные из них: температура, свет, вода и химические вещества.

Влияние температуры. При повышении температуры на каждые 10 градусов в пределах от нуля до 35 градусов скорость роста многих растений примерно удваивается. При температуре же 35—40 градусов рост значительно замедляется, а затем и полностью прекращается.

По отношению к росту различают следующие основные температурные точки:

а) температура минимум. При ней рост только что начинается;

в) температура оптимум — рост идет быстро;

с) температура максимум — рост еще возможен, но происходит он медленно.

Для разных растений эти температуры не одинаковы, например:

Р а с т е н и я	Температура в градусах		
	минимум	оптимум	максимум
Пшеница, ячмень, овес, рожь	0—5	25—31	31—37
Кукуруза	5—10	37—44	44—50
Арбузы, дыни, огурцы	15—18	31—37	44—50
Капуста, салат, шпинат, редис	2—5	15—20	25—30

Необходимо подчеркнуть, что прекращение роста еще не означает прекращение жизни у растения, так как в нем могут протекать другие физиологические процессы. Обычно температура минимум для жизни (ультраминимум) лежит ниже минимума для роста, и температура максимум для жизни (ультрамаксимум) бывает выше максимума для роста. Кроме них, существует еще так называемый гармонический оптимум температуры. Эта температура, при которой получают наиболее крепкие здоровые растения, дающие обильный урожай. Она чаще всего совпадает с температурой оптимумом для фотосинтеза.

Влияние света. Рост может происходить и в темноте, однако лишь в том случае, если в растении в течение предыдущего дня накопилось достаточное количество органических веществ. Следовательно, свет влияет на рост положительно, но это влияние не прямое, а косвенное — через процесс фотосинтеза.

Яркий солнечный свет задерживает рост растений, ограничивая стадию растяжения клеток. Затенение, наоборот, вызывает вытягивание растений. Последнее можно наблюдать на загущенных посевах и посадках.

Недостаток света, как мы уже знаем, вызывает этиоляцию растений. Одним из признаков этиоляции является слабая развитость механических тканей. Вследствие этого загущенные посевы, например, пшеницы, ячменя, овса и т. д., после обильных дождей или ветра полегают. Однако можно заметить, что при наступлении солнечной погоды стебли полегших растений начинают изгибаться и поднимаются вверх. Это как раз и объясняется тем, что затененная часть горизонтально лежащего стебля растет быстрее, чем освещенная, благодаря чему стебель постепенно принимает опять вертикальное положение.

Измерения показывают, что существует суточная периодичность роста, которая заключается в том, что рост происходит быстрее ночью, чем днем.

Практикам сельского хозяйства хорошо известно, что суточный прирост растений в высоту наиболее отчетливо бывает замечен именно в ранние утренние, а не в поздние вечерние часы. Более быстрый рост в почное время объясняется несколькими причинами: отсутствием света, тормозящего стадию растяжения клеток; усиленным притоком в точки роста органических веществ, выработанных

ных в листьях при фотосинтезе в предшествующий день, и повышенной оводненностью тканей вследствие слабой транспирации.

Свет оказывает на растения и формативное влияние, т. е. сказывается на их внешнем виде. Исследованиями установлено, что обилие желтых и инфракрасных лучей вызывает сильное вытягивание стеблей и, наоборот, богатство синих и фиолетовых лучей приводит к карликовости растений.

Удельное значение отдельных частей спектра, слагающих белый дневной свет, сильно меняется в зависимости от высоты местности. Чем выше местность над уровнем моря, тем богаче падающий на нее солнечный свет синими и фиолетовыми лучами и наоборот. Именно этим и объясняется тот факт, что высокогорная растительность всегда бывает ниже по высоте, чем в долинах.

Влияние воды. Для того, чтобы рост растений протекал нормально, необходимо высокое содержание воды в клетках. Степень насыщенности протоплазмы влагой особенно сильно сказывается во второй фазе роста клеток — в стадии растяжения. При недостатке воды стадия растяжения ограничивается и клетки получаются мелкими. Это хорошо заметно на древесной растительности: в засушливых районах древесина получается более мелко-клеточной, чем во влажных. В связи с этим меняется и качество самой древесины: в засушливых районах она более прочная, чем во влажных.

Необходимо иметь в виду, что обилие влаги в почве положительно влияет на рост клеток лишь в том случае, если оно сопровождается теплом. При недостатке тепла также образуются мелкие клетки, и годовой прирост древесины в толщину сильно ограничивается. Подтверждением сказанного является мелкоклеточная, тонкослойная, а поэтому и очень прочная, древесина северных лесов Советского Союза.

Меняя количество воды, даваемой растениям, человек может ускорять или, наоборот, замедлять их рост. Это имеет особенно большое значение в поливном земледелии.

Наиболее интенсивно рост происходит при достаточном количестве воды в почве и в воздухе. Окружая клетки растений, воздух отнимает от них воду с большой силой и, следовательно, может значительно понизить степень насыщенности протоплазмы водой, что ограничивает

скорость роста. Специальными опытами установлено, что каждый раз, когда влажность воздуха понижается на 1 процент, сила сосания им воды соответственно повышается на 13,5 атмосфер. Этим объясняется тот факт, что незащищенные покровной тканью (корневым чехликом) кончики корня могут расти лишь в среде, насыщенной водой. Рост клеток в самой верхней части стебля — в конусе нарастания, при влажности наружного воздуха в 60—50 и даже 40 процентов, возможен лишь благодаря тому, что они защищены от обезвоживающего действия воздуха покровной тканью. Под слоем покровной ткани создается ограниченный объем воздуха, насыщенный до предела водяными парами.

Влияние химических веществ. Химические вещества, в том числе и поглощаемые растением из почвы, оказывают разное влияние на ростовые процессы. В то время как азот, калий и магний, особенно первый, не только стимулируют рост, но и удлиняют его общий период у сельскохозяйственных растений, кальций и фосфор сокращают время интенсивного роста.

Очень важно подчеркнуть, что каждый из химических элементов, будучи взят в виде одной соли, действует на клетки растений и животных ядовито. Например, губительно влияет на корни растений чистый раствор поваренной соли, а также чистые растворы хлористого кальция, хлористого магния и т. д. Однако если их смешать, они взаимно устраняют ядовитое действие друг друга. Это явление получило название антагонизма ионов*, а растворы, в которых устранено указанным способом губительное действие отдельных элементов, называются уравновешенными растворами. Примером таких растворов могут служить искусственные питательные смеси для растений, морская вода, физиологический раствор, применяемый в медицине, почвенные растворы в черноземных почвах. Подзолистые же и солонцовые почвы являются примером неуравновешенных или слабо уравновешенных растворов, так как первые содержат избыток ионов водорода, а вторые — ионов натрия. Необходимо иметь в виду, что внесение избытка какого-нибудь одного удобрения может дать неуравновешенность почвенного раствора, что отрицательно сказывается на растениях.

* Ион — атом (или совокупность атомов), имеющий положительный или отрицательный заряд.

VIII. РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Продолжительность жизни разных растений не одинакова. Одни из них, появившись на поверхности почвы ранней весной, через 4—6 недель зацветают, дают зрелые семена и отмирают. Это так называемые *эфемеры*. Их нормальный жизненный цикл заканчивается очень быстро — за 1—1½ месяца. Наибольшее количество эфемеров встречается в пустынях, где влага, необходимая для растений, бывает в верхних слоях почвы всего лишь в течение 1—2 месяцев (чаще всего с марта до мая). У эфемеров слабо развита корневая система, поэтому они не могут использовать воду глубоких подземных слоев. По указанной причине их жизнь приурочена к короткому периоду скудных весенних дождей или ко времени увлажнения почвы талыми водами.

У других растений от появления всходов до цветения, образования семян и отмирания проходит 5—6 месяцев. Это — однолетние растения. К ним относятся: рожь, пшеница, ячмень, овес, кукуруза, просо, помидоры, редис, салат, шпинат и другие.

Наряду с этим, среди дикой и культурной растительности широко распространены и такие ее представители, нормальный жизненный цикл которых заканчивается не за один, а за 2 года. Это — двухлетние растения. Характерным для них является то, что в первый год своей жизни двухлетники образуют мощную листовую поверхность, накапливающую к осени большой запас органических питательных веществ, которые откладываются в корнях, образуя корнеплоды (свекла, морковь, сельдерей), а также в особых листьях (капуста) или в луковицах (огородный лук). На следующий год из таких запасующих органов при отрастании образуется стебель с цветками, а затем, после созревания семян, растение отмирает.

Широко распространены в природе и растения, общая продолжительность жизни которых определяется десятками, сотнями, а иногда и тысячами лет. Это типичные многолетники. К ним относятся кустарники, полукустарники и деревья. В качестве примера можно привести бигонию, живущую до 25 лет; абрикос, имеющий продолжительность жизни до 35 лет; культурные яблони и груши, живущие, в зависимости от сорта, от 45 до 100 лет, и насаждения винограда, достигающие возраста 60—80 лет. Еще более значительной является продолжитель-

ность жизни диких сородичей названных растений. Так, например, дикая яблоня живет 150—180 лет, груша — 180—200 лет, виноград — до 150 лет, грецкий орех — до 300 лет.

Примером наиболее долговечного растения является мамонтово дерево. В Калифорнии отдельные экземпляры его имеют возраст свыше четырех тысяч лет.

Наиболее характерным для растения следует считать не общую длительность жизненного цикла, а взаимоотношение между вегетативным ростом и плодоношением.

Многие растения в течение всей своей жизни плодоносят всего лишь один раз. После цветения и образования семян (или плодов) они, как правило, отмирают. Такие растения называются *монокарпическими*. К ним относятся и эфемеры, и однолетние, и двухлетние, и некоторые многолетние растения. Из многолетних укажем агавы и отдельные виды пальм, которые в течение 10—15 лет не образуют цветов, затем зацветают, дают один раз плоды и умирают.

Для всех монокарпических растений появление семян как бы устраняет возможность дальнейшего вегетативного роста. Это, надо полагать, объясняется тем, что у них на формирование семян и плодов усиленно расходуются не только те органические соединения, которые образуются в листьях в период плодоношения, но, кроме того, еще запасные и конституционные вещества.

Подтверждением правильности такого предположения о причинах гибели монокарпических растений после плодоношения служит тот факт, что удаление цветочных почек и бутонов до их распускания вызывает значительное продление жизни растений. Таким способом можно заставить обыкновенную садовую резеду жить не один, а два-три года. В одном из опытов автора у капусты, полученной из сохраненной в течение зимы кочерыги, систематически обрывались все цветочные бутоны в момент их образования. Благодаря этому типичное двухлетнее растение жило 7 лет. На седьмой год бутоны не были удалены, что повлекло за собой отмирание растительного организма.

Наряду с этим, в практике сельского хозяйства можно наблюдать и такие случаи, когда двухлетние растения (свекла, морковь, капуста) зацветают в первый год жизни, то есть в год посева. Такие растения часто называют

«цветухами». Для нас в данном случае важно то, что они, являясь по своей природе двухлетними, погибают в результате наступившего цветения уже в конце первого года жизни.

В момент цветения и образования семян в растительном организме происходит усиленная мобилизация органических и минеральных веществ. Опытами установлено, что, например, у ржи в период налива зерна на образование урожая расходуются органические вещества не только из текущей продукции фотосинтеза, но и запасы их, отложенные ранее; больше того, происходит потребление составных частей клеток листьев и стеблей. Составные вещества листьев и стеблей под влиянием ферментов распадаются до более простых соединений, растворимых в воде, притекают в колос и идут на формирование семян с его зародышем и эндоспермом.

Не менее широко в природе распространен и другой тип растений — таких, которые в течение своей жизни цветут и плодоносят не один, а несколько раз. Их называют *поликарпическими* растениями. К ним относится подавляющее большинство многолетних древесных растений — кустарники, фруктовые деревья, лесные породы. Они цветут и плодоносят обычно каждый год, но это не влечет за собой их отмирание. Такие растения возобновляют свой вегетативный рост каждый год.

Следует отметить, что поведение поликарпических растений не противоречит ранее высказанному взгляду на причины гибели монокарпических растений после цветения, а, наоборот, подтверждает его. Садоводам и лесоводам хорошо известно, что, например, яблоня, груша, дуб и другие древесные растения из года в год дают неодинаковые урожаи. При обычном способе выращивания обильный сбор фруктов сменяется менее обильным и за менее урожайным годом снова следует более урожайный на фрукты год. Это явление получило название — «периодичность плодоношения фруктовых деревьев».

Наблюдения показывают, что наиболее ярко периодичность плодоношения выражена у поздних сортов, в меньшей степени — у сортов с ранним созреванием плодов. Как все это понять?

У многократно плодоносящих растений, так же как и у монокарпических, на образование цветов и плодов тратится колоссальное количество пластических—органиче-

ских веществ. Это настолько истощает растительный организм, что у него часто после созревания плодов уже не хватает органического материала на формирование тех цветочных почек, которые обеспечили бы урожай в следующем году. По этой причине после года обильного плодоношения данное растение цветет слабо или совсем не образует цветов.

У скороспелых же сортов после раннего съема плодов остается еще достаточно времени, в течение которого они успевают при помощи листьев накопить новые органические вещества, нужные на формирование цветочных почек будущего урожая. Поэтому у них колебания в ежегодном плодоношении менее значительны, чем у поздних.

Способность растений к накоплению органических веществ теснейшим образом зависит от условий произрастания. Поэтому средством ликвидации нежелательной периодичности плодоношения фруктовых деревьев должно быть проведение в садах высокого комплекса агротехнических мероприятий (обработка почвы, удобрение, орошение, регулирование плодоношения обрезкой, борьба с грибными заболеваниями листьев и т. д.).

Итак, период жизни, в течение которого происходит образование лишь вегетативных органов (корней, стеблей, побегов и листьев), у каждого растения рано или поздно сменяется цветением и плодоношением. Появление бутонов и цветов является признаком перехода растения в качественно иное состояние — в фазу полного воспроизводства, или, как часто говорят, к репродукции.

Знание условий, вызывающих переход растительного организма к цветению, имеет очень важное практическое значение, так как оно позволяет человеку сознательно ускорять или замедлять наступление цветения и плодоношения. Ученые уже давно пытались выяснить те действительные причины, которые лежат в основе перехода растений от вегетативной фазы жизни к репродукции. По этому вопросу высказано много различных теорий. Рассмотрим вкратце некоторые из них.

Одни считают, что время наступления цветения якобы зависит от свойственной растению внутренней периодичности. Эта точка зрения ненаучна, так как она не подтверждается ни наблюдениями, ни практикой сельского хозяйства. Больше того, эта «теория» по своему существу идеалистическая, так как она предполагает наличие в

растении какого-то извечного регулирующего начала, не зависящего от условий произрастания.

Существует другое мнение — что переход к репродуктивной фазе жизни якобы зависит от календарного возраста растения. Это утверждение также ошибочно, так как хорошо известно, что, например, обильное питание азотом и хорошее снабжение водой (полив) вызывают значительное запаздывание цветения и плодоношения.

В конце XIX века была высказана мысль о том, что развитие растений и переход к репродукции зависят от внешних условий. Однако, несмотря на свою принципиальную верность, эта теория, в силу господства в то время идеализма в биологии, в течение нескольких десятилетий не получила должного признания.

Действительные причины перехода растений к цветению и плодоношению были вскрыты советским ученым академиком Т. Д. Лысенко лишь в тридцатых годах двадцатого столетия. Они изложены им в теории о стадийном развитии растений, являющейся ценнейшим вкладом в науку.

По Лысенко, рост и развитие растений не равноценные явления. Под ростом понимается процесс, при котором происходит накопление массы растения. При нем увеличивается количество клеток путем деления, образуются новые вегетативные органы, увеличиваются высота и вес растения. Таким образом, рост является количественным процессом в жизни растительного организма.

Под развитием же понимается процесс внутреннего качественного изменения растения, при этом растение становится иным, чем в первый период жизни. Качественные изменения приводят к тому, что растение становится способным перейти к половому размножению, зацветает и дает зрелые семена.

Таким образом, основным признаком закончившегося развития растения является наступление цветения и плодоношения. Если развитие не происходило или не закончилось, растение не может дать цветов.

Следует иметь в виду, что образование цветов наступает не обязательно сейчас же, как только закончится полный цикл развития растения. Их появление может и запоздать. Объясняется это тем, что для развития и образования цветов требуются далеко не одни и те же

условия. Больше того, начавшееся формирование цветов при изменении условий может временно прекратиться, а затем снова возобновиться. Для пояснения приведем пример из практики овощеводства.

При культуре томатов иногда можно наблюдать следующее: сперва на растении образуется кисть с несколькими цветами, а затем на центральном цветоносе ее появляются листья. Следовательно, кисть с половыми органами — цветами затем превращается в обыкновенный стебель с листьями. Очень часто вслед за этим на том же органе снова появляются цветы. Это явление называют *израстанием кисти*.

Почему же оно происходит?

После завершения полного цикла развития томатное растение по своему внутреннему качественному состоянию уже способно перейти к образованию цветов. Это и происходит при наличии высокой температуры (25—35 градусов) и относительно сухого воздуха (при влажности не выше 60 процентов). Если же в период цветения наступает похолодание, образование цветов приостанавливается. Пониженная температура при повышенной влажности воздуха способствует превращению кисти томатного растения в боковую ветку с листьями, что и происходит вплоть до нового наступления более теплой и сухой погоды.

Вторым примером, подтверждающим правильность того положения, что для качественного развития растения и самого образования цветов требуются неодинаковые условия, служит наблюдаемое иногда вторичное цветение некоторых растений (яблони, груши, шиповника и других) во второй половине лета — в самом начале осени. Почему же эти растения дают цветы вторично осенью лишь иногда, что является весьма редким явлением?

Да потому, что, во-первых, для формирования цветов необходим определенный запас пластических веществ и, во-вторых, для распускания цветочных почек нужны соответствующие температура и влажность воздуха. Отсутствие последних в конце лета — в начале осени и является причиной, устраняющей возможность появления цветов у большинства многолетних растений осенью. В том же случае, если осенью погодные условия точно совпадают с теми, которые бывают весной, некоторые деревья и кустарники зацветают вторично.

Условия, необходимые для роста и развития одного и того же растения, часто могут не совпадать. Благодаря этому между ростом и развитием в природе могут быть следующие сочетания:

- 1) рост хороший — развития нет,
- 2) развитие хорошее — рост плохой,
- 3) рост и развитие хорошие.

Примером первого сочетания (рост хороший—развития нет) может служить поведение озимой пшеницы и ячменя, посеянных весной. В этом случае они хорошо растут, кустятся, дают мощную вегетативную массу, но до наступления осенних холодов не колосятся, не цветут и, следовательно, не дают урожая зерна. Это можно объяснить лишь тем, что условия весны и лета благоприятствуют росту озимых растений и, наоборот, исключают возможность их развития.

Второй случай (развитие хорошее — рост плохой) наблюдается в засушливые годы как у озимых, так и у яровых культур. При остром недостатке влаги в почве, как известно, растения вырастают низкорослыми, часто высотой 20—30 сантиметров. Несмотря на это, они все же цветут и образуют (пусть мало, но все же образуют) семена. Основываясь на этом признаке (цветение и плодonoшение), мы вправе сделать вывод, что засуха ограничивала в сильной степени ростовые процессы, но в то же время не влияла отрицательно на развитие растений. Благодаря этому в растениях полностью закончился цикл внутренних качественных изменений и они зацвели.

Третье сочетание (рост и развитие хорошие) бывает в годы, благоприятные для урожая однолетних полевых культур. Условия таких лет благоприятствуют не только росту, но и развитию растений.

Развитие растений происходит ступенями — стадиями. Поэтому учение академика Т. Д. Лысенко о развитии растений называется теорией стадийного развития растений.

Стадии развития отличаются друг от друга по характеру происходящих при них качественных внутренних изменений.

Предполагают, что у однолетних зерновых злаков полный цикл развития складывается из пяти стадий, но

пока достоверно установлены и изучены лишь две, и именно:

а) первая стадия, или стадия яровизации; иногда ее называют еще температурной стадией;

б) вторая стадия, или световая стадия развития растений.

Стадии проходят последовательно друг за другом, причем вторая стадия не может начаться раньше, чем закончится первая.

Стадийные изменения необратимы. Это значит, что те внутренние качественные изменения, которые начались в растении, не могут исчезнуть, даже если прекратилось воздействие условий, вызвавших течение стадий. В этом случае они лишь временно приостанавливаются, но затем могут быть вновь продолжены при наступлении соответствующих условий.

Установлено, что стадийные изменения под влиянием условий происходят в протоплазме молодых эмбриональных клеток точки роста стебля.

Интересно то, что стадийные изменения, происшедшие в точке роста стебля, затем передаются всем вновь образовавшимся из нее клеткам, тканям и органам. В связи с этим у взрослого растения различные его ткани и органы могут быть стадийно неодинаково развиты. Так, например, у плодоносящего дерева яблони мы встречаем такие ткани и органы:

а) по возрасту старые, а стадийно молодые. Это ткани нижней части стебля. Они образовались значительно раньше, чем ткани кроны дерева, но из клеток, не прошедших стадийного развития. Поэтому их относят к группе стадийно молодых тканей;

в) по возрасту и по стадийному состоянию молодые. Это ткани прикорневой и корневой поросли, которая появляется из стадийно молодых клеток основания стебля и корня;

с) по возрасту молодые, а стадийно старые. Это плодоносящие ветки кроны и их ткани. По календарному возрасту они значительно моложе, чем нижние части ствола дерева, но так как они возникли из клеток точек роста, уже закончивших свое стадийное развитие, то являются стадийно старыми. Это подтверждается их способностью давать цветы и плоды.

Разнокачественность органов и тканей яблони по

их стадийному состоянию в такой же степени относится и к другим плодовым и лесным деревьям.

Представления о стадийном состоянии клеток, тканей и органов растений, развитые академиком Т. Д. Лысенко, имеют чрезвычайно важное значение как для понимания явлений, происходящих в жизни растений, так и для сельскохозяйственной практики. Приведем несколько примеров.

В садоводстве существует агроприем, известный под названием «омоложение кроны дерева». Состоит он в том, что у старого дерева засыхающие основные ветки спиливаются на $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ их общей длины или полностью. Это приводит к тому, что из спящих почек, расположенных ниже среза, появляются новые побеги, которые затем превращаются в плодоносящие части кроны. По литературным данным, срок хозяйственного использования плодовых деревьев с омоложенной кроной удлинится на 10—15 лет, однако плодоношение в первый, второй, а иногда и третий год после операции отсутствует. Возникает вопрос, почему это происходит? Да потому, что при срезании старых усыхающих веток удаляются наиболее стадийно зрелые части кроны. Вместо них из спящих почек образуются и по возрасту и по стадийному состоянию молодые побеги, которые, как не прошедшие полного цикла развития, не могут в первые годы давать цветы. Лишь потом, когда под влиянием внешних условий в клетках молодых побегов произойдут соответствующие внутренние качественные изменения, ветки омоложенной кроны начинают цвести и плодоносить.

Если взять семя из плода культурного сорта яблоки или груши и высеять его, то при соответствующем уходе из него вырастет молодое дерево, которое даст первые цветы и плоды лишь на 8—10 году своей жизни. Возникает вопрос, почему же это растение не плодоносит раньше, например, в возрасте 3—4 лет?

И в этом случае ответ мы находим в теории стадийного развития растений. Более раннее цветение дичков (растений, полученных из семян) плодовых деревьев невозможно потому, что у них стадийное развитие растягивается на длительное время. Вся практика современного культурного садоводства доказывает, что это именно так.

В настоящее время посадочный материал для промышленных садов выращивается в специальных госу-

дарственных или колхозных питомниках. Чтобы получить быстро плодоносящие деревья, в питомниках широко применяется особый способ прививки, носящий название «окулировка».

Техника окулировки (в кратком описании) сводится к следующему. Выращивается однолетний дичок из семян. Когда он достигает толщины карандаша, в нижней части стебля растения на высоте около 6—8 сантиметров от почвы специальным окулировочным ножом делают разрез коры в форме печатной буквы «Т». После этого кору в местах углов разреза осторожно отдирают от древесины и под нее вставляют всего лишь одну почку (глазок), срезанную обязательно с плодоносящей ветки так называемого маточного дерева. После обвязки, обычно через две недели, глазок полностью срастается с тканями дичка и из него образуется побег.

Значение окулировки состоит в том, что дерево, сформированное из побега, возникшего из привитой к дичку почки, начинает цвести и плодоносить часто уже на 3-й—4-й год и дает плоды привитого сорта.

С биологической же точки зрения при окулировке происходит следующее: берется стадийно молодое растение дичка (подвой) и к нему прививается стадийно зрелая ткань в виде одной почки (привой), взятой с плодоносящих побегов материнского растения. Так как стадийные изменения необратимы, сформированное из привоя деревцо, накопив соответствующее количество органических веществ, начинает цвести. Причем цветение наступает значительно раньше, чем у дерева, выращенного из семени.

На том же принципе основан и способ прививки черенком (так называемая копулировка).

С биологической точки зрения между прививкой глазком и черенком принципиальной разницы нет, так как и в первом и во втором случаях берется обязательно ткань, состоящая из клеток с законченным циклом развития. Эта ткань, как известно, находится в плодоносящей части кроны дерева, откуда и заготавливается материал для прививки.

Для своего прохождения каждая стадия развития требует определенного комплекса условий. Больше того, у различных физиологических групп растений одна и та же стадия проходит при разных условиях.

Сказанное станет понятным при более детальном

Озимкомлении с условиями прохождения отдельных этапов развития растительного организма, к описанию которых мы и переходим.

УСЛОВИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ РАСТЕНИЯМИ СТАДИИ ЯРОВИЗАЦИИ

Стадия яровизации была впервые обнаружена и детально изучена Т. Д. Лысенко у озимых, а затем уже у яровых зерновых культур.

Яровыми называются такие однолетние монокарпические растения, которые, будучи посеяны весной, к осени дают новые семена.

Озимые — это тоже однолетние монокарпические растения, но в отличие от яровых, будучи посеяны весной, они до самой осени не цветут и не плодоносят.

Эта особенность озимых привлекала внимание ученых издавна. В связи с этим было высказано несколько предположений. Одни считали, что для озимых перед цветением необходим период длительного покоя, который они и имеют в зимнее время; другие утверждали, что для перехода озимых к колошению, за которым следует цветение, необходимо промораживание; третьи основное отличие озимых от яровых видели в длинном вегетационном периоде, из-за которого озимые не успевают зацвести при посеве их одновременно с яровыми. Однако, несмотря на кажущуюся научность приведенных выше теорий, они все же не смогли вскрыть биологических особенностей озимых растений.

Действительную природу озимости, а одновременно с этим и яровости хлебных злаков, удалось разгадать советскому биологу, академику Т. Д. Лысенко. Успех Лысенко объясняется тем, что он



Рис. 15. Растения озимой пшеницы:

слева — из яровизированных семян, справа — из неяровизированных семян.

в своих опытах стремился не только уяснить явление, но и заставить озимые колоситься при весеннем посеве, то есть подошел к растениям с позиций активного воздействия.

Способ, при помощи которого Лысенко вынудил озимые растения колоситься при посеве их весной, получил название — «яровизация».

Академик Т. Д. Лысенко и его последователи установили, что для прохождения первой стадии развития (стадии яровизации) для озимых зерновых злаков (пшеницы и ячменя) необходим следующий комплекс условий:

а) вода — в количестве около 50 процентов от сухого веса семян (для озимой пшеницы и ячменя на 100 килограммов семян 37 килограммов воды);

в) кислород воздуха;

с) температура — не выше 10 градусов С (лучше 0—2 градуса).

Продолжительность первой стадии развития у различных сортов не одинакова. При воздействии указанных выше условий она заканчивается у озимых пшениц за 20—60 суток.

Биологическое отличие яровых растений от озимых состоит в том, что, во-первых, стадия яровизации у них проходит при температурах более высоких, чем у озимых (от 5 до 15, а у таких теплолюбивых, как хлопок, даже до 20—25 градусов) и, во-вторых, она значительно более короткая, чем у озимых (от 5 до 15 суток).

Исследования показали, что в природе между типичными озимыми и типичными яровыми существуют и промежуточные формы. Это растения, у которых стадийные признаки находятся в состоянии глубокого изменения под воздействием условий внешней среды.

Для практики сельского хозяйства большое значение имеет тот факт, что первая стадия развития может начаться, при соответствующих условиях, уже в тот момент, когда набухшее семя начинает наклеиваться, то есть когда зародыш тронется в рост. Но она может происходить и у более взрослых растений, например, у озимых, в состоянии кущения.

Изложенные выше представления о биологической сущности озимости и яровости позволяют понять разницу в поведении озимой пшеницы при осеннем и весеннем посевах.

При посевах во второй половине августа — в начале сентября семена озимой пшеницы набухают и начинают прорастать. Так как в этот период, особенно ночью, бывают температуры, близкие к нулю, в зародыше семени начинается первая стадия развития. Она продолжается затем у молодых растений и обычно заканчивается в первой половине зимы.

Вслед за первой наступает вторая (световая) стадия развития. Она чаще всего начинается ранней весной, так как ее прохождению не препятствуют повышенные температуры. Иногда, если вторая половина зимы бесснежная, с солнечными днями, световая стадия начинается и раньше. Так или иначе, но у озимых, посеянных осенью, весной полностью заканчивается цикл стадийного развития, благодаря чему они нормально колосятся, цветут и дают урожай новых семян.

Совершенно иначе ведет себя та же озимая пшеница, посеянная весной. Ее семена, попав во влажную почву, набухают, прорастают и затем дают всходы. Однако первая стадия развития ни у проросших семян, ни у молодых растений озимой пшеницы в весенний период пройти не может, так как в это время нет достаточного количества необходимых для этого пониженных температур.

Как отмечено выше, стадии в растении проходят последовательно друг за другом, то есть каждая следующая стадия развития может начаться лишь на базе закончившейся предыдущей. Отсюда становится понятным, что отсутствие первой стадии вообще исключает возможность стадийного развития озимой пшеницы в дальнейшем. Именно поэтому озимая пшеница, посеянная весной, до самой осени лишь растет, но не колосится, не цветет и не плодоносит. Если же такие растения оставить перезимовать в поле, то у них, так же как и в случае посева осенью, закончится полный цикл развития, благодаря чему они на следующее лето дадут обычный урожай.

Как же заставить озимую пшеницу колоситься в год ее посева и можно ли это сделать вообще?

Для этого, очевидно, необходимо еще до посева весной искусственно создать такие условия, при которых семена прошли бы первую стадию развития. Это и достигается разработанным Т. Д. Лысенко специальным агроприемом, получившим название — «яровизация семян».

Для озимой пшеницы принципиальные основы яровизации сводятся к тому, что набухшие и частично наклюнувшиеся семена при периодическом перемешивании их выдерживаются до посева в течение 35—50 суток при температуре 0—2 градуса. При указанных условиях в семенах заканчивается первая стадия развития и, если такие яровизированные семена высеять зимой, то озимая пшеница даст урожай в то же лето.

Почему же яровые растения дают урожай при весеннем посеве? Да потому, что их стадия яровизации для своего прохождения нуждается в повышенных температурах. Проросшие семена и возникшие из них растения находят такую температуру в естественных условиях произрастания в весенние месяцы.

Яровизация семян перед посевом, разработанная Т. Д. Лысенко и его последователями, имеет чрезвычайно большое практическое значение.

В настоящее время в колхозах и совхозах яровизируют семена не озимых, а яровых культур. К яровизации семян озимой пшеницы можно прибегать лишь в тех редких случаях, когда в хозяйстве нет яровой пшеницы. Что же касается яровизации озимых при обычном осеннем посеве, то она вообще излишняя, так как семена и растения всегда проходят первую стадию развития при естественных условиях произрастания. Больше того, яровизация озимых зерновых культур осенью может принести лишь вред. У растений с закончившейся стадией яровизации сильно понижается стойкость к морозам, вследствие чего они могут пострадать при перезимовке.

Для чего же яровизируют яровые? Ведь они и без предварительной яровизации дают зрелые семена!

Многочисленные опыты и широкая производственная практика колхозов и совхозов показывают, что яровизация семян яровых культур является одним из способов борьбы с засухой. Яровизированные перед посевом семена затем дают растения, у которых полный цикл их стадийного развития заканчивается значительно раньше. Это вполне понятно, так как первая стадия развития у них завершается еще до посева, а поэтому после появления всходов сейчас же начинается вторая (световая) стадия. Такие растения быстрее зацветают и, например, на 2 недели раньше дают зрелый урожай. Таким образом, яровизация как бы «уводит» сельскохозяйственные

растения от губительного действия суховея, часто совпадающих в южных районах Советского Союза с периодом налива зерна.

Поэтому предварительная яровизация перед посевом повышает урожай зерновых в среднем на 1,5—2 центнера на 1 гектар, что при ее массовом применении ежегодно даст дополнительно нашему народному хозяйству несколько миллионов центнеров зерна.

Кроме того, яровизация является и агроприемом, при помощи которого становится возможным значительно продвинуть на север культуру многих южных растений.

Такие ценные растения, как соя, хлопчатник, арахис и многие другие, при посеве за пределами северной границы их обычного распространения, зацветают, но не дают зрелого урожая. Следовательно, эти растения в более северных точках успевают закончить цикл своего стадийного развития, но так поздно, что для формирования и созревания семян остается недостаточный период теплого времени. Для того, чтобы успешно культивировать такие растения на севере, необходимо, очевидно, как-то ускорить их стадийное развитие и тем самым удлинить время от момента цветения до наступления первых заморозков. Это и достигается предварительной яровизацией семян перед посевом.

Благодаря, главным образом, предпосевной яровизации семян такое теплолюбивое растение, как хлопчатник, выращивавшийся 20—30 лет тому назад лишь в Средней Азии, в наши дни с успехом культивируется на широких просторах колхозных полей Северного Кавказа, Украины и Молдавии.

УСЛОВИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ ВТОРОЙ (СВЕТОВОЙ) СТАДИИ РАЗВИТИЯ

Изучая сроки цветения и плодоношения, ученые в 1920 году обнаружили, что одни растения быстрее зацветают, а, в связи с этим, и раньше плодоносят в том случае, когда они выращиваются при длинном дне (длиннее 12 часов), другие, наоборот, — при коротком дне (короче 12 часов). Открытое явление было названо «фотопериодизмом». С этого времени растения, в зависимости от их реакции на длину дня, стали делить на следующие две основные группы: а) растения длинного дня и б) растения короткого дня.

К первым относятся: пшеница, ячмень, овес, редис и другие. Они быстрее зацветают в том случае, если каждые сутки освещаются 13—14—16—18 и большее количество часов. Наиболее раннее цветение наблюдается у этих растений при круглосуточном, то есть непрерывном, освещении (днем солнечный, а ночью электрический свет).

К противоположной группе — к растениям короткого дня — относятся: соя, хлопчатник, фасоль, просо, топинамбур (земляная груша), перилла, астры и другие. У них при 12, а тем более при 10—8-часовом освещении цветение и плодоношение наступают значительно раньше, чем при дне длиннее 12 часов.

В процессе исследования фотопериодических явлений было обнаружено, что в природе, кроме типично выраженных растений короткого и длинного дня, существует еще и промежуточная группа. Это так называемые «нейтральные растения», то есть такие, которые в смысле сроков цветения не реагируют на продолжительность ежесуточного освещения. У них и при коротком и при длинном дне цветение и плодоношение происходят в одних и тех же сроки.

«Фотопериодическая» реакция оказалась тесно связанной с происхождением самих растений. Так, растительность тропических стран, расположенных по экватору, где максимальная длина дня достигает 12—13 часов, представлена растениями короткого дня и, наоборот, в арктических (крайних северных) широтах с длиною дня, доходящей до 20 часов, растительный мир представлен типичными растениями длинного дня. В умеренном поясе, как и следовало ожидать, имеются представители всех указанных групп растений. По ориентировочным подсчетам в умеренном поясе 50 процентов растений длинного, 26—30 процентов короткого дня и около 20 процентов растений нейтральны по своей «фотопериодической» реакции.

Следует подчеркнуть, что даже в пределах одной и той же культуры, но у разных сортов, явно заметна зависимость «фотопериодической» реакции от места основного произрастания их диких сородичей. Так, например, пшеницы северного происхождения являются типичными растениями длинного дня, в то время как группа индийских пшениц уже относится к сокращению дня безразлично.

Сметские ученые В. Н. Любименко и В. И. Разумов путем многочисленных опытов установили, что для ускорения цветения и плодоношения растений длинного и короткого дня нет необходимости давать им соответственно короткое или длительное освещение в течение всего вегетационного периода. Для этого достаточно дать, например, просу 10—15, сое 15—20, фасоли 20—30 коротких дней, а, по исследованиям автора, редису 20—30 и моркови 40—50 длинных дней в начале их вегетации. Получив в начале вегетации определенную «дозу» коротких или длинных дней, растение становится как бы безразличным к продолжительности ежесуточного освещения в последующие дни своей жизни. Этому явлению было дано название — «фотопериодическая индукция», или «фотопериодическое последствие».

Фотопериодизм долгое время понимался как потребность растений в чередовании дня и ночи в определенных соотношениях. Однако такая трактовка вопроса совершенно не объясняла происхождения самого «фотопериодизма», а в связи с этим и не могла дать исчерпывающего разъяснения многим явлениям в поведении растений и, в частности, так называемой фотопериодической индукции.

В самом деле, почему одни растения ускоряют цветение на длинном, а другие, наоборот, на коротком дне? Наконец, почему растения, так чувствительные к длине дня в начале вегетации, затем вдруг становятся безразличными к продолжительности освещения?

Исчерпывающий ответ на все эти вопросы дал Т. Д. Лысенко своей теорией стадийного развития растений.

Во-первых, никакого «фотопериодизма» в понимании потребности растений в определенном чередовании дня и ночи нет. У растений имеется вторая стадия развития, которая начинается после завершения первой. Те внутренние качественные изменения, которые характеризуют вторую стадию, у одних растений проходят только на свету, у других — в темноте. Растения, требующие света для прохождения второй стадии развития, — это и есть растения длинного дня.

Вторая стадия, так же как и первая, для полного своего завершения нуждается не только в условиях, но и в определенном количестве их. Так, например, в четырех вариантах нашего опыта редис Розовый с белым

кончиком требовал для второй стадии развития, независимо от длины дня, 520 часов света. Чем продолжительнее будет время ежесуточного освещения растений, тем быстрее у них закончится вторая стадия. Именно этим и объясняется тот факт, что длинный день ускоряет цветение и плодоношение у растений длинного дня.

С точки зрения теории стадийного развития, растениями короткого дня будут те растения, у которых вторая стадия проходит в темноте.

Известно, что чем короче день, тем длиннее период темноты и наоборот. При сокращении периода освещения увеличивается фактор, способствующий прохождению второй стадии развития у растений короткого дня — темнота. Именно по этой причине они и ускоряют цветение и плодоношение, когда растут при коротком дне.

Из сказанного нельзя сделать вывод, что растения короткого дня якобы не нуждаются в свете. Свет им так же нужен, как и растениям длинного дня, но не для стадийного развития, а для фотосинтеза. Это хорошо видно из следующей схемы:

Биологическая группа растений	На свету		В темноте	
	фото-синтез	вторая стадия развития	фото-синтез	вторая стадия развития
Короткого дня . . .	Есть	Не проходит	Нет	Проходит
Длинного дня . . .	Есть	Проходит	Нет	Не проходит

В связи с этим, при постановке специальных опытов, сокращение дня допустимо лишь до 8 часов. При 6 часах ежесуточного освещения растения уже начинают страдать, так как в этом случае питание их углеродом оказывается в минимуме.

В свете теории о стадийном развитии становится понятной и так называемая фотопериодическая индукция, или фотопериодическое последствие. Каждое растение имеет строго определенную длину второй стадии развития и потребность в свете или темноте для ее прохождения. Если растение в начале вегетации уже получило нужное для завершения второй стадии количество часов света или темноты, то оно становится безразличным к длине дня в последующий период своей жизни.

Для того, чтобы узнать, какой фактор (свет или темнота) нужен растениям для прохождения второй стадии развития, их высевают на двух грядках. На одной из них (первый вариант опыта) растениям дают длинный день (16—18 часов), на другой (второй вариант опыта) — короткий день (10—8 часов). Если естественная продолжительность дня в период проведения опыта короче нужной, ее увеличивают путем включения после захода солнца электрической лампы, расположенной над растениями (одна лампочка мощностью в 50—100 ватт на 1—1,5 квадратных метра площади). Во втором варианте опыта естественный день приходится укорачивать. Это делается закрыванием гряды специальными переносными камерами из фанеры, которые внизу и в крыше должны иметь отверстия для вентиляции. Если, например, необходимо дать день продолжительностью в 10 часов, поступают так: в 6 часов вечера гряда затемняется камерой, которая покрывает ее до 8 часов утра следующего дня; в 8 часов камера снимается, и растения до 6 часов вечера находятся на свету.

При этих опытах необходимо вести точные наблюдения за наступлением цветения. Если растение зацветает раньше на длинном дне, то это говорит о том, что у него вторая стадия развития проходит на свету; в обратном случае, при ускорении цветения на коротком дне, делаем вывод, что вторая стадия требует темноты.

Так как весной день короче, летом — длиннее, а к осени снова короче, то продолжительность вегетационного периода (количество дней от появления всходов до созревания семян) того или иного сельскохозяйственного растения сильно меняется в зависимости от времени посева. Так, например, просо, посеянное ранней весной, когда почва прогрета до температуры 10—12 градусов, дает дружные всходы, образует достаточную вегетативную массу, быстро выбрасывает метелки и к середине — концу июля месяца дает уже вполне зрелый урожай. Тот же сорт проса, но посеянный с опозданием всего на 2—3 недели, обычно удлинит свой вегетационный период не на 2—3, а на 4—6 недель. Объясняется это тем, что в первом случае просо — растение, нуждающееся во второй стадии развития в темноте, попадает в условия более короткого весеннего дня, благодаря чему оно быстро заканчивает свое стадийное

развитие и переходит к репродукции. При более же позднем посеве прохождение второй стадии развития у проса замедляется длинным днем. Иначе говоря, для полного стадийного развития растения в этом случае требуется большее количество календарных дней, вследствие чего и удлиняется вегетационный период.

Вторым примером может являться овощное растение редис. При посеве ранней весной он долгое время не цветет, давая сочные корнеплоды. От посева до получения зрелых семян проходит 75—90 дней. Если тот же сорт редиса высеять в начале — середине лета, то уже через 45—50 дней можно получить готовые семена. Правда, в этом случае редис обычно не дает корнеплодов.

Столь разное поведение редиса в зависимости от сроков посева объясняется биологическими особенностями его развития и изменением условий произрастания.

Редис является растением, у которого вторая стадия проходит на свету. При посеве ранней весной, когда почва только что оттаяла, у него под влиянием низких температур (0—2 градусов) быстро (по нашим исследованиям, в 5—10 дней) проходит стадия яровизации. Однако дальнейший ход развития — вторая стадия — значительно затормаживается коротким днем. Вследствие этого весь пластический материал, образуемый в листьях (ассимиляты), оттекает в корни и способствует образованию корнеплодов. Так как короткий день лишь замедляет, а не прекращает ход второй стадии развития у растений длинного дня, то она, хотя и с большим опозданием, все же заканчивается, в результате чего редис зацветает и образует семена.

Иное происходит при летних сроках посева. Длинный день, наоборот, стимулирует прохождение второй стадии, из-за чего у редиса период от посева до цветения и созревания семян сильно сокращается.

Редис при посеве летом не даст, как правило, хозяйственно-ценных корнеплодов. Почему? Нам уже известно, что по окончании второй стадии наступает закладка репродуктивных органов (колоса, цветочной кисти и т. д.). Следовательно, у редиса при посеве в начале или в середине лета основная масса органических веществ, создаваемых листьями в процессе фотосинтеза, идет не на образование корнеплодов, как при посеве весной, а на формирование цветочного стебля, самих цветов, а

потом и семян. Именно этим и можно объяснить, почему редис является пока еще сезонным продуктом питания: на рынке он появляется дважды в год — весной и осенью, то есть в периоды года с коротким днем.

Зная особенности биологии редиса, можно легко заставить его давать пригодные для пищи корнеплоды и в летние месяцы. Для этого необходимо обеспечить растениям с момента появления всходов короткий — 8-часовой день путем затемнения гряд.

Длина дня меняется не только в зависимости от сезонов года. Известно, что в одно и то же календарное число день короче на юге и длиннее на севере. В связи с этим разные биологические группы сельскохозяйственных растений, при перенесении их в иные географические широты, ведут себя неодинаково. Растения длинного дня, например, пшеницы, при продвижении на север ускоряют цветение и плодоношение. При посеве же в более южных местах у них наблюдается запаздывание в образовании цветов и зрелого урожая. У растений же короткого дня, например, у сои, наоборот, на севере цветение задерживается, а на юге наступает раньше. Иначе говоря, сорт скороспелый на юге (короткий день), будучи завезен на север (длинный день), может оказаться позднеспелым, и сорт, скороспелый на севере, при продвижении на юг, также окажется позднеспелым.

Эти «неожиданности» действительно и наблюдаются в том случае, когда сорта различных сельскохозяйственных культур завозятся в новые места без учета биологических особенностей их стадийного развития. Так было, например, с соей в первые годы внедрения ее в новых районах.

Теперь становится понятным, почему растения длинного дня на севере ускоряют, а на юге замедляют цветение. Растения, нуждающиеся для второй стадии развития в свете, попадают на севере в более благоприятные, а на юге — в менее благоприятные условия для ее прохождения. Аналогично этому растения короткого дня, требующие для той же стадии темноты, на юге ускоряют, а на севере замедляют свое развитие.

Приведенные факты показывают то громадное значение, которое имеет теория стадийного развития растений для правильного, научно обоснованного районирования сортов сельскохозяйственных культур на громадной территории Советского Союза.

В настоящее время уже нельзя говорить о скороспелости или позднеспелости сорта, не связывая это свойство растения с той или иной географической точкой. Сорт может сохранить характерные для него свойства лишь в определенной местности — в тех условиях, в которых он выведен. Именно в связи с этим у нас в Советском Союзе каждая селекционная и опытная станция, занимающаяся улучшением существующих и выведением новых сортов сельскохозяйственных культур, имеет свой строго определенный природно-экономический район обслуживания.

Следует подчеркнуть, что речь идет не об абсолютном, а об относительном, хозяйственно необходимом постоянстве свойств сорта, так как абсолютно неизменных сортов в природе нет. Абсолютно неизменных сортов нет, потому что: во-первых, условия произрастания растений даже в одной и той же местности не постоянны, а это изменяет организм, и, во-вторых, любой, в том числе и тщательно отселектированный (отработанный) сорт, вопреки широко распространенному еще мнению, представляет собой далеко не однородную в биологическом отношении массу растений.

В подтверждение этого приведем следующие данные: в 1936—1938 годах нами были проведены опыты по исследованию индивидуальных особенностей в ходе стадийного развития растений редиса двух сортов — Розовый с белым кончиком и Ранний белый. Схема опытов была построена и наблюдения проводились так, что они позволяли анализировать условия прохождения и длину первой и второй стадии развития у каждого растения в отдельности, то есть был применен метод индивидуального стадийного анализа. Оказалось, что в пределах каждого из названных сортов можно было объединить в одну и ту же биологическую группу, по признаку равенства длины первой и второй стадии развития, не более 8—12 процентов всех растений. Эту группу мы назвали «основной биологической группой, характеризующей данный сорт».

Остальные растения, а их было 88—92 процента, отличались от основной биологической группы или первой, или второй стадией развития, причем отклонения выражались или в более длинной, или, наоборот, в более короткой стадии. Следовательно, сорт в смысле стадийных

особенностей растений является, как говорят, биологической популяцией. Вследствие этого при изменении места посева (при передвижении с юга на север или наоборот) сорт изменяет не только признак своей скороспелости, но и начинает выделять по признаку урожайности «из своих недр» новые растения, более приспособленные к условиям данной местности.

Кроме удлинения сроков цветения, у растений короткого дня при продвижении на север, а у растений длинного дня при посеве в более южных широтах происходят и другие изменения. Главное из них состоит в том, что и первые и вторые сильно разрастаются и дают мощную вегетативную массу. Это объясняется тем, что у растений задерживается прохождение второй стадии развития, а в связи с этим и образование цветов. При отсутствии же цветов продукты фотосинтеза идут на построение все новых и новых стеблей и листьев.

Указанная особенность в поведении растений может быть с успехом использована в сельском хозяйстве. Так, например, соя (растение короткого дня) при посеве на севере может быть использована как однолетнее бобовое растение на сено; салат, шпинат и огородный лук при укорочении дня в парниках — для получения нежных сочных листьев в летние месяцы; редис при тех же условиях — для получения сочных корнеплодов и т. д.

Теория стадийного развития растений, разработанная академиком Т. Д. Лысенко, имеет исключительно большое значение в практике выведения новых сортов сельскохозяйственных растений. Если до теории Лысенко селекционная работа у нас и за границей велась в значительной степени вслепую, причем ученые часто руководствовались лишь одним внешним проявлением хозяйственных признаков растений, то теперь эта работа получила солидную биологическую основу. Насколько это важно, можно судить хотя бы по тому, что если раньше на выведение ценного сорта требовалось 8—10, а иногда и 15 лет, то теперь это достигается часто в течение 4—5 лет.

Возьмем для примера хотя бы селекцию на скороспелость. Раньше полагали, что два растения, одновременно дающих зрелые семена, совершенно одинаковы по своей биологии и что, следовательно, сколько бы мы их ни скрещивали между собой, ничего нового они в

смысле скороспелости дать не могут. Считали также, что путем переопыления двух заведомо поздних по цветению растений не только нельзя получить новый более ранний сорт, но и что мысль, допускающая такую возможность, просто абсурдна.

Учение о стадийном развитии растений опровергло эти неправильные представления, тормозившие успешное развитие отечественной селекции.

Оказалось, что одинаковые по скороспелости растения могут существенно отличаться друг от друга по биологии своего развития. Одно из них дает раннее созревание семян потому, что имеет короткую первую стадию развития, второе — потому, что у него, наоборот, вторая стадия более короткая, а одинаковые сроки цветения объясняются тем, что на прохождение первых двух стадий развития у них суммарно требуется одно и то же количество дней. Ясно, что при скрещивании этих растений может получиться такое смешение наследственных свойств, которое при определенных условиях может привести к образованию и более раннего и более позднего сорта, чем исходные родительские пары.

Более ранние экземпляры можно получить и путем скрещивания двух поздних по созреванию семян растений. Такая возможность представляется в силу того, что позднеспелость, оказывается, может вызываться или слишком продолжительной стадией яровизации (при относительно короткой второй стадии), или чрезмерно длинной второй стадией развития (при относительно короткой первой). Так же, как и в первом примере, при перекрестном опылении таких растений в потомстве могут появиться не только более позднеспелые, но и более ранние гибриды.

Само собой понятно, что растянутый вегетационный период растения может вызываться наличием в нем одновременно продолжительных по количеству дней и первой и второй стадий развития. Такие растения с селекционной точки зрения представляют меньший интерес, а поэтому мы на них и не останавливаемся подробно. Укажем лишь на то, что правильно пользуясь теорией стадийного развития, их можно довольно легко создать и искусственно.

Применение теории стадийного развития в сельском хозяйстве сказанным далеко не ограничивается. Оно зна-

чительно шире. Так, например, колхозам и совхозам южной полосы Советского Союза теперь уже хорошо известны методы яровизации и летней посадки картофеля. И первый и второй агроприемы разработаны академиком Т. Д. Лысенко, исходя из основных положений учения о стадийном развитии растений.

До 1933 года считалось, что получение хороших урожаев картофеля на юге невозможно. К такому заключению и агрономы и практики сельского хозяйства пришли в результате того, что на юге, даже при посадке хорошими клубнями, через 3—4 года клубни становятся настолько мелкими, что их небольшой урожай теряет всякую хозяйственную ценность. Это явление получило название — «вырождение картофеля». Причины его долгое время оставались загадочными, а в связи с этим и меры борьбы с ним были неизвестны.

Лишь в тридцатых годах Т. Д. Лысенко удалось установить, что высокие температуры юга вызывают в глазках клубней быстрые стадийные изменения, в результате чего их ткани преждевременно стареют. Клубни с такими глазками при посадке в почву уже не могут давать нормальных растений. Растения от таких клубней обычно имеют тонкие низкие стебли, с малым количеством слабо развитых листьев, часто с курчавой листовой пластинкой; на корнях образуются мелкие новые клубни.

Специальные опыты показали, что крупные нормальные (не вырожденные) клубни у картофеля образуются при температуре почвы 17—20 градусов. При повышении ее до 26—30 градусов картофель часто вообще не дает клубней. В связи с этим Т. Д. Лысенко предложил два способа выращивания картофеля на юге: а) с предварительной яровизацией клубней при ранней весенней посадке и б) летний способ посадки.

При яровизации отобранные здоровые клубни картофеля предварительно проращиваются в сухом, хорошо вентилируемом, светлом помещении, имеющем температуру 12—15 градусов. Для этого они раскладываются на специальных полках в 2—3, максимум 4 слоя. У хорошо подготовленных клубней ростки, появившиеся из глазков, имеют форму конуса с широким основанием. Окраска ростков густо зеленая, длина — 3—4 миллиметра. Это достигается, во-первых, хорошим общим освещением

помещения и, во-вторых, периодическим осторожным переворачиванием клубней для их лучшего освещения. После прорастания глазков температура комнаты путем усиления вентиляции понижается до 10—12 градусов. В таких условиях клубни выдерживаются в течение 20—25 суток, после чего высаживаются ранней весной в поле. Смысл этого кратко описанного агроприема состоит в том, что яровизированные клубни дают быстрые и дружные всходы, растения быстрее зацветают, благодаря чему массовое образование новых клубней у картофеля приходится на период с более низкими температурами. Вследствие этого урожай продовольственного картофеля получается выше.

При летнем способе посадки клубни картофеля также яровизируются, но высаживаются они в поле в начале — в середине июля месяца. Обязательным условием, обеспечивающим получение хорошего результата при летних посадках, является наличие в почве достаточного запаса влаги. По этой причине посадку производят по хорошо обработанному с весны чистому пару. При посадке в июле развитие новых клубней совпадает с более прохладной погодой, и вырождения картофеля не происходит. Клубни от летней посадки хорошо хранятся и являются ценным материалом для весенней посадки.

О практическом значении летних посадок картофеля по методу Т. Д. Лысенко можно судить по следующим данным:

В 1933 году в Советском Союзе они были произведены лишь на площади 0,25 гектара опытных делянок, а в 1937 году этот способ применяли уже, примерно, в 10 тысячах колхозов. Еще более широко распространен метод летних посадок картофеля сейчас, благодаря чему коренным образом разрешена проблема получения высококачественного продовольственного материала на юге нашей страны.

Разрабатывая теорию стадийного развития, Лысенко заметил, что требования растений к температуре при прохождении ими первой стадии выражаются не стационарной точкой, а определенной амплитудой колебания. Например, яровизация семян озимой пшеницы Кооператорка может проходить при температуре от 0 до 15—20 градусов. Правда, при 15—20 градусах продолжительность первой стадии вместо 40 суток достигает

100—150 дней. Кроме того, при яровизации семян озимых пшениц температурами верхнего предела, обычно наблюдается еще и растянутое недружное колошение растений. Это дало основание предположить, что при температурах верхнего предела прохождение первой стадии сопровождается качественными изменениями несколько иного типа, чем при низких температурах. Эти изменения приближаются к процессам, наблюдаемым у яровых культур. Опираясь на мичуринский метод направленного воспитания растений, Лысенко применил многократную (из поколения в поколение) яровизацию семян озимых пшениц Кооператорка и Новокрымка при температурах верхнего для их предела и тем самым за 2—3 года превратил их в типичные яровые культуры.

Больше того, используя тот же принцип, но применяя при предпосевной яровизации некоторых яровых пшениц и ячменей температуры 1—3 градуса и посев осенью, Лысенко добился превращения их в озимые формы, обладающие довольно высокой морозостойкостью.

Описанные опыты имеют исключительно большое значение. Во-первых, они убедительно показывают, что человек, овладевший закономерностями развития растений, может произвольно изменять его природу в желательном для него направлении и, во-вторых, озимые пшеницы (Кооператорка, Новокрымка, Украинка), будучи превращены в яровые, оказываются более урожайными, чем обычные яровые пшеницы; кроме того, у некоторых из них устраняется склонность к полеганию и повышается стойкость в твердой головне.

IX. РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

По окончании в растениях внутренних качественных изменений, названных Т. Д. Лысенко стадийным развитием, начинается цветение и плодоношение, то есть растения вступают в генеративную фазу. Она сопровождается образованием большого количества зрелых семян, каждое из которых затем при прорастании способно дать начало новому растению. Так как появлению семени предшествует опыление и оплодотворение цветов, то возникновение новых растений из семян получило название семенного, или полового размножения. Кроме него, у многих

растений существует еще и другой — вегетативный способ размножения. Перейдем к краткому описанию каждого из них.

СЕМЕННОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Органом полового размножения растений является цветок. С его строением удобнее всего познакомиться на примере цветка вишни (рис. 16). Каждый цветок у этого растения расположен на тонком стебельке, называемом

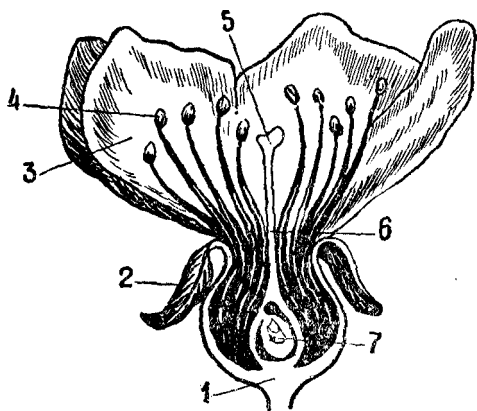


Рис. 16. Цветок вишни:

1 — цветоложе; 2 — чашелистики; 3 — лепестки; 4 — тычинки; 5 — рыльце; 6 — столбик; 7 — завязь.

цветоножкой. Верхняя часть ее расширена и служит основанием цветка. Это так называемое цветоложе. В цветоложе имеется чашечка, образованная пятью зелеными чашелистиками, и венчик, состоящий из пяти белых нежных лепестков. В центральной части цветка расположено много тычинок и один пестик. Чашечка и венчик образуют вместе околоцветник. Первая защищает от повреждений и от высыхания еще нераскрывшийся цветок — бутон, а второй после распускания делает цветок легко заметным для насекомых, которые посещают его и тем самым способствуют опылению.

Главными органами цветка являются тычинки и пестик. Тычинка соответствует мужскому, а пестик — женскому половым органам цветка. Каждая тычинка состоит из тычиночной нити и пыльника, в котором образуется большое количество пыльцы (мужские половые клетки).

Пыльца выступает наружу при созревании и растрескивании пыльника. Пестик состоит из нижней части — завязи, отходящего от нее столбика и из его расширенной части — рыльца. В завязи находятся семязпочки (женские половые клетки, или яйцеклетки). Так как из завязи впоследствии образуется плод, то пестик иногда называется еще плодником.

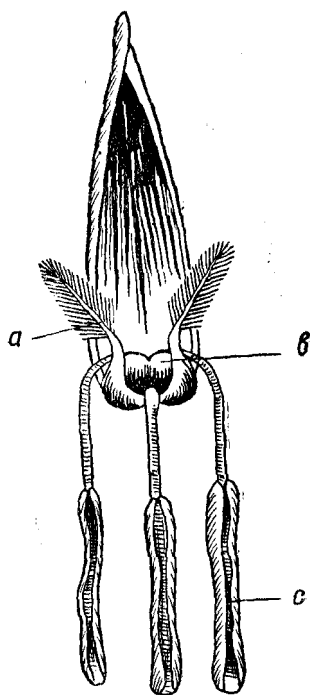


Рис. 17. Цветок ржи:
а — рыльце; б — завязь; в — пыльник.

Далеко не все растения имеют цветы со всеми описанными выше частями. Примером может служить рожь — представитель зерновых злаковых растений. Рожь имеет невзрачные цветки, расположенные в колосьях по 30—50 штук. Если выделить один такой цветок из колоса, то видно, что он не имеет цветоножки (рис. 17). Нет в нем также ни чашечки, ни венчика. Околоцветник у ржи состоит из двух цветочных чешуй, между которыми находятся три тычинки и один пестик.

Каждая тычинка имеет длинную тычиночную нить и большой свисающий наружу пыльник, в котором содержится громадное количество мелкой пыльцы. При цветении ржи в относительно тихую погоду пыльца держится над полем в виде легкого жел-

того облачка. Пестик в цветке ржи не имеет столбика. Он состоит из завязи и отходящих прямо от нее двух перистых рылец. В завязи заключена семязпочка.

Цветки бывают обоеполые (гермафродитные) и однополые. Первые имеют в одном и том же цветке и тычинки и пестик, вторые — или только тычинки, или только пестик. Цветки, содержащие только тычинки, называют мужскими, имеющие же только пестик — женскими.

У однополых только женские цветки дают плоды и

семена. В связи с этим мужские цветки практики сельского хозяйства часто называют «пустоцветом».

Описанные выше цветки вишни и ржи это тип обоеполых цветов. Примером же однополых могут служить цветки огуречных и тыквенных растений, а из группы зерновых культур — цветки кукурузы. У кукурузы вверху — в султанах — расположены только мужские, а внизу — в початке — только женские цветки с чрезвычайно длинными столбиками пестиков, образующими своеобразную свисающую бахрому.

Сочетание однополых цветков у растений бывает разное. В связи с этим они могут быть однодомными и двудомными. Однодомными называются такие растения, у которых на одном и том же экземпляре имеются и мужские и женские цветки. К ним относятся кукуруза, тыква, огурец, арбуз, дикий виноград, грецкий орех, орешник, дуб, береза и другие.

У двудомных растений одни экземпляры имеют только мужские, а другие — только женские цветки. Примером их является конопля, у которой мужское растение, не дающее семян, называется в народе «посконь», а женское, приносящее урожай семян, — «матеркой». К двудомным растениям относятся также хмель, щавель, крапива, спаржа, шпинат, некоторые виды земляники, тополь, ива и другие.

Среди цветковых растений земного шара в среднем приходится: на долю растений с обоеполыми цветами около 75 процентов, однодомных 6—10 процентов, двудомных 4—5 процентов. Остальные 10—15 процентов представлены переходными между ними формами.

Развитие семени с зародышем нового растения начинается лишь после того, как произойдет оплодотворение семязачатка. Процессу собственно оплодотворения предшествует опыление, которое состоит в том, что пыльца из пыльника тычинки переносится на рыльце пестика.

У одних растений пыльца с тычинки попадает на рыльце рядом расположенного пестика того же самого цветка. В этом случае происходит так называемое *самоопыление*. Оно наблюдается у пшеницы, ячменя, гороха, льна, томата и других растений. По этому признаку их называют самоопыляющимися растениями. У других представителей растительного мира пыльца при помощи ветра и насекомых переносится с одного цветка на рыльце

другого, соседнего растения. Это уже перекрестное опыление. Оно происходит у ржи, гречихи, клевера, моркови, земляники, малины, вишни, яблони и т. д. Такие растения называют перекрестноопыляющимися.

Пыльца, попавшая на рыльце пестика, прорастает. Этот процесс состоит в том, что наружная оболочка пылинки (экзина) разрывается, а внутренняя (интина)

вытягивается в длинную, так называемую пыльцевую трубку, которая пронизывает столбик пестика сверху вниз и в конечном счете достигает завязи.

Достигнув семязпочки, находящейся в завязи, пыльцевая трубка вскрывается, и содержимое пыльцы (мужской половой клетки) сливается с ядром яйцеклетки, оплодотворяя ее таким образом.

Русский ученый академик С. Н. Навашин открыл, что в действительности процесс оплодотворения происходит значительно более сложно, чем описано выше, а именно: у растений имеет место так называемое двойное оплодотворение. Сущность его состоит в том, что имеющиеся в зерне пыльцы два генеративных ядра сливаются: одно — с ядром яйцеклетки, дру-

гое — с ядром зародышевого мешка. После этого начинается деление оплодотворенных клеток, причем из первой развивается зародыш семени, а из другой — эндосперм, то естьместилище запасных питательных веществ семени.

Следствием оплодотворения является не только развитие зародыша и эндосперма, но и целый ряд других процессов, происходящих в цветке. Покровы семязпочки разрастаются и образуют семенную кожуру, стенки завязи, утолщаясь, дают начало сочному околоплоднику, например, яблок, груш, огурцов и т. д., а тычинки, венчик и чашечка отмирают и опадают.

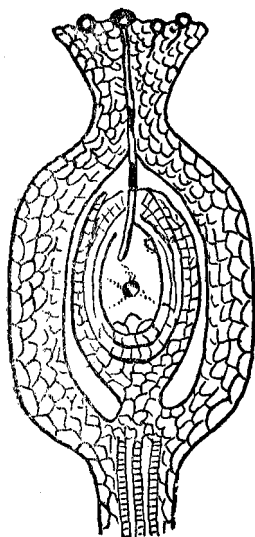


Рис. 18. Прорастание пыльцы на рыльце пестика.

Без предварительного оплодотворения обычно не происходит деления яйцеклетки. Не наблюдается также развития зародышевого мешка, разрастания покровов семяпочки и стенок завязи. Короче говоря, не происходит образования семян и плодов. В связи с этим принято считать, что генеративные ядра пыльцевой клетки содержат в себе какие-то химические вещества, способные стимулировать (вызывать) развитие как самой яйцеклетки, так и других клеток завязи. Наряду с этим, имеются случаи, когда в естественных условиях происходит разрастание стенок завязи с образованием сочного околоплодника и без оплодотворения семяпочек. В результате этого возникают бессемянные, или, как их еще называют, партенокарпические плоды. Они бывают, например, у некоторых сортов винограда (Кишмиш, Коринка), у огурцов сорта Телеграф, у бананов, иногда у яблонь и груш.

Исследования последних лет обнаружили, что явление партенокарпии можно вызывать и искусственно. Для этой цели в настоящее время в неоплодотворенные завязи, например, цветов томатов или яблони, вводят особое химическое вещество — гетероауксин. Это вызывает значительное разрастание плотов, но они, как и следовало ожидать, во всех случаях бывают без семян. Оказалось также, что хорошие результаты в смысле получения партенокарпических и ускорения разрастания нормально оплодотворенных плодов томатов дает опрыскивание их очень слабым раствором — 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты, которое испытывалось в ряде овощных совхозов под Москвой профессором Ю. В. Ракитиным.

Пыльца многих растений способна прорасти не только на рыльце пестика, но и на искусственных средах. В качестве такой среды чаще всего используется сахар в концентрации от 2 до 30 процентов. На чистой же воде она обычно быстро набухает, лопается и погибает. Этим, в частности, и объясняется вредное влияние на опыление, а, следовательно, и на оплодотворение растений дождливой и туманной погоды.

Если сравнить качество прорастания пыльцы на искусственных средах и на рыльце пестика, то в последнем случае оно всегда лучше. Это говорит о том, что в процессе своего роста пыльцевая трубка получает дополнительно какие-то вещества из тканей столбика опыленного цветка. Одновременно с этим известно так-

же, что у одних растений (у самоопылителей) пыльца быстрее прорастает и оплодотворяет семечку собственного цветка, у других (у перекрестноопылителей), наоборот, — пыльца собственного цветка на рыльцах того же растения или совсем не прорастает, или рост пыльцевой трубки происходит настолько плохо, что она не достигает завязи. В последнем случае наблюдается так называемая физиологическая самостерильность растений. Результатом ее является отсутствие плодоношения.

Физиологическая самостерильность особенно сильно может проявляться в плодородстве в том случае, если для закладки промышленного сада, например, яблонь, взят один и тот же сорт из одного питомника, да к тому же полученный путем прививки глазками (окулировкой) с одного и того же материнского дерева. Поэтому для устранения отрицательного влияния ее на плодоношение колхозных и совхозных садов рекомендуется, во-первых, использовать посадочный материал, выведенный от разных маточных деревьев, и, во-вторых, к основному сорту подсаживать хотя бы несколько деревьев другого сорта. Это делается для того, чтобы создать в саду возможность перекрестного опыления цветов.

Самые простые наблюдения показывают, что количество цветов на растении, например, яблони, груши, вишни, абрикоса, бывает значительно больше, чем завязавшихся плодов, и что далеко не все завязавшиеся плоды обязательно достигают полного созревания. Специальными подсчетами установлено, что в годы обильного цветения примерно половина цветов осыпается. Точно так же иногда значительная часть завязавшихся плодов у фруктовых деревьев вскоре приостанавливает свое развитие и затем осыпается. Объясняется это тем, что многие культурные растения образуют цветов и плодов больше, чем они в состоянии обеспечить запасными органическими веществами и продуктами текущего фотосинтеза. В результате этого между цветами или между плодами возникает борьба за питательные вещества, а в засушливый период и за воду. В этой конкуренции оказываются побежденными более слабые ткани позже появившихся плодов, которые и опадают. Что же касается цветов, то значительная часть их сбрасывается еще и потому, что у них по тем или иным причинам не происходит оплодотворения.

В результате оплодотворения семечки из нее раз-

вивается семя. Оно имеет три основных части: кожуру, зародыш иместилище запасных веществ (рис. 19, 20). Кожура покрывает семя сверху и защищает его от повреждений, а также от воздействия неблагоприятных внешних условий. Зародыш состоит из готовых зачатков листиков, корешков и стебелька будущего растения. Он

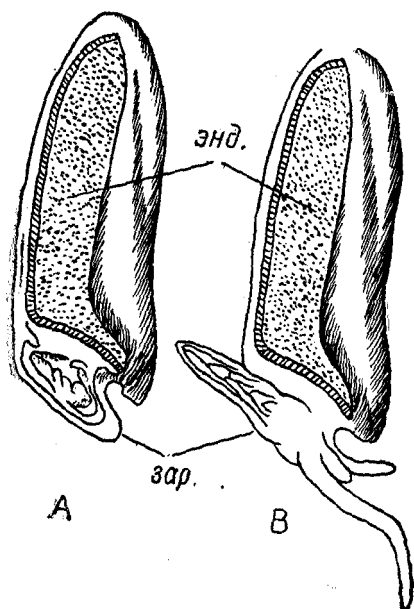


Рис. 19. Зерновка пшеницы в продольном разрезе:
А — до прорастания; В — в самом начале прорастания.

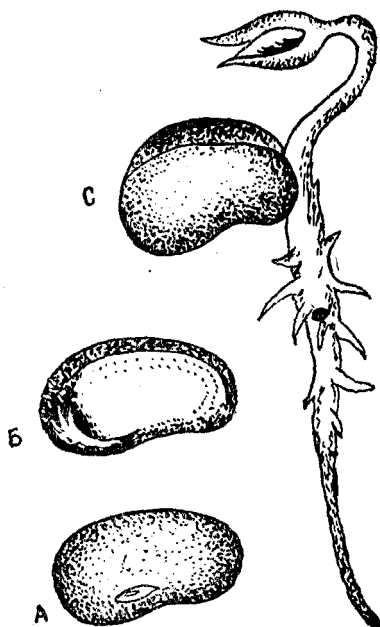


Рис. 20. Семя фасоли:
А — снаружи; Б — с внутренней стороны семядоли;
С — проросшее семя с двумя семядолями.

при прорастании дает начало новому растительному организму. Вместилище запасных веществ обычно составляет основную по объему массу семени. В нем содержатся органические и минеральные соединения, необходимые для питания зародыша в первые дни его жизни, то есть до появления на поверхность почвы первых зеленых листьев и до установления контакта корешка с почвенными частицами.

Запасные вещества у многих растений (фасоль, горох, бобы, тыква и т. д.) откладываются в первых листиках зародыша. В этом случае они сильно утолщаются и образуют две так называемые семядоли, между которыми находятся корешок и зачатки стебелька. У злаковых культур (пшеница, ячмень, кукуруза и т. д.) местом отложения запасных питательных веществ служит особая часть ее семени, носящая название — эндосперм. Он возникает из зародышевого мешка.

Проросток нового растения, например, пшеницы и кукурузы, можно получить из семени, лишенного не только кожуры, но и эндосперма. Правда, в последнем случае зародыш приходится воспитывать на специальных питательных средах, содержащих сахар и минеральные вещества. Это указывает на то, что главной частью семени является зародыш, который представляет собою растеньице в миниатюре. Однако это еще не означает, что роль запасных питательных веществ, заключенных в семядолях и эндосперме, сводится лишь к одному питанию. Исследования последних лет, проводимые советскими биологами-мичуринцами, показывают, что при пересадке зародыша, например, гороха, на семядолю фасоли, он развивается и дает растеньице, но оно несколько отличается от выращенного из обычного семени гороха. Следовательно, запасные органические вещества семени у каждого вида растения своеобразны, благодаря чему они не только питают зародыш, но и в известной степени влияют на свойства и качества будущего растения.

Каждое растение возникает путем прорастания только одного семени; после цветения же оно, как правило, образует сотни, тысячи и даже десятки тысяч семян. В одном колосе пшеницы мы находим 50—70, в початке кукурузы — 300—500 зерен, а так как и первых, и вторых на растении часто бывает 2—3, то общий так называемый коэффициент размножения будет приближаться у пшеницы к 100, у кукурузы — к 1000. Еще более высоким он является у поликарпических растений, плодоносящих в течение своей жизни несколько раз. Особенно велико количество образуемых семян у диких растений, в том числе и у засоряющих поля. Это необходимо рассматривать как одно из приспособлений, обеспечивающих существование их в суровых условиях обитания.

ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Кроме семенного, у многих растений существует еще и вегетативное размножение, под которым понимается размножение растений при помощи частей коры, стеблей и листьев.

Если нарезать стеблей (черенков) тополя или ивы и посадить во влажную почву, то они укоренятся и каждый из них дает начало новому самостоятельному растению. Это получило название размножения стеблевыми черенками. Оно широко используется в практике сельского хозяйства при размножении, например, смородины, при получении подвойного материала винограда и т. д.

У некоторых растений, например, у крыжовника, отрезанные черенки очень плохо укореняются. Поэтому его обычно размножают отводками. Для этого у куста крыжовника ранней весной выбирают сильные однолетние побеги, пригибают их средней частью к земле, прикрепляя деревянными кольшками и присыпают влажной почвой так, чтобы верхушка стебля осталась открытой. В этих условиях из находящегося на верхушке почек развиваются побеги, а в почве отрастают придаточные корни. Осенью полученные таким способом отводки отделяют от куста и пересаживают или на постоянное место, или в питомник.

Размножение отводками широко практикуется в виноградарстве при восстановлении изреженных насаждений. В этом случае виноградная лоза соседнего куста погружается в почву и укрепляется там, где должно быть новое растение.

Третьим примером размножения растений при помощи стеблей может служить обычная хозяйственная практика выращивания картофеля. Высаживаемые в почву клубни являются не чем иным, как видоизмененным подземным стеблем. Доказательством этого служит наличие на их поверхности почек (глазков). Каждая из почек, прорастая, может дать начало новому растению. Именно этим и объясняется тот факт, что в хозяйстве картофель «высевают» или целыми, или резаными клубнями. На селекционных же станциях, где выводят новые сорта картофеля, его размножают отдельными глазками. Это дает возможность более быстро размножить и передать в производство новый, только что выведенный сорт.

Аналогично картофелю размножается и кормовая

культуры — топинамбур. Ее клубни, употребляемые на корм скоту, также являются видоизмененными подземными стеблями.

Широко распространено размножение при помощи стеблей и у диких растений. Из них мы, в качестве примера, назовем лишь два: корневищный пырей и свинорой (гусятник, гусиная лапка). Оба они являются злостными сорняками полей. И пырей, и свинорой на небольшой глубине от поверхности почвы образуют жесткие подземные стебли, так называемые корневища. Корневища несут на себе маленькие почечки и измененные, укороченные в виде чешуек, листья. При перерезании, например, во время пахоты, каждый сегмент корневища, имеющий почечку, способен укорениться и дать начало новому растению. Именно этим и объясняются трудности борьбы с указанными многолетними сорняками на культурных полях.

Садоводам хорошо известно, что у клубники и земляники во время цветения начинают отрастать ползучие побеги — усы, на которых имеются почки. Из них впоследствии развиваются розетки листьев, которые на рыхлой и влажной почве хорошо укореняются, образуя новые растения. Это также один из видов вегетативного размножения растений.

Некоторые растения размножаются частями корня — корневыми черенками. К ним относится, например, обыкновенный одуванчик и каучуконосное растение кок-сагыз. Кок-сагыз недавно найден у нас в Советском Союзе и введен в культуру. Раньше его размножали только семенами, но потом оказалось, что при размножении корневыми сегментами — черенками кок-сагыз дает больший урожай. В связи с этим в настоящее время его высаживают в поле преимущественно частями корня, причем гнездовым способом, предложенным академиком Т. Д. Лысенко. Проверка в практике колхозов показала, что гнездовая посадка кок-сагыза, при которой в лунку высаживается не один, а несколько корневых черенков, дает наиболее высокий урожай корней.

Нередко вокруг старого дерева тополя, яблони и вишни можно видеть молодую поросль. Если осторожно разгрести землю вокруг молодых растений, окружающих материнское, можно заметить, что они образовались не из семян, а из придаточных почек, расположенных в

верхней части корней старого растения. В связи с этим поросль называют еще корневыми отпрысками. Когда часть корня, связывающая каждый корневой отпрыск с материнским растением, отомрет, он становится вполне самостоятельным. Так происходит один из видов вегетативного размножения корневыми отпрысками. Особенно оно встречается у кустарников — у сирени, у жасмина, у культурной и дикой малины. Именно поэтому дикая малина встречается в лесах в виде густых зарослей. Садовой же малине не позволяют сильно разрастаться, так как это влечет за собой одичание, то есть понижение крупности и качества ягоды. Ее однолетние корневые отпрыски выкапывают в конце лета вместе с частью материнского корня и затем высаживают на новом участке сада.

Размножение корневыми отпрысками свойственно и многим травянистым растениям. Так, например, оно встречается у полевого вьюнка, у полевого бодяка и у полевого осота. В этом легко убедиться, если выкопать сильно разросшиеся растения. На их корнях можно обнаружить и почки, и более или менее развившиеся побего. Следует указать, что названные растения имеют три способа размножения: семенное, корневыми черенками и корневыми отпрысками. После этого становится понятным, почему их относят в группу «злостных» сорняков, борьба с которыми на полях требует применения сложной системы агротехнических мероприятий.

Примером размножения листьями может служить бегония. Это — комнатное декоративное растение с красивыми крупными красноватыми листьями. Нарезанные кусками листья бегонии (листовые черенки), будучи воткнуты во влажный песок, образуют на разрезах крупных листовых жилок придаточные почки, из которых развиваются молодые растеньица.

Х. ВЛИЯНИЕ НА РАСТЕНИЯ ЗАСУХИ И НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Выше, при рассмотрении физиологических процессов, слагающих жизнь растения, мы частично уже познакомились с влиянием отдельных факторов внешней среды на их течение и интенсивность. В этом разделе рассмотрим действие на сельскохозяйственные культуры засухи и низких (морозных) температур в их резком проявлении.

Необходимость в этом диктуется тем, что и засуха, и заморозки, к сожалению, до сего времени пока еще чисто приносят значительный ущерб социалистическому сельскому хозяйству нашей страны. Поэтому меры борьбы с неблагоприятными климатическими условиями должны являться неотъемлемой частью мероприятий по повышению продуктивности полей, садов и виноградников.

ЗАСУХА И МЕРЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

Недостаток воды для растений в резком его проявлении называется засухой. Различают два основных вида засухи: атмосферную и почвенную. И в первом, и во втором случаях происходит значительное нарушение водного баланса растений. При повышенной транспирации у них сперва возникает суточный, а затем и более длительный дефицитный водный баланс. Он оказывает сильное влияние на ход основных физиологических процессов, таких, как фотосинтез, дыхание, рост, передвижение веществ, углеводный и белковый обмен и т. д. Подробнее на этом вопросе мы остановимся ниже.

Атмосферная засуха. Характерным для атмосферной засухи является высокая температура, достигающая днем до 40—45 градусов, и чрезвычайно низкая относительная влажность воздуха, которая часто понижается до 10—20 процентов. Вследствие высокой температуры воздуха и низкой относительной влажности испарение воды листьями настолько повышается, что корневая система уже не успевает подавать ее из почвы. Создается разрыв между приходом и расходом влаги, из-за чего растение впадает в состояние временного завядания, которое исчезает к утру.

Довольно широко распространено мнение, согласно которому атмосферная засуха якобы не причиняет растениям значительного вреда. Но это далеко не так. При временном завядании у многих полевых культур происходит значительное понижение фотосинтеза с одновременным возрастанием интенсивности дыхания. Вследствие этого суточная продуктивность растений понижается, что отрицательно влияет на урожай. Особенно губительна атмосферная засуха в том случае, если она наступает внезапно, после прохладной и влажной погоды.

Из сельскохозяйственных культур относительно менее чувствительны к атмосферной засухе кукуруза, хлоп-

чатник, сорго, просо, нут, тепари, арбузы, эспарцет, помидоры и, наоборот, очень плохо переносят ее рис, огурцы, калуста, салат, шпинат. Основные полевые культуры — пшеница, рожь, ячмень, овес в этом отношении могут быть отнесены к средней группе растений.

Почвенная засуха. Почвенная засуха наступает при явно выраженном недостатке воды в почве. Количество ее в это время сперва приближается, а затем и полностью приравнивается к мертвому запасу влаги в почве, или к коэффициенту завядания. (Напомним, что эта вода совершенно недоступна для корневой системы.) В растениях создается хронический дефицитный водный баланс, так как они уже не могут восполнить суточную транспирацию. Сельскохозяйственные культуры впадают в состояние длительного завядания, которое не исчезает и в ночные часы, несмотря на слабо выраженное испарение.

Результатом длительного воздействия почвенной засухи является или катастрофическое понижение урожая, или даже полная гибель растений.

В засуху у растений нарушаются многие физиологические процессы. Общее обезвоживание организма прежде всего приводит к сильному или полному закрыванию устьиц. Вследствие этого затрудняется или совсем прекращается доступ в листья углекислого газа. Это влечет за собой ослабление, а чаще всего прекращение фотосинтеза. Следовательно, в засуху первичный синтез органических веществ у растений сильно ограничивается или полностью прекращается.

Одновременно с этим в клетках происходит заметное усиление процессов распада (гидролиза) крахмала и белковых веществ. В результате этого листья и другие органы растений обогащаются простейшими сахарами и аминокислотами.

Обогащение же растительного организма продуктами гидролитического распада органических соединений, а также высокая температура, сопровождающая засуху, вызывают повышение дыхания. Таким образом, при сильно ограниченном первичном образовании органических веществ растение в засуху тратит большое количество их в акте дыхания, что приводит к истощению организма.

Если засушливый период совпадает с наливом и созреванием семян зерновых культур, то они также оказываются относительно богаче водно-растворимыми углеводами (сахарами, декстринами) и беднее крахмалом.

Что касается белковых веществ, то их в этом случае в абсолютном выражении бывает меньше, чем у семян в нормальный год. Происходит это потому, что обезвоживание тканей влечет за собой задержку образования крахмала и белков.

Кроме того, засуха вызывает быстрое старение протоплазмы и повышает ее проницаемость. Вследствие этого клетки растения начинают довольно легко терять ранее поглощенные минеральные вещества. Это, в частности, относится к корневым волоскам.

Длительный недостаток воды приводит к сильному ограничению или к прекращению роста растений. Это объясняется двумя причинами: во-первых, недостатком пластических (органических) веществ из-за понижения фотосинтеза и усиления дыхания и, во-вторых, отсутствием условий для нормального прохождения второй фазы роста клеток — стадии растяжения. Вследствие этого в засушливые годы однолетние растения получают карликовыми, имеют малое количество листьев, а древесные породы (садовые и лесные) дают незначительный прирост.

При наступлении засухи между отдельными органами растительного организма возникает борьба за воду и питательные вещества. Победителями в этом случае оказываются молодые ткани и органы, так как они имеют более высокую сосущую силу, позволяющую им отнимать влагу у ниже расположенных старых клеток. Подтверждением сказанному является тот общеизвестный факт, что при засухе отмирание и опадание начинается с самых нижних листьев. У фруктовых деревьев при затянувшемся засушливом периоде часто можно видеть ветви лишь с 3—4 сохранившимися на верхушке листьями. В соответствии с этим происходит и отмирание боковых ветвей у садовых и лесных пород: при недостатке воды усыхание их всегда начинается с нижнего яруса, как более старого по возрасту.

На юге почвенная засуха часто сопровождается воздушной засухой. Это очень опасное сочетание, так как в лучшем случае оно вызывает лишь «захват» зерновых культур, чаще же всего происходит полная гибель урожая.

Давно уже было замечено, что разные растения обладают неодинаковой способностью противостоять действию на них засухи. Особенно высокой степенью засухоус-

тойчивости отличаются так называемые ксерофиты — растения пустынных и полупустынных местностей. Обычно это — травы и низкие кустарники с мощно развитой корневой системой и сравнительно ничтожной по отношению к ней надземной испаряющей поверхностью. Сюда относятся: кактусы, агавы, алоэ, люцерна (степная), полынь, верблюжья колючка, ковыль, типчак и т. д. Одни из них, приспосабливаясь к засушливым условиям, вообще утратили листья (кактусы), и роль их как органов фотосинтеза выполняет зеленый ребристый, иногда шарообразный стебель. Другие, наоборот, приобрели толстые мясистые листья с сильно развитой кутикулой (агавы, алоэ). Стебель (у кактуса) и листья (у агавы и алоэ) являются резервуарами воды, которую эти растения запасают в период скудных весенних дождей в пустыне, а затем экономно расходуют ее в течение знойного сухого лета.

У степной люцерны, полыни и верблюжьей колючки наблюдаются уже иные приспособления для борьбы с засухой. Они имеют очень слабо развитую испаряющую поверхность в виде тонких листьев, часто покрытых волосками, выполняющими роль светофильтра, предохраняющего хлорофилл от разрушающего действия ярких солнечных лучей. Благодаря высокой концентрации клеточного сока у этих растений сильно развита способность к внеустьичному регулированию транспирации. Поэтому у люцерны, полыни и верблюжьей колючки даже в жаркую солнечную погоду устьица бывают открытыми, что обеспечивает им нормальное течение фотосинтеза. При остром и продолжительном недостатке воды они впадают в длительное завядание, часто сбрасывая листья, и переходят в состояние летнего покоя. При наступлении же дождливой погоды описываемая группа ксерофитов снова пробуждается к активной жизни.

У третьей группы ксерофитов, представителями которой являются ковыль и типчаки, имеются жесткие кожистые листья. Устьица у них расположены лишь с одной (нижней) стороны листьев. При наступлении засухи листья скручиваются трубочкой, причем так, что устьичные отверстия оказываются внутри. Это приспособление позволяет растениям снизить расход воды при испарении до ничтожно малых величин, благодаря чему они безболезненно переносят засуху.

Абсолютное большинство культурных полевых расте-

ний относится к группе так называемых мезофитов, то есть нуждающихся в умеренном непрерывном снабжении водой. Следует отметить, что среди них наблюдаются отдельные виды и сорта с повышенной способностью противостоять засухе.

Ведущая роль в исследованиях явлений засухи и ее влияния на культурные и дикие растения принадлежит русским ученым во главе с академиком Н. А. Максимовым. Академик Н. А. Максимов еще в 1915—1916 годах установил, что основным признаком, определяющим степень засухоустойчивости растения, является способность его переносить более или менее длительное время глубокое обезвоживание клеток. В последние годы этот принципиально важный вывод получил свою конкретизацию в работах советского биохимика Н. М. Сисакяна.

Оказалось, что у засухоустойчивых сортов сельскохозяйственных культур (например, у пшениц) под влиянием засухи синтетические процессы в протоплазме клеток подавляются в значительно меньшей степени, чем у незасухоустойчивых. Благодаря этому, несмотря на общее усиление гидролитического расщепления веществ при недостатке воды, отношение между синтезом и гидролизом органических веществ у засухоустойчивых растений в период засухи всегда оказывается более постоянным и высоким, чем у нестойких к засухе. Именно этим и объясняется повышенная способность засухоустойчивых растений переносить длительное глубокое обезвоживание тканей.

Биохимический показатель стойкости растений к засухе, открытый Н. М. Сисакяном, в настоящее время используется в практике селекционной работы при предварительной оценке сортов по признаку их засухоустойчивости.

Следует указать, что засухоустойчивость не является чем-то врожденным, постоянным, неизменным признаком растения. Она сильно меняется в зависимости от условий воспитания исходного семенного материала, от режима водоснабжения растений с момента появления всходов, от хода кривой влажности почвы, от общего напряжения фотосинтеза и т. д. В подтверждение сказанного можно привести следующие примеры. Не так давно советский исследователь П. А. Генкель обнаружил, что предварительное намачивание и высушивание семян пе-

ред посевом повышает урожай зерновых культур в засушливые годы. По мнению П. А. Генкеля, в этом случае происходит «закалка» растений по отношению к засухе. В основе этой закалки лежит соответствующее изменение свойств протоплазмы клеток зародыша.

Наблюдения и практика полеводства показывают, что обильное содержание воды в почве понижает стойкость растений к засухе. Именно этим и объясняется тот факт, что особенно губительное действие засухи проявляется тогда, когда она наступает внезапно — во вторую половину вегетации растений после влажной погоды. В том же случае, если засушливый период начинается постепенно, что соответствует плавному понижению кривой содержания в почве воды, доступной для растений, они как бы «закаляются» к засухе, благодаря чему меньше страдают от нее. Наконец, наблюдения в поле показывают, что растения, имеющие интенсивно зеленые листья, т. е. богатые хлорофиллом, лучше переносят недостаток воды в почве. Это, надо полагать, связано с повышенным образованием растворимых углеводов в процессе фотосинтеза. Оно влечет за собой увеличение концентрации клеточного сока, а в связи с этим и повышение водоудерживающей способности протоплазмы клеток растительного организма.

На территории СССР можно выделить следующие три зоны (по общему количеству выпадающих за год атмосферных осадков):

- а) зона избыточного увлажнения с количеством осадков больше 500 миллиметров;
- б) зона с неустойчивым увлажнением (осадков от 250 до 500 миллиметров);
- в) зона недостаточного увлажнения (засушливая область) с годовым количеством атмосферных осадков меньше 250 миллиметров.

Третья зона начинается от Одессы, — сначала узкой полосой, а затем постепенно расширяется на восток. Наибольшая протяженность ее — в азиатской части СССР. Около 25 процентов территории нашей страны представлена засушливой зоной. Кроме того, засуха периодически бывает и в полосе неустойчивого увлажнения. Так, например, в Центральной черноземной области из 35 лет только 8 лет обошлось без признаков засухи, при этом, случаев засухи было: весной — 24 процента, летом — 33

процента, осенью — 43 процента. Довольно часто повторяются засушливые периоды и на территории Молдавской ССР, а также прилегающих к ней районов Украинской ССР. Можно считать, что и здесь из каждых 10 лет 3—4 года бывают с недостаточным увлажнением.

Необходимо иметь в виду, что величина урожая полевых культур зависит не только от общего годового количества осадков, но и, в еще большей степени, от распределения их по сезонам года. Очень часто даже в районах умеренного увлажнения при выпадении среднегодовой нормы осадков все-таки наблюдается недород, вызванный недостатком влаги. Причину его, в этом случае, необходимо искать во времени выпадения дождей.

Вследствие засухи происходят значительные колебания урожаев по годам, что приносит ущерб сельскому хозяйству. Громадные потери народному хозяйству нашей страны причинили такие засушливые годы, как 1889, 1892, 1905, 1909, 1911, 1920, 1921, 1924, 1928 и 1931. Гибель зерна от засухи определялась в 1921 году около 170, в 1928 году — около 60 миллионов центнеров. В 1931 году в Нижневолжском крае погибло от засухи свыше 25 миллионов центнеров зерна. Суховой того же года, начавшийся в половине июня месяца, погубил только в одном Средневолжском крае около 35 миллионов центнеров хлеба.

Приведенные выше, далеко не полные, данные ярко показывают, какой колоссальный вред может приносить засуха сельскому хозяйству. Поэтому вопрос о борьбе с ней всегда стоял в центре внимания передовых русских ученых (Тимирязев, Костычев, Докучаев, Вильямс). Однако в царской России с ее многомиллионным раздробленным и до крайней степени отсталым индивидуальным крестьянским хозяйством борьба с засухой не могла быть разрешена положительно; засуха, как правило, влекла за собой народное бедствие — голод. В связи с этим В. И. Ленин писал о засухе 1911 года: «Снова голод — как попрежнему, в старой России до 1905 года. Неурожаи бывают везде, но только в России они ведут к отчаянным бедствиям, к голодовкам миллионов крестьян... Население в 30 миллионов человек пострадало в сильнейшей степени. Крестьяне за бесценок распродают паделлы, скот и все, что только можно продавать». (Соч. т. XV, стр. 415, изд. 3).

Только после Октябрьской социалистической революции у нас в России стало возможным осуществление в широких масштабах всего комплекса мероприятий по преодолению засухи.

Еще в 1931 году на Всесоюзной конференции по борьбе с засухой В. М. Молотов говорил: «Теперь пришло время поставить вопрос о борьбе с засухой по-настоящему, по-большевистски. В соответствии с этим и масштабы теперешней работы должны быть другими, чем прежде. В течение ближайших лет мы должны сделать решительные усилия в разрешении вопросов, связанных с делом борьбы с засухой».

В настоящее время у нас в стране борьба с засухой стала не частным, а всенародным, государственным делом.

С момента завершения сплошной коллективизации и вооружения колхозов и совхозов мощной техникой социалистическое сельское хозяйство получило возможность применять на полях высокую агротехнику, проводить мероприятия по сбережению и накоплению влаги в почве. Сюда относятся: глубокая вспашка, подготовка чистых паров под озимые культуры, лущение стерни, зяблевая вспашка под яровые, глубокое рыхление почвы, своевременное уничтожение сорняков, снегозадержание и т. д.

Под руководством коммунистической партии и Советского правительства сейчас миллионы колхозного крестьянства нашей страны успешно претворяют в жизнь грандиозный по замыслу и размерам Сталинский план преобразования природы. Происходит плановое насаждение полезащитных и ветроломных лесных полос, призванных умерить силу губительных для посевов восточных и юго-восточных ветров, усилить снегозадержание на полях, повысить общую влажность почвы и содержание водяных паров в воздухе; проводится массовое строительство прудов и водоемов; внедряется в колхозах и совхозах травопольная система земледелия, коренным образом улучшающая водный режим и плодородие почв.

Наступление на засуху у нас идет и по третьей линии — по линии небывалого по размерам в истории капиталистических государств строительства оросительных каналов и гидроэлектростанций. Достаточно указать, что после завершения строительства Куйбышевской и Сталинградской гидроэлектростанций, обводнительной и

орошительной системы Прикаспия, Главного Туркменского, Южно-Украинского, Северо-Крымского и Волго-Донского каналов будет орошено и обводнено около 28 миллионов гектаров площади. Это даст такой дополнительный урожай, который будет достаточен для прокормления 100 миллионов человек в год.

В осуществлении этих замечательных сооружений, которые советский народ справедливо назвал великими Сталинскими стройками коммунизма, в настоящее время принимает активное участие вся страна: колхозное крестьянство, рабочие, служащие, инженеры и техники всех специальностей, сотни заводов и научных учреждений.

Одновременно с этим на многочисленных опытных станциях Средней Азии, юга и юго-востока Советского Союза ученые ведут упорную работу по переделке самой природы сельскохозяйственных растений, выведению новых засухоустойчивых сортов методами селекции.

ВЛИЯНИЕ НА РАСТЕНИЯ НИЗКИХ (МОРОЗНЫХ) ТЕМПЕРАТУР

На всей территории Советского Союза многолетние насаждения и озимые злаки ежегодно подвергаются в зимние месяцы действию низких (морозных) температур. Исключение представляет лишь Черноморское побережье, но и там в некоторые годы бывает падение температуры ниже нуля. Если, несмотря на это, мы все же не наблюдаем ежегодно полной гибели растений, то это показывает, что они обладают известной способностью противостоять губительному действию морозов.

Ведущая роль в изучении явлений, происходящих в растительном организме под влиянием низких температур, по праву принадлежит советским ученым — академику Н. А. Максимову и профессору И. И. Туманову.

Исследованиями установлено, что при понижении температуры за пределы нуля в тканях растения, точнее в межклетниках, образуются из содержащихся в них водяных паров так называемые «зародышевые» кристаллики льда, которые затем начинают сосать с большой силой воду из прилегающих к ним клеток. Это приводит, с одной стороны, к сильному обезвоживанию протоплазмы, в результате чего она может коагулировать (свернуться), и, с другой, — к значительному увеличению льдинок внутри тканей растения. Так как кристаллы льда образуются одновременно во многих межклеточных про-

странствах, то клетки оказываются зажатыми между ними. Таким образом, возникает механическое давление на протоплазму со стороны кристаллов льда.

Под влиянием обезвоживания и механического давления протоплазма клеток коагулирует, в результате чего наступает смерть растения, известная в практике сельского хозяйства под названием вымерзания (например, озимых).

Гибели протоплазмы способствует также и чрезмерное повышение концентрации клеточного сока, что происходит при образовании льда внутри тканей растения.

Таким образом, основной причиной смерти растений при вымерзании является обезвоживание протоплазмы и увеличение концентрации содержимого вакуолей, что в сильной степени напоминает явления, происходящие при засухе, хотя действующие внешние причины и разные.

Из практики сельского хозяйства известно, что степень морозостойкости разных растений далеко не одинакова. Так, например, огурцы, хлопок, помидоры, арбузы, рис, картофель, фасоль, соя чрезвычайно чувствительны к морозам. Они, как уже указывалось, начинают страдать даже при $+5$ — $+2$ градусах, тогда как капуста и лук способны переносить умеренные морозы (-5 , -10 градусов). Известен случай, когда ранний сорт капусты Номер первый, будучи высажен осенью в неотапливаемую блочную теплицу, перезимовал при температурах, опускавшихся до 12 — 14 градусов мороза и весной дал нормальный урожай семян. Озимые рожь, пшеница, ячмень легко переносят температуры 15 — 20 , а под снежным покровом — до 25 — 30 градусов ниже нуля. Растения полярных широт (ель, сосна, кедр) ежегодно подвергаются промораживанию до твердого состояния.

Исследования последних лет обнаружили, что наиболее критическими для растительных и животных клеток являются температуры от 0 до минус 25 — 30 градусов. Если одноклеточную водоросль или кусочек ткани вышедшего растения быстро провести путем охлаждения через указанных выше температурный интервал, то затем их можно безболезненно замораживать до стеклообразного состояния (состояние «витрификации»), так как, будучи затем оттаяны, они оказываются живыми.

Долгое время считали, что различная морозостойкость растений определяется содержанием в них воды и раз-

витием покровных — защитных тканей. Теперь, в результате более тщательных исследований, выяснено, что это не совсем верно. Способность растений противостоять губительному действию морозов зависит от нескольких причин. Среди них ведущая роль принадлежит процессам превращения веществ внутри клеток.

При понижении температуры в растениях, так же как и в случае наступления засухи, усиливаются процессы гидролитического расщепления крахмала при помощи ферментов. В результате этого в клетках происходит накопление сахара. Сахар, как показали прямые опыты, предохраняет протоплазму от сильного обезвоживания при возникновении в тканях зародышевых кристаллов льда, а в связи с этим защищает ее от коагуляции. Таким образом, накопление сахаров является защитной реакцией растений при наступлении морозных температур.

Распад крахмала до сахаров при температуре ниже нуля в тканях растений можно продемонстрировать на клубнях картофеля. Общеизвестно, что после подмерзания они приобретают неприятный сладковатый привкус. Это как раз и объясняется переходом части крахмала в сахар при низких температурах. Интересно и то, что если такой немного подмороженный картофель продержать некоторый период времени в тепле, его нормальный вкус иногда восстанавливается, так как сахар в этом случае расходуется в процессе усиленного дыхания клубней.

Степень морозостойкости сельскохозяйственных культур зависит от условий произрастания их до наступления первых заморозков. Растения, выращенные в тепле, оказываются менее морозостойкими, чем воспитанные при пониженных температурах. Следовательно, растительный организм может до известной степени приобретать, как говорят, «закалку к морозам». Это имеет большое практическое значение.

Закаливание растений к низким температурам, как агрономический прием, состоит в следующем: выращивают в теплых парниках рассаду, например, капусты или помидоров. Примерно, за 15—20 дней до намеченного срока высадки в грунт ее начинают «приучать» к пониженным температурам. Для этого первые несколько дней парниковые рамы не накрывают на ночь камышовыми или соломенными щитками (матами), а затем между рамой и остовом парника (парубнем) сперва на день, а

потом и на ночь оставляют щель. Закаливание проводят при температуре немного выше нуля. Полив растений при этом сокращают. Кроме того, им дают в дневные часы как можно больше света.

Такая «закаленная» рассада менее чувствительна к весенним заморозкам, в связи с чем ее можно высаживать в поле на 15—30 дней раньше обычно принятых сроков. Это дает возможность колхозам и совхозам получать более раннюю продукцию овощей.

Анализы показывают, что закаливание растений к морозам сопровождается увеличением количества сахаров в тканях за счет распада запасного крахмала и частичным расщеплением белков до аминокислот. В связи с этим повышается водоудерживающая способность коллоидов протоплазмы и уменьшается количество свободной (не связанной коллоидами) воды в клетках. Все это вместе взятое приводит к повышению морозостойкости растительного организма.

В естественных условиях морозостойкость сельскохозяйственных растений (озимых культур, плодовых деревьев, ягодных кустарников) в сильной степени зависит от климатических условий второй половины лета и начала осени. Солнечная сухая погода с постепенным понижением температуры вызывает у них процессы закаливания к морозам, прохладная же, влажная и облачная, наоборот, понижает морозостойкость растений.

Объясняется это тем, что свет способствует накоплению сахаров при продолжающемся фотосинтезе. Сухая погода вызывает уменьшение в тканях свободной воды. И, наконец, плавное понижение температуры в интервале, близком к нулю, стимулирует расщепление крахмала до сахаров. В прохладную же облачную и влажную погоду с последующим резким переходом к морозам закали растений не происходит. Наоборот, ткани растений оказываются обогащенными свободной водой, текущая же продукция фотосинтеза — сахар — до наступления морозов продолжает расходоваться на процессы роста. В результате этого озимые и плодовые культуры уходят в зиму не с повышенной, а, наоборот, с пониженной стойкостью к морозам.

Ярким примером того, сколь велико значение погодных условий в повышении морозоустойчивости растений, может служить зима 1939—1940 гг. В эту зиму на юге Молдавской ССР (район г. Тирасполь) морозы доходили

до 35 градусов, севернее г. Киева — до 36—37 градусов. Можно было ожидать, что фруктовые насаждения (яблони, груши, сливы) должны были бы скорее вымерзнуть на юге, как не привыкшие к таким суровым зимам. Получилось же наоборот. Фруктовые насаждения почти сплошь погибли севернее Киева вплоть до Москвы, а в Молдавии сохранились.

Такое, неожиданное на первый взгляд, явление можно понять лишь на основе анализа погодных условий. В Молдавской ССР, начиная с августа и вплоть до наступления морозов, в 1939 г. стояла сухая солнечная погода. Падение температуры воздуха происходило постепенно — плавно. Это привело к хорошей и устойчивой закалке озимых культур и фруктовых деревьев. Поэтому наступившие затем сильные морозы в декабре месяце не явились для них «неожиданностью», — растения были уже подготовлены к ним и перезимовали благополучно. Севернее же Киева осень изобиловала пасмурными дождливыми днями, что исключало возможность закалки растений. Это и привело к массовой гибели садов.

Таким образом, мы приходим к заключению, что, наблюдая за погодой второй половины лета и осени, можно установить довольно правильный прогноз (предсказание) ожидаемой морозостойкости озимых культур и фруктовых насаждений в предстоящую зиму. То же самое относится и к лесным породам.

Если солнечный свет, сухая осень и постепенное понижение температуры увеличивают стойкость растений к морозам, то обилие в тканях свободной воды, кислая реакция клеточного сока, попеременное оттаивание и замерзание, длительное пребывание озимых под толстым снежным покровом, наоборот, понижают ее. Так, например, сухие семена хлебных злаков, содержащие 10—12 процентов влаги, причем полностью связанной коллоидами, не чувствительны к морозам. Они, как известно, хранятся зимой в обычных амбарах, не теряя своей жизнеспособности. Набухшие же семена, то есть содержащие значительное количество свободной воды, погибают при 8—10 градусах ниже нуля. Еще более чувствительными оказываются тронувшиеся в рост зародыши семян. Для них температура в 2—3 градуса мороза часто оказывается уже губительной.

В связи с отрицательным влиянием свободной воды

на стойкость растительных тканей к низким температурам, становится понятным влияние степени вызревания древесины плодовых и лесных пород, кустарников и лозы виноградного куста на их морозостойкость. Процесс вызревания древесины сопровождается следующими тремя основными явлениями: уменьшением количества свободной воды, накоплением сахаров за счет частичного перехода в них крахмала и образованием покровных — защитных тканей. Этому способствует сухая погода и плавное понижение температуры с конца лета и до осени. Как видим, это те же факторы, которые вызывают и закаливание растений к низким температурам. Именно поэтому деревья с хорошо вызревшей древесиной побегов прироста текущего года и оказываются стойкими к морозам. Наоборот, обильные дожди или искусственные поливы в конце лета задерживают вызревание древесины. Поэтому, в целях подготовки растений к зиме, необходимо воздержаться от поливов.

Степень морозостойкости озимых культур (рожь, пшеница, ячмень) зависит и от хода их стадийного развития, а именно: по окончании первой стадии стойкость к морозам понижается. Иначе говоря, в начале зимы озимые культуры обладают большей стойкостью к отрицательным температурам, чем в конце ее. Вот почему иногда растения, перенесшие в первой половине зимы морозы в 20—25 градусов, затем погибают при температуре даже минус 5—6 градусов. Правда, этому может способствовать еще и истощение их углеводами к началу весны, если зима была с глубоким снеговым покровом.

* * *

Кроме морозов, растения в течение зимы могут подвергаться воздействию и других неблагоприятных условий, например, выпреванию, вымоканию, выпиранию и зимне-весенней засухе. В связи с этим, необходимо различать морозостойкость и зимостойкость растений. Последнее понятие более широко. Оно включает в себя стойкость растений ко всем возможным при перезимовке неблагоприятным факторам, в том числе и к морозам, в то время как морозостойкость — это способность растений противостоять только низким температурам.

В связи с тем, что при выпревании, вымокании, выпирании и зимне-весенней засухе происходят иные явления, чем при вымерзании, остановимся кратко на каждом из них.

Выпревание. Выпреванию чаще всего подвергаются озимые культуры. Наблюдается оно в теплую зиму при толстом снеговом покрове, особенно тогда, когда снег выпадает на незамерзшую почву. По исследованиям И. И. Туманова, действительной причиной гибели растений при выпревании является не удушение, как считали раньше, а истощение от недостатка органических веществ. Этот недостаток вызывается тем, что при указанных выше условиях температура у поверхности почвы держится на уровне, близком к нулю, что вызывает усиленное дыхание зимующих растений, то есть относительно повышенный расход углеводов при полном отсутствии пополнения их запасов.

Мерой борьбы с выпреванием озимых является пропахивание снега на полях специальными деревянными снеговыми плугами в форме треугольника. Смысл этого приема состоит в том, что в широкие борозды, сделанные в покрове снега на расстоянии, например, 10 метров друг от друга, проникает холодный воздух, понижающий дыхание растений.

Вымокание. Это явление чаще всего встречается в ранние весенние дни, когда талые воды собираются в пониженных местах или в неровностях озимого поля. Причиной гибели растений при вымокании является их удушение при недостатке кислорода воздуха. Кроме того, затопленные водой части растений (у озимых корни и листья) вынужденно переходят к анаэробному типу дыхания, которое, как нам уже известно, сопровождается образованием этилового спирта. Этиловый же спирт отравляет растительные клетки. Вымокание особенно губительно действует тогда, когда оно сопровождается замерзанием талых вод, то есть образованием ледяной корки. В этом случае растения страдают не только от недостатка кислорода, но и от механического давления льда.

Основными мерами борьбы с вымоканием являются тщательное выравнивание поля перед посевом (правильная пахота, хорошее боронование) и отвод талых вод, скопившихся во впадинах или в пониженных местах участка.

Выпирание. Выпиранию обычно подвергаются озимые

посевы. Происходит оно при многократном попеременном оттаивании поверхностного слоя почвы днем и замерзании его ночью. Оттаявший сверху тонкий слой почвы (3—4 сантиметра) бывает сильно насыщен водой. Вечером при понижении температуры вода начинает замерзать на месте стыка оттаявшего и замерзшего слоев, образуя прослойку льда. Прослойка льда, утолщаясь, поднимает верхний слой почвы, а вместе с ним и вмерзшие в него растения. Так как корни в это время прочно удерживаются в нижнем промерзшем слое, а надземная часть растения поднимается вверх, то часто происходит обрыв корней. После повторного замерзания и оттаивания растение с узлом кущения и с небольшой частью корней оказывается вытесненным на поверхность почвы.

Первые несколько дней, если стоит прохладная и влажная погода, выпирание растений без тщательного осмотра трудно заметить, так как поле имеет нормальную желтовато-зеленую окраску. При повышении же температуры, а в связи с этим и транспирации, растения с подорванной корневой системой быстро высыхают и их повреждение становится легко заметным.

Выпирание озимых наиболее часто бывает в южных и юго-восточных районах Советского Союза. Иногда оно принимает весьма широкие размеры, вызывая или значительное изреживание, или даже полную гибель посевов. Фактическое повреждение растений может происходить или в ранние весенние дни, когда почва только-что начинает оттаивать, или при длительных оттепелях в бесснежные периоды зимы.

Одной из мер борьбы с выпиранием является ранний срок посева озимых. Тогда до наступления осенних заморозков успевают образоваться крепкие растения с хорошо развитой прочной корневой системой, что предохраняет их от выпирания.

Если же выпирание уже произошло, то прикапывание поврежденных посевов легкими деревянными гладкими катками обычно способствует повторному укоренению части вытесненных из почвы растений. Следует подчеркнуть, что эта мера дает положительный результат лишь в том случае, если она проведена вовремя. Вот почему очень важно, чтобы выпирание озимых на полях было обнаружено как можно раньше. Запоздывание с прикапыванием всего на 1—2 дня часто сводит эффективность

ого к нулю, так как в этом случае растения успевают уже значительно подсохнуть.

К сожалению, еще до сих пор повреждения озимых посевов от выпирания многие практики сельского хозяйства относят огульно за счет вымерзания. Такое убеждение приводит к тому, что нужное в этом случае прикатывание посевов не применяется.

Зимне-весенняя засуха. Губительному воздействию зимней и ранне-весенней засухи чаще всего подвергаются древесные растения и кустарники (лесные породы, плодовые деревья, ягодники). Зимой и ранней весной испарение незначительно, но при большой длительности этого периода ветви древесно-кустарниковых насаждений могут подвергаться сильному обезвоживанию, так как из замерзшей (зимой) или оттаявшей, но холодной (ранней весной) почвы корневая система не может брать воду. Такая почва является для растений физиологически сухой.

Особенно опасно в этом отношении начало весны, когда ветры и солнечная погода сильно повышают испарение воды однолетними ветками и побегами.

Мерой борьбы против повреждений от ранне-весенней засухи может служить опрыскивание плодовых деревьев в конце зимы известковым молоком. Известковое молоко, отражая солнечные лучи, понижает нагревание веток, а в связи с этим и испарение ими воды.

XI. РАСТЕНИЕ И ВНЕШНЯЯ СРЕДА

Каждый вид растения, с которым приходится иметь дело практикам сельского хозяйства, представляет собой живой организм с определенными физиологическими свойствами, хозяйственными качествами и потребностями к условиям произрастания, которые передаются по наследству при семенном и вегетативном способах размножения. Невольно возникает вопрос, откуда появились эти свойства и потребности растений, насколько они постоянны, как передаются по наследству и могут ли быть изменены человеком?

До половины XIX века в биологии господствовало реакционное (антинаучное) идеалистическое представление о том, что все известные на земном шаре виды растений и животных с их особенностями возникли в го-

товом виде в результате акта творения их богом, что они извечны и постоянны до наших дней. Такая точка зрения уже тогда не удовлетворяла передовую часть ученых, так как она не только противоречила научным наблюдениям, но и шла вразрез со всей практикой сельского хозяйства, с практикой выведения новых сортов растений и пород сельскохозяйственных животных.

В 1859 году в Англии вышла из печати книга Чарльза Дарвина под названием «О происхождении видов путем естественного отбора». В ней автором была выдвинута научная теория об эволюции органического мира, о развитии сложных растительных и животных организмов из простейших их представителей путем длительного исторического совершенствования.

Согласно учению Дарвина, все высшие растения и животные, с которыми приходится встречаться человеку в его практической деятельности, произошли из простейших существ в результате многовекового процесса их развития и приспособления к изменившимся на земле условиям существования.

В то время как Карл Маркс и Фридрих Энгельс приветствовали появление книги Дарвина, представители идеалистического направления в науке всячески пытались опорочить ее или же, извращая положения Дарвина, стремились приспособить их к обоснованию своих реакционных взглядов на явления природы. С этого времени вплоть до наших дней развитие биологии как науки о законах жизни представляет собой историю ожесточенной борьбы двух несовместимых друг с другом взглядов — идеалистического и материалистического — на растительный и животный мир.

Ученые-идеалисты, будучи представителями реакционной буржуазной идеологии в науке, утверждают, что мир вместе с животными и растениями однажды появился в результате разумного акта творения, что он неизменен и вечен в своих формах, что у растений и животных, кроме видимой нами материальной основы тела, существует еще особая «жизненная сила», которая якобы управляет ими. Они не признают влияния условий внешней среды на природу растений и животных и, вопреки всей практике человеческой деятельности в области сельского хозяйства, по существу отрицают возможность активного влияния человека на растения и животных.

Нетрудно понять, что это, с позволения сказать, учение разоружает человека, ставит его в пассивное положение по отношению к живой природе.

С появлением материалистического учения Дарвина о развитии живой природы под влиянием условий внешней среды, передовая часть биологов увидела в дарвинизме единственно правильный путь развития научной биологии. Прогрессивные ученые активно выступили на защиту дарвинизма от нападок со стороны реакционеров во главе с представителями церкви.

У нас в дореволюционной России горячо отстаивали и научно развивали основные положения дарвиновского учения такие выдающиеся биологи-дарвинисты, как В. О. Ковалевский, И. И. Мечников, И. М. Сеченов и в особенности К. А. Тимирязев.

К. А. Тимирязев, как крупнейший исследователь-физиолог растений, ясно представлял себе, что успешное развитие науки о жизни растений возможно лишь на основе дарвинизма и что лишь при дальнейшем его развитии биология как наука сможет помочь земледельцу получить «два колоса там, где сегодня растет один».

Однако подавляющая часть биологов мира, вместо дальнейшего развития учения Дарвина, прилагала все усилия к тому, чтобы опозлить дарвинизм, уничтожить его научную основу. Примером этого может служить «учение» Вейсмана, Менделя, Моргана, основоположников современной реакционной генетики*.

Вейсман выступил со своим учением на грани XIX и XX веков. Он назвал это учение «Неодарвинизмом», хотя по своему существу оно является полным отрицанием материалистических основ дарвинизма и попыткой насадить в биологии идеализм.

По Вейсману, живой организм состоит из двух частей: тела и особого «наследственного вещества», или «зародышевой плазмы». По заявлению Вейсмана «...зародышевая плазма вида никогда не зарождается вновь, но лишь непрерывно растет и размножается, она продолжается из одного поколения в другое...». Таким образом, вейсманисты утверждают, что носителем наследственных свойств, то есть качеств организма, является не само его тело, а какое-то мифическое отдельное наследственное вещество,

* Генетика — отрасль биологии, изучающая явления наследственности и ее изменчивости.

которое к тому же, раз возникнув, затем уже не исчезает, не изменяется, а лишь размножается и передается из поколения в поколение.

Наделив «наследственное вещество» свойством неизменяемости в веках, вейсманисты, будучи верны себе, отрицают возможность изменения природы растения под влиянием условий произрастания. По их взглядам, внешняя среда влияет лишь на тело (сому), не оказывая никакого воздействия на «зародышевую плазму». Благодаря этому растение или животное в процессе своей жизни может приобретать некоторые новые свойства, которые, однако, не передаются по наследству. Такое утверждение вейсманистов несколько не мешает им настаивать на том, что тело питает «наследственное вещество» и служит местом его размножения. Следовательно, придуманное Вейсманом таинственное, особое от организма, «наследственное вещество» не только находится вне сферы влияния условий внешней среды, но и не испытывает на себе воздействия питающих его клеток самого организма. Носителями наследственного вещества вейсманисты объявили хромосомы ядра клеток, которые, по словам творца этой насквозь идеалистической теории, «...представляют как бы особый мир...», автономный от тела организма и условий его жизни.

Менделисты-морганисты пошли еще дальше. Они не только восприняли мистическую вейсманистскую схему учения о наследственности, но и сделали ее явно антидарвиновской, так как в конечном счете пришли к полному отрицанию качественного развития в живой природе. Желая превзойти Вейсмана, они объявили, что в хромосомах имеются особые «гены» — носители наследственных свойств организма, которые, как и «наследственное вещество» вейсманистов, пребывают в теле организма, как в футляре, передаваясь из поколения в поколение. По этой причине представители менделистов-морганистов считают совершенно ненаучным стремления исследователей управлять наследственностью организмов.

В противоположность явно реакционному идеалистическому «учению» вейсманистов-морганистов, у нас в Советском Союзе развивалось и крепло другое, подлинно научное материалистическое мичуринское направление в биологии. Основы его были заложены великими русскими учеными К. А. Тимирязевым, И. В. Мичуриным и

В. Р. Вильямсом. Они не только обобщили и развили все лучшее, что было ранее накоплено наукой и практикой, но и своими трудами внесли много принципиально нового в познание природы растений и почвы.

Особенно значительные успехи в развитии мичуринской биологии достигнуты в последние двадцать лет благодаря исследованиям группы советских ученых, возглавляемых академиком Т. Д. Лысенко.

В противовес вейсманистам-морганистам с их немощной теорией о непознаваемости свойства наследственности и о невозможности направленного изменения природы растений и животных, И. В. Мичурин выдвинул девиз: «Мы не можем ждать милостей от природы; взять их у нее — наша задача».

Как бы перекликаясь с Мичуриным, К. А. Тимирязев писал: «Физиолог не может довольствоваться пассивной ролью наблюдателя, — как экспериментатор он является деятелем, управляющим природой».

На основании глубокого анализа фактов, вскрытых в процессе своих исследований, И. В. Мичурин пришел к важному выводу, сформулированному им в следующих словах: «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». Именно эти слова легли в основу дальнейшего успешного развития нового подлинно научного направления в биологии.

Мичуринская биология категорически отрицает наличие в живых организмах обособленного от тела особого «наследственного вещества». «Наследственность, — пишет Т. Д. Лысенко, — есть свойство живого тела требовать определенных условий для своей жизни, своего развития и определенно реагировать на те или иные условия». Следовательно, свойством наследственности обладает растительный или животный организм в целом. Наследственность присуща всему телу, а не какой-то мифической «зародышевой плазме», придуманной вейсманистами.

Откуда же появились наследственные особенности живых организмов? Являются ли они постоянными или могут изменяться?

На первый вопрос мичуринская биология отвечает следующим образом: как и сами организмы, их наслед-

ственные особенности возникли исторически в результате длительного процесса развития и приспособления к условиям существования. Под влиянием внешней среды, действовавшей на тело растений и животных, у них появилась та наследственность, которую мы наблюдаем сейчас. «Животные, как и растительные формы, формировались и формируются в тесной связи с условиями их жизни, с условиями внешней среды», — пишет Т. Д. Лысенко.

При изменении условий существования организма меняется природа его тела, то есть изменяется наследственность. Однако не всякие перемены, происходящие во внешней среде, способны изменить растение или животное. Лишь те из них, которые вызывают в живом теле глубокие отклонения от обычного, свойственного данному организму типа обмена веществ — и не только вызывают, но и закрепляют эти отклонения, — могут привести к изменению наследственных свойств растений и животных.

Свойства организма, его наследственность постоянны постольку, поскольку остаются неизменными условия, породившие их. По этому вопросу Т. Д. Лысенко пишет следующее: «В развитии растительных организмов наблюдаются два рода качественных изменений:

1. Изменения, связанные с процессом осуществления индивидуального цикла развития, когда природные потребности, т. е. наследственность, нормально удовлетворяются соответствующими условиями внешней среды. В результате получается тело такой же породы, наследственности, как и предшествующие поколения.

2. Изменения природы, т. е. изменения наследственности; эти изменения также являются результатом индивидуального развития, но уклоненного от нормального, обычного хода.

Изменение наследственности обычно является результатом развития организма в условиях внешней среды, в той или иной мере не соответствующих природным потребностям данной органической формы».

Биологи-мичурицы, в противоположность вейсманстам-морганистам, не только признают, но и целым рядом опытов доказали возможность передачи по наследству новых свойств, приобретенных организмом в процессе своей жизни. Прекрасным примером этого являются описанные нами в разделе «Развитие растений» опыты академика Т. Д. Лысенко по переделке озимых культур в яровые и наоборот. Ведь в этих опытах путем измене-

ния температурного фактора при яровизации не только было вызвано свойство яровости у озимых и свойство озимости у яровых пшениц, но и достигнута передача этих новых качеств потомству.

Теория наследственности, предложенная менделистами-морганистами, признает возможность получения гибридов только половым путем. Не признавая специфического влияния условий жизни на природу растений и отняв свойство наследственности от организма в целом, она отрицает возможность получения вегетативных гибридов. Это ни на чем не обоснованное утверждение опровергнуто И. В. Мичуриным результатами его многолетней опытной работы. Путем лишь одной прививки плодовых деревьев и ягодных кустарников им были выведены и улучшены многие ценные сорта этих растений.

И. В. Мичурин установил, что при прививке черенков (ветвей) старых сортов плодовых деревьев в крону молодого дерева от первых второму передаются новые, недостающие ему свойства. Этому методу воздействия на растение было дано название способа ментора.

Впоследствии оказалось, что при прививке новые свойства передаются не только от привоя (привитой части) к подвою (части растения, к которой сделана прививка), но и, наоборот, от подвоя к привою. Доказательством этого служат следующие факты: если собрать семена отдельно от привоя и подвоя, посеять их, то в потомстве, например, привоя, можно обнаружить растения с признаками подвоя, равно как и некоторые растения из семян, взятых с подвоя, будут нести на себе признаки привоя.

Ясно, что в этих опытах подвой и привой не могли обмениваться хромосомами или «генами» ядер клеток, куда вейсманисты-морганисты спрятали свое таинственное «наследственное вещество». Между ними происходил лишь обмен пластическими-органическими веществами, и все же наследственные свойства передавались от подвоя к привою и обратно. На основании этого биологиче-мичуринцы вполне обоснованно делают следующий вывод: «...пластические вещества, вырабатываемые привоем и подвоем, так же, как и хромосомы, как и любая частичка живого тела, обладают породными свойствами, им присуща определенная наследственность».

Мичуринцы считают, что любой признак можно пе-

редавать путем прививки, так же как и половым способом, и что, следовательно, между вегетативными и половыми гибридами принципиальной разницы нет.

В то время как менделевско-моргановское лжеучение отрицает всякую возможность изменения наследственности адекватно (соответственно) воздействию условий среды, представители советской биологии в лице И. В. Мичурина и Т. Д. Лысенко своими опытами доказали, что, управляя условиями внешней среды, условиями жизни растений, можно направленно изменять и создавать сорта с нужной человеку наследственностью.

Опыты показали, что при изменении условий жизни ликвидация старой и установление (закрепление) новой наследственности в теле живых организмов происходит не сразу. На первом этапе в большинстве случаев получаются растения с пластической (гибкой) природой, названной И. В. Мичуриным «расшатанной». «Растительными организмами с «расшатанной» природой, — пишет Т. Д. Лысенко, — называются такие, у которых ликвидирован их консерватизм, ослаблена их избирательность в отношении условий внешней среды. У таких растений вместо консервативной наследственности сохраняется или вновь появляется лишь склонность отдавать некоторое предпочтение одним условиям перед другими».

По данным мичуринской науки природу растительного организма можно расшатать несколькими способами: прививкой, воздействием условий внешней среды в определенные моменты прохождения тех или иных процессов развития организма, путем скрещивания, в особенности форм, резко отличающихся по месту своего обитания или происхождения. Значение таких растений с расшатанной — пластической, еще неустановившейся наследственностью состоит в том, что, воспитывая их в дальнейшем при определенных условиях, представляется возможным получать организмы с новой нужной нам наследственностью. Например, применяя отрицательные температуры, можно повысить степень морозостойкости, действуя недостатком воды — получить более засухоустойчивые формы и т. д.

Этот принцип направленного, то есть целеустремленного воспитания организмов, предложенный И. В. Мичуриным, оказался настолько плодотворным, что он в наши дни в руках советских биологов-мичуринцев является

одним из самых могучих средств переделки наследственной природы растений и животных в желательном направлении.

Таким образом, мичуринская биологическая наука, в противоположность мистическому вейсманизму-морганизму, не только объясняет происхождение наследственности живых организмов, диалектически разрешает вопрос о ее постоянстве и изменчивости, но также указывает конкретные пути и методы управления природой растений и животных через условия внешней среды.

Наряду с этим мичуринцы доказали, что при половой и вегетативной гибридизации отличающихся друг от друга родительских пар происходит не только изменение, но и обогащение наследственности потомства. В этом случае растительные или животные гибриды оказываются организмами с двойственной наследственностью: материнской и отцовской. Она обуславливает большую жизнеспособность гибридов, так как они обладают более широкой амплитудой их приспособительной способности к условиям жизни.

Вейсмаанизм, зародившийся на Западе, затем проник и в Россию. Здесь он вместе с менделизмом-морганизмом усиленно насаждался в науке и в практике сельского хозяйства рядом реакционных ученых вплоть до августовской сессии Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина в 1948 году.

Доклад академика Т. Д. Лысенко «О положении в биологической науке», сделанный на сессии ВАСХНИЛ, и развернувшаяся после этого дискуссия вскрыли до конца идеалистическую сущность вейсманизма-морганизма, его реакционный, антинаучный характер, бесплодность и бессилие в разрешении практических вопросов сельского хозяйства, а в связи с этим, и его вредность.

Одновременно с этим сессия признала, что мичуринское направление в биологии является дальнейшим творческим развитием дарвиновского учения, новым, высшим этапом материалистической биологии, что оно развивает новую прогрессивную агробиологическую науку.

Августовская сессия ВАСХНИЛ явилась историческим событием в жизни советского народа. Приведя к поражению вейсманизма-морганизма, она тем самым обеспечила еще более быстрое и успешное развитие у нас в стране революционной по духу мичуринской биологии.

ческой науки, которая с каждым годом все больше и больше расширяет свою помощь колхозам и совхозам.

Советская агробиология мобилизует миллионные массы колхозного крестьянства и работников совхозов на борьбу за высокие урожаи и продуктивность сельскохозяйственных животных. Мичуринская биологическая наука ориентирует ученых и практиков сельского хозяйства не останавливаться перед «таинственными» наследственными свойствами растений и животных, а активно изменять природу их в желательном направлении, воздействуя условиями внешней среды.

Материалистические принципы мичуринской агробиологической науки вооружают советский народ уверенностью в возможности полной победы над природой и подчинения ее воле человека. Это, в свою очередь, мобилизует колхозное крестьянство на успешное выполнение великого Сталинского плана преобразования природы, призванного коренным образом улучшить внешнюю среду — средство воздействия на растительный организм.

Овладевая законами жизни и развития растительного организма, своевременно и полно удовлетворяя потребности сельскохозяйственных культур в условиях жизни, наши колхозники уже теперь выращивают урожаи, не известные для капиталистических стран. Приведем несколько примеров. В колхозе «Комсомолец» Курской области получен урожай ржи в 73,6 центнеров с 1 гектара; в колхозе «Комсомолец» Краснодарского края собран урожай озимой пшеницы в 75 центнеров с гектара, в Сибири тт. Сергеева, Ефремов и Чуманов добились урожая яровой пшеницы в 83—101 центнер с гектара; в Актюбинской области колхозник Чаганак Берсиев добился урожая проса в 201 центнер с гектара; в колхозе «Красный партизан» Днепропетровской области Марк Озерный вырастил урожай кукурузы в 223 центнера с гектара. Известны также урожаи: риса — в 158 центнеров, гречи — 30,6 центнеров, картофеля — 1 414 центнера и сахарной свеклы — 1 892 центнера с 1 гектара.

Нет никакого сомнения в том, что широко проводимая сейчас среди тружеников сельского хозяйства пропаганда основ мичуринской агробиологической науки, основным положением которой является принцип смелого активного направленного воздействия на растения и животные усло-

ниями внешней среды, в ближайшие годы приведет к еще большему повышению продуктивности социалистического сельскохозяйственного производства. В результате умножатся богатства нашей великой Родины, еще выше поднимется материальный и культурный уровень жизни советских людей — строителей коммунизма.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
I. Значение зеленых растений в жизни человека	3
II. Внешнее и внутреннее строение растений. Свойства растительной клетки	8
Общее строение растительной клетки	—
Свойства растительной клетки	15
Растительные ткани	30
III. Потребность растений в воде. Поступление воды в растение. Транспирация	41
IV. Питание растений	75
А. Минеральное питание растений	—
Б. Фотосинтез (воздушное питание растений)	92
V. Дыхание растений	111
VI. Вторичные синтезы и превращения органических веществ в растениях	117
VII. Рост растений	128
VIII. Развитие растений	134
Условия прохождения растениями стадии яровизации	144
Условия прохождения второй (систойой) стадии развития	148
IX. Размножение растений	160
Семенное размножение растений	161
Вегетативное размножение растений	169
X. Влияние на растения засухи и низких температур	171
Засуха и меры борьбы с ней	172
Влияние на растения низких (морозных) температур	180
XI. Растения и внешняя среда	188

Редактор *Н. Соснин*
Тех. редактор *М. Козлов*
Корректор *Н. Дворяк*

Сдано в набор 6/VIII-1952 г. Подписано к печати 29/IX-1952 г.
АБ25260. Формат бум. 84x108¹/₃₂ бум. л.10,25 уч. изд. л. 10,35.
Тираж 5000. Цена 4 руб. 10 коп. Заказ № 856.

Полиграфкомбинат, Кишинев, Могилевская, 35.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Ряд	Напечатано	Следует читать
86	14 сверху	1 квадратного де- циметра	1 квадратного милли- метра
107	1 снизу табл. 2	Почва + 2 нормы азота	Почва + 2 нормы азо- та + 2 нормы фос- фора + 2 нормы калия
147	7 сверху	зимой	весной

Жизнь с/х растений