

проф. Гакс Молиш



ФИЗИОЛОГИЯ
РАСТЕНИЙ

СЕРИЯ КОЗГУЗ-1912

Д-р ГАНС МОЛИШ

Профессор и директор Института физиологии
растений при Вюртсбургском университете

Физиология растений

как теория садоводства

Перевод с 6-го немецкого издания
ученых специалистов Всесоюзного
института растениеводства
И. В. КРАСОВСКОЙ и И. И. ТУМАНОВА

Под редакцией
Т. А. КРАСНОСЕЛЬСКОЙ-МАКСИМОВОЙ



Государственное издательство
колхозной и совхозной литературы
Москва — 1933 — Ленинград

Pflanzenphysiologie

als

Theorie der Gärtnerei

Von

Dr. HANS MOLISCH

emer. o. ö. Professor und Direktor
des pflanzenphysiologischen Instituts
an der Universität in Wien

От издательства

Книга проф. Молиша, одного из крупнейших современных ботаников-физиологов, занимает совершенно особое место в научной литературе. Написанная университетским профессором, автором ряда крупных теоретических работ, она тем не менее исходит не от ботанической теории, а от запросов садоводственной практики. Автор поставил себе задачей написать такой курс физиологии растений, в котором на первый план были бы выдвинуты взаимоотношения между теорией и практикой и главное внимание было бы уделено тем явлениям, где теория и практика оказывают друг другу взаимную поддержку.

Из всех отраслей практического растениеводства, опирающихся на физиологию растений, Молиш для своего учебника избрал садоводство. В качестве причины, побудившей его сделать этот выбор, явилось то, что он сам вырос в крупном садовом заведении и что поэтому вопросы практического садоводства с раннего детства были ему близки. Но конечно выбор этот оказался чрезвычайно удачным не только по этой субъективной причине. Не менее существенным является и то, что именно в садоводстве, где объектами возделывания являются высокоценные культуры, применение довольно сложных и дорогих физиологических приемов оказывается вполне возможным и рентабельным, и что, поэтому, именно здесь уже давно установился между физиологической теорией и производственной практикой значительно более тесный контакт, чем в других отраслях сельского хозяйства. Дальнейшее развитие садоводства, создание огромных площадей под стеклом, нуждающихся в совершенно новых приемах возделывания культур, напр., применения искусственного освещения, электрического нагрева почвы и т. д., в еще большей степени, чем раньше, требует теснейшей увязки с физиологией растений и овладения основами этой науки со стороны практика-садовода. Насколько эта потребность расширения и углубления своей научной подготовки осознана германскими садоводами, видно из того, что книга Молиша, вышедшая первым изданием в 1916 году, в разгар мировой войны, тем не менее разошлась меньше, чем в год, и с этого времени новые издания ее почти ежегодно следовали одно за другим. Этому исключительному успеху способствовало конечно и то, что книга, как и все произведения Молиша — написана блестяще, а местами прямо художественно.

Хотя у нас в Советском Союзе садоводство и не занимает еще такого значительного места, как в Германии, где оно (включая в него и плодоводство), как по своей общей доходности, так и по

капитализации выдвигается на первое место среди всех отраслей сельского хозяйства, тем не менее, потребность в теоретическом осмыслении основ садовой культуры достаточно дает себя знать, и книга Молиша несомненно заполнит весьма важный пробел в нашей научно-популярной и учебной литературе. И хотя, конечно, книга западного университетского профессора не может быть проникнута методологией диалектического материализма, тем не менее, осуществляемое в ней единство теории и практики, может служить образцом и для многих советских авторов.

Конечно, на ряду с отмеченными крупными достоинствами, книга Молиша не лишена и некоторых недостатков, в значительной мере отражающих на себе общее состояние научной работы на Западе. Достижения опытных учреждений по садоводству и плодоводству, даже западноевропейских, нашли в ней очень мало места и еще меньше использованы достижения американских опытных станций, где особенно подробно разрабатываются проблемы питания и удобрения плодовых деревьев. Достижения же советских опытных учреждений конечно вовсе не упоминаются автором, а между тем уже одни работы Мичурина могли бы дать для него чрезвычайно много ценного материала... При всем своем таланте и широкой эрудиции автор не сумел все же вполне отрешиться от пронизывающей всю жизнь буржуазной Европы национальной ограниченности.

Почти отсутствуют в книге и указания на перспективы дальнейшего развития затрагиваемых автором проблем. Советский читатель, привыкший жить не только настоящим, но и будущим, уже сроднившийся с планированием наперед не только народно-хозяйственных мероприятий, но и научной работы, не может не почувствовать некоторой неудовлетворенности от того, что один из крупнейших представителей физиологии растений избегает намечать хотя бы основные вехи движения вперед своей науки. Но таково уже общее состояние всей жизни в капиталистических странах, которое скорее побуждает возвращаться к прошлому, чем заглядывать в будущее.

Однако и при наличии этих недостатков, книга Молиша не теряет своего значения, и особенно ценным в ней является то, что в ней очень удачно разрешена задача создать такой курс физиологии растений, который был бы теснейшим образом увязан с запросами определенной отрасли растениеводства. Будем надеяться, что издание русского перевода этой книги послужит стимулом к тому, чтобы у нас появились оригинальные руководства по физиологии растений, построенные на основе методологии диалектического материализма, исходя из заданий, предъявляемых к этой науке со стороны главнейших отраслей сельского хозяйства.

СЕЛЬХОЗГИЗ

1. Водные культуры

Если мы подвергнем сжиганию корень, ствол, лист, цветок, словом, какую-либо часть растения, то в остатке мы получим золу. Этот остаток имеет чрезвычайно большое значение для растения, и было положено не мало труда для выяснения его состава,¹ так как этим путем надеялись установить необходимые для растения питательные вещества. Нужно заметить, что таким приемом удалось только частично разрешить задачу, полную же ясность в этот вопрос внес так называемый метод водных культур, при помощи которого были установлены следующие, безусловно необходимые элементы для высших зеленых растений: углерод, кислород, азот, калий, кальций, магний, сера, фосфор и железо.

Под методом водных культур понимается такой прием, когда растение выращивается не в почве, а в питательном растворе определенного состава. Разработка этого метода является крупной заслугой агрохимика Кнопа, им же предложен и питательный раствор, имеющий до сих пор широкое применение.

Состав этого раствора следующий:

1000 г дистиллированной воды,

1 г азотнокислого кальция,

0,25 г сернокислого магния,

0,25 г фосфорно-кислого калия,

0,12 г хлористого калия,

следы железа.

Раствор этот совершенно прозрачен и содержит все необходимые для растения элементы, за исключением углерода, но присутствие последнего в растворе не необходимо, так как зеленые растения поглощают его из атмосферного воздуха в виде углекислоты. Хлористый калий в указанном растворе не является безусловно необходимым, однако его добавляют, так как было замечено, что многие растения в его присутствии развиваются лучше.

Раствор должен иметь слабокислую реакцию, так чтобы голубая лакмусовая бумага окрашивалась в нем через несколько мгновений в слабокрасный цвет.

¹ Wolf, E. Aschenanalyse von landwirtsch. Produkten. Berlin 1871—1880.

Linstow, O. v. Bodenanzeigende Pflanzen. 2 Aufl. Berlin 1929. Abhandl. d. Preuss. Geolog. Landesanstalt. Neue Folge, Heft 114.

Для проведения метода водных культур пользуются стеклянными сосудами разной величины (от $\frac{1}{4}$ до 4 л и больше). Сосуды эти наполняются вышеуказанным раствором и закрываются обыкновенными, или, лучше парафинированными пробками. В пробке делается отверстие, через которое пропускается корешок проростка, предназначенного к выращиванию в растворе. Если проросток не плотно входит в отверстие пробки, то можно укрепить его ватой. Это даст проростку большую устойчивость и предохранит раствор от доступа пыли.

Так как в естественных условиях корни растений лишены света, то рекомендуется заключать сосуды с водными культурами

в картонные или жестяные футляры с крышками (рис. 1) или просто обернуть их черной бумагой. Если с этим запоздать, то в питательном растворе появятся в большом количестве зеленые водоросли, которые частично будут отнимать от выращиваемого растения питательные вещества и загрязнят раствор. В отсутствии света раствор остается прозрачным и чистым.

Для того чтобы получить проростки для водных культур, семена (бобы, кукуруза, овес, конский каштан и др.) предварительно намачивают в обыкновенной воде в течение 12—24 часов, после чего их помещают на сырую пропускную бумагу в кюветки из глазурованной глины и проращивают, пока они не дадут корешков примерно в 3—7 см длины. Вместо проростков можно с успехом пользоваться укоренившимися в воде черенками таких растений, как олеандр, фуксия, пеларгония и др.

При помощи своих надземных частей растение выделяет воду в виде пара, т. е. транспирирует. В свою очередь корни всасывают воду из раствора и проводят ее вверх, возмещая таким образом воду, выделенную путем транспирации. Вследствие этого питательный раствор постепенно убывает, а потому его нужно по мере потребления доливать и кроме того время от времени сменять.

В период покоя растения питательный раствор может быть заменен обыкновенной колодезной водой, так как обмен веществ в это время бывает очень медленным; поэтому зимою вполне достаточно питательных солей, обычно содержащихся в простой воде.

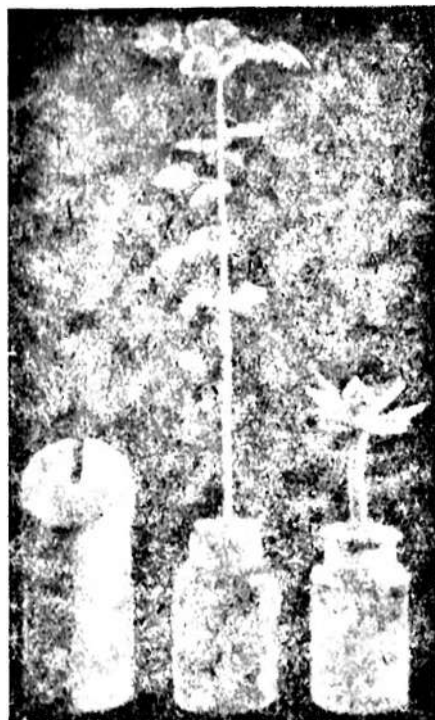


Рис. 1. Водные культуры. Слева жестяной цилиндр с крышкой, в середине и справа—стеклянные сосуды с выращенными в них растениями. (Оригинал)

Методом водных культур, широко применяемым в лабораториях, удалось вырастить многие растения от проростка до плодов, а при применении его к древесным породам даже получать, по истечении нескольких лет, вполне развитые деревья 2—4 м высоты.

Не лишнее отметить, что водные культуры по сравнению с контрольными растениями, выращиваемыми в почве, несколько отстают в росте. Объясняется это тем, что для них приходится обыкновенно пользоваться недостаточно большими сосудами и содержать их в сравнительно неблагоприятных условиях (чрезмерно высокая температура зимой, плохой воздух, недостаточный свет и т. п.)

Тропические эпифитные орхидеи повидимому не чувствуют себя хорошо ни в кнопковском растворе ни в обыкновенной водопроводной воде. По крайней мере автору не удалось успешно вырастить такие орхидеи в водных культурах, несмотря на многолетние усилия. Происходит ли это вследствие недостаточного проветривания корней или же из-за отсутствия корневых грибов — пока в точности не установлено и требует дальнейших исследований. По моему наиболее вероятным представляется последнее, так как по моим наблюдениям корневой грибок орхидеи обыкновенно появляется только там, где корень прикасается к какому-нибудь субстрату (древесной коре, древесине), с которого грибок проникает в корень.¹ А так как в питательном растворе водных культур грибка нет, то заражения не происходит, и орхидея развиваться не может.

Метод водных культур позволяет установить безусловную необходимость присутствия всех упомянутых выше элементов для развития растения. Исключение хотя бы одного из них уже нарушает его дальнейшее развитие, растение заболевает и в конце концов погибает. При этом не только полное отсутствие, но даже и недостаточное количество какого-либо из питательных веществ уже задерживает развитие растения, хотя бы все остальные имелись в избытке. Явление это называется законом минимума.

Имеющиеся в минимуме питательные вещества в полевых условиях легко установить опытами с внесением удобрения. Помимо извести, отсутствие которой определяется невискипанием при обработке почвы соляной кислотой, здесь в сущности приходится иметь дело только с тремя питательными веществами: азотом, фосфорной кислотой и калием.

Если мы возьмем 4 одинаково подготовленные и равной величины делянки и удобрим: 1-ю азотом (селитрой или аммиаком), 2-ю фосфорной кислотой, 3-ю калием и 4-ю в качестве контрольной оставим без удобрения, то увеличение урожая на первой делянке укажет на минимум азота, на второй — фосфорной кислоты и т. д.

Закон минимума распространяется не только на питательные вещества, но и на все прочие факторы роста, как-то: тепло, свет и др.

¹ Mollseh, H., Pflanzenbiologie in Japan usw. Jena 1926, p. 152.

Известность

Проростки, могут расти, хотя и до небольших размеров, и на дистиллированной воде, что объясняется содержанием некоторого количества минеральных веществ в самих семенах. Но и на них уже часто сказывается недостаток извести, в чем легко убедиться при помощи следующего опыта: наполняют два стеклянных сосуда, один полным кноповским раствором, другой тем же раствором, но без кальциевых солей, затем в оба сосуда сажают проростки бобов, семена которых были предварительно намочены в дистил-

лированной воде и пророщены на пропускной бумаге, также смоченной дистиллированной водой, чтобы уже с самого начала не вводить извести.

Разница между посаженными бобами обнаруживается уже через несколько дней (рекомендуется поместить культуры под стеклянный колпак и держать их в темноте). У растений, находящихся в растворе без извести, рост как надземных частей, так и корней заметно отстает (рис. 2), а зона растяжения под верхушечной почкой буреет и отмирает. Напротив, если своевременно прибавить в питательный раствор немного кальция в виде мела или гипса, то из пазушных почек начинают развиваться побеги, после чего растение быстро оправляется.

За исключением многих низших водорослей и грибов все растения нуждаются в извести, однако потребность в извести далеко не одинакова у различных растений.

Каждый, кто в природе наблюдает растения, знает, что на

известковых почвах встречаются такие растения, которые не растут на почвах, бедных известью и богатых кремневыми горными породами (гранит, песчаник, шифер и др.).

В Германии на известковых почвах встречаются: *Aster Amellus*, *Epipactis rubiginosa*, *Globularia vulgaris*, *Hippocrepis comosa*, *Prunus mahaleb*, *Teucrium montanum*, *Teucrium botrys*. Напротив, такие растения, как: *Calluna vulgaris*, *Digitalis purpurea*, *Rumex acetosella*, *Sarothamnus scoparius*, *Scleranthus perennis*, виды *Sphagnum*, *Vaccinium myrtillus* и др. растут почти исключительно на почвах, богатых кремнием и бедных известью. Неоднократно поэтому высказыва-

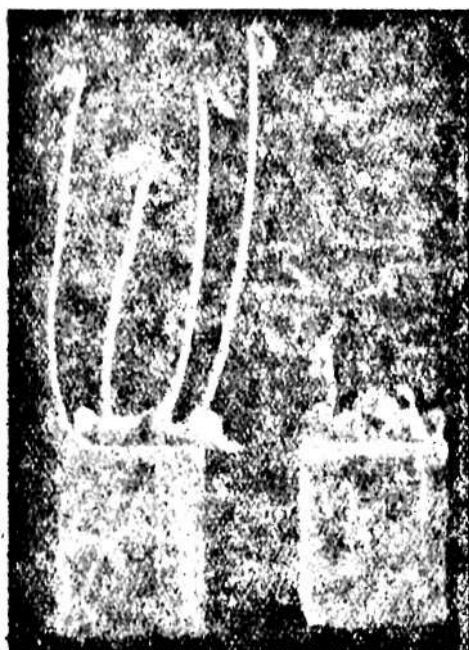


Рис. 2. Опыт, устанавливающий необходимость извести для проростков бобов. Слева—проростки в полном кноповском растворе, справа—в том же растворе, но без извести. Здесь их рост прекращается и они отмирают. (Оригинал)

лось мнение, что переносующее значение для появления той или иной флоры имеет химический состав почвы в смысле преобладания в ней извести или кремневой кислоты. Однако имеется и другое воззрение, согласно которому распределение растительности обуславливается не столько химическими, сколько физическими свойствами почвы.

Спор между представителями этих двух направлений не прекратился и до последнего времени. Достаточно указать на двух таких известных исследователей как Шимпера,¹ сторонника химической теории, и Крауса² — физической.

Исходить в подробный разбор этих теорий, хотя и имеющих очень большое значение с точки зрения физиологии растений, здесь не приходится, так как это выходит за пределы настоящей книги. Нельзя однако не отметить, что появление известных растений в ряде случаев несомненно связано с химическим составом почвы. Так на богатых селитрой и аммиаком почвах всегда появляются селитряные растения; почвы, богатые поваренной солью, определяют произрастание солелюбых приморской флоры; наконец, содержание извести в почве часто решает вопрос о самом существовании данного растения, так как некоторые известковые соединения в определенном количестве могут быть вредны и даже ядовиты для него. Виды *Sphagnum* страдают уже в разбавленном (0,03 — 0,008%) растворе углекислого кальция, тогда как гипс даже в насыщенном растворе безвреден для сфагновых.³

На основании данных, полученных автором и другими исследователями, можно заключить, что замечаемое в некоторых случаях вредное действие извести обуславливается не столько самой известью, сколько щелочной реакцией некоторых кальциевых солей. Это заключение недавно нашло подтверждение в опытах с *Pinus pinaster* и *Sarothamnus scoparius*.⁴

Распределение растительности на земле в значительной мере обусловлено большей или меньшей степенью щелочности или кислотности почвы или воды. В настоящее время эти свойства более точно выражают количеством водородных или гидроксильных ионов (величины—РН), и полагают, что вредное действие извести на торфяные мхи и другие растения обуславливается слишком большим количеством или несоответствующей концентрацией водородных ионов.⁵

Виды *Drosera* не удаются при культуре в богатой известью воде и раздражимость их листьев уничтожается кальциевыми солями известной концентрации, так же как и эфиром.⁶

Успешное выращивание видов *Erica* или *Azalea* также тесно связано с содержанием извести в поливной воде. Эти виды требуют

¹ Schimper, A. F. W. Pflanzengeographie. Jena 1898, p. 111.

² Kraus, G. Boden und Klima auf kleinstem Raum usw. Jena 1911.

³ Paul, H. Zur Kalkfeindlichkeitsfrage der Torfmoose. Ber. der. Deutsch. Bot. Ges. 1906, p. 148.

⁴ Mevius, W. Beitr. z. Physiologie „kalkfeindlicher“ Gewächse. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 60. 1921, p. 147.

⁵ Mevius, W. Kalzium-Ion und Wurzelwachstum. Jahrb. f. wiss. Botanik, 1927, 66, p. 183—253.

⁶ Correns, C. Zur Physiologie von *Drosera rotundifolia*. Bot. Zeitung 1. Abt 1896, p. 25.

миглой, бедной известью воды, в противном случае они тотчас же начинают страдать, окраска листьев бурчит и рост останавливается, между тем как если их поливать бедной известью дождевой водой, то при совершенно тождественных условиях, они отлично развиваются.¹

Точно также для успешной культуры альпийских растений необходимо обращать внимание при устройстве искусственных скал на употребляемые для этого камни и гальковые массы, стараясь по возможности достать для растений, растущих на известковых почвах — различные известковые породы, а для растений первичных почв — шифер, гранит, гнейс или другие подобные породы, богатые кремнием, но бедные известью. Более подробные сведения об этом можно найти в книге Кернера о культуре альпийских растений.²

Следует заметить, что если при культуре альпийских растений представляется возможность выбора воды для полива между колодезной, родниковой, ручьевой или речной, то рекомендуется остановиться на одной из двух последних, так как в речной и ручьевой воде обыкновенно известны содержится меньше.

Железо и хлороз растений

Хотя железо обыкновенно содержится в растениях лишь в незначительном количестве, тем не менее оно необходимо для питания как зеленых, так и незеленых растений. Зеленые растения, помещенные в раствор, лишенный железа, тотчас же принимают ненормальный вид. При первом появлении ощутительного недостатка в железе, их молодые, начинающие расти листья утрачивают свою зеленую окраску и становятся бледными, желтоватыми, желто-зелеными, беловатыми и наконец снежнобелыми, следовательно образование хлорофилла прекращается. Такой вид растения, когда причиной его является недостаток железа, называется хлорозом.

При даче растению железа хлороз прекращается, как впервые это показал Е. Гри.³ Если в питательную среду прибавить несколько капель раствора железного купороса или хлорного железа, то при благоприятных температурных условиях уже через несколько дней молодые бледные листья начинают зеленеть. Еще рельефней обнаруживается действие железа на хлоротичные растения, когда разбавленный раствор вышеуказанных железных солей наносится кистью на бледный от хлороза лист в виде какой-либо буквы или слова, и эти знаки выступают на нем через некоторое

¹ В садоводстве отца автора в Брюнне на это обстоятельство было обращено большое внимание и так как из имеющегося в садоводстве колодца можно было получить только богатую известью воду, то для культуры видов *Erica* приходилось либо собирать дождевую, либо привозить мягкую воду из находящейся поблизости реки (Иварцава). Все ли кальциевые соединения в известных концентрациях вредны для азалий и вересков или только определенные — еще требует выяснения. Автор поднимает этот вопрос ввиду того, что согласно его наблюдениям, индейская азалия, поливаемая в течение 12 лет из Венского водопровода водой, содержащей значительное количество извести, росла не плохо. По всей вероятности, не все виды одинаково относятся к присутствию извести, а *Erica carnea* даже прямо слышит за известь любимое растение.

² Kerner, A. Die Kultur der Alpenpflanzen. Innsbruck 1864, p. 72.

³ Gris, E. Comptes rend. 1844—1847.

арема зеленым шрифтом. Происходит это вследствие того, что железо проникает на этих местах в клетки и обуславливает образование зеленой окраски в хлорофилловых зернах, которые и являются носителями зеленой окраски листа. При проведении этого опыта особенно рекомендуется пользоваться легко смачиваемыми листьями, например, листьями подсолнуха.

Если желают искусственно вызвать хлороз у растения, выращивая его с этой целью в растворе, лишенном железа, необходимо, этот раствор приготовить с особой тщательностью, так как достаточно малого незначительного количества железа, чтобы вызвать позеленение растения. Нужно применять только самые чистые препараты солей и дистиллированную воду, чтобы устранить всякие следы железа, которые могли бы проникнуть в раствор и загрязнить его.

У проростков некоторых растений (*Pisum sativum*, *Brassica oleracea*, *Zea mays*, *Cucurbita pepo*, *Vicia sativa* и др.) первые листья обыкновенно бывают зелеными даже в том случае, когда они находятся в растворе, лишенном железа. Это объясняется тем, что в семенах их имеется некоторый запас железа, которым они и пользуются, и уже только после израсходования этого запаса следующие листья становятся хлоротичными — хлорофилл больше не образуется и растение постепенно погибает. Но достаточно внести 1—5 капель разбавленного раствора железа на $\frac{1}{2}$ литра питательного раствора, чтобы хлороз исчез. В теплые летние дни действие железа обнаруживается уже через 24 часа, а через 3—4 дня на молодых листьях хлороз совершенно исчезает.

Позеленение начинается обыкновенно с жилок и проявляется прежде всего на молодых, еще развивающихся листьях, напротив, старые хлоротичные листья — мало или даже совсем не образуют хлорофилла.

Хлороз появляется не только в искусственной обстановке, но и в естественных условиях. Если среди насаждения конских каштанов (*Aesculus hippocastanum*) мы внимательно осмотрим отдельные деревья, то среди зеленых листьев мы нередко увидим беловатые или даже чисто белые. У старых конских каштанов это обычное явление. Хлорозом также часто страдает одно из любимых садовых растений — гортензия (*Hydrangea hortensis*). Наконец, этой болезни нередко подвергается и обыкновенный полевой сорняк — вьюнок (*Convolvulus arvensis*).

Сакс составил целый список растений, наиболее часто подвергающихся хлорозу в наших садах; он относит к ним: виды *Quercus*, виды *Spiraea*, *Castanea vesca*, *Magnolia Tripetala*, *Robinia pseudacacia*, виды *Abies*, *Bocconia cordata*, *Wistaria sinensis*, *Akebia quinata*, *Aristolochia tomentosa* — а также различные горшечные культуры.¹

С первого взгляда может показаться странным появление вообще хлороза у растений, растущих в грунту, так как для образования хлорофилла достаточно и следов железных соединений, а можно смело утверждать, что в каждой почве железа содержится более чем достаточно. Если тем не менее хлороз все же наблюдается и в таких условиях, то причины этого могут быть следующие:

¹ Sachs. J. Erfahrungen über die Behandlung chlorotischer Gartenpflanzen. Arbeiten a. d. bot. Institut i. Würzburg. Bd. II. 1888.

1. Хотя в почве и имеется железо, но оно находится в нерастворимой форме, вследствие чего оно не может поглощаться в достаточном количестве. Если почва содержит слишком много извести, она может оказаться в известных условиях слишком щелочной и железо может остаться нерастворенным. Автору часто приходилось наблюдать хлороз на шпалерных грушевых и персиковых деревьях, посаженных около домов. Здесь очевидно щелочность вызывается известью подземной части стены, к которой прикасаются корни дерева.

2. Растение или отдельные части его находятся в болезненном состоянии, которое препятствует восприятию или усвоению железа. Такого рода патологические явления, препятствующие восприятию железа, могут иметь место в корнях, в проводящих путях, в стволе и наконец в отдельных ветках растения. В некоторых местностях очень подвержена хлорозу виноградная лоза. По Мольцу¹ главной причиной этого является переувлажнение известковой почвы, обуславливающее недостаток кислорода в области корней и вследствие этого их загнивание. В этом случае хлороз может быть устранен при помощи дренажа и тщательного мотыжения земли.

3. Наконец согласно Саксу хлороз может появиться у здоровых растений, если они слишком скоро растут и их побеги так быстро удлиняются, а листья так быстро появляются один за другим, что доставляемого железа не может хватить для такой повышенной потребности в нем. Это явление наблюдалось Саксом преимущественно у деревьев, кроны которых на зиму прореживались и весной двигались в рост с особой энергией, между прочим на *Robinia pseudacacia*, *Spiraea opulifolia*, *Castanea vesca*, видах *Quercus* и т. д. Автор, с своей стороны, замечал подобное явление на молодых, быстро растущих побегах обрезанных каштанов и на подстриженных изгородах из *Carpinus betulus*.

Из всего изложенного вытекают и способы предотвращения хлороза в различных случаях. Но возникает вопрос — можно ли „вылечить“ уже появившийся хлороз? Изучением этого вопроса занимался Сакс, который пришел к следующим заключениям. С первого взгляда можно подумать, что растение, страдающее хлорозом в естественных условиях, может быть вылечено путем поливки его разбавленным раствором железа (1 : 100). Между тем такое суждение оказывается неправильным вследствие того, что железо удерживается верхним слоем почвы и совершенно не проникает вглубь.

Железо, как и некоторые другие минеральные вещества — фосфорная кислота, калий и др. поглощаются мельчайшими частицами почвы и переходит в адсорбированное состояние. В этом состоянии минеральное вещество очень трудно растворяется в воде. В виду этого Сакс рекомендует для лечения хлороза вносить железную соль в почву в твердом виде и притом частью крупными, частью мелкими зернами. Он указывает на следующий способ применения этого лечения: „вокруг кустов или деревьев выкапывают на расстоянии 50 — 100 см от ствола в зависимости от возраста растения ямы в 20 — 30 см ширины и глубины или разрыхляют землю мотыгой между радиально расходящимися толстыми корнями. Если

¹ Molz, E. Untersuchungen über die Chlorose der Reben. Jena, 1907.

при этом земля оказывается слишком сухой, то она поливается настолько, чтобы как обнаженные, так и глубже лежащие слои почвы и корни были бы хорошо смочены. После этого всыпают обыкновенный продлинный железный купорос с предварительным измельчением попадающихся особо крупных кусков. Количество вносимого купороса может колебаться от 2 и до 8 кг на дерево или куст, в зависимости от величины дерева, вырытой ямы или площади разрыхленного пространства. Железный купорос обыкновенно только частично представляет собой мелкий порошок, большей же частью он состоит из зерен величиной от горошины и до грецкого ореха. Всыпанная соль перемешивается мотыгой с нижними слоями почвы, после чего траншея постепенно засыпается выкопанной землей, которая в свою очередь также, по возможности равномерно, перемешивается с железной солью, а затем земля обильно поливается 6—10 лейками воды (100—150 л), или же, если это возможно, — пуском в течение нескольких минут воды из шланга. При этом мелкие частицы железного купороса тотчас же растворяются и увлекаются быстрым потоком воды в глубокие слои почвы, пока еще железо не успело адсорбироваться полностью в верхних слоях почвы. Более крупные куски растворяются постепенно в последующие дни при дожде или поливе, адсорбционно насыщая железом смежные частицы почвы. Самые же крупные куски железного купороса встречаются еще осенью или даже на следующий год на том самом месте, куда они попали, но уже в виде ржаво-коричневой, мягкой тестообразной массы, превратившейся в охру. Цель всего этого процесса заключается в том, чтобы постепенно перевести железо в раствор, осадить его на почвенных частицах и дать возможность корневым волоскам растворить его своей кислой поверхностью и поглотить.

Хлороз наиболее действительно излечивается при первом появлении его. Выздоровление наступает иногда уже через две недели (*Robinia*). Но бывают случаи, что действие железа проявляется только на следующий год и хлороз только тогда бесследно исчезает. Описанный способ Сакса можно применять также и к растениям, посаженным в большие горшки или кадки. Для этого необходимо разрыхлить в них верхний слой земли, всыпать крупно-зернистого купороса (около пригоршни на горшок вместимостью в 2—3 л) засыпать землей и ежедневно по мере надобности поливать. При таком лечении пораженные хлорозом листья крупных горшечных растений в мае или июне становятся зелеными через 5—10 дней, если они не перестарели и вообще сохранили еще способность к позеленению.

Применить лечение железным купоросом к хлоротичным растениям, посаженным в маленькие горшки, по данным, полученным автором настоящей книги — нельзя, так как в этом случае приходится вводить железо в концентрированной форме, что вызывает отравление растений. Он рекомендует действовать в этом отношении осторожно даже и с растениями, посаженными в большие горшки или кадки, испытав предварительно действие соли на каком-нибудь одном экземпляре, чтобы не испортить сразу всех.

Хлороз плодовых деревьев может быть устранен путем опрыскивания их листьев сильно разведенным раствором железного купо-

роса (на 1 л воды 1 г железного купороса). Эта соль не только излечивает хлороз, но и вообще оказывает благотворное влияние на рост дерева и развитие плодов. Опрыскивание следует производить перед заходом солнца, чтобы капли жидкости не испарялись и могли бы питаться.

Из того, что железо необходимо для образования хлорофилла, следил бы слишком поспешный вывод о содержании железа самим зеленым веществом листьев. На самом деле это не так, но тем не менее железо для образования хлорофилла необходимо. А то, что железо оказывается также необходимым и для незеленых растений, например для грибов, наводит нас на мысль, что при недостатке железа в растении, одинаково зеленом и незеленом, наступают расстройства, препятствующие нормальной работе живого вещества (протоплазмы).

Таким образом хлороз является не прямым следствием недостатка железа, а вызывается указанными выше расстройствами и следовательно является лишь симптомом болезненного состояния протоплазмы.

Наряду с хлорозом в растительном мире встречаются явления, хотя и имеющие сходство с ним, но которые однако не следует с ним смешивать. Это — этиоляция и пестролистность. Картофельные клубни, пророщенные в темноте, дают вытянутые белые ростки и желтые листья. Такой ненормальный вид проявляет большинство высших растений при отсутствии света. Такие растения называются этиолированными, а самое явление — этиоляцией.

Пестролистные растения отличаются пестротой окраски своих листьев. Они у них не чисто зеленые, как у других растений, а лишь частично зеленые, частично желтоватые (*Aucuba*, *Abutilon*), или испещренные белыми и зелеными пятнами (*Acer*, *Evolumus*), или же бело-окаймленные (*Pelargonium zonale*).¹ Такие растения сохраняют пестроту своих листьев и на свету и при снабжении их железом. Таким образом хлороз связан с недостатком железа, этиоляция вызывается недостатком света, а пестролистность основывается на внутренних до сих пор неизвестных нам причинах.

Когда ранней весной культивируемые в открытом грунте гиацинты, тюльпаны или нарциссы показываются из-под земли при сравнительно низкой температуре, то листья у них остаются желтыми или желто-зелеными в течение довольно продолжительного времени, хотя бы они и подвергались действию света. Это объясняется тем, что вследствие низкой температуры они не могут образовать хлорофилла, что конечно не имеет ничего общего с хлорозом, так как с повышением температуры тотчас же наступает позеленение.

Следует кроме того заметить, что побледнение листьев помимо недостатка железа может быть вызвано также недостатком азота или фосфора, вследствие чего они приобретают желтоватый оттенок, однако в этом случае они никогда не достигают степени обесцвечивания, характерного для хлороза. Автор считает

¹ Küster, E. Pathologische Pflanzenanatomie. III Aufl. Jena 1925, p. 9—37.

поэтому неправильным называть хлорозом побледнение растения, происшедшее вследствие недостатка азота или фосфора, и говорить о каком-то азотном или фосфорном хлорозе, и полагает, что термин „хлороз“ должен применяться исключительно к частичному или полному отсутствию образования хлорофилла, вызванному недостатком железа.

Сера, фосфор, калий и магний

Названные вещества также являются составной частью золы.

СЕРА поглощается обыкновенно в виде сульфатов с почвенной водой и служит главным образом для построения белков.

ФОСФОР — обычно содержится в незначительном количестве в почве, он поглощается растением в виде фосфорнокислых солей и участвует, между прочим, в образовании нуклеиновых соединений, характерных для клеточного ядра.

КАЛИЙ. О калии можно сказать, что хотя он и необходим для растений, но пока еще роль его мало выяснена.

МАГНИЙ. О роли магния в растениях также не имеется до сих пор достоверных данных. С одной стороны, он участвует в построении хлорофилла, с другой, он необходим и для незеленых растений — грибов, из чего можно заключить, что магний выполняет в растении по крайней мере две различные задачи

3. Зольные элементы, не являющиеся необходимыми для растений

Растение поглощает не только необходимые для него вещества, но также и такие, без которых оно могло бы обойтись. Так в золе большинства растений находят значительные количества натрия, хлора, кремния, алюминия, марганца, а также следы меди, бора и других элементов, а в морских водорослях кроме того иод и бром.¹

КРЕМНИЙ очень широко распространен. Особенно же много кремневой кислоты отлагают в своих клеточных оболочках диатомовые водоросли, хвощи и злаки, вследствие чего после прокалывания их клеточные стенки остаются в виде так называемых кремневых скелетов. Рихтер² указывает, что для исследованных им диатомовых водорослей кремневая кислота и натрий были необходимы. Находятся ли в таком же отношении к названным веществам хвощи и злаки, могут показать только дальнейшие исследования.

Кремневая кислота сообщает тканям известную жесткость и придает органам растения стойкость против проникновения грибов и повреждений животными. Что же касается того мнения, что кремневая кислота вообще обуславливает прочность растения и что полегание хлебов зависит от недостаточного количества этой кислоты, то такое мнение должно быть признано неосновательным. Напротив, известно, что устойчивость растения обуславливается

¹ Molisch, H. Mikrochemie der Pflanzen. 3 Aufl. Jena 1923 p. 74—88.

² Richter, O. Die Ernährung der Algen. In Monographien u. Abhandlungen der Hydrobiologie usw. Bd. 2. Leipzig 1911. p. 65 u 12.

определенными клетками (коры, древесины и пр.) и что полегание хлебов связано с недостатком света, вследствие слишком густого посева.

ХЛОР находится в каждом растении, но содержание его в разных растениях далеко не одинаково. В то время как для некоторых растений хлор ядовит уже в минимальных дозах, другие, как морские и прибрежные растения, любят его и выносят даже в очень больших количествах. Уже раньше отмечалось, что некоторая примесь хлористого калия в кнопковом растворе желательна, так как многие растения лучше развиваются в присутствии хлоридов; отметим кроме того, что на определенных почвах, при удобрении их поваренной солью для некоторых растений были получены положительные результаты.¹

АЛЮМИНИЙ — более распространен в растительном мире, чем думали раньше. Согласно Крацману² он имеется почти везде, причем некоторые растения накапливают прямо поразительные количества алюминия, например плауны, некоторые древовидные папоротники *Symplocos* и *Orites excelsa*. Особенно же интересна для садоводов способность некоторых алюминиевых соединений изменять окраску цветов гортензий.

Влияние почвы на окраску цветов гортензии

Цветы известного садового растения *Hydrangea hortensis* — гортензии обыкновенно бывают розовыми. Между тем давно уже известно, что некоторые почвы, а именно торфяные и вересковые, в некоторых местностях обладают способностью вызывать посинение цветов гортензий, выращиваемых на таких почвах в течение продолжительного времени. Опыты Молиша показали, что кроме этих почв посинение цветов гортензии может быть вызвано также и некоторыми химическими соединениями, а именно обыкновенными квасцами ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 + 24 \text{H}_2\text{O}$) и сульфатами алюминия и железа.

Названный автор испытал в отношении воздействия на цвет гортензии целый ряд веществ, а именно: торфяную землю, вересковую землю, торф, глину, измельченные квасцы, сернистый глинозем, чистый аморфный глинозем (Al_2O_3), железо в различных формах, как-то: железный купорос, хлорное железо, железный порошок, железные опилки, гвозди, железную охру, и другие вещества. Однако, надежные положительные результаты были получены только с тремя из названных соединений. От применения железного купороса и сернистого глинозема автор советует воздерживаться, так как для получения положительных результатов их нужно ввести в таком значительном количестве, что они становятся ядовитыми. Напротив, квасцы можно широко рекомендовать.

¹ Было бы очень желательно исследовать отношение некоторых культурных растений, содержащих много хлора, как например свекла и капуста, или таких растений морского побережья, как *Cocos nucifera*, *Cycas circinalis*, *Casuarina equisetifolia*, *Erythrina indica* и др. к удобрению поваренной солью.

² Kratzmann, E. Der microchemische Nachweis und die Verbreitung des Aluminiums im Pflanzenreich. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien 1913. Bd. 122, Abt. 1, p. 311.

Stoklasa, J. Über die Verbreitung des Aluminiums i. d. Natur usw.

Мюшн предлагает придерживаться следующего способа применения этой соли, чтобы вызвать посинение цветов.

Черенки, посаженные в феврале и выращенные в маленьких горшках до достаточно больших размеров, пересаживаются в августе в более крупные горшки (15—20 см ширины), причем туда одновременно вносятся квасцы. Делается это следующим образом: отверстие на дне горшка закладывают черепком, насыпают на него немного земли и затем всыпают полную ложку квасцов в зернах величиной от горошины до лесного ореха, после чего помещают туда корневой ком и затем заполняют пространство между комом и стенками горшка землею, смешанной с квасцами в зернах (на горшок $\frac{1}{10}$ литра квасцов). После этого не следует оставлять растений на открытом воздухе, а нужно поместить их в оранжерею или еще лучше в парник под стекло, так как в случае дождя квасцы могут слишком быстро раствориться и повредить корни. Под стеклом зерна квасцов сохраняются очень долго — их можно найти в горшках даже зимой. В этих условиях квасцы растворяются постепенно и растение поглощает их, по мере растворения, в незначительном количестве и в течение продолжительного времени, что чрезвычайно важно для успешного действия. Гортензии, обработанные таким образом, цветут голубыми или лиловыми цветами, хотя бы они были посажены в такую землю, в которой они должны были бы цвести розовыми.

Хорошие результаты получаются и при применении аммиачных квасцов. В этом случае осенью нужно внести на 1 литр земли от 15 до 20 г измельченных в порошок аммиачных квасцов. Но еще лучше чем применение квасцов — это культура гортензий в такой почве, которая сама по себе обладает способностью заставлять цвести их голубыми цветами. В тех же случаях, когда достать такой земли не представляется возможным, она может быть с успехом заменена квасцами.

Чем же объясняется это посинение цветов? — Красящим веществом цветка является антоциан. Если приготовить водный раствор из розовых цветов и прибавить к нему следы квасцов, сульфата алюминия или железного купороса, то розовый цвет обратится в голубой. То же самое происходит и в цветке, если названные соли вводятся в содержащие красящее вещество клетки. Этим и объясняется посинение цветов. Странно однако, что у большинства других растений с красными цветами при подобном применении квасцов, посинения не происходит. Опыты с красной примулой (*Primula sinensis*), красным цикламеном (*Cyclamen persicum*) и розой дали отрицательные результаты. То же самое сообщает Вук¹ относительно *Phlox decussata*.

Это наводит на мысль, что антоциан гортензий обладает специфическими свойствами.

Впрочем согласно Мюшн такие же изменения цвета, как у гортензии, наблюдались при применении квасцов у *Callistephus chinensis* и *Campanula alliariifolia* (в голубой) и у *Lycoris radiata* (в лиловый).² Из его краткого сообщения не видно однако, поступали ли

¹ Vauk, V. Österr. bot. Ztschr. 1903. № 6.

² Miyoshi, M. Über die künstliche Änderung der Blütenfarben. Bot. Ztg. 83. Bd. 1900, p. 345.

кислота нормально через корни и растение или же через срез побегов.

МАРГАНЕЦ, ЦИНК И МЕДЬ имеют значение только в качестве побудителей, но об этом мы будем говорить дальше. Пока же ограничимся указанием, что марганец очень распространен в растительном мире.

Некоторые водяные растения при культуре в растворе марганцевой соли обладают способностью окрашиваться в коричневый цвет благодаря отложению окиси марганца на наружных стенках кожицы верхней стороны листа, вследствие чего растение приобретает совершенно своеобразный вид. Явление это имеет место только на свету. Очень наглядно можно воспроизвести это на *Elodea canadensis*, выставив ее в 1% растворе хлористого марганца на прямой солнечный свет.

4. Азот

Атмосферный воздух является механической смесью и состоит главным образом из двух элементов — азота и кислорода. Азот (включая 1% аргона) составляет 79,2%, а кислород 20,8% его объема. Далее следуют углекислота — около 0,03%, свободный водород около 0,003%, переменные количества водяных паров, следы аммиака, азотистая и азотная кислоты, озон, перекись водорода и пыль.

Несмотря на то, что азот составляет преобладающую часть воздуха, большинство растений, за исключением бобовых и некоторых других, не могут его ассимилировать и поглощают необходимый для построения клеток азот из неорганических солей азота почвы и воды: из нитратов и из аммиачных солей.

Аммиак образуется в атмосферном воздухе под влиянием электрических разрядов во время грозы. Он может затем окисляться в азотистую и азотную кислоты и попасть вместе с дождем на землю. Здесь эти неорганические соединения азота часто претерпевают превращения, в которых аммиак окисляется до азотной кислоты, а при случае может вновь восстановиться до аммиака. Это процесс не чисто химический, как думали раньше, а биологический, обусловленный присутствием бактерий.

Те бактерии, которые вызывают окисление аммиака в азотистую или азотную кислоты, называются нитрифицирующими, а самый процесс — нитрификацией.

Другим источником снабжения почвы неорганическими формами азота являются продукты разложения растений и животных. Органические соединения азота, содержащиеся в них, разлагаются при посредстве находящихся в почве бактерий, плесневых и высших грибов и превращаются в неорганические соли азота — аммиак, нитриты и нитраты.

В питательных растворах азот дается в форме нитратов или аммиачных солей, и зеленые растения при этом отлично развиваются. В растворе, лишенном азота, растения не заканчивают своего развития, что служит доказательством того, что атмосферный азот не может быть использован растением.

Растения на естественных (не культивируемых) почвах растут из года в год на той же почве и находят в ней совершенно доста-

точно связанного азота. Однако и среди диких растений встречаются такие, которые так же, как и многие культурные растения, развиваются только при наличии значительного количества азота в почве, причем некоторые настолько требовательны к азоту и аммиаку, что самое их присутствие уже может служить признаком обильного содержания азота в почве. Это так называемые нитратолюбивые или селитряные растения.¹

К ним относятся преимущественно растения, встречающиеся на мусорных кучах и свалочных местах, а именно: *Amarantus*, *Chenopodium*, *Urtica*, *Mercurialis*, *Solanum*, *Sinapis*, *Helianthus*, *Capsella*, *Lamium*, *Stellaria* и др. Если мы бросим сухую массу амарантуса, подсолнечника или картофеля на горящие уголья, то, вследствие высокого содержания селитры, она будет гореть вспышками, как порох.

Селитряные растения как бы сопутствуют человеку. В горах во время экскурсий нас поражает внезапное появление близ людских поселений, хижин и хлевов таких селитряных растений, как *Urtica*, *Chenopodium bonus Henricus* и другие, которые здесь на богато удобренной, перемешанной с азотнокислыми и аммиачными солями почве находят вполне подходящие условия для своего существования. Это лишний раз подтверждает то, что и химические свойства почвы имеют значение² для появления известных растений.

Нитраты, присутствующие в зеленых травянистых растениях, не образуются в них самих, а поглощаются как таковые извне. Если растение содержит больше нитратов, чем почва, то это объясняется их накоплением.

Растения, связывающие азот

Как уже было упомянуто, большинство растений не в состоянии использовать свободный азот из воздуха. Однако из этого общего правила имеются некоторые исключения, а именно:

1. Существуют некоторые ПОЧВЕННЫЕ БАКТЕРИИ, которые наравне со способностью ассимилировать органические и неорганические соединения связанного азота могут также связывать и использовать свободный азот. Сюда относятся два широкораспространенные вида почвенных бактерий: *Azotobacter chroococcum*, *A. agile* и *Clostridium Pasteurianum*.

2. Второе исключение составляют БОБОВЫЕ — которые, как известно, обнимают семейства мотыльковых, или *Papilionaceae*, *Cnesalpineae* и *Mimoseae*. Уже давно известно, что эти растения образуют на своих корнях своеобразные клубеньки, которые впервые были описаны и совершенно правильно отнесены к галлам еще в 1687 году — Мальпиги. Форма этих клубеньков не одинакова у различных растений, — они бывают круглые, овальные, пальцеобразные, лопастные, коралловидные. Величина их колеблется от размеров зерна проса до лесного ореха (рис. 3).

¹ Mollisch, H. *Microchemie der Pflanze*. 3 Aufl. Jena 1923 p. 91.

² Mollisch, H. Über einige Beziehungen zwischen anorganischen Stickstoffsalzen u. d. Pflanze, Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i Wien 1 Abt., Bd. XIV 1837. p. 242.

Воронин (1866) сделал важное открытие, что клетки клубеньков заключены живыми бактериями.¹

Впоследствии Beijerinck удалось развести клубеньковые бактерии вне растения в питательном растворе и выяснить их свойства, так что в настоящее время уже не может быть никакого сомнения, что находящиеся в клетках клубеньков палочки являются действительно бактериями. Они встречаются в самых разнообразных почвах, проникают через корневые волоски в корни и обуславливают образование на них клубеньков.

Являются ли находящиеся в клубеньках различных бобовых бактерии тождественными между собой, или они представляют формы приспособления одного и того же вида, или же принадлежат к различным видам, пока еще в точности неизвестно. Обыкновенно различные формы их объединяют под общим названием *Bacterium radicola*.



Рис. 3. Корневые клубеньки у *Robinia pseudacacia* — натур. велич. (Оригинал.)



Рис. 4. *Wistaria sinensis* — Корневые клубеньки указывают пере дичность роста: а—однолетний, б—2-летний, с—4-летний клубенек.

Автору настоящей книги пришлось наблюдать в Японии,² что корневые клубеньки лианы *Wistaria sinensis* приобретают со временем ярусообразное строение: только-что появившийся клубенек состоит из шарообразного утолщения, на второй год весной с восстановлением роста на клубеньке предшествующего года образуется новое утолщение, и так продолжается в течение 4 лет, так что в конечном результате клубенек представляет собой как бы цепь из 4 шарообразных утолщений (рис. 4).

¹ Woronin M. Über die bei der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) und der gewöhnlichen Gartenlupine (*Lupinus mutabilis*) auftretenden Wurzelanschwellungen. Bot. Ztg. 1866. p. 329.

² Molisch, H. Pflanzenbiologie in Japan usw. Jena 1926. p. 227 — 228.

При повторных наблюдениях автор убедился в том, что каждое шарообразное утолщение соответствует ежегодному приросту. Наиболее старые клубеньки имели 4 яруса и следовательно им было 4 года (рис 4). Более старых автор не находил.

Возраст отдельных шарообразных утолщений может быть определен кроме того и по их окраске. Утолщения, которые в данное время находятся еще в стадии развития—коричневато-белые, 2-летние коричневые, 3- и 4-летние — темнокоричневые. Вообще, чем они моложе, тем светлее, чем старше, тем темней.

Если путем нагревания убить находящиеся в цветочном горшке бактерии, то посаженное в него бобовое не образует клубеньков и будет отставать в развитии. Но стоит только заразить почву клубеньковыми бактериями, чтобы тотчас же образовались клубеньки и растение начало роскошно развиваться (рис. 5).



Рис. 5. *Phaseolus vulgaris*. 1) незараженный, 2) зараженный бактериями из клубеньков *Phaseolus vulgaris*, 3) зараженный б. кт. из клубеньков *Pisum sativum*, 4) зараженный б. кт. из клубеньков *Phaseolus vulgaris*, полученных от заражения бактериями *Pisum sativum*. (По Гильтнеру.)

В настоящее время известно, что бактерии в клубеньках ассимилируют свободный азот, столь полезный для бобовых, однако как происходит этот процесс до сих пор не знают.

На практике уже с давних пор обращалось внимание на то, что бобовые не нуждаются в азотистом удобрении, а потому и вошло в обыкновение называть клевер, люпин, сераделлу, эспарцет и другие мотыльковые — азотособираателями. То, что составляло только догадку земледельца, было затем твердо установлено наукой на основании тщательных вегетационных опытов и химических анализов, а именно, связывание свободного азота живущими в корнях бобовых бактериями. Выяснению этого вопроса мы главным образом обязаны Гельригелю и Вильфарту.¹

Указанное явление имеет чрезвычайно важное значение не только для питания бобовых, но косвенно и для всех прочих растений, а также для животных и для человека. Достаточно представить себе, что бобовых имеется около 700 видов и притом не только

¹ Vgl. Hiltner. In Lafars Handbuch der techn. Mykologie III Bd. Iena 1904 bis 1906 p. 24.

травянистых растений и кустарников, но и значительное число крупных деревьев (*Robinia*, *Mimosa*, *Acacia* и др.) и что эти широко распространенные на земном шаре растения обильно связывают азот, чтобы стало ясным, как много способствуют бобовые улучшению почвы.

Для приблизительного представления об этом обратимся к следующим, относящимся к 1902 году вычислениям Реми (Remy): „В Германии засеивается бобовыми около пяти миллионов гектаров земли. Принимая, что средний урожай бобовых или клевера даст в среднем около 100 кг азота на гектар (или приблизительно в шесть раз большее количество белковых веществ) и принимая при этом, что только половина этого азота заимствуется клубеньковыми бактериями из воздуха, ежегодная прибыль азота, получаемая посредством бобовых культур, составит около $2\frac{1}{2}$ млн. центнеров азота (или около 16 млн. центнеров белковых веществ), что представляет собою ценность примерно в 300 миллионов марок“.

Одной из важнейших проблем сельского хозяйства является разрешение вопроса, каким образом снабдить культурные растения необходимым количеством азота, когда его в естественной почве недостает.

Способность бобовых связывать свободный азот имеет в этом отношении огромное значение и привело на практике к широкому использованию их для обогащения почвы азотом. В настоящее время использование бобовых в качестве зеленого удобрения гораздо больше распространено, чем прежде, главным образом на легких почвах, огородах, а также и в лесах. Быстро растущие бобовые (люпин, сераделла) сеются после уборки злаков (в Германии) и затем еще зелеными запахиваются осенью или следующей весной. Так как бобовые очень богаты азотом, то при их запашке в почву попадает относительно значительное количество его, обеспечивающее хорошее развитие последующих культур, в частности, репы или картофеля. Это применимо однако только там, где имеются в почве клубеньковые бактерии. Если же их нет, как напр. в болотных почвах, то бобовые не удаются, так как не образуют здесь клубеньков.

Были сделаны попытки заражения таких почв землею, содержащей большое количество клубеньковых бактерий, причем получались хорошие результаты.

Впоследствии стали заражать почвы чистыми культурами клубеньковых бактерий и эти последние появились в продаже под различными названиями. Наиболее известные марки — „азетоген“ и „нитрагин“.

По предложению Ноббе и Гильтнера (Nobbe и Hiltner) были изготовлены на заводе красок в Гегсте чистые культуры клубеньковых бактерий бобовых, наиболее распространенных в сельском хозяйстве, и испытаны затем во многих местах Германии. Отзывы о результатах применения этих культур вначале были настолько противоречивы, что завод красок в Гегсте отказался (1900) от дальнейшего изготовления их. Американское и Новозеландское правительства также брались за изготовление материала для заражения почвы, однако эти препараты, так же, как и приготовленные

в Англии, оказались или очень ненадежными, или даже совершенно безрезультатными.¹

Препараты для заражения почв появлялись под различными названиями и в других местах, однако продолжительного успеха на рынке не имели. Но так как все же были случаи, что в отдельных местностях прививки давали исключительно благоприятные результаты, то Гильтнер попытался улучшить чистые культуры путем подбора бактерий, подыскания для них подходящей питательной среды и изменения самого процесса заражения, причем полученные при таких условиях результаты оказались настолько хорошими, что раздававшиеся отовсюду возмущения против заражения почв стали постепенно прекращаться. Достаточно привести хотя бы следующий пример: на выветренных гранитных почвах пастбищ Верхнего Пфальца, при заражении их препаратами клубеньковых бактерий, сераделла достигла 1½ метра высоты и дала на 1 ар до 400 кг зеленой массы, тогда как на незараженной почве растения достигли только 40 см высоты и дали 5 кг зеленой массы.²

3. НЕБОБОВЫЕ РАСТЕНИЯ.
Способность образовывать на корнях клубеньки как следствие внедрения внутрь ткани грибов наблюдается не только у бобовых, но и у всех видов *Alnus* и у *Eleagnaceae*. Клубеньки ольхи образуют в конечном результате одревесневающие кистеобразные скопления, достигающие величины яблока (рис. 6).

Образование их также связано с развитием грибов, систематическое положение которых еще не вполне выяснено.

Согласно исследованиям Пекло³ у *Alnus* и *Myrica gale* встречается близкий к бактериям грибок — актиномицет. Он образует нити, которые распадаются на маленькие бактериообразные палочки или на короткие округлые клетки или же цепочки и образуют круглые вздутия, нередко густо заполняющие корневые клубеньки.



Рис. 6. *Alnus glutinosa* (ольха). Кусок корня с клубеньками величиною с грецкий орех. (Оригинал.)

¹ Lohuis, F. Handbuch d. landw. Bakteriologie. Berlin 1910. p. 789.

² Hiltner, In Laßars Handbuch der techn. Mykologie I. c. p. 57.

³ Péklo, J. Die pflanzlichen Aktinomykosen. Zbl. f. Bakt. usw. II Abt. 1910. Bd. 77 p. 451—579.

Опытами Ноббе и Гильтнера¹ было установлено, что ольха при помощи этого корневого грибка может связывать свободный азот.

В несколько издутых зубчиках листьев *Ardisia crispa* (сем. *Myr. sinaceae*), разводимой в оранжереях ради ее красных плодов, Минз² обнаружил бактерии, которые постоянно встречались там. Эти бактерии переносятся семенами и играют выдающуюся роль в жизни *Ardisia*, так что если *Ardisia* культивируется без бактерий, то это сопровождается торможением ее роста: прекращается удлинение осевой части и задерживается развитие листьев, в то же время пазушные почки начинают набухать и разрастаться. Вопрос о том, связан ли этот своеобразный симбиоз с ассимиляцией свободного азота, требует еще дальнейших³ исследований.

Интересный симбиоз Циммерман⁴ нашел в двух растениях — *Pavetta* и *Grumilea* из семейства *Rubiacaceae*.

На всех развившихся листьях *Pavetta indica* можно заметить узелки величиною в $\frac{1}{2}$ миллиметра, которые выдаются на верхней стороне листа и в проходящем свете представляются светлыми точками на темном фоне. Межклетники этих узелков наполнены бактериями. Согласно Фаберу, они связывают азот и приносят *Pavetta* благодаря этому большую пользу.⁵

5. Почва⁶

Значение почвы для растения весьма велико, так как оно находит в ней свою опору и черпает из нее большую часть необходимых ему питательных веществ.

Образование почвы

Почва образуется путем выветривания твердой земной коры. Выветривание представляет собой очень сложный процесс, основанный на физических, химических и биологических воздействиях.

Среди физических воздействий особо важную роль играет температура. Минералы, входящие в состав различных пород при колебаниях температуры, различно расширяются и производят различные напряжения. Находящаяся в капиллярных промежутках,

¹ Lafars, Hardbuch I. c. p. 62.

² Mielche, H. Javanische Studien (V. Die Blattknoten an den Blatträndern der *Ardisia crispa*). Abhandl. der mathem.-physikal. Kl. d. K. sächs. Ges. d. Wiss. Bd. 32, 1911. p. 399.

³ Mielche, H. Über die Knospensymbiose bei *Ardisia crispa*. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1916 p. 576. Derselbe. Weitere Untersuchungen über die Bakteriensymbiose bei *Ardisia crispa*. Jahrb. f. wiss. Botanik. 58 vol. 1917. p. 29.

⁴ Zimmermann, A., Über Bakterienknoten in den Blättern einiger Rubiaceen. Pringshells Jahrb. f. w. Bot. 1901 vol. 37, H. 1.

⁵ Faber, F. C. Das erbliche Zusammenleben von Bakterien und tropischen Pflanzen Jahrbuch f. wiss. Bot. 51 Bd. 1912. p. 285.

Derselbe. Die Bakteriensymbiose der Rubiaceen Ebenda 1914 Bd. 54 p. 243.

⁶ Kammann, E. Bodenkunde Berlin 1911. 3 Aufl.

Mayer, A. Lehrb. d. Agriculturchemie usw. 5 Aufl. 1901. II Bd. 1. Abt. Die Bodenkunde.

Russel E. J. Boden und Pflanze, übersetzt von Brehm, H. Dresden u. Leipzig 1914. Wiegner G. Boden und Bodenbildung in Kolloidchemische Betrachtung. 3 Aufl. Dresden u. Leipzig 1924.

В этой последней книге особенно подчеркивается глубокая внутренняя связь между почвоведением и коллоидной химией.

шлях и впадинах пола при замерзании увеличивается в объеме и вызывает напряжения и давления, что при частом повторении приводит к разрушению породы.

Далее следуют химические влияния так называемых атмосферных факторов: кислорода, воды и углекислоты. Кислород окисляет находящиеся в почве закисные соединения — железа и марганца, а вода в присутствии углекислоты или без нее растворяет известь, кремнекислые соли и пр.

Действие воды на минералы и другие твердые вещества часто недооценивается, между тем даже стекло выщелачивается водой. Если опрыскать стекло водой и оставить его мокрым, то приложенная к нему красная лакмусовая бумага тотчас же посинеет, так как содержащиеся в стекле щелочи растворяются. Известное помутнение парниковых рам основывается именно на действии воды и углекислоты на стекло. Поэтому в точных опытах с питанием растений необходимо иметь в виду эту, хотя и незначительную растворимость стекла в воде, так как в питательный раствор могут попасть различные вещества из стекла и загрязнить его.

Углекислота растворяет все карбонаты и вызывает различные преобразования в почве.

Наконец выветриванию способствуют также и живые растения: почвенные бактерии, водоросли, плесневые грибки и корни. Когда корень проникает в расщелину скалы, его рост в толщину не прекращается, и в этом ограниченном пространстве он развивает давление, которое бывает настолько сильно, что разрывает скалу. Помимо этого корневые волоски выделяют кислые вещества, которые разъедают и частично растворяют горные породы.

Это можно наглядно воспроизвести на следующем опыте. На дно горшка кладут чисто отполированную мраморную пластинку, засыпают ее землей и сажают в нее семена бобов или кукурузы. Семена прорастают, направляют свои корни вниз и когда они достигнут мраморной пластинки, то тесно прижимаются к ней своими волосками. Через 4—6 недель или несколько позже вынимают пластинку из горшка и споласкивают ее водой. Тогда на гладкой поверхности мрамора отчетливо выгравировывается рисунок расположения корней, и мрамор кажется в этих местах как бы изъеденным. Это происходит вследствие того, что выделяемая корнями углекислота и другие кислые вещества растворяют углекислую известь мрамора в местах соприкосновения с ним. При помощи лупы можно даже проследить вытравливающую деятельность отдельных волосков. Такое же разъедание может вызываться корнями на пластинках из доломита, магнезита, апатита, а также и кости¹ (рис. 7).

Корни большинства растений непосредственно вблизи кончиков покрыты множеством нежных корневых волосков. Они образуются на поверхности корня в огромном количестве и часто покрывают его точно белым мехом. Через несколько недель они отмирают, заменяясь при этом на удлиняющемся корне новыми. Они прони-

¹ Molisch, H. Über Wurzelabscheidungen und deren Einwirkung auf organische Substanzen. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien I Abt. 1887. S. 81.

Czapek, F. Biochemie der Pflanzen II Aufl. II Bd. Jena 1920 p. 528—530.

кают между мелкими частицами почвы, пронизывают их и так склеиваются с ними, что вытащить корень из земли без значительного повреждения их бывает очень трудно. Осторожно вынутые из земли корешки каулеты или ячменя, выращенные в не слишком

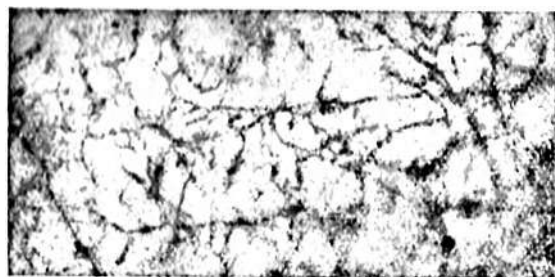


Рис. 7. Демонстрация разъедающей способности корней. Следы разъедания на мраморе.



Рис. 8. Спайвание корневых волосков с частицами почвы.

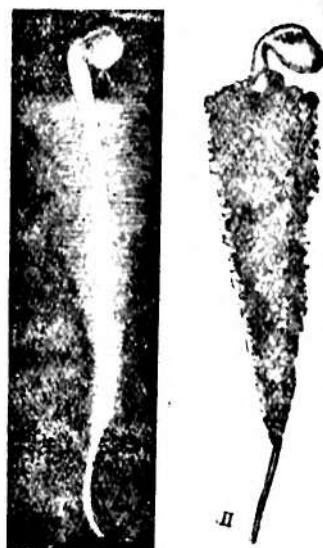


Рис. 9. Проростки репы (*Raphanus sativus*) I—выращенный на фильтровальной бумаге; II—выращенный в земле, корень одет в земляной чехол. Натур. велич. (Оригинал.)

влажной почве, оказываются покрытыми как бы чехликами из приставших почвенных частиц (рис. 8 и 9).

Ясно, что такое тесное соприкосновение корневых волосков с частицами почвы весьма важно для растворения и восприятия питательных веществ.

Строение почвы

Для того чтобы судить о качестве почвы, недостаточно знать ее химический состав, но необходимо также исследовать ее строение, в особенности в отношении содержания в ней мелких и крупных частиц. Обыкновенно частицы почвы менее 0,3 мм в диаметре принято называть мелкоземом, все остальное — скелетом.

Механический анализ, наиболее целесообразно производимый при помощи сит различной густоты, имеет очень большое значение для определения качества почвы, так как достоинство ее определяется содержанием в ней мелкозема. Чем больше содержание последнего в почве, тем выше ее качество, так как мелкозем

является именно той частью почвы, которая содержит в себе растворимые питательные вещества и обуславливает многие особенности для растения свойства. Из этого (днако отнюдь не следует делать заключения, что скелет не имеет никакого значения для культуры растений, — в связанных почвах скелет способствует их разрыхлению и проветриванию.

Свойства почвы

Каждая почва имеет целый ряд разнообразных свойств, из которых здесь мы коснемся только наиболее важных.

АДСОРБЦИЯ. Всякая почва сгущает подобно древесному углю и другим порошкообразным телам на своей пористой поверхности газы — кислород, водяные пары, углекислоту и аммиак.

Благодаря этому в почву проникают ценные вещества, с одной стороны, способствующие выветриванию (кислород, углекислота) и с другой — служащие для питания (водяные пары, аммиак). Но не одни только газы, а также и другие растворенные в воде вещества, в том числе и ценные для питания растений, удерживаются (адсорбируются) почвой.

В 1919 году итальянец Гаццери (Gazzeri) показал, что окрашенная и зловонная навозная жижа, профильтрованная через пахотную почву, теряет свой запах и в значительной степени окраску вследствие того, что пахучие и красящие вещества удерживаются почвой.

Впоследствии было обнаружено, что почва в сильной степени адсорбирует также калий, аммиак, известь, окись магния и фосфорную кислоту, и, напротив, что азотная кислота и натриевые соли не адсорбируются почвой. В основе этого лежат не только физические, но и химические процессы, так как, если например через почву фильтруется какая-нибудь калийная соль, то калий связывается с кремнекислыми соединениями, в то время как другие основания (известь, окись натрия) освобождаются из кремнекислых солей (силикатов) и соединяются с кислотами, которые ранее были связаны с калием.

Адсорбция почвы приносит растениям большую пользу, так как освобожденные в процессе выветривания питательные вещества, большей частью уже связанные верхними слоями почвы, только постепенно освобождаются вновь и потому не вымываются в подпочву, куда корни уже не проникают, причем опять-таки главную роль в адсорбции принадлежит мелкозему и его коллоидам.

ТЕПЛОТА. Весьма значительное влияние на рост растений оказывает температура, господствующая в почве. Источниками тепла здесь являются: солнечная теплота, химические и биологические процессы и внутренняя теплота земли.

В обычных условиях главную роль в нагревании почвы играет теплота солнечных лучей. Почва нагревается ими в большей или меньшей степени в зависимости от содержания воды, структуры, величины частиц, покрова и особенно ее окраски. Темные или совсем черные почвы при одинаковых условиях нагреваются сильнее, чем светлые известковые почвы. Такие почвы в отношении нагрева их реагируют на прямое солнечное освещение по-

добно закопченному и незакопченному термометрам. Из этого делаются различные практические выводы. Так например, Сосюр (Saussure) указывает, что жители Шамуни рассеивают на свои покрытые снегом поля черную шифферную пыль, чтобы ускорить таяние снега на солнце. Во многих районах виноградарства обкладывают лозы у их основания черными шифферными пластинками для улавливания и собирания тепла, которое благодаря медленному излучению служит длительным источником тепла для растения.

Степень нагрева голой земли на прямом солнечном свете бывает очень значительной: в Средней Европе — до 40—50°, в южно-русских степях до 50—60°, а в Массая (Африка), по наблюдениям автора, даже до 60—70°.

Наряду с цветом почвы большое влияние на нагревание ее оказывает содержание воды, именно влажные почвы менее нагреваются при одинаковых источниках тепла, чем сухие. Уже вследствие одного испарения воды почва теряет значительное количество тепла. Если сравнить температуру почвы горшечного растения с температурой окружающего воздуха, то обыкновенно на рассеянном свете почвенная температура оказывается ниже. Пористые, пропитанные водою стенки горшка и самая земля, в нем испаряют воду и тем самым отнимают теплоту. Термометр, опущенный на 3 см глубины в цветочный горшок, наполненный хорошо увлажненной землею и помещенный в темный термостат — показал:

Время	Температура земли в горшке	Температура окружающе- го воздуха
13 февраля		
11 час. утра	26,3	28,3
5 ч. пополудни	26,7	28,3
7 ч. пополудни	26,9	28,5
14 февраля		
10 ч. утра	26,7	28,3
12 ч. дня	26,8	28,4
4 ч. пополудни	23,4	28,5

Отсюда ясно, что температура земли в горшке заметно ниже (примерно на 2°) температуры окружающего воздуха.

Относительно использования в садоводстве тепла, вызываемого бактериями и грибами, будет сказано ниже.

Гумус

Первыми растениями, пионерами на голых скалах являются бактерии и водоросли, ¹ за ними следуют лишай, мхи, злаки, камнеломки и др. растения. Через некоторое время перечисленные растения отмирают и их сгнившие части входят как органическое вещество в почву, образуя таким образом гумус. Гумус очень важен для зеленых растений, правда, не в том смысле, что

¹ Die I's, L. Die Alpen-Vegetation der Südtiroler Dolomittriffe. Ber. b. deutsch. Bot. Ges. Bd. XXXII p. 502.

растение непосредственно пользуется им для питания, как ошибочно думали раньше, а в том, что органическая масса освобождает путем разложения ценные неорганические питательные вещества (пахотную кислоту, аммиак, фосфорную кислоту и др.) и тем придает почве различные полезные для растения свойства.

Благодаря гниению органические остатки все более обогащаются углеродом, причем образуется темная бурая или черная пыль — гумус в узком смысле слова.

Путем разложения этого гумуса под влиянием широкого доступа воздуха образуется масса без ясно выраженного кислого характера, напротив при недостаточном доступе воздуха, как например на сырых лугах, она приобретает явно кислые свойства. Богатые гумусом почвы считаются очень плодородными, так как гумус, между прочим, образует часть мелкозема и благодаря этому улучшает качество почвы.

На сухих солончаковых почвах образование гумуса очень отстает, так как в связи с сильным недостатком воды высокая концентрация раствора почвенных солей подавляет там растительность, т. е. самый источник образования гумуса. Во влажном тропическом климате часто имеется недостаток в гумусе, вследствие того что благодаря высокой температуре остатки мертвых животных и растений и образовавшийся из них гумус чрезвычайно быстро разлагаются.

Садоводы и земледельцы стараются насколько возможно обогатить почву гумусом путем удобрения ее растительными и животными остатками (навозом, компостом и т. п.), и самое превращение первичной почвы в пахотную землю, а пахотной в садовую основывается главным образом на обогащении почвы гумусом. Точно так же и употребляемые для горшечной культуры почвы — вересковая, торфяная, перегнойная и компостная — содержат значительное количество гумуса.

Искусство правильно культивировать растения зависит в значительной степени от умения выбрать почву и приготовить соответствующую смесь. Садовод не может яснее обнаружить своего невежества, как выращивая салат или огурцы на вересковой почве, а азалии или верески на перегнойной, в обоих случаях результат несомненно получится плачевный.

При выборе земли нужно всегда сообразоваться с почвенными условиями, в которых произрастает растение в диком виде, а также и с его питательными потребностями. Для вереска и азалий, которые в естественных условиях предпочтительно растут на песчаных, вересковых почвах, нужно выбирать песчаные, вересковые и вереско-торфяные почвы, для болотных растений — болотные, для пеларгоний, цинерарий, аютиных глазок (*Viola tricolor*), любящих нитраты, — перегнойные почвы, для орхидей, которые в природе эпифитно селятся на деревьях — листовенную, вересковую или сфагновую, для прорастающих спор папоротника — торфяные брикеты и т. д.

Смесь надо всегда составлять таким образом, чтобы она не только содержала необходимые питательные вещества, но и обладала нужными для растения физическими свойствами.

Наличие органических веществ в почве обеспечивает также возможность развития микроорганизмов. Количество бактерий, пле-

снелых грибов, водорослей и простейших в почве чрезвычайно велико. Для того чтобы составить себе представление о количестве бактерий достаточно указать, что число бактерий в 1 куб. см земли достигает многих миллионов. Относительно богаты микробами пахотные и садовые почвы. Почвы, содержащие менее 1 миллиона бактерий, на 1 куб. см, считаются бедными, от 2 до 6 миллионов — средними, а свыше 10 миллионов весьма богатыми бактериями. В лесной подстилке часто встречаются даже большие количества бактерий, а именно в 1 грамме сухого вещества находили до 50 миллионов бактерий и до $3\frac{1}{2}$ миллионов зародышей плесневых грибов.¹ На поверхности цветочных горшков живут миллионы водорослей и амёб, образующих слизистые налеты. Таким образом почва представляется как бы живой массой.

Нет никакого сомнения в том, что эти микроорганизмы оказывают существенное воздействие на почву, изменяют ее, и таким образом влияют на питание растений. Они разлагают удобрение, гумус, растворяют питательные вещества и видоизменяют физический характер почвы. Попадающий в почву с органическими удобрениями и остатками мертвых животных и растений белок перерабатывается микроорганизмами и превращается в аммиак.

Азотные бактерии окисляют аммиак в почве в азотистую и азотную кислоты, а так называемые денитрифицирующие бактерии могут вновь разрушить азотную кислоту путем освобождения азота.

Наряду с указанными бактериями встречаются еще и такие, которые ассимилируют свободный азот и переводят его в связанную форму, кроме того встречаются бактерии, вызывающие брожение клетчатки и еще многие другие.

Вполне основательно начинают уделять все большее внимание биологии почвы, так как несомненно она имеет важнейшее значение. В каждой почве между бесчисленным количеством имеющихся бактерий устанавливается через некоторое время известное равновесие. Это равновесие, при определенных условиях, например, при применении удобрения, стерилизации, введения ядов может быть нарушено, причем одни микроорганизмы могут сильнее развиться, другие, напротив, оказаться подавленными, в результате чего почва может быть изменена в благоприятную или неблагоприятную для питания растений сторону.

Когда в виноградниках, в целях борьбы с филлоксерой, обрабатывают почву сероуглеродом, то через некоторое время замечается поразительно сильное развитие виноградной лозы. Происходит это вероятно вследствие того, что ядовитый сероуглерод убивает многочисленные микроорганизмы в почве, которые разлагаясь служат прекрасным источником питания для высших растений. Таких же результатов можно достигнуть путем стерилизации, особенно при помощи эфира, хлороформа, бензола, серы и других веществ.

Наряду с бактериями и другими микроорганизмами в почве встречаются и разные виды животных, как-то кроты, мыши,

¹ R a m a n n, E. Bodenkunde I. с. р. 439.

сколопендры, жуки, муравьи и черви; из последних особенный интерес представляют дождевые черви. На выдающуюся роль дождевых червей в образовании и улучшении почвы указал Ч. Дарвин.¹

Во всех странах, где много осадков, например в Англии, дождевые черви находятся во множестве. В связи с тем, что они поглощают вместе с землей находящиеся в почве органические остатки (куски листьев, стеблей), через их кишечник проходит такое количество земли, что уже через несколько лет весь верхний слой пахотного горизонта приобретает чрезвычайно мелкую структуру и кроме того удобряется и перемешивается с выделениями их кишечника.



Рис. 10. Улучшение почвы дождевыми червями. 3 горшка с песком были засажены капустой. Горшок слева без дождевых червей, средний с 5-ю дождевыми червями, справа с 10-ю дожд. червями. Растения сфотографированы через 25 дней. Замечено значительное улучшение развития растений в присутствии дождевых червей. Уменьшено. (Оригинал автора.)

„По истине изумляешься, — говорит Дарвин — когда представишь себе, что весь поверхностный гумус прошел через тело дождевых червей и через несколько лет вновь пройдет через них. Плуг — одно из древнейших и ценнейших изобретений человека, однако, еще задолго до его появления земля была равномерно обработана дождевыми червями и будет непрерывно обрабатываться ими впредь. Сомнительно, чтобы какое-нибудь другое животное сыграло такую значительную роль в истории земли, как это низко-организованное существо“.

Настоящего экспериментального доказательства увеличения плодородности пахотной земли дождевыми червями в работе Дарвина не приводится. Получить его не трудно. Достаточно для этого посадить растения в горшки с дождевыми червями и без них, предотвратив при помощи проволочной сетки возможность червям выползти из горшков. Но если и не принять этой предосторожности и если даже один-другой червяк и выползет, все же при употреблении плохой земли, опыт даст ясный положительный результат, который выразится бросающимся в глаза ускорением развития растения в присутствии дождевых червей. Это подтверждается опытами Вольни² (который вначале высказывался против Дарвина), а также и неопубликованными данными автора, представленными на рисунке 10.

¹ Ч. Дарвин. Полное собрание сочинений.

² Wollny, E. Untersuchungen über die Beeinflussung der Fruchtbarkeit der Ackerkrume durch die Tätigkeit des Regenwurms. Fortschr. auf. d. Gebiete der Agrikulturphysik, 13. Bd., 1890 p. 381.

Укисшие опыты не оставляют никакого сомнения в том, что дождевые черви повышают плодородие почвы. Они изменяют как химические, так и физические свойства ее в благоприятную для питания растений сторону. Горшки с дождевыми червями позволяют чисто микрохимически обнаружить повышенное содержание аммиака и селитры.

Совершенно не согласуется с этим обычно проявляемое садовниками предубеждение против дождевых червей в горшках, что, по мнению автора, имеет, однако, некоторые основания.

Нужно различать деятельность дождевых червей в открытом поле и в горшках. Горшечные культуры обыкновенно настолько обеспечены плодородными почвенными смесями, что совершенно не нуждаются в помощи дождевых червей. К тому же дождевой червь в короткое время делает землю в горшке настолько рыхлой или комковатой и так испещряет ее ходами, что поливочная вода слишком быстро просачивается через нее, вследствие чего частицы почвы не успевают удержать воду и растворенные в ней соли. Этим и объясняется отрицательное отношение садоводов к дождевым червям в горшках. Другое дело в открытом поле, там все эти вредные последствия деятельности дождевых червей отпадают, и они действительно во многих отношениях являются улучшателями почвы.

6. Удобрение

Культурные растения предъявляют очень высокие требования к питательным веществам, часто значительно большие, чем дикая флора. К тому же при снятии урожая уносятся с поля извлеченные растениями из почвы питательные вещества, накапливаемые в соломе, зерне, плодах и корнеплодах. Почва истощается, а потому, если хотят поддержать культурные земли на высокой степени плодородия, необходимо возмещать им извлеченные из них со снятием урожая питательные вещества. Это достигается главным образом путем удобрения.

Почва нуждается в возмещении прежде всего трех питательных веществ: связанного азота, калия и фосфорной кислоты. Эти вещества обыкновенно имеются в почве лишь в незначительном количестве, тогда как другие необходимые для растения вещества, как то: магний, серная кислота, известь и железо имеются большей частью в достаточном количестве даже для повторных урожаев.

В прежнее время, когда еще сельские хозяева не имели в своем распоряжении искусственных удобрений, пытались улучшить почву, периодически оставляя ее на год под паром и запахивая затем вырастающие за этот год сорняки. Вследствие выветривания и благодаря разложению сорняков за год отдыха почва обогащалась питательными веществами в усвояемой для растения форме.

Пробовали также удовлетворить потребность растений в питательных веществах и путем плодосменного севооборота. Известно, что разные растения предъявляют различные требования на определенные питательные вещества. Некоторые, например, очень требо-

питательны к калию, другие к нитратам или к каким-либо иным веществам. Если на одном и том же полевом участке в течение нескольких лет будет выращиваться калийное растение, то в конце концов в почве останется так мало калия, что его уже не будет хватать на запросы данного растения, но еще вполне возможно будет вырастить на такой бедной калием почве другое растение с меньшими потребностями в калие. На этом основании и воздерживаются от выращивания постоянно на одном и том же месте одних и тех же видов растений, а чередуют их с другими, т. е. вводят плодосменные севообороты.

Современное сельское хозяйство и садоводство имеют в настоящее время в своем распоряжении целый ряд превосходных жидких и твердых удобрений: навоз, навозную жижу, торф, чилийскую селитру, цианамид кальция (CaCN_2) норвежскую селитру, суперфосфат, томасшлак, костяную, кровяную, мясную муку, гуано и др.

Одним из лучших удобрений, широко применяемым в сельском хозяйстве, является навоз. При помощи его можно придать почве такие свойства, которые вполне обеспечивают ее продуктивность. Правильно заготовленный навоз содержит все необходимые для развития растения вещества.

В 100 кг умеренно перегнившего коровьего навоза содержится в среднем:

0,35 кг	фосфорной кислоты
0,5 "	калия
0,5 "	азота
0,7 "	известки

Навоз еще и потому ценен, что он не только снабжает почву питательными веществами, но также улучшает ее физические свойства. Он согревается вследствие бактериальной деятельности, придает почве все более и более темную окраску, увеличивая тем ее способность к нагреву, обуславливает рыхлую структуру почвы путем образования гумуса, освобождает углекислоту, повышает водоудерживающую способность и аэрацию и способствует выветриванию и бактериальной деятельности почвы.

Если культуры обладают особо высокой потребностью в питательных веществах, то одного навоза может быть и недостаточно, приходится обращаться к помощи других удобрений — чилийской селитре, сернокислому аммиаку, суперфосфату, томасшлаку и калийной соли.

Для исключительно сильного развития садовых культур требуется до 400 кг азота на га, одно только навозное удобрение не может дать такого количества азота, здесь требуется добавление концентрированного удобрения: чилийской селитры, содержащей 15½% и аммиачной соли, содержащей — 20% азота. Если полить весной или летом грядки цветов, овощей или коротко подстриженный газон раствором чилийской селитры (20 г соли на 10 л воды), то действие удобрения обнаружится уже через 1—2 недели. Листья потемнеют, окраска цветов станет более густой, развитие растений — более мощным. Особенно хорошие результаты получаются при применении указанного способа удобрения к травам, сельдерее, шпинату, картофелю и различным видам капусты и репы,

и меньшей степени при применении к фасоли, чечевице, гороху и другим бобовым, которые, как мы уже знаем, могут использовать и свободный азот при помощи бактерий, а потому менее зависят от связанного азота почвы.

Для восполнения недостатка фосфора в почве пользуются томасшлаком и суперфосфатом. Томасшлак, добываемый в качестве побочного продукта при очистке железа от фосфора, содержит 16% фосфорной кислоты. Суперфосфат получается путем обработки измельченных минеральных фосфатов серной кислотой с последующим высушиванием и размолом в порошок. Оба вида удобрения прекрасно оправдывают себя. Удобренные ими растения быстрее и роскошней развиваются, начало цветения и завязывание плодов наступает раньше и наконец растения лучше противостоят нападению насекомых и грибным заболеваниям. Таким образом, в то время как азот главным образом усиливает рост стеблей и листьев, фосфор способствует цветению и плодоношению.

При недостатке калия в почве применяются стасфуртские калийные соли, каинит, карналит, сильвинит и т. п. Вагнер особенно рекомендует так называемую 40%- калийную соль. Она представляет собой размолотую, легко растворимую в воде соль, содержащую 40% чистого калия, кроме того 20% поваренной соли и немного окиси магния. Калийная соль главным образом полезна для различных видов капусты и репы, для сельдерея, лука, томатов и для садовых газонов.

Наилучшие результаты получаются при употреблении 4—6 кг этой соли на 100 кв. м, особенно если при этом обращается внимание на достаточное обеспечение почвы известью.

ИЗВЕСТЬ. Хотя в почве обыкновенно содержится достаточно извести для питания растения, тем не менее часто некоторое добавление ее бывает полезным. Так в кислых почвах известь путем связывания кислых соединений ускоряет разложение органических веществ и тормозит дальнейшее закисание.

Известь может уничтожить в течение короткого времени толстые слои торфа, создавая благоприятные условия для бактерий, разлагающих кислый торф. Даже в обыкновенной, не очень богатой гумусом земле при прибавлении незначительного количества измельченной извести, через несколько дней число бактерий возрастает в 50—100 раз. Таким образом известь действует растворяюще на питательные вещества в почве, которые непосредственно не могут быть использованы. Эти процессы происходят очень быстро, поэтому сначала плодородие почвы очень резко повышается, но затем снова понижается. Не даром существует старинная немецкая поговорка, что известь делает богатыми отцов, но бедными их сыновей. Поэтому известковое удобрение всегда должно применяться с осторожностью.

В то время как в сельском хозяйстве путем применения удобрений рациональное питание возделываемых растений и доходность земли поднялись на высокую ступень, нельзя того же сказать про садоводство. Удобрение плодовых деревьев применяется до сих пор еще слишком слабо, а удобрение горшечных культур далеко еще не вошло в обиход, хотя и здесь при его помощи можно добиться блестящих результатов.

Вагнер много работал над вопросом удобрения садовых растений и изложил результаты своих наблюдений в своей ценной книге.¹ Он рекомендует в качестве „питательной соли“ для удобрения садовых горшечных и оранжерейных культур смесь из концентрированных солей. Смесь² эта состоит из:

15	частей	фосфорнокислого аммиака
15	„	азотнокислого калия
5	„	40%-калийной соли
25	„	чилийской селитры
40	„	сернокислого аммиака.

Сумма 100 частей

100 частей этой смеси содержат примерно 8,5 частей калия, 6,5 частей растворимой фосфорной кислоты и 15 частей азота. Эта питательная соль, согласно исследованиям Вагнера, особенно оправдала себя на фуксиях, пеларгониях, розах, гвоздиках, миртах, апельсиновых деревьях, пальмах, олеандрах, гелиотропах, камелиях, колеусах, каннах, кливиях, клещевине, адiantiумах, гортензиях, кальцеоляриях, клематисах, традесканциях и др. Лучше всего употреблять эту соль в виде раствора, содержащего до 10 г соли на 10 л воды.

В зависимости от величины горшка употребляют от $\frac{1}{8}$ до 1 литра указанного раствора так, чтобы земля была хорошо пропитана им.

Удобрение вообще не должно производиться по одному шаблону. Садовник должен сообразоваться с потребностью и здоровьем растения.

Горшечное растение следует удобрять только тогда, когда оно хорошо укоренилось и пошло в рост. До этого питательные соли не должны применяться, так как, не будучи потребляемы растениями, они будут скопляться в земле и вредить ему. Поэтому больные растения и находящиеся в периоде покоя не следует удобрять.

Если растение растет быстро и пользуется интенсивным светом, нужно поливать его питательным раствором примерно раз в неделю, напротив, если оно медленно растет, то только через каждые две недели. Опытный садовник исходит всегда из данного объекта и удобряет растение только тогда, когда оно испытывает в этом потребность. Какой эффект получается при правильном примененном удобрении наглядно показывают прилагаемые рисунки.

Если не имеется в распоряжении питательной соли, то прекрасные результаты для многих горшечных культур можно получить также при помощи навозной жижи, роговых стружек, гуано или кровяной муки.

Для того чтобы надлежащим образом приготовить навозную жижу, нужно положить в чан несколько лопат коровьего навоза или других животных экскрементов, залить их водой и оставить стоять в течение 1—2 недель. Регулярно поливаемые через каждые 8—14 дней разведенной навозной жижей пеларгонии, фуксии, цикламены, хризантемы, бегонии, огурцы, тыквы и другие садовые растения разрастаются чрезвычайно сильно.

¹ Wagner P. Die Ernährung gärtnerischer Kulturpflanzen 5 Aufl. Berlin 1908, p. 60.

² 100 кило этой соли стоили перед войной около 35 марок.

Даже небольшое количество навоза удивительно благоприятно действует на некоторые растения; автор сам неоднократно убеждался в этом на цинерариях. Если намазать внутреннюю часть горшка совсем тонким слоем (1 мм) кашицы из коровьего навоза и посадить в него цинерарию, то результаты получаются блестящие. Растения, посаженные в такие смазанные горшки, развиваются значительно роскошней, чем в не смазанных навозом горшках.

В последнее время начинает широко применяться удобрение плодовых деревьев, благодаря чему повышается урожай и получаются значительно лучшие по качеству плоды.

Превосходные результаты были получены при удобрении плодовых деревьев по следующему вагнеровскому рецепту: 75 г чилийской селитры, 100 г каинита и 100 г томасшлака на дерево.¹ Для удобрения молодых деревьев рекомендуется окопать дерево ради-



Рис. 11. Опыт с удобрением земляники пит. солью. (По Вагнеру).

Удобрение 0 г	5 г	10 г
Урожай . 86 .	205 .	315 .

усом в 1 м от ствола внести туда удобрение, заделать землей и содержать ее затем в разрыхленном виде, не давая ей зарастать сорняками. Старые деревья можно поливать жидким удобрением до самых пределов проекции кроны, так как их корни даже выходят за пределы этой проекции. Жидкое удобрение рекомендуется применять не один, а несколько раз в год, сначала весной, а затем в середине и в конце лета.

Другой способ внесения удобрения в почву может быть осуществлен при помощи гуттеровского сверла — железной штанги в 1 метр длины с заостренным концом и с крепкой ручкой. При помощи этой железной штанги проделываются в почве под деревом отверстия, в которые всыпается смесь, состоящая из 3 частей суперфосфата и 2 частей калийных солей. С успехом также применяется смесь этих солей с чилийской селитрой и навозной жижей в следующей пропорции:

	Суперфосфат	Сернокислый калий	Чилийская селитра
Для старого высоко штамбового дерева	1,5 — 2,5 кг	1,5 — 2,5 кг	1,0 — 2,0 кг
Для молодого штамбового или карликового дерева	0,3 — 0,7 кг	0,3 — 0,7 кг	0,2 — 0,4 кг

¹ Otto, R. Die Düngung gärtnerischer Kulturen insbesondere der Obstbäume Stuttgart 1896, p. 51 u. 54.

Стимуляторы

В последнее время многие утверждают на основании произведенных опытов, что прибавление в почву известных веществ в частности серы, сероуглерода, марганца (Лёв, Бертран, Стоклаза и др.) соединений меди, азотнокислого свинца и радиоактивных веществ оказывает благоприятное влияние на развитие растений. Эти вещества производят стимулирующее или, как принято говорить, каталитическое воздействие.¹

Гейнце² дает очень хороший отзыв о влиянии серного цвета на увеличение урожайности почвы. Уже около 50 лет тому назад во Франции было замечено, что окуривание серой в том виде, как оно применяется в виноградниках, против мучнистой росы, оказывает чрезвычайно благоприятное воздействие на рост и плодоношение виноградных лоз.

Проведенные позднее, в частности Бернгардом, опыты с удобрением почвы серой в размолотом виде говорят в пользу такого удобрения. Действие серы на увеличение производительности почвы становится однако заметным только тогда, когда внесение серы производится задолго до посева.

Является ли указанное стимулирующее действие следствием превращения серы в серную кислоту, или здесь играет роль разложение почвы, или же наконец оно обуславливается тем, что сера благотворно влияет на некоторые бактерии, деятельность которых полезна для питания растений, остается пока под вопросом. С другой стороны, стимулирующее действие серы вообще вызывает сомнения. То же самое можно сказать и относительно сероуглерода.³

Свойство увеличивать производительность почвы приписывается также и марганцу. Так Петти получил хорошие результаты с марганцем на горшечных культурах *Coleus Verschaffeltii* внося на каждый горшок (15 см ширины) от 0,5 до 0,20 г сернокислого марганца и поливая растения дистиллированной водой. При этом влияние сульфата компенсировалось внесением во все горшки сернокислого аммония.⁴

Пфейффер и Бланк⁵ на основании своих опытов равным образом пришли к заключению, что сернокислый марганец вызывает увеличение урожайности, однако полученные ими результаты вызвали сомнения даже у них самих.

Таким образом относительно воздействия марганца дело еще не вполне выяснено и нужны еще дальнейшие более точные исследования для правильного освещения значения марганцевого удобрения. Только тогда и можно будет более или менее достоверно судить о том, как действует марганец, путем ли косвенного видоизменения почвы, или прямым воздействием на обмен веществ.

¹ Russel E. J. l. c. p. 149.

² Heinze, B. Die Steigerung des Bodenertrages durch den Schwefel, Die Naturwissenschaften 1913 Jg. I p. III.

³ Ehrenberg, P. Reizdüngemittel und ihre Bedeutung. „Die Naturwissenschaften“ 1916 p. 345—352.

⁴ Petit, A. Notes d'horticulure experimentale. Bibliothèque horticole. Paris p. 193.

⁵ Pfeiffer, Th. u. Blanck, E. Beitr. zur Frage über die Wirkung des Mangans auf das Pflanzenwachstum. Landw. Versuchsstationen. 1912. Bd. 77. p. 3.

Не вполне надежными должны быть признаны также результаты, полученные с медными и свинцовыми соединениями, а также с радиоактивными веществами. Огласяющиеся сюда опыты часто противостоят друг другу и нуждаются еще в уточнении и критической оценке.

Таким образом мы видим, что вопрос о *стимуляторах* в области растениеводства представляется еще очень неясным и неисследованным. Во всяком случае в применении к практике нужно иметь в виду, что каталитическое удобрение не заменяет собственно питательных веществ, а только служит в качестве стимулятора.

Карликовые культуры

Как путем усиленного питания растение может быть доведено до значительного, часто гигантского роста, так при скудном, только поддерживающем жизнь растения питании, получается противоположный результат — карликовость. Под это понятие подводят обыкновенно два резко различающиеся между собой явления.

1. В одном случае мы имеем дело с расами некоторых видов растений, которые, несмотря на хорошее питание, отличаются необыкновенно малым ростом, так среди пеларгоний, агератумов, цинерарий, незабудок, циний, тагетесов встречаются такие карликовые формы, которые появляются внезапно по неизвестной причине и передают свою карликовость семенами.

2. В другом случае карликовый рост обуславливается недостатком питания. У многих растений, растущих на сухих каменистых почвах, часто наблюдается крайне жалкое развитие. *Polygonum*, *Capsella*, *Euphrasia* и другие растения начинают иногда цвести, развев всего 1—3 крошечных листочка и потому кажутся настоящими карликами.

Особенно же выражена карликовость (*Nanismus*) у пользующихся в настоящее время большим спросом и широкой известностью в Европе японских карликовых деревцев.¹ Автор настоящей книги во время своего последнего пребывания в Японии (1922 — 1925 г.) обратил особое внимание на эти излюбленные японцами деревца и высказался о них следующим образом:²

Под карликовыми деревьями в Японии понимают чрезвычайно маленькие для своего возраста деревца, ростом от нескольких сантиметров до 1 метра, посаженные в тесные сосуды. Такие низкорослые растения достигают часто 10, 50, 100 лет и даже выше и производят впечатление старых карликов.

Когда такие японские карликовые деревья впервые появились во второй половине прошлого столетия на всемирных выставках

¹ Rein J. J. Japan nach Reisen und Studien. Leipzig 1886 Bd. II p. 315.

Revue horticole. Paris 1889. 61 e anée p. 374 и 435 и 1878 p. 27.

Mayr, Heinrich. Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin 1906 p. 86.

Sorauer. P. Handbuch d. Pflanzenkrankheiten. I Bd., bearbeitet von Graebner, P. Berlin. 1921. 4 Aufl., p. 241.

² Molisch. H. Im Lande der aufgehenden Sonne. Wien 1927. p. 354 — 360 Verlag J. Springer.

в Вене, Париже и Лондоне они обратили на себя всеобщее внимание и вызвали единодушное восхищение. После этого они стали часто привозиться и имели хороший сбыт. Карликовые деревья настолько характерны для японских садов и жилищ, что даже нельзя себе представить Японию без карликовых деревьев. Всюду, куда вы ни пойдете, вы видите эти удивительные деревца, — в садах, полигониках, комнатах, даже в гостиницах в коридорах и на столах.

Каким образом добиваются японские садовники, чтобы вишни, сливы, клены или сосны, которые при обыкновенном уходе достигают значительной высоты, оставались маленькими, даже будучи, уже старыми? С физиологической точки зрения можно сказать, что достигается это режимом голода. Садовник заставляет растение голодать и сохнуть. Питание и вода назначаются ему в таком скудном количестве, что оно может вести лишь крайне слабое существование.

Рост растения ограничивается кроме того тесным сосудом, в котором оно помещается. Обыкновенно это круглый или прямоугольный горшок.

В низком сосуде очень мало места для корней, они не могут распространяться и находят здесь лишь самое скудное питание. Так как между корнями и кроной имеется всегда определенное соотношение, то в указанных условиях получается и маленькая крона.

Чтобы свести рост до минимальных размеров, почва крепко утрамбовывается, а для того чтобы деревьям придать характер горных растений в почву прибавляют щебня, обнажают основание ствола и часть одревесневших корней, причем под них также подкладывается щебень.

Рост кроны стараются задержать еще разными другими приемами, которые в общем сводятся к изменению нормального положения ветвей. Очень любят загигать ветви сливных деревьев дугообразно вниз и оставлять их таким образом связанными, пока они со временем не закрепятся в этом положении в процессе роста дерева. Такое дерево имеет вид плакучего и во время цветения производит очаровательное впечатление. Или, например, заставляют ветви расти в виде волнообразной или неестественно кривой линии, для чего их закрепляют на продолжительное время в желаемом положении проволокой или бечевой. Если сравнить быстроту роста вертикально стоящих ветвей с направленными горизонтально или вкось, то окажется, что вертикальные растут в длину быстрее горизонтальных, т. е. вертикальное положение ветви способствует росту в длину, напротив горизонтальное задерживает его. Это хорошо известно на опыте как японским садовникам, так и европейским,

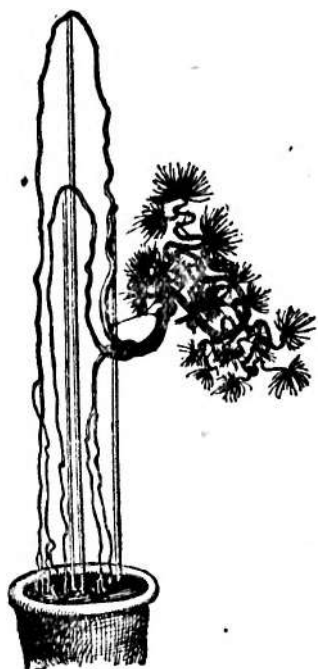


Рис. 12. Уроdlивое карликовое дерево *Pinus densiflora*. $\frac{1}{8}$ натур. велич. (Revue horticole 1889).

причем в Японии это явление давно уже нашло себе применение в культуре карликовых деревьев. Таким искусственным изменением положения ветвей не только задерживается рост, но и всему деревцу придается ненормальная форма, причем деревцо получает особенно причудливый вид, когда садовник по мере роста все дальше и дальше оголяет его корни, и оно оказывается стоящим на своих голых одеревенелых корнях, точно на ходулях (рис. 12).

В карликовой культуре применяются и ножницы. Слишком сильно растущие в длину ветки укорачиваются, причем все время наблюдают за тем, чтобы крона приобретала тот вид, который она имеет у данного растения в природе, когда оно находится в плохих условиях питания, например, когда оно растет на скалах.

Карликовые деревца либо выводятся из семян (клен, сосны гинкго и др.), либо разводятся отводками. Разведение черенками применяется преимущественно в тех случаях, когда желают возможно скорее получить растения, годные для продажи. У вишневых или сливных деревьев срезают осенью черенки несколько толще чем в палец, и сажают их в почву, а с следующей весны, когда они уже укоренятся, начинают давать им требуемый режим для образования из них карликов.

Полученные таким образом карлики употребляются также в качестве подвоя для прививок.

Часто выкапывают также для выращивания карликов маленькие деревца (вишни, клены, сосны), с изогнутыми или искалеченными стволами растущие на воле в лесах, на камнях или скалах.

Число растений (деревьев и кустов) годных для карликовой культуры как видно из прилагаемого списка, довольно значительно.

Ginkgo biloba
Juniperus chinensis
 " *nipponica*
Cryptomeria japonica
Abies firma
 " *sachalinensis*
Picea ajanensis
 " *hondoensis*
Tsuga diversifolia
 " *Sieboldi*
Taxus baccata subsp. *cuspidata*
 " *globosa* f. *tardiva*
Celtis sinensis var. *japonica*
Crataegus cuneata
Prunus (вишня)
 " *domestica*
 " *Mume*
 " *tomentosa*
Acer palmatum
 " *trifidum*
Morus alba var. *stylosa*
Hamamelis japonica

Macrocarpium officinale
Chamaecyparis obtusa var. *breviramea* var. *filicoides*, var. *lycopogonioides*, var. *pisifera*, var. *squarrosa*, var. *plumosa* var. *filifera*
Abelicea hirta
Cinnamomum Camphora
Jasminum nudiflorum
Forsythia suspensa
Elaeagnus multiflora
Ligustrum Ito *
Pieris japonica
Punica Granatum
Nandina domestica
Malus floribunda
Chenomeles lagenaria
Cydonia vulgaris
Stewartia pseudolamellia
Fagus silvatica L. var. *Sieboldi*
Carpinus laxiflora
Alnus firma

Rhododendron Hymnanthes
var. pentamerum
Gardenia florida
Quercus dentata
Различные *Pinus*

Pirus serotina
Larix leptolepis
Tamarix chinensis
Milletia floribunda
Magnolia Kobus.

На первый взгляд поражает чрезвычайное обилие цветов у карликовых деревьев, однако известно, что задержка роста растения, закрепление ветвей в горизонтальном положении и препятствие росту корней содействуют заложению органов цветения. Вообще в тех случаях, когда задерживается развитие корней и вегетативных побегов органическое вещество, вырабатываемое листьями, преимущественно идет на образование цветов и этим объясняется почему сливы, вишни, айва, жасмин и другие карликовые растения, несмотря на недостаток питания, кажутся буквально обсыпанными цветами

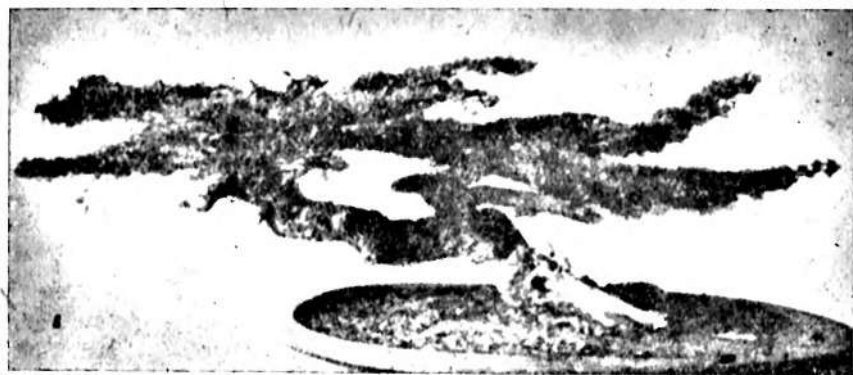


Рис. 13. *Larix dahurica* var. *japonica*. Карликовый экземпляр лиственницы, выросшей в естественных условиях на Курильских островах.

Что касается проявляемого японцами особенного пристрастия к карликовым деревьям, то, повидимому, эти деревья не нашли значительного числа сторонников в европейских кругах, иначе эта культура вызвала бы себе подражание и распространение в Европе. Попытки в этом направлении, хотя и делались, но они были мало успешны.

Европейцу, впервые увидевшему карликовые деревья, японский вкус кажется странным, однако, если он проживет в Японии более продолжительное время и поближе познакомится со страной, то он мало по малу придет к убеждению, что кажущийся неестественным вид некоторых карликовых деревьев в действительности повторяет природу и что она-то и послужила образцом для их культуры.

Если разглядеть подробно сосны, растущие на миниатюрных островках бухты Матсushima, считающиеся одним из очаровательнейших мест Японии, то можно заметить, что формы этих деревьев живо напоминают знакомые нам карликовые деревья — стволы их изогнуты, а ветки свешиваются вниз через края скал. Коллега автора Мэкава из Саппоро любезно предоставил фото-

графини лиственницы *Larix dahurica* с Курильских островов, по росту и величине не только похожие на карликовые деревья, что они даже идут на продажу в Токио в качестве таковых.

Весьма возможно, что такие формы деревьев и послужили импульсом японскому вкусу к воспроизведению подобных форм в малом виде.

Японцы имеют кроме того большое пристрастие ко всему старому. Старые вишневые деревья не только не уничтожаются даже тогда, когда на них остаются всего лишь несколько ветвей, но, напротив, их окружают самым тщательным уходом. Щадятся даже растущие на них грибы и лишай. Точно также ценятся и старые карликовые деревья и даже особенно дуплистые или имеющие наполовину расколотые стволы.

Автору пришлось видеть в одном крупном садоводстве в Токио сравнительно молодые карликовые деревья гинкго, изумительные

по массе покрывающих их плодов. Между тем известно, что гинкговые деревья начинают плодоносить только через 20—30 лет. Каким же образом можно было заставить плодоносить это дерево, когда оно едва достигло еще $1\frac{1}{2}$ метра высоты? Достигается это путем разведения черемками от старых, уже плодоносящих деревьев или прививкой черенков с таких деревьев к сеянцам. Взятый с плодоносящего дерева черенок длительно сохраняет свою природу и благодаря этому плодоносит уже на следующий год.¹



Рис. 14. Весьма старое карликовое дерево из рода *Pinus*. (Оригинал.)

Одно из наиболее удивительных карликовых деревьев, которое пришлось видеть автору — и особенно ярко выражавшему пристрастие японца к причудливому — была маленькая пихта *Abies sachalinense*, к которой была привита ведьмина метла с того же дерева. Она была вывезена с горы Хакода и находилась у владельца гостиницы в курорте Тзута.

Условия скудного питания не только задерживают рост растения в высоту, но также и в толщину. Годичные слои поэтому

¹ Желющие ближе ознакомиться в этом явлении могут обратиться к изложенному о „топофизисе“ и индивидуальности ветвей в этой книге или к другой книге Моля и ша: „Продолжительность жизни растений“ (*Die Lebensdauer der Pflanze*. Jena 1929).

поразительно тонки — следствие недостатка питания. По их числу можно точно определить возраст дерева и установить, что карликовые деревья вишни, сосны и других могут достигать 50—100 и вероятно даже и большего числа лет, оставаясь при этом высотой не более метра.

Особенно замечательна обнаруженная Рихтером¹ склонность серцевидных лучей к образованию каменных клеток.

На рис. 14 изображена карликовая сосна, достигшая глубокой старости, но выращенная в горшке и всего лишь около 1 метра ростом.

В плодоводстве культура карликовых деревьев играет в настоящее время большую роль. Низкие карликовые деревца получают здесь путем окулировки сильных ростом деревьев на низкорослых кустах или деревьях со слабыми корневыми системами, напр. груши на айве, яблони на низкорослой яблоне — дусене, райской, или японской яблоне. Кроме того рост деревца задерживается и питание его ослабляется посадкой его в горшок (или кадку). Все эти приемы сводятся к ослаблению роста и повышению плодоношения.

7. Ассимиляция углекислоты

На любом кусочке угля можно видеть как равномерно распределен углерод во всей древесной ткани, а обугливание при сжигании соломинки или сухого листа показывает насколько значительное место занимает углерод в строении растения. Сухое вещество растения или части растения почти наполовину состоит из углерода. Откуда же растение берет его?

Как уже вполне выяснено при помощи водных культур (см. стр. 1) углерод зелеными растениями получается не из питательного раствора, так как в последнем совершенно не имеется углеродистых соединений; следовательно, зеленые растения могут получать его только из воздуха, в котором он постоянно присутствует в виде углекислоты. Этот факт имеет первенствующее значение, и если бы значение метода водных культур заключалось лишь только в том, что он показал, что зеленые растения могут питаться чистыми минеральными веществами и что весь свой углерод они берут из содержащейся в воздухе углекислоты, — то и в этом случае заслуга его была бы неоценима.

Атмосферный воздух в природе содержит в отношении к своему объему всего лишь около 0,03—0,04 углекислоты, и в то же время из него из года в год строится колоссальная масса растительного вещества нашей планеты. Возможно ли это и не уменьшается ли постоянное содержание углекислоты в воздухе?

Действительно, количество углекислоты в воздухе представляется с первого взгляда как бы незначительным, но если принять во внимание огромное пространство атмосферы и вычислить абсолютное количество содержащейся в ней углекислоты, то оно окажется весьма велико.

¹ Richter, O. Zur Anatomie japanischer Zwergbäumchen. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. I. Wien Mathem. — naturw. Kl. Abt. 1, 127 Bd. 1918. p. 427.

...атмосфере достигает до 3000 килограммов углерода, в которых заключается до 800 биллионов

При разложении растений и животных содержащийся в органическом веществе углерод возвращается вновь в атмосферу в виде углекислоты. Углекислота возвращается постоянно в воздух и процессе дыхания растений и животных при сгорании дерева и угля, а также выделяется из источников, вулканов и трещин земной коры, причем произведенные в различных местах земного шара исследования до сих пор не показали ни уменьшения ни увеличения содержания углекислоты в воздухе.

Но прежде чем перейти к вопросу о переработке углекислоты растением, необходимо сказать несколько слов о строении растения, и в частности его мельчайших частей.

КЛЕТКА. Высшие растения имеют целый ряд органов, разнообразного назначения. К основным органам следует отнести: корень, ствол, лист и волосок. Невооруженному глазу все эти органы представляются однородным целым, но если их рассмотреть в микроскоп, то обнаружится, что они в значительной части состоят из маленьких пузырьков и волокон, называемых клетками. Из этих клеток и построено все растение. На рис. 15 изображена часть поперечного разреза листа и показано, как он построен из отдельных клеток.

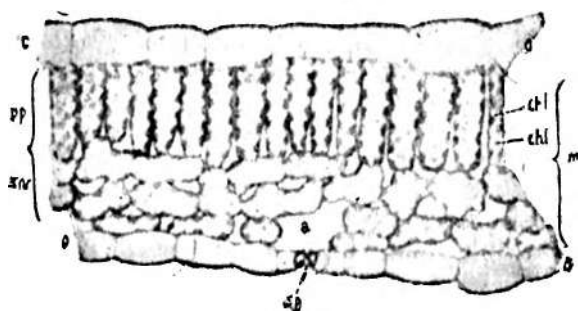


Рис. 15. Поперечный разрез листа *Tropaeolum majus*. *o*—эпидермис, *p*—устьице с дыхательной полостью—*a*; *m*—мезофилл, состоящий из палисадной паренхимы *pp* и губчатой паренхимы *sw*. Клетки мезофилла содержат хлорофилловые зерна. Увеличено в 250 раз. (Оригинал.)

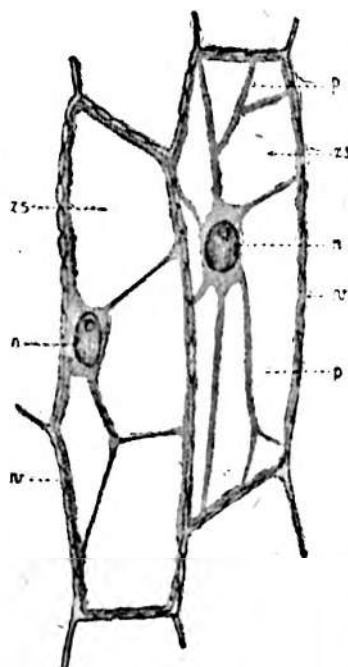


Рис. 16. Две клетки эпидермиса лука. *w*—клеточная стенка, *p*—протоплазма, *h*—клеточное ядро, *zs*—клеточный сок. Увелич. в 150 раз. (Оригинал автора.)

Растительная клетка в свою очередь имеет также сложное строение. Обычно в ней различают следующие части: оболочка, протоплазма или плазма, клеточное ядро и клеточный сок (рис. 16).

Клеточная оболочка окружает содержимое клетки в виде крепкой пленки, которая в главной массе состоит из клетчатки и образует различного рода утолщения.

Протоплазма образует бесцветную слизистую массу. В клетке может отсутствовать оболочка, клеточный сок, иногда и ядро, но плазма содержится всегда в каждой живой клетке. Протоплазма является собственно живым телом клетки.

Клеточные ядра заложены в плазме в виде дисков или шариков.

Клеточный сок появляется в плазме молодых клеток вначале в виде (содержащих сок) пузырьков или вакуолей, которые могут соединяться в более крупные пузырьки, и в конечном результате во взрослой клетке зачастую образуют одну единственную, окруженную плазмой, большую вакуолю, содержащую клеточный сок.

Внутри плазмы могут находиться различные живые или неживые включения: носители пигментов, крахмальные зерна, капли жира.

Носители пигментов, или **хроматофоры**, являются живыми телами и состоят из плазматической основы, которая пропитана одним или несколькими пигментами.

Особого внимания заслуживают носители зеленой окраски, называемые также **хлорофилловыми зернами**. Ими обуславливается зеленый цвет листьев.

Содержащийся в хлорофилловых зерных пигмент можно легко обнаружить, для этого кладут пригоршню свежей травы на $\frac{1}{4}$ минуты в кипяток, выжимают из нее воду, затем опускают в теплый спирт, который тотчас же окрашивается в красивый изумрудно-зеленый цвет. Если эту вытяжку хлорофилла профильтровать, то можно наблюдать интересное явление: раствор представляется на проходящем свете зеленым, а на ярком отраженном — кроваво-красным. Поэтому говорят, что хлорофилл флуоресцирует в красный цвет.

В вытяжке хлорофилла, а также в каждом хлорофилловом зерне имеется не только хлорофилл, но наряду с ним встречаются еще два желтых пигмента — каротин и ксантофилл. В их присутствии можно легко убедиться, если полученный указанным способом раствор хлорофилла сильно взболтать в пробирке вместе с небольшим количеством бензина и затем оставить в покое. Бензин вбирает в себя хлорофилл и собирается наверху темнозеленым слоем, спирт остается внизу и окрашивается в желтый цвет, так как заключает в себе оба желтых пигмента. Таким способом можно легко отделить один от другого желтый и зеленый пигменты. При этом надо заметить, что и хлорофилл не представляет собой однообразного тела, а состоит из двух зеленых пигментов, хлорофилла-а и хлорофилла-в, но более подробно останавливаться на этом вопросе здесь не приходится.

Зеленый цвет листа обнаруживает также характерный спектр поглощения. Если пропустить солнечный свет через хрустальную

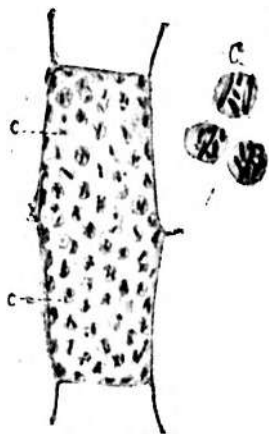


Рис. 17. (*Elodea canadensis*). Клетка листа с хлорофилловыми зернами (с) и находящимися в них крахмальными зернами. Увел. в 180 раз (С) — три зерна хлорофилла более сильно увеличенные для того, чтобы яснее показать находящиеся в них крахмальные зерна. (Оригинал.)

Спектр солнечного света состоит из красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового цвета.

Лучи, поглощенные при прохождении через вытяжку хлорофилла, представляются замещенными в спектре черными полосами. Составные части чистого хлорофилла *a* и *b* проявляют следующие два спектра поглощения (рис. 18).

Хлорофилл не содержит железа, но содержит магний и имеет, согласно Вильштеттеру, следующую формулу $C_{55}H_{72}O_6N_4Mg$.

Каротин — пигмент, которому обязана своим цветом морковь (*Daucus Carota*) является углеводородом $C_{40}H_{56}$, а ксантофилл — это окисленный каротин, формулы $C_{40}H_{56}O_2$.

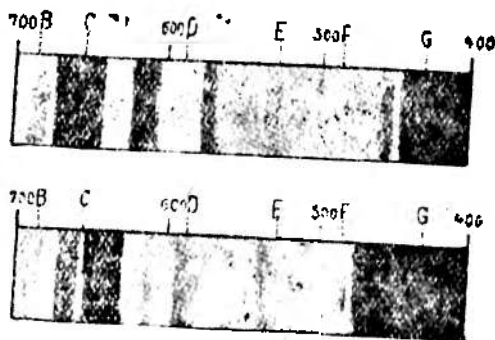


Рис. 18. Спектр поглощения чистого хлорофилла *a* — (наверху) и хлорофилла *b* — (внизу). Следует отметить сильное поглощение красного и фиолетового цветов. (По Вильштеттеру.)

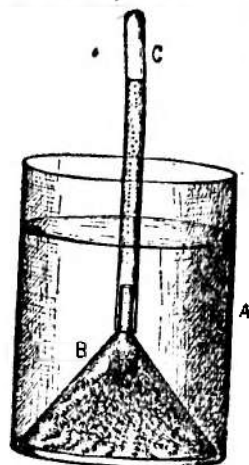


Рис. 19. Выделение кислорода водяными растениями. Уменьш. в $3\frac{1}{2}$ раза. (Оригинал.)

На этом мы заканчиваем наше небольшое отступление и переходим снова к ассимиляции углекислоты. Ассимиляцию можно понимать как в широком, так и в узком смысле. В широком смысле ассимиляцией называется превращение поглощенных питательных веществ в живое вещество. В ботанике часто под ассимиляцией понимается специально ассимиляция углекислоты. Этот процесс зависит от наличия клеток, содержащих хлорофилл, света и углекислоты и сводится в основном к восприятию углекислоты хлорофилловыми зернами и к выделению свободного кислорода.

Выделение кислорода легко обнаруживается в следующем опыте. Цилиндрический сосуд *A* наполняется обыкновенной водой, туда же вводится либо углекислый газ, либо немного содовой воды. В воду, содержащую углекислоту, помещают свежие побеги какого-нибудь зеленого растения, напр. разводимой в аквариумах водяной чумы (*Elodea canadensis*) и покрывают их воронкой — *B*, на копей которой надевают пробирку, также наполненную водой (рис. 19).

Если этот прибор помещается в темноте, ничего заметного не происходит, но если он находится на прямом солнечном свете, то

от растения, особенно на местах поломов, отделяется беспрерывный поток газовых пузырьков, которые поднимаются наверх и собираются в пробирке, вытесняя из нее воду. Если пробирку, когда она наполнится газом, снять, прикрыв снизу пальцем, и опустить в нее тлеющую лучину, то она тотчас же загорится, так как газ этот—кислород.

Выделение кислорода может быть также установлено на свету при помощи бактериального метода Энгельманна. Некоторые бактерии избегают мест, лишенных кислорода, и устремляются туда где он имеется. Они скопляются целой массой вокруг находящихся в воде воздушных пузырьков. Если в воде имеется зеленая клетка, напр. какая-нибудь водоросль, то бактерии, как показал Энгельманн, собираются вокруг этой клетки, пока она находится на свету точно так же, как вокруг воздушного пузырька. В темноте же они перестают собираться, а при возобновлении освещения вновь скопляются.

На свету зеленая клетка выделяет кислород, в этом и заключается причина, почему бактерии приближаются к клетке и окружают ее.

Описанное развитие пузырьков газа из побегов *Elodea* происходит на свету только в том случае, если вода содержит углекислоту. Если же удалить все следы углекислоты из воды кипячением, то опыт не удастся, даже если все остальные условия для ассимиляции углекислоты будут наличи.

Мы видим таким образом, что свет и углекислота необходимы для ассимиляции, а также легко может быть доказано, что и хлорофилл играет в этом процессе существенную роль. Если вышеописанный опыт с пузырьками газа проделать не с зелеными растениями, а с незелеными, например, с шампинионами, с лишенными хлорофилла корнями, с белой лилией или красными розами, то кислорода освобождено не будет именно потому, что отсутствует хлорофилл.

Внутри клетки процесс ассимиляции углекислоты происходит только в хлорофилловых зернах; бесцветная протоплазма и клеточное ядро не обладают этой способностью, что может быть доказано бактериальным методом.

Положению, что только зеленые части растения ассимилируют углекислоту, представляется противоречащим тот факт, что и красные листья, как, например, листья красного бука, колеуса и ахирантеса—также ассимилируют несмотря на то, что они не зеленые, однако при тщательном исследовании обнаруживается, что и эти листья богато снабжены хлорофиллом и что их красящее вещество только маскировано растворенным в клеточном соку красным пигментом—антоцианом.

О том, что происходит в хлорофилловом зерне при ассимиляции углерода, мы до сих пор очень мало знаем. Мы не знаем определенно, какую роль играют зеленый пигмент и минеральные соли, одно только нам вполне известно, это что при ассимиляции углерода в качестве первого продукта, присутствие которого можно доказать микрохимически, чаще всего появляется углевод, а именно крахмал (Сакс).¹ Если завернуть зеленый лист в чер-

¹ Sachs. J. Ein Beitrag zur Kenntnis der Ernährungstätigkeit der Blätter. Arbeiten d. bot. Inst. i. Würzburg, III Bd. 1888 p.

ную бумагу, то крахмал исчезает из хлорофилловых зерен и лист обескрахмаливается; если его снова выставить на свет, крахмал тотчас же вновь образуется в хлорофилловых зернах в форме зерен или палочек. За один только солнечный день образуется иногда столько крахмала, что хлорофилловые зерна кажутся густо заполненными им.

ПОДНАЯ ПРОБА САКСА. Содержится ли крахмал в листе или нет, можно легко определить следующим путем: испытуемый лист погружается на $\frac{1}{4}$ минуты в кипяток, затем опускается в теплый спирт для извлечения зеленого пигмента и наконец помещается в раствор иода. Так как крахмал окрашивается раствором иода в голубой цвет, то лист, в зависимости от количества содержащегося в нем крахмала, принимает красноватую, голубую или темносинюю окраску; если же он вовсе не содержит крахмала, то только коричневую.

При помощи этого опыта, известного под названием иодной пробы Сакса, устанавливается также, что крахмал появляется в листе только там, куда попадает свет. Если мы обескрахмалим при помощи затемнения черной бумагой зеленый лист сирени, пока он еще находится на кусту, что при благоприятных условиях удастся обыкновенно через 1—2 дня, затем утром в солнечный день покроем этот лист жестяной пластинкой с прорезанным в ней словом „крахмал“ и оставим его на солнце до вечера, после чегоотрежем его и обработаем раствором иода, то на поверхности листа появится слово „крахмал“, так как вследствие проникания в отверстия букв света, в этих местах в хлорофилловых зернах образуется крахмал.

Если подвергнуть действию иода какой-нибудь пестрый лист, например, лист *Abutilon Thompsonii*, продолжительное время находившийся на свету, то крахмал обнаружится только на зеленых частях листа, а не на желтых. Это может служить лишним доказательством того, что образование крахмала тесно связано с хлорофиллом.

Указанный опыт можно упростить, взяв вместо жестяной пластинки простую белую бумагу, с напечатанными на ней черными буквами.

Под этими буквами крахмал не образуется, и вследствие этого после обработки иодом они останутся белыми, тогда как фон станет темносиним.

Автор говорит, что когда он увидел, как резко выступают буквы при этом опыте, то у него явилась мысль, что при соответствующей постановке опыта вероятно возможно посредством реакции крахмала добиться того, чтобы делать отпечатки фотографий на листьях растений¹—и это ему удалось.

Производится это следующим образом: на лишенный крахмала лист садовой настурции плотно накладывают контрастный негатив, приняв меры к тому, чтобы он не сдвигался и оставляют таким образом под открытым безоблачным небом с раннего утра и до вечера, а иногда и на более короткий срок на прямой сол-

¹ Mollisch, H. Über die Herstellung von Photographien in einem Laubblatte. Sitzber. der Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. 1914. Bd. 123.

ичный свет. После этого лист отрывается и обрабатывается иодом. Через несколько минут после такой обработки, если опыт удался, негатив даст на листе позитивное изображение с такой же резкостью, как на фотографическом снимке (рис. 20).

Такие фотографии показывают, с какой точностью солнечный луч производит химическую работу в живом хлорофилловом аппарате и насколько тесна зависимость между степенью освещения и образованием крахмала, раз все переходы фотографии от света к тени в точности воспроизводятся тонами окраски иодо-крахмальной реакции.

Лист растения представляет собой здесь как бы светочувствительную бумагу или фотографическую пластинку, в которой роль чувствительной серебряной соли играет чувствительный аппарат, содержащий хлорофилл, роль серебра играют зерна крахмала, а проявителем является иод.

При помощи указанной иодной пробы легко показать, что вечером листья наполнены крахмалом, а утром, напротив, — лишены его. Ночью крахмал в хлорофилловых зернах растворяется при помощи фермента диастаза, превращается в сахар и переносится туда, где развиваются новые органы или где накапливаются запасы вещества — в клубни, луковицы, корневища, семена, плоды и ствол. Таким образом, химический состав листа вечером совершенно иной, чем утром. Сакс, например, нашел что 1 кв. метр листовой поверхности тыквы весил в сухом виде



Рис. 20. Фотография на листе настурции — полученная при помощи иодно-крахмальной реакции.

вечером	59,92 г
утром	51,22 г

Разность 8,70 г

Таким образом за ночь сухое вещество благодаря передвижению крахмала уменьшилось на 8,70 г.

Чем полнее ночью удаляется из листьев ассимилированный крахмал, тем это лучше для растения. Сахар и крахмал принадлежат к наиболее важным строительным материалам растения. Использование их по назначению становится возможным именно благодаря их перемещению. Вот почему теплые ночи, непосредственно следующие за ясными днями, так способствуют быстрому росту.

Таким образом листья являются тем местом, где образуется органическое строительное вещество растения, вследствие чего они должны быть отнесены к важнейшим органам питания. Поэтому и становится понятным, что растения в большей или меньшей степени страдают, когда их листья лишаются возможности

успешно ассимилировать из-за копоти, грибов, порчи животными, градом и всяких других повреждении.

В культуре часто отрезают побеги кукурузы вместе с листьями вплоть до самых молодых початков, точно так же иногда удаляют у райской яблони часть ветвей с листьями до начала развития плодов. Делается это с целью использования листьев растения еще для какой-нибудь побочной цели, например, листья кукурузы — на корм скоту. Между тем такое удаление листьев у кукурузы совершенно недопустимо, так как при этом удаляется значительная часть питающих органов, добывающих материал для образования початков. То же относится и к райской яблоне, здесь (при самом начале образования плодов) возможно допустить подрезку лишь концов побегов или боковых ветвей, для того чтобы задержать чрезмерное их развитие.

В связи с тем, что химический состав листьев изменяется в течение дня, далеко не безразлично, в какое время дня следует производить уборку некоторых важных сельскохозяйственных растений.

Сакс по этому поводу говорит следующее: „Листья винограда и свекловицы, а на дальнем севере разных деревьев употребляются на корм скоту, однако до сих пор не обращали внимания на то, что этот корм содержит совершенно различное соотношение углеводов и белковых веществ в зависимости от того, был ли он убран утром или вечером и в холодную или теплую погоду.

На это следует обратить внимание и в шелководстве, так как, если листья тутового дерева были собраны рано утром, то они свободны от крахмала и представляют собой корм, богатый водой и белковыми веществами, напротив, — собранные вечером, они богаты крахмалом.

Точно также очень важное значение имеет время уборки в тех случаях, когда целью разведения данного растения являются специфические вещества его листьев, как например в культуре табака или чая. Ценные вещества содержатся в листьях в относительно большем количестве рано утром, после теплой ночи, когда в листьях мало или вовсе нет крахмала. Листья табака, собранные во второй половине дня, содержат значительное количество крахмала и повышают вес товара за счет совершенно ненужного для потребителя вещества, вследствие чего продукт удорожается, а качество табака при этом несомненно ухудшается.“

Интенсивность ассимиляции углекислоты, как и всякого физиологического процесса, находится в зависимости от различных факторов: температуры, интенсивности освещения, качества света, концентрации углекислоты и т. п.

Растение не может ассимилировать углекислоту при любой температуре. Ассимиляция начинается при известном температурном минимуме, возрастает с повышением температуры до наивысшего предела, при известной средней температуре — температурном „оптимуме“ и ослабевает, доходя до нуля с дальнейшим повышением температуры до температурного максимума.

То же можно сказать и про интенсивность света. Этот фактор играет такую важную роль в культуре растений, что будет целесообразнее посвятить ему в дальнейшем специальную главу.

в состоянии вызывать ассимиляцию углекислоты, однако эта способность проявляется в различной степени в зависимости от различного цвета лучей. Удивительно, что первое место здесь занимают не голубые и фиолетовые лучи, так сильно действующие на фотографическую пластинку, а, напротив, ассимиляцию наиболее способствует красная часть спектра. В этом отношении бактериальный метод Энгельманна опять оказал большую услугу. Если направить при помощи определенной установки крошечный солнечный спектр на каплю с бактериями, в которой находится нить водоросли, то бактерии, привлеченные кислородом, освобождающимся при ассимиляции углекислоты, собираются преимущественно в красном, затем в синем и меньше всего в остальных участках видимого спектра.

Этим методом Энгельманну удалось установить, что имеются два максимума: первый — большой в красных лучах, и второй — меньший — в синих; зеленые же лучи производят лишь слабое действие.

О культуре растений на электрическом свете

В виду того что лучи, из которых состоит солнечный свет, имеются также в большинстве искусственных источников света, только в различном количестве, представляется вполне понятным, что растение ассимилирует углекислоту также и на искусственном свете, например на свечном, керосиновом, ауэровском и электрическом. Однако обильная ассимиляция, необходимая для нормального развития световых растений, возможна только при той интенсивности света, какую дают нам сильные электрические дуговые лампы.

Сименс показал,¹ что электрический свет силою в 1400 нормальных свечей на расстоянии 2 м от растения производит почти такое же действие, как и дневной свет.

В нормальных условиях растение подвергается смене дня и ночи. Ночью ассимиляция прерывается, вопрос же о том, необходим ли ночной покой для растения или нет, оставался открытым. Опыты Сименса показали, что когда растение освещается непрерывно, т. е. 12 часов в течение дня солнечным светом и 12 часов ночью электрическим, то оно сильнее и быстрее развивается, чем при нормальных условиях. Земляника при таком постоянном освещении созревала раньше, чем в обыкновенных условиях.

Исчерпывающие опыты в отношении действия электрического света на внешние формы и внутреннее строение растения были проведены Бонье.² Им было исследовано весьма значительное число как древесных, так и травянистых растений, причем культура их на электрическом свете проводилась в течение многих месяцев. Электрический дуговой свет ослаблялся при помощи толстого стекла, ввиду того что, по сравнению с солнечным, он значительно

¹ Siemens C. W. On the influence of electric light upon vegetation and on certain physical principles involved. Доклад в Королевском Обществе в Лондоне. 1880.

² Bonnier, G. Influence de la lumière électrique continue sur la forme et la structure des plantes. Revue génér. de Bot. t. VII Paris 1895, p. 241.

богаче ультрафиолетовыми лучами. Количественно же электрический свет был значительно слабее солнечного.

Этими опытами было установлено, что непрерывное электрическое освещение дуговой лампой вызывает избыточное образование хлорофилла, что приводит к чрезмерному позеленению. Зеленая окраска сильнее развивается, равномернее распределяется и по-является даже в таких тканях, которые в нормальных условиях не содержат хлорофилла, как например во внутренних слоях коры, в сердцевинных лучах и в сердцевине древесных пород. Стебли становятся короче, листья меньше и толще, цветы более интенсивно окрашены. В отношении анатомического строения подвергнутые непрерывному освещению растения приобретали сходство с этиолированными, что проявлялось в тонкости клеточных и в незначительной дифференцировке тканей.

Растения, которые находились в течение 12 часов в сутки в темноте, а в течение остальных 12 часов на электрическом свете, т. е. выращивались при прерывистом электрическом освещении, изменяли анатомическое строение в том же направлении, — но они все же значительно более походили на растения, выращенные на прерывистом дневном свете, чем на те, которые подвергались непрерывному освещению. Это доказывает, что главную причину отклонений от нормального строения нужно искать именно в непрерывном освещении.

Интересно также, что согласно Бонье листья альпийских растений при непрерывном освещении имеют почти такое же строение, какое наблюдается у арктических растений Шпицбергена и Ян-Майена, пользующихся интенсивным полярным освещением.

Таким образом электрический свет достаточной силы оказывает на растение такое же действие, как и солнечный, и весьма вероятно, что электрическое освещение имело бы значительно большее применение в культуре растений, если бы можно было предоставить садоводству более дешевую электрическую энергию.

Развитие культуры растений на электрическом свете имеет главным образом будущность вблизи таких мест, где имеется даровая движущая сила.

В Средней Европе в осенние и зимние месяцы для успешного садоводства недостает света, так как для образования цветов требуется такая интенсивность света, которую солнце в это время не дает. Недостаток солнечного света может здесь быть пополнен электрическими дуговыми лампами, при помощи которых можно добиться успехов в области ранней выгонки цветов, но все эти достижения, конечно, возможны только при условии дешевой электрической энергии. Поэтому автор полагает, что садовые заведения, применяющие искусственное освещение своих оранжерей, могут быть доходны только в том случае, когда они организуются в таких местностях, где имеется достаточная водяная сила для получения дешевого электричества.

С тех пор как автор впервые писал эти строки, цена на электричество фактически понизилась в городах, и вместе с тем стало быстро развиваться применение электрического освещения для оранжерей, так как благотворное влияние искусственного освеще-

нии стало получить все большее и большее признание как в Европе, так и в Америке.

Во время пребывания автора в Соединенных Штатах С. А., он посетил Ботанический Институт Бойс-Томпсона в Ионкерсе близ Нью-Йорка, где он познакомился с целым рядом технически совершенных оборудований. Между прочим он нашел здесь ряд оранжерей со спектральными стеклами, позволяющими исследовать влияние различных лучей на развитие растений. Каждая оранжерея покрыта особым видом стекла, поглощающим определенный участок солнечного спектра.

Пропускались следующие части спектра:

1. Видимая часть спектра и длина волны 313 $\text{m}\mu$ в ультрафиолетовой части.

2. Видимая часть спектра и 80% ультрафиолетовых лучей длиной волны в 290 $\text{m}\mu$.

3. Видимая часть за исключением красных лучей с длиной волны от 585 $\text{m}\mu$ до 348 $\text{m}\mu$.

4. Видимая часть с длиной волны от 720 $\text{m}\mu$ до 472 $\text{m}\mu$.

5. Видимая часть за исключением синих лучей с длиной волны 720 $\text{m}\mu$ до 529 $\text{m}\mu$.

Вегетационные опыты в этих пяти оранжереях согласно Артуру¹ показали следующее: в тех оранжереях, в которых растения получали видимый свет и 80% ультрафиолетовых лучей длиной в 290 $\text{m}\mu$ как в оранжерее № 2, а также в оранжереях с обыкновенными оконными стеклами они прекрасно развивались без всяких изменений. Напротив, в тех оранжереях, где растения были лишены голубых лучей, они резко отличались своим внешним видом. Стебли их были тонки и слабы, листья мелкие и самые растения казались выращенными в глубокой тени.² Растения, выращенные при исключении красных лучей (оранжерея № 3), хотя и имели нормальный вид, но оставались маленькими, вероятно вследствие низкой интенсивности освещения.

В Институте Бойс-Томпсона имеются еще два помещения, соединенные небольшим коридором, в которых растения могут быть освещены или затемнены в течение любого времени.

Световая оранжерея снабжена 25-ю 1000-ваттными лампами, излучающими свет с потолка. Кроме того имеются 2 оранжереи, устроенные так, что днем растения получают дневное освещение, а ночью дополнительный искусственный свет. Для этого ночью на оранжерею накатывается каркас с электрической проводкой, а днем он снова удаляется. Проводка включает 48 1000-ваттных ламп, что позволяет удлинить ограниченное дневное освещение при помощи искусственного источника света в 400 — 500 футо-свечей.³

¹ Arthur, J. M. Some effects of radiant energy on plants. The Journal of the optical Soc. of America. and Review of Scientific Instruments V. 18 Nr 3 p. 252 — 263 March 1929

² Согласно расширенным опытам E. C. Theodorescos растения в красной половине спектра ведут себя подобно находящимся в темноте, а в голубой половине — подобно находящимся на дневном свете. Observations sur la croissance des plantes aux lumières de diverses longueurs d'onde. Ann. des Sciences nat. Bot. T. XI 1929. p. 201 — 336.

³ Crocker, W. Contributions from Boyce Thompson Institute for Plant Research, Inc. Vol. 1 № 3 January 1, 1925.

Опыты с различной продолжительностью освещения дали очень интересные и в некоторых случаях даже совершенно неожиданные результаты. Салатная зацветает при освещении в течение 12 или менее часов в сутки, а при 17-часовом или более продолжительном суточном освещении она развивает только вегетативные органы и не цветет.

Однако это не является общим правилом для всех растений, так, например салат (*Lactuca sativa*) ведет себя совершенно обратно. Салат имеет большую склонность к зацветанию, когда он освещается в течение 17 и более часов в сутки и, напротив, остается в вегетативном состоянии при освещении в течение 12 или менее часов.

Гречиха (*Polygonum fagopyrum*) цветет при 5—24-часовом освещении, причем растения различаются между собой лишь размерами; лучше всего они развиваются при 12—24-часовом освещении.

Особенно интересным является то, что томаты страдают на непрерывном свете и очень скоро погибают, если продолжительность освещения их превышает 19 часов в сутки. Другие растения переносят почти постоянное освещение, однако не обнаруживают никакой заметной прибавки роста, когда освещение продолжается более 19 часов.

Таким образом мы видим, насколько неодинаково ведут себя различные растения по отношению к продолжительности суточного освещения и к каким ошибочным заключениям может привести слишком поспешное обобщение отдельных случаев. Проведенные в этом отношении опыты очень поучительны, так как они выявили необходимость изучить влияние различной продолжительности освещения на отдельные растения и выяснить, какая продолжительность необходима для его цветения. Если, например, желают помешать цветению салата, то ему не нужно давать слишком продолжительного освещения — не более 12 часов в сутки. Если в обычных условиях культуры салат зацвел, то это указывает на то, что продолжительность суточного освещения была слишком велика и должна быть уменьшена.

Из работ Гарнера¹ видно также, что относительная длина дня и ночи является важным фактором роста и развития многих растений. Он различает растения короткого и длинного дня.

Одни растения сильно растут, находясь в условиях длительного освещения, соответствующего длине дня середины лета умеренной зоны и, напротив, охотно зацветают, когда получают сравнительно короткий день, как бывает в конце лета и осенью (*Cosmos sulphureus*, *Perilla frutescens*, *Aster linariifolius*, *Poinsettia* и др.).

Другие, напротив, охотно зацветают при сравнительно большей продолжительности дня, как бывает в конце весны и до середины лета в странах, лежащих вне экваториальной зоны. Сюда принадлежат: *Oenothera biennis*, *Rumex acetosella*, *Rudbeckia bicolor*, сахарная свекла и др.

¹ Garner, W. W. Effect of length of day on growth and development of plants. Proceedings of the international Congress of plant sciences. Ithaca — New-York 1926 publ. 1929, p. 1050.

Влияние длинного и короткого дня может быть легко экспериментально выявлено на *Cosmos*. Если однаетка этого растения получает 10-часовой, а другая того же возраста 16-часовой день, то первая зацветает и дает семена, в то время как вторая сильно растет, но не цветет.

О культуре растений на неоновом свете¹

В последнее время² по инициативе Общества Ауэр в Далеми близ Берлина были поставлены опыты с другим искусственным источником света, — с неоновым светом. С этой целью были использованы две теплицы для ранней выгонки овощей, одна для огурцов, другая для томатов, причем в то время, как одна половина теплицы освещалась неоном, другая, отделенная перегородкой, оставалась неосвещенной. Неоновый свет, отличающийся своим огненно-красным цветом и богатством красными лучами, сильно поглощаемыми хлорофиллом, применялся в опыте только в качестве дополнительного освещения в пасмурные дни и ночью, при этом солнечное освещение не уменьшали и не сокращали.

Полученные результаты показали:

	Урожай при обыкновенном освещении	Урожай при обыкновенном освещении с добавлением неоновом
В первый год исследования		
Огурцы . .	186,600 кг	277,530 кг
Томаты . . .	69,200 кг	95, 94 кг
Во второй год исследования		
Огурцы . .	163,400 кг	230,220 кг
Томаты . . .	70 кг	101 кг

Удобрение воздуха углекислотой

Минеральные удобрения не всегда содержатся в почве в том количестве, которое нужно для сильного развития растений; поэтому стараются восполнить этот недостаток питательных веществ путем приготовления почвенных смесей или внесения удобрений. Наряду с этим может также возникнуть вопрос: достаточно ли в атмосферном воздухе углекислоты, являющейся таким важным питательным веществом для растений и не увеличилась ли бы ассимиляция, а тем самым и развитие растения, если бы углекислота доставлялась в большем количестве.

В настоящее время доказано опытами, что углекислота в воздухе не содержится в количестве оптимальном для процесса ассимиляции и что при обогащении воздуха углекислотой до известных пределов может быть увеличено образование крахмала.

Согласно исследованиям Годлевского,³ повышение содержания

¹ Неоновая лампа состоит из стеклянной трубки, наполненной благородным газом неоном, через который пропускается электрический ток.

² Gartenflora. Berlin 1919. Jg. 68 p. 151 — 152.

³ Höstermann, G. Kulturversuche mit elektr. Licht. Die Gartenwelt, 1922 № 8, 9, 10.

³ Godlewsky, E. Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalt der Luft. Arbeiten a. d. Institut i. Würzburg. 1 Bd. 1873 p. 343.

углекислоты в воздухе до определенного предела (оптимума), при условиях благоприятного освещения и подходящей температуры, способствует выделению кислорода; сверх же этого предела увеличение ее становится более или менее вредным. Для *Glyceria spectabilis* этот оптимум находится между 8—10%, для *Typha Caltifolia* между 5—7%, а для олеандра вероятно несколько ниже. При повышении содержания углекислоты до 8%, ассимиляция углерода происходит в 4—5 раз скорее и обильнее, чем в обыкновенном воздухе, а 26—30% — совершенно прекращает образование крахмала.

У Крейсlera¹ получались такие же результаты. Он работал с постоянным электрическим светом и получил для листьев *Rubus*, *Carpinus*, *Tropeolum* и др. следующие средние величины, принимая ассимиляцию в обыкновенном воздухе за 100.

Содержание углекислоты в %/о	Ассимиляция
0,03	100
0,06	127
0,11	185
0,56	209
7,26	230
14,52	266 (?)

Таким образом с повышением содержания углекислоты до 10% фактически увеличивается количество образуемых ассимилятов, что обеспечивает возможность лучшего роста. Дальнейшее повышение содержания углекислоты вредно для растения, особенно при недостаточной интенсивности света.

В последнее время пытались также выяснить, не может ли подобное повышение содержания углекислоты быть применено и для практических целей в растениеводстве. Такие опыты были проведены в небольшом масштабе Демусси² и Фишером.³ Последний выращивал различные садовые растения, как-то примулы, мимулус, фуксии, пеларгонии, колеусы, бегонии, соланум и табак в маленьких тепличках площадью 80 × 60 см, в которые ежедневно вводилось от 300 куб. см до 2 л углекислоты. Необходимую для этого углекислоту он добывал здесь же на месте, поливая соляной кислотой, наполовину разбавленной водою, сырой необожженный известняк или куски мрамора.

Более дешевый способ обогащения воздуха углекислотой заключается в сжигании обыкновенного спирта раза два в день 1, 2 или 3 куб. см на каждый квадратный метр.

При этом однако следует быть осторожным, чтобы не повредить растения парами соляной кислоты или ожогами и кроме того необходимо иметь в виду, что растения вообще очень чувствительны ко всякому загрязнению воздуха (светильным газом, табачным дымом и пр.), а потому в точных опытах лучше сле-

¹ Kreusler. Landwirtschaftl. Jahrbücher 1885. Bd. 14 p. 951.

² Demoussy — реферировано в „Le Jardin“ 1904 p. 221.

³ Fischer, Hugo. Pflanzenernährung mittels Kohlensäure. Gartenflora 1912 (61 Jg.) Heft 14 и 15. — Ebenda 1913 (62 Jg.) Heft 18,

довать предложению Ганзена¹ пропускать выделенную соляной кислотой из извести углекислоту через промывалку с водой.

При таких условиях культуры в опытах Фишера значительно увеличился сухой вес растений, более всего у сильно удобренных колеусов, у умеренно удобренных примул и у слабо удобренных фуксий, пеларгоний, бегоний и *Solanum robustum*. Примулы, фуксии и пеларгонии наряду с более быстрым развитием также и обильнее цвели, а огурцы кроме того еще обнаружили большую устойчивость против различного рода вредителей.

Ганзен предложил проводить опыты с удобрением углекислотой не только в закрытых помещениях (оранжереях и парниках), но также и на открытом воздухе, если не на полях, то хотя бы на огородах. Углекислоту он предлагает проводить по трубам, снабженным отверстиями и проложенным в грядках, из которых время от времени выпускается газ.

Практическое значение предпринятых опытов для массовой культуры растений подтверждается сообщением Винтера.² Опыты проводились им в теплице, причем он очень хорошо отзывался о влиянии удобрения углекислотой и указывает, что последствием такого удобрения было чрезвычайно обильное цветение орхидей и сильное развитие многих других оранжерейных растений. К сожалению, Винтер не поставил никаких контрольных опытов, вследствие чего могли возникнуть некоторые сомнения.

Клейн и Рейнау³ избегли этой ошибки, так как они поставили свои опыты в оранжерее, разгороженной газонепроницаемой перегородкой на две равные части, в которых все условия кроме содержания CO_2 были одинаковы. В одну половину два раза в день вводилось из бомбы по 150 л углекислоты, так что содержание углекислоты в этой половине оранжереи возрастало примерно в 10 раз. Вторая половина служила в качестве контрольной. Через 4—7 недель обнаружилась резкая разница между растениями, находящимися в той и другой половине оранжереи. Растения, получавшие удобрение углекислотой, все без исключения повысили продуктивность в пределах между 24—152 % по отдельным видам (*Aspidistra*, *Philodendron*, *Begonia*, *Pteris*, *Nephrolepis*). Уже самый внешний вид растений (свежая зеленая окраска их листьев) указывал на благотворное влияние удобрения углекислотой.

Как сообщает Фишер,⁴ летом 1917 г. Немецко-Люксембургским горнопромышленным и горно-заводским акц. обществом в Руре были поставлены опыты с удобрением углекислотой во многих крупных оранжереях, в которых выращивались огурцы и томаты. Точно так же были проведены опыты и на открытых

¹ Hansen, A. Düngung von Kulturpflanzen mit Kohlensäure. Naturw. Rundschau. Braunschweig 1912 p. 547.

² Winter, E. Kohlensäure zur Ernährung der Pflanzen. Gartenflora 1913. (62 Jg) Heft 18.

³ Reinau, R. и Klein, R. Neuere Betrachtungen über den Wert der Kohlensäure in den organischen Düngemitteln. Die Gartenwelt, Berlin 1914 p. 214.

Reinau, R. Kohlensäure und Pflanzen. Halle a. S. 1920.

⁴ Fischer, H. Die Kohlenstoffernährung der Kulturpflanzen. Gartenflora 1914 p. 165—168.

участках площадью в 2 га. Углекислота добывалась из отработавшего газа доменной печи и после соответствующей предварительной очистки вгонялась при помощи вентилятора в систему труб и распределялась по оранжереям и полям. Результаты, как видно из нижеприведенных цифр, получились при этом хорошие как в оранжереях, так и на открытом воздухе.

На открытом воздухе	Без газового удобрения	С газовым удобрением
Урожай картофеля . .	100	420
" свекловичный . .	100	170
в оранжерее . .	100	275
" моркови . . .	100	200

В плохо проветриваемой оранжерее содержание углекислоты за день может опуститься ниже нормального, так как в закрытом помещении она недостаточно быстро возмещается.

В прежнее время теплые оранжереи обыкновенно зимой совершенно не проветривались, а летом лишь очень умеренно. В настоящее же время в современных оранжереях даже зимой производится умеренное проветривание, благодаря чему поддерживается нормальное содержание углекислоты. Опыты с проветриванием везде дали хорошие результаты и есть основания думать, что успех в данном случае связан между прочим с введением при проветривании углекислоты.

Таким образом, если содержание углекислоты в оранжереях за день понижается ниже нормального, а искусственное увеличение нормального содержания ее дает сильное повышение ассимиляции, то уже заранее можно сказать, что удобрение воздуха оранжерей углекислотой является выгодным.

В еще лучших условиях в этом отношении находятся парники, так как вследствие чрезвычайно быстрого разложения навоза растение получает очень много углекислоты, и весьма вероятно, что сильный и быстрый рост растений в парниках частично связан именно с этим. Возможно, что при искусственном добавлении углекислоты он может быть еще улучшен.

Борнеман¹ придает большое значение углекислоте, выделяемой из богатых перегноем почв и видит в этом главную пользу органического удобрения.

Ганзен предполагает, что органы, содержащие хлорофилл, притягивают углекислоту аналогично кусочкам едкого кали и что таким образом значительная часть доставленной углекислоты поглощается листьями овощей и затем используется ими.

Предположение Ганзена до известной степени подтвердилось в опытах Вильштеттера и Штоля;² они показали, что проникновение углекислоты в хлорофилловые зерна происходит через посредство поглощающего вещества, которое подобно аккумулятору концентрирует углекислоту. Здесь необходимо отметить, что эта абсорбция тем больше, чем ниже концентрация углекислоты и чем более она приближается к нормальному содержанию ее в атмосфере.

¹ Bornemann, F. Kohlensäure und Pflanzenwachstum. Berlin. 1920.

² Wilstatter, R. und Stoll, A. Über die chemischen Einzichtigungen des Assimilationsapparates. Sitzber. d. R. preuss. Akad. Berlin 1915 p. 322.

сфере. Поэтому в естественных условиях углекислоты поглощается относительно много. Если концентрация углекислоты равняется 0,1% объема, то лист абсорбирует в 12 раз больше, чем может раствориться углекислоты водой, содержащейся в данном листе.

II. Вода и ее передвижение

Если растение остается без поливки, то через некоторое время оно начинает вянуть, снижает рост, ассимиляцию и другие жизненные функции, завядает и если своевременно не получит воды, то умирает. Воздушно-сухое семя кажется безжизненным, но как только оно получает воду, оно обнаруживает ясные признаки жизни и прорастает. Без достаточного количества воды не может быть никакой активной жизни.

Вода имеет очень большое значение во многих отношениях — в качестве питательного вещества, растворителя питательных веществ и ассимилятов и наконец в качестве среды для передвижения веществ.

Мы намерены теперь познакомить читателя с тем, как растение воспринимает воду, как оно ее проводит, какие силы при этом принимают участие и каким образом поднимаются к верхушке дерева те огромные количества воды, которые испаряются его облиственной кроной в течение жаркого летнего дня, одним словом, как совершается в растении передвижение воды.

Принимающие участие в передвижении воды силы несомненно иные для дерева, чем для погруженного в воду растения, например для дрожжевой клетки.

Хотя вопрос о передвижении соков был выдвинут еще Гельсом при самом основании физиологии растений и хотя по этому вопросу имеется весьма ценный фактический материал, однако и до сих пор во многих отношениях не пришли еще к вполне удовлетворительному разрешению его. Одно не подлежит сомнению: что передвижение воды связано с целым рядом физических явлений, а именно: с набуханием, диффузией, осмосом, корневым давлением, отрицательным давлением в сосудах, капиллярностью, транспирацией и сцеплением жидкости и что передвижение воды осуществляется при их взаимодействии.

Поглощение веществ

У растений, растущих корнями в почве, вода с растворенными в ней веществами поглощается поверхностью молодых корешков. Они представляют собой замкнутые со всех сторон клетки, а потому и исключена возможность поглощения ими каких-либо твердых веществ. В корни может проникнуть только вода и растворенные в ней вещества.

Стенки клеток, протоплазма и ее многочисленные включения обладают способностью с большой силой притягивать воду и распределять ее между своими мельчайшими частицами, раздви-

¹ Hales St. Statik der Gewächse oder angestellte Versuche mit Saft in Pflanzen usw. Deutsche Übersetzung. Halle 1748.

гия их, результатом чего является набухание этих тел. Как только находящиеся в соприкосновении с почвенной водой клеточные оболочки набухли, наступает диффузия и осмос.

Если в налитый на дно цилиндрического стеклянного сосуда концентрированный раствор медного купороса голубого цвета налить сверху дистиллированной воды, то обе эти жидкости будут постепенно смешиваться даже в направлении против силы тяжести до тех пор, пока весь столб жидкости не достигнет однородного состава и цвета. Этот процесс называется диффузией, а диффузия, происходящая через пористую оболочку (околосердечная сумка, свиной пузырь и т. д.), — осмосом.

Если наполнить свиной пузырь концентрированным раствором сахара, завязать его и положить в чистую воду, то вода будет гораздо быстрее поступать внутрь, чем сахар выступать из него. Таким образом, количество жидкости увеличится в пузыре, и вследствие этого образуется давление на его стенки — осмотическое давление — пузырь от этого раздуется и так натянется, что если проколоть его иголкой, то жидкость брызнет из него струей. Если этот опыт продолжается долгое время, т. е. свиной пузырь остается в течение продолжительного времени погруженным в воду, то в конце концов концентрация раствора внутри и снаружи пузыря выравнивается, так как стенки пузыря проницаемы как для воды, так и для сахара, он только медленнее пропускает сахар, чем воду.

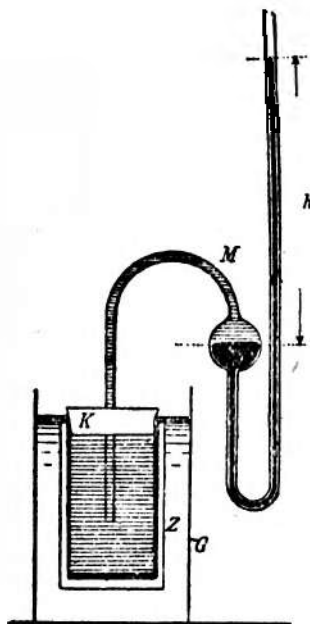


Рис. 21. Осмометр Пфелфера. (Оригинал)

Но существуют и так называемые полупроницаемые перепонки, которые легко пропускают одни вещества, как напр. воду и почти или даже вовсе не пропускают другие, как например, сахар, соли и пр.

Полупроницаемую перепонку можно получить путем внесения кристаллов медного купороса в раствор желтой кровяной соли. Растворяющийся кристалл покрывается тогда плотной оболочкой из железисто-синеродистой меди. Для того чтобы можно было воспользоваться этой осадочной полупроницаемой перепонкой в опытах, необходимо было придать ей опору. Пфелфер в качестве опоры использовал пористый глиняный цилиндр, который он сначала погружал в раствор медного купороса, а затем в раствор желтой кровяной соли, благодаря чему все поры его затянулись оболочкой из железисто-синеродистой меди (рис. 21).

На рисунке изображена такая „клетка“ Пфелфера. — Глиняный сосуд с оболочкой из железисто-синеродистой меди, наполненный раствором сахара. Сверху он закрыт пробкой *k*, в которую вставлен манометр *m*. При помещении этой клетки в сосуд с дистиллированной водой *g*, последняя проникает

и клетку, увеличивая объем содержащейся в ней жидкости. Вследствие этого ртуть в манометре поднимается до известной высоты. Разность высот столбов ртути в коротком и длинном колене манометра h показывает высоту осмотического давления.

Каждая живая клетка растения, а также корневой волосок представляют собой маленький осмотический аппарат, но значительно более сложно построенный, чем свиной пузырь. Клеточные стенки вполне проницаемы как для воды, так и для растворенных в ней веществ, наружный же слой плазмы—полупроницаем. Таким образом клеточная оболочка ведет себя совершенно так же, как и оболочка свиного пузыря, плазматическая же перепонка вбирает много воды, но наружу почти вовсе не пропускает или пропускает только следы веществ, благодаря чему в клетке нередко образуется высокое давление, достигающее в некоторых случаях нескольких атмосфер.

Если имеется достаточно воды, то она поступает в клетку в большом количестве, причем осмотическое давление прижимает оболочку плазмы к клеточной оболочке и растягивает как ту, так и другую. Это давление содержимого клетки на ее стенки называется тургорным давлением или просто тургором и имеет очень большое значение для растения. Клетки и состоящие из них органы, благодаря тургору, становятся твердыми и упругими и находятся в состоянии напряжения, называемого тургоресценцией. С потерей тургоресценции связано явление завядания растения. Тонкостенные клетки паренхимы листьев и корней при слишком сильном испарении воды, теряют свой тургор, спадают и вянут, но как только вновь получают воду, становятся снова упругими, т. е. тургоресцентными.

Если обработать тургоресцентные клетки отнимающими воду веществами, напр. 10% раствором поваренной соли или селитры, то из клеток выступит вода, тогда как соли или вовсе не проникнут внутрь или проникнут лишь в ничтожном количестве. Растянутая ранее плазматическая перепонка при этом теряет напряжение и отделится от клеточной оболочки (рис. 22). Этот процесс, называемый плазмолизом, продолжается до тех пор, пока не установится равновесие между клеточным соком и наружной жидкостью, т. е. оба будут изотоничны.

Если плазмолизованные клетки перенести в чистую воду, они деплазмолизируются и могут вернуться к прежнему тургоресцентному состоянию.

Если поместить одинаковые растительные клетки в растворы селитры или тростникового сахара различных концентраций и через некоторое время рассмотреть их в микроскоп, то окажется, что в более крепких растворах клетки плазмолизованы, тогда как в слабых плазмолиза нет. Наиболее слабая концентрация,

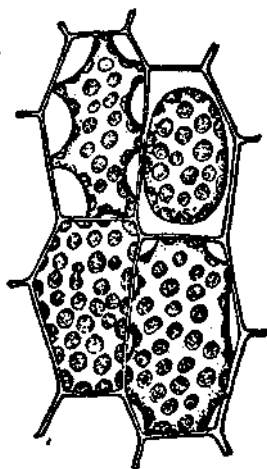


Рис. 22. Клетки мха, на которых видны последовательные стадии плазмолиза. Увеличено в 350 раз. (Оригинал)

вызывающая плазмолиз, названа Де-Фризом предельным плазмолизирующим раствором; он почти изотоничен клеточному соку, т. е. осмотически притягивает воду с такой же силой. Многие растительные клетки изотоничны 3—6‰, другие 10—12‰, клетки же некоторых пустынных растений даже 30‰ растворам селитры. Такие растворы обладают громадной осмотической силой до 100 и более атмосфер.

Корневое давление

Корневые волоски после набухания клеточных оболочек воспринимают воду осмотически. Соседние клетки коры сосут воду из волосков уже с большей осмотической силой, причем сила эта тем больше, чем ближе они расположены к центру корня; поэтому внутренние клетки паренхимы коры сосут воду из наружных клеток и в конце концов передают ее в сосуды, представляющие широкие трубки и составляющие у высших растений настоящую водопроводящую систему.

Осмотическое давление, осуществляемое корневой паренхимой, издавна получило название корневого давления или корневой силы и физически представляет не что иное как осмотический процесс. Вода поднимается преимущественно по сосудам, поступает в ствол, и так как система жилок листа связана непосредственно со стволом, то она может подняться у травянистых растений до самых листьев и выделиться в виде капель из кончика или краев листа, или из его крупных устьиц.

Гуттация

Выделение капельно-жидкой воды из листьев вследствие корневого давления, называемое обычно гуттацией, можно легко наблюдать, если накрыть стеклянным колпаком или стаканом молодые,

высаженные в цветочные горшки проростки злаков. Через некоторое время, когда камера насытится водяными парами, из водяных пор кончиков и зубчиков листа выступают капельки воды, которые постепенно увеличиваются и затем под влиянием собственной тяжести спадают, заменяясь новыми каплями (рис. 23).

Описанное в приведенном выше опыте можно наблюдать и в природе на многих травянистых расте-

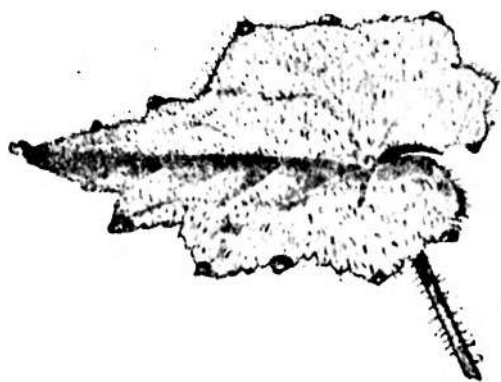


Рис. 23. Гуттация листа *Tolmiea Menziesii*.

ниях, лучше всего рано утром, когда воздух еще значительно насыщен водяными парами. Особенно ясно обнаруживают гуттацию злаки, бальзамины, зонтичные, сложноцветные, манжетки и некоторые другие растения. Автор наблюдал также в оранжевое выделение воды из водяных пор кончиков усов виноградной лозы *Vitis Voinseriana*.

Наиболее совершенно выделение воды у *Colocasia nymphaeifolia* и *Colocasia esculenta*, так как у этих растений капли не постепенно надавливаются, а внезапно выбрасываются. Выбрасывание капелек воды происходит только у самых молодых, выступающих из почки листьев, когда они еще свернуты и своими кончиками направлены более или менее кверху. Эта способность выбрасывать воду особенно резко проявляется во влажной оранжерее при благоприятной температуре.

В дождливые пасмурные дни, когда атмосфера насыщена парами и транспирация снижена до минимума, выделение капелек можно наблюдать непрерывно день и ночь, напротив в солнечную погоду гуттация днем прерывается, возобновляясь лишь с заходом солнца. Сперва выделение капелек происходит с промежутками, затем ускоряется и в конце концов становится настолько быстрым, что прекращается возможность подсчитывать капельки. Утром, когда солнце освещает растения, темп выбрасывания капелек замедляется и днем выделение их совершенно прекращается.

Если лист находится в более или менее вертикальном положении то капельки выбрасываются по параболической кривой. Если лист расположен горизонтально, но водяная пора случайно направлена вверх, то капелька сперва взлетает несколько кверху, а затем уже падает на землю. Если капли быстро следуют одна за другой, то вся картина такой гуттации производит своеобразное впечатление живого ключа или фонтана.

Количество выброшенной воды иногда весьма велико: один кончик листа может выделить за ночь около $\frac{1}{10}$ литра воды. Весьма возможно, что роль гуттации заключается в том, чтобы ночью, когда испарение часто ослаблено до нуля, а рост между тем происходит быстро, снабдить органы минеральными солями, растворенными в соке, продавливаемом через растение. Кроме того, посредством гуттации растение может избавиться от некоторых излишних или даже вредных веществ.

Согласно данным Шталя,¹ если задерживать гуттацию у некоторых растений, напр. у *Impatiens*, у хвоща или у земляники, при культуре их в сухом комнатном воздухе, то они страдают и даже погибают.²

Плач

Вода выступает у растения не только из водяных пор, но и из ран. Выделение воды из ран вследствие осмотического давления называется плачем.

Для обнаружения плача обычно применяется следующий метод: у растения, обладающего высоким корневым давлением, например у *Boehmeria utilis*, *Gynura* или *Sanchezia* срезается стебель на высоте 2—3 см над корневой шейкой, поверхность среза смачивается чистой водой и на пенек насаживается резино-

¹ Stahl, E. Zur Physiologie und Biologie der Exkrete. Flora Bd. XI. 1919. p. 1.

² Необходимо однако еще исследовать, обусловливалось ли в данном случае отмирание опытных растений действительно задержкой вредных веществ, или же оно могло быть вызвано и другими неблагоприятными условиями, напр. сухостью комнатного воздуха, чрезмерной транспирацией, загрязнением воздуха и т. п.

ния трубки, соединенная с стеклянной трубкой от $\frac{1}{2}$ до 2 метров длины. Если почва поддерживалась в достаточно увлажненном состоянии, из перерезанных сосудов пенёк тотчас выступает вода, поднимается по трубке и может в конце концов заполнить ее целиком. По высоте водяного столба можно приблизительно судить о силе давления, с которым выделяется вода.

Точнее силу давления можно измерить, применяя вместо прямой стеклянной трубки ртутный манометр (рис. 24).

Еще нагляднее можно представить плач, если вместо сравнительно широкой стеклянной трубки присоединить изогнутую книзу трубку, переходящую в тонкий капилляр. Если при этом взять мощно развитую *Boehmeria utilis* или другое растение, обладающее сильным корневым давлением, можно легко наблюдать образование и падение капель из кончика капилляра.

Если, надавив пальцами на каучукую трубку, быстро выдавить немного воды и затем отпустить трубку, то внутри капилляра обычно образуется несколько пузырьков воздуха. Вскоре



Рис. 24. Измерение силы плача при помощи манометра. К пенёку *Boehmeria utilis* прикреплен при помощи каучука К манометр М. Корневое давление выдавливает воду из пенёка в стеклянную трубку и тем самым оказывает давление и на ртуть Hg, которая в начале опыта находится на равной высоте в обоих коленях манометра. По разности высот столбов ртути можно определить величину корневого давления. (Оригинал)

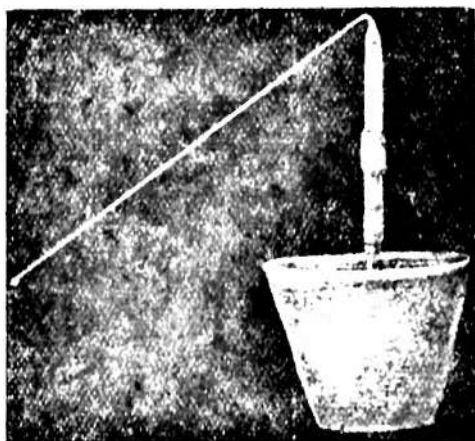


Рис. 25. Вытекание сока из перерезанного стебля в силу корневого давления.

пузырьки начинают передвигаться; вода, выдавливаемая корневым давлением, увлекает пузырьки воздуха к концу капилляра и при этом настолько быстро, что их передвижение, а вместе с тем и передвижение водяной нити можно наблюдать простым глазом¹.

Сильный плач встречается не только у травянистых растений, но и у древесных пород в период распускания почек, главным

¹ Molisch, H. l. c. p. 389.

образом у виноградной лозы, березы, сахарного и других кленов, граба, и некоторых других. Виноградная лоза обнаруживает явление плача в начале весны вскоре после подрезки. Плач начинается в середине или конце марта. Хорошо плачут также береза и сахарный клен.

Если ранней весной перед распусканием почек проколоть ствол такого дерева до древесины перочинным ножом, то в теплую погоду сейчас же выступают из раны прозрачные капли сока, которые все время стекают и вновь возобновляются. Если просверлить отверстие до молодой древесины и плотно вставить стеклянную трубку, то сок будет вытекать постепенно по каплям до тех пор, пока дерево не начнет покрываться листьями. Большая береза может выделить 1—5 л в день из одного отверстия.

Так как выделяемый плачем сок (пасока), не является чистой содой, а содержит наряду с другими органическими веществами до 1% сахара, то во многих местностях, напр. в Остзейском крае и в Финляндии этот сок собирается и под названием „березовое вино“, употребляется для питья либо непосредственно после добычи из дерева либо после того, как он подвергнется брожению.¹

Значительно больше сахара содержат клены — от $\frac{1}{2}$ до 3% и американский сахарный клен еще больше.²

В северных штатах Сев. Америки индейцы с давних времен употребляют кленовый сахар. Добывание его первоначально производилось очень примитивно. Они наносили топором горизонтальный надрез на стволе дерева и отводили выделяющуюся пасоку по жолобу, изготовленному из коры, в сосуды, в которых сахар выделялся или путем испарения или вымораживания. В настоящее время, за исключением некоторых глухих местностей, это производится гораздо рациональней: вместо надреза топором пробуривают отверстие около 1 см в диаметре и отводят пасоку через металлическую трубку в ведро, подвешенное к стволу. Большое дерево дает от 50 до 150 л пасоки, который будто бы содержит от 12 до 35 кг сахара.³

Кленовосахарная промышленность имеет большое значение в Северо-Американских Соединенных Штатах, причем производство кленового сахара продолжает возрастать, так как он высоко ценится в Америке.

Интересно отметить следующий исторический факт: более чем 100 лет тому назад во времена Наполеона I, когда при континентальной блокаде Европе была прекращена возможность получения тропического тростникового сахара и недостаток в сахаре сильно ощущался, поднялась агитация за добывание сахара из пасоки местных кленов. В Богемии действительно добывалось значительное количество сахара из кленов, причем предлагалось даже совершенно избавиться от зависимости от колониального сахара и удовлетворять местные потребности за счет кленового.⁴

¹ Hartwich, C. Die menschlichen Genussmittel. Leipzig 1911, p. 763.

² Встречаются даже указания, что американский сахарный клен содержит будто бы 24—27% сахара — вероятно это основано на ошибке.

³ Tschirch, A. Handbuch der Pharmakognosie 2 Bd. 128—129.

⁴ Molisch, H. Ueber die Gewinnung von Zucker aus Ahornbäumen Urania. Wien. 1917. p. 275.

То, что причиной гуттации и плача является именно корневое давление, легко доказывается тем, что если гуттирующий лист или плачущий стебель отделить от корней и поместить в воду, то выделение сока сейчас же прекращается. Этим еще однако не сказано, что и клетки ствола не принимают участия в поднятии сока; мы скоро встретимся с примерами, где сок заметно выделяется из ран, движимый давлением клеток ствола, тем не менее при обычном явлении плача главная роль все же принадлежит корневому давлению.

Величина корневого давления, обуславливающая плач деревьев, редко превышает одну атмосферу. Только в отдельных случаях было обнаружено давление до 1,5, а в одном случае (*Conocarpus azureus*) даже до 2,5 атмосфер, т. е. максимальное давление в этом случае уравнивалось столбом воды в 25 м;¹ обычно же корневое давление гораздо слабее, у облиственных деревьев оно часто даже совсем не обнаруживается.² Напротив, чаще наблюдается обратное явление — засасывание жидкости вследствие отрицательного давления. Из этого следует, что корневого давления недостаточно для того, чтобы объяснить передвижение соков у деревьев. Можно себе вполне представить, что в условиях очень влажной атмосферы корневое давление может обеспечить водой низкое травянистое растение, а также, что у плачущих пород перед распусканием листьев сок достаточно высоко поднимается силою корневого давления, но в обычных условиях у облиственных деревьев и кустарников оно не может играть очень большой роли в передвижении соков. Корневое давление совершенно не обнаруживается в то время, когда деревья больше всего испаряют воды облиственной кроной, т. е. как-раз когда движение сока должно быть наиболее обильное и быстрое. К тому же движение, обусловленное осмотическими силами, весьма медленно и вряд ли может быть принято во внимание при быстрых передвижениях сока.

Местное давление ствола

Корневое давление не является единственной причиной истечения воды при поранении ствола, как думали прежде. Плач возможен и без корневого давления. Если просверлить отверстие в стволе каштана, липы или ореха в период их полной облиственности и герметически вставить в него стеклянный манометр, то окажется, что вначале происходит всасывание, которое вскоре затем выравнивается, после чего при умеренном выступлении сока устанавливается положительное давление, достигающее иногда к осени весьма высокого максимума. Так согласно наблюдениям Бема:³

¹ Molisch. H. Ueber das Bluten tropischer Holzgewächse im Zustande völliger Belaubung. Annal. du Jard'n de Buitenzorg. Supplém. II, p. 23—32. 1898.

² Об исключениях см. у Faber F. C. v., Physiologische Fragmente aus einem tropischen Urwald, Jahrbuch f. w. Bot. 1915. Bd. 56, p. 219.

³ Boehm I. Ueber einen eigentümlich. Stammdruck Ber. d. Deutsch Bot. Ges. 1892 p. 539.

Давление у *Aesculus Hippocastanum* = 8,64 атм.

rubicund = 5,14

• *Tilia* *americana* = 3,09 •

а по наблюдениям Фигдора¹

давление у различных тропических растений = 4—6 атм.

Schizolobium excelsum = 8

Автор убедился на основании собственных опытов, что вышеприведенные наблюдения несомненно правильны, но только неправильно объяснялись. Не в древесине (Гартиг) и не в ядре (Бем), а в наплыве, образовавшемся вследствие поранения и вызванного им раздражения, сосредоточено осмотическое давление.

Поранением вызывается усиленная деятельность клеток камбия, древесины и коры. Быстрое размножение их и энергичный рост направлены к заживлению раны. Это изменение идет рука об руку с таким повышением осмотического давления клеток, что вода выдавливается из них под громадным давлением, достигающим около 9 атмосфер, но не в большом количестве. Это повышенное давление обнаруживается только вблизи раны, так что если у того же покрытого листьями дерева быстро просверлить где-нибудь в другом месте отверстие и ввести в него манометр, то там не обнаружится повышенного давления, а напротив всасывание, т. е. отрицательное давление. Давление плача в просверленных отверстиях является таким образом совершенно местным, оно обусловлено местным поранением дерева и является поэтому патологическим.

Слизетечение

Из порезов, нанесенных пилой и из морозобоин у некоторых деревьев, как известно, вытекает во время периода вегетации немного сока. В этом соке, представляющем собою не чистую воду, а питательный, богатый органическими веществами раствор, поселяются и обильно размножаются различные бактерии, дрожжи и другие грибки.

Причиной, вызывающей это слизетечение, является не грибная флора, как это ранее думали, а, как совершенно верно указал Зорауер,² местное явление плача, вызванное поранением, приводящим к выделению небольших количеств сока, в котором и поселяются микроорганизмы. Таким образом поранение и плач представляют первичное, а появление грибной слизи вторичное явление, а не наоборот, как это часто думают.

Пальмовое вино

Еще в доисторические времена народы тропических стран извлекали в известное время года сахарный сок из различных пальм, который шел либо на добывание сахара, либо на приготовление различных напитков. Такой сахарный сок дают следующие пальмы: *Cocos nucifera*, *Phoenix dactylifera*, *Arenga saccharifera* и др. Выделение сока, появляющегося при отрезке

¹ Figdor, W. Untersuchungen über Erscheinung des Blutungsdruckes l. d. Tropen. Sitzb. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien CVII Bd. Abt. 1893 p. 640.

² Sorauer, P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 3 Aufl. 1909. Bd. I p. 844.

соцветия, неправильно считали результатом корневого давления. Наблюдения автора, проведенные на месте под тропиками, показали, что причиной выделения сока является не корневое давление, а местное вблизи отрезанного соцветия давление ствола.

Пальмы, обильно выделяющие сок в области кроны, не обнаруживают плача при просверливании или других повреждениях ствола от его основания до высоты человеческого роста.

По наблюдениям автора для наступления секреции сока у кокосовой пальмы необходимо регулярно возобновлять старую поверхность раны, с одной стороны, чтобы воспрепятствовать закупориванию сосудов смолистыми выделениями и грибами, с другой для возобновления и поддержки раздражения раны. На это раздражение соцветие отвечает выделением сахарного сока. Для добывания сока различных пальм у туземцев существуют различные приемы, которые в общем сводятся к поранению ствола и раздражению места поранения.

Насколько велико может быть выделение сока, видно из того, что по сообщению автора, финиковая пальма выделяет около 2—3 л сока в день в течение целых 3 месяцев, что составляет около 180—270 л сахарного сока. Благодаря такому обильному выделению сахарного сока пальма эта приобретает крупное значение в сахарной промышленности.

На тех же принципах в Мексике с древнейших времен добывается сахарный сок из агавы (*Agave*). Растение это, называемое у нас столетним алоэ (*Aloe*), или столетником, зацветает будто бы только раз в 100 лет. Это однако не совсем верно. В оранжереях при соответствующих условиях и уходе агавы зацветают уже через 30—50 лет, а на своей родине, в Южной Америке и Мексике, даже через 6—8 лет. После отцветания растение отмирает, однако образует при этом из корневища новые побеги. По сообщению автора, количество сахарного сока, выделяемого раной на месте вырезанного зачаточного соцветия, у агавы может достигнуть 1100 л, что при среднем 10% содержании сахара составляет около 110 кг сахара.

По господствующему до сего времени мнению такое массовое выделение сока из агавы происходит вследствие выжимания сока из раны благодаря корневному давлению. Автору же представляется более вероятным, что здесь дело обстоит точно так же, как у пальмы, т. е. что сила давления сосредоточена в надземных частях, а не в корнях, и что здесь также видную роль играет постоянно возобновляемое раздражение раны. Окончательное же разрешение этого вопроса может последовать лишь по проведении соответствующих опытов на месте, на агавовых плантациях.

Древесина как водопроводящий путь

Главная масса воды, поступающая из корней и направляющаяся по стволу до самых листьев, передвигается по древесине — по ее клеткам и сосудам.

Ствол дерева состоит из 4 частей: сердцевинны, древесины, камбия и коры. Как видно из рис. 26, ткань, находящаяся с внутренней стороны от камбия, за исключением слабо развитой расположенной в центре сердцевинны, представляет собой

древесину, снаружи камбия находится кора. Камбий ежегодно образует внутри слой древесины (годовой слой), а снаружи часть коры — луб. Большую часть ствола дерева составляет древесина. В разрезе она представляет ряд концентрических кругов — годовых колец, из которых каждое соответствует годовичному приросту древесины. Поэтому по числу колец можно определить возраст дерева.

Следующий опыт ясно показывает, что только древесина способна достаточно быстро проводить воду, а не кора и не сердцевина. Срезают три свежие ветки сирени (*Syringa*) и ставят в воду первую только с одной сердцевинкой, вторую только с одной корой, а третью только с одной древесиной. Через некоторое время первые две ветки загнивают, тогда как третья остается свежей. Ни сердцевина ни кора не в состоянии обеспечить листву достаточным количеством воды, такой возможностью обладает только древесина.

В незначительной роли коры в проведении воды можно убедиться и другим путем. В стволе или в покрытой листьями ветке вырезается кольцо коры шириною в 1—2 см и, несмотря на этот перерыв в коре, находящиеся над перерывом кольцо ветки остаются свежими в течение месяцев, а у некоторых деревьев даже в течение 1—2 лет.

Как известно, у некоторых деревьев внутренняя часть древесины бывает окрашена в темный цвет и содержит различные вещества: каучук, смолу, а также дубильные и красящие вещества. Эта центральная темная часть древесины называется ядром древесины, или просто ядром, в отличие от окружающей светлой части, называемой заболонью.

Следует заметить, что в проведении соков участвует почти исключительно заболонь, причем наружные, т. е. наиболее молодые годовичные слои заболони, лучше проводят воду, чем внутренние, более старые, а в некоторых случаях, как напр. у белой акации, обильно проводит воду вообще только последний годовичный слой. Этим и объясняется, почему *Robinia* через 1—2 дня завядает, а затем вскоре и совсем засыхает, если удалить у нее кору со ствола в виде широкого кольца, обнажив таким образом последний годовичный слой. Здесь наступает быстрое высыхание, а так как это единственный путь снабжения водой, то и все дерево сейчас же начинает завядать.

Отрицательное давление воздуха сосудов

ВОЗДУХ В СОСУДАХ РАЗРЕЖЕН. Если мы перережем покрытую листьями ветку (винограда, дуба и т. п.) под ртутью (рис. 27) и оставим в ней поверхность среза на несколько минут, а затем, счистив

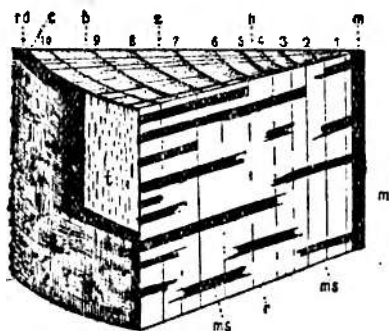


Рис. 26. Кусок ствола 11-летнего бука (*Fagus*): *g* — поперечный, *r* — радиальный, *t* — тангентальный разрез, *m* — сердцевина, *rd* — кора, *n* — древесина, *c* — камбий, *ms* — сердцевинные лучи, 1—10 — следующие друг за другом годовичные слои. Схематизировано и увеличено. (Оригинал.)

кору, внимательно рассмотрим древесину при помощи лупы, то сосуль представятся нам в виде серебристо-серых нитей, так как они наполнены ртутью. Ртуть вступает в сосуды как только они вскрываются ножом, так как заполняющий их воздух, поскольку они не целиком заполнены водой, счень разрежен. Внешнее давление воздуха вдавливает ртуть внутрь сосудов.



Рис. 27. Срезание по ртыт' листьями ветви в ртути, чтобы показать разрежение воздуха в сосудах древесины.

Когда этот опыт, проделанный Генелем, получил известность, казалось, что загадка восхождения сока уже разрешена, однако при этом упускали из виду, что давление воздуха может поднять воду только на 10 м. Несомненно, что понижен-

ное напряжение воздуха в сосудах вызывает всасывание воды, но одними этим всасыванием нельзя объяснить подъема воды к верхушкам деревьев, достигающих часто громадной высоты. Известно например, что мамонтовое дерево (*Sequoia*) в Северной Америке достигает 140 м, а эвкалиптус в Австралии даже 150 м.

Капиллярность

Прежде часто высказывалось мнение, что сосуды и клетки древесины играют важную роль как капилляры, поднимающие и удерживающие воду. Известно, что если опустить в воду стеклянный капилляр, то вода в нем поднимется над уровнем окружающей внешней жидкости. То же самое должно происходить в сосудах древесины, которые можно рассматривать как тончайшие капилляры. То, что они сплошь открыты на большом протяжении и не разгорожены поперечными стенками на короткие участки, не трудно показать.

На поперечном разрезе „испанского камыша“, иначе говоря, ствола пальмы лианы *Calamus*, видны простым глазом сравнительно крупные дырочки — это разрезанные поперек сосуды. Через такой камыш в метр длины свободно проходит воздух, в чем легко убедиться, опуская один конец его в стакан с водой, а в другой вдвывая воздух. Легко проходит через камыш в 1—2 м длины и табачный дым; можно еще при помощи каучуковой трубки в один конец камыша впустить свечильный газ, а на другом конце зажечь его.

Сосуды у испанского камыша настолько широки, что в куске длиною в 3—4 см они просвечивают насквозь светлыми точками.

Прохождение воздуха, свечильного газа или табачного дыма не было бы возможно, если бы сосуды были перегородены

нутри перепонками, так как фильтрация под давлением невозможна через сплошную растительную перепонку.¹

Приведенные опыты таким образом убеждают в том, что сосуды открыты на большом протяжении. Однако сосуды не могут поднять воду, на значительную высоту, а всего лишь на несколько сантиметров (4—17 см) и при этом их водоудерживающая сила так же незначительна.

Если опустить метровый испанский камыш одним концом в воду, а с другого конца всасывать ее, то вода подымется доверху, т. е. сосуды заполнятся водой. Если затем вынуть камыш из воды и верхний конец заткнуть пальцем, то вода не будет из него вытекать, но стоит только отнять палец, как вода тотчас потечет, причем только незначительная часть ее останется в камыше и лишь основания сосудов на небольшую высоту останутся заполненными водой.

С этим связано явление, которое автору часто приходилось наблюдать в яванских девственных лесах. Когда быстро разрубают даже не очень тонкий ствол лианы, то обыкновенно вода не вытекает из верхностей среза. Но стоит только (лучше всего на расстоянии от $\frac{1}{2}$ до 1 метра от места среза) еще раз перерубить ствол и держать его отвесно, чтобы из нижнего конца его закапала или даже потекла вода, нередко в очень значительном количестве (1—1½ литра). При этом особенно много вытекает в первую минуту, затем все меньше и меньше, а через несколько минут истечение прекращается. Вытекающая из ствола лианы вода находилась в сосудах древесины. Так как капиллярность может задержать только незначительную часть воды, то как только сосуды открываются сверху и снизу, вода вытекает, так как капиллярность не играет никакой роли в сосудах древесины ни в качестве водоудерживающей ни в качестве водоподнимающей силы.²

Согласно исследованиям автора, тропические лианы могут быть использованы как источник воды, для утоления жажды. Вода в них исключительно чиста и совершенно не содержит бактерий. Было бы очень желательно, чтобы дающие воду лианы получили большую известность тем более, что чистая, не содержащая бактерий вода в тропических девственных лесах весьма ценна и благодаря ей можно избежать многих болезней.

Транспирация

Очень большое значение для поднятия сока имеет транспирация, под которой понимается отдача воды в виде пара через поверхность растения.

Не все растения транспирируют. Растения, растущие под водой, как например *Elodea* или *Myriophyllum*, не транспирируют, точно также не транспирируют и наземные растения, когда они находятся в насыщенном водяными парами помещении и при условии, что температура их не выше окружающей. За этими исключениями все растения транспирируют больше или меньше.

¹ Wiesner I. u. Molisch H. Untersuchungen über die Gasbewegung in der Pflanze. Sitzb. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Bd. XCVIII. Abt. 1. 1889. p. 670.

² Molisch, H. Über das Ausfließen des Saftes aus Stammstücken von Lianen Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien CVII Bp. Abt. 1898. p. 977.

То, что растение путем транспирации отдает часть содержащейся в нем воды, может быть легко установлено при помощи взвешивания.¹ Для этого сажают растение в цветочный горшок без отверстий в дне, плотно закрывают его сверху крышкой с отверстием в середине и пропускают через него стебель, причем замазывают все щели какой-нибудь безвредной замазкой. Таким образом растение может отдавать воду только надземными частями. При повторяемом ежедневно взвешивании горшка с растением через некоторое время обнаруживается убыль в весе, которая указывает на потерю воды, происходящую вследствие транспирации.

Ясное представление о транспирации можно получить еще следующим способом. U-образную трубку наполняют водой. В одно колено этой трубки посредством просверленной пробки герметически вставляется облиственная ветка. Другое ее колено соеди-

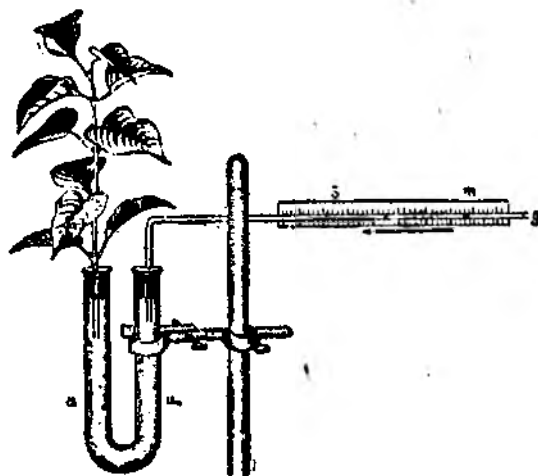


Рис. 28. Опыт по определению испарения.
(Оригинал.)

няется с горизонтально направленной тонкой стеклянной трубкой — *g*, наполненной водой, слегка окрашенной фуксином. По мере испарения воды мениск воды в горизонтальной трубке передвигается вдоль шкалы — *s* от метки — *m* назад и показывает количество поглощенной и испаренной растением воды (рис. 28).

Все факторы, оказывающие влияние на испарение свободной поверхности воды, как то: тепло, свет, воздушные течения, сотрясения и т. п., действуют совершенно

аналогично на транспирацию растений, однако ее нельзя рассматривать как чисто физический процесс, так как растение может самостоятельно принимать участие в его регулировке при помощи своего строения и внутренних особенностей. Таким образом транспирация является физико-биологическим процессом.

Вода имеет для растения исключительное значение, и так как растение не всегда имеет возможность получить ее в достаточном количестве, то оно должно обращаться с ней экономно и с известной силой задерживать ее. Вся поверхность травянистых растений за исключением корней покрыта тонкой кожицей — кутикулой, затрудняющей испарение воды с поверхности растения. Такое же назначение имеет пробка, которая покрывает многолетние корни и стволы, особенно древесных пород, а также и восковой налет, покрывающий в виде белой или серой, легко стирающейся, пленки

¹ Burgerstein, A. Die Transpiration der Pflanzen. Jena 1904 p. 4. Dazu der II Teil (Ergänzungsband) Jena 1920 u. d. III Teil, Jena 1925.

стебли, листья и плоды. Кутикула и пробка пропитаны жировыми веществами, которые и задерживают транспирацию. Они представляют собой как бы жировой покров, в котором заключено растение, и предохраняют его таким образом от слишком сильного испарения.

Если взять два яблока, из которых одно очистить от кожи, а другое оставить неочищенным, и положить их рядом на стол, то через несколько дней очищенное яблоко потеряет значительную часть содержащейся в нем воды и сморщится, тогда как неочищенное останется таким же полным и сочным, каким оно было.

Опыт с двумя одинаковыми клубнями картофеля дает такой же результат. В первом случае с яблока снимается кожица с кутикулой, во втором, — с картофеля — бурая пробка. Опыты показывают, как сильно эти покровы задерживают транспирацию.

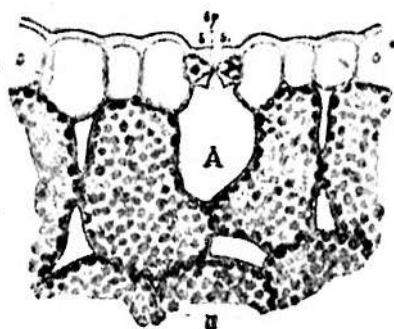
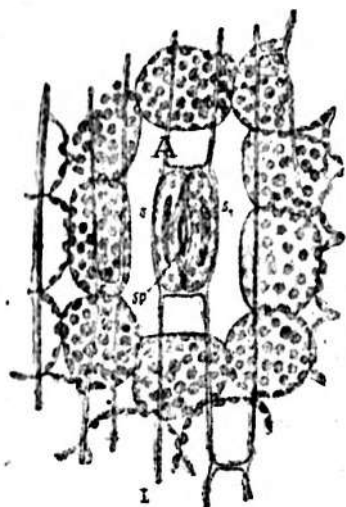


Рис. 29. Устьице *Hyacinthus orientalis*: I. Кусочек нижнего эпидермиса с прилегающим мезофиллом, содержащим хлорофилловые зерна. Вид с поверхности. В середине находится устьичный аппарат, состоящий из двух замыкающих клеток SS и щели *sp*. II. Поперечный разрез того же устьища. В эпидермисе: OO — устьичная щель и лежащая под ней дыхательная полость: A; снизу прилегают клетки паренхимы, содержащие хлорофилловые зерна. Увеличено в 160 раз. (Оригинал.)

Кроме указанных защитных приспособлений против излишней транспирации имеются и другие: расположение и свертывание листьев, кроющие волоски и уменьшение общей поверхности растения преимущественно путем сбрасывания или недоразвития листьев. Особенно хорошо защищены от потери воды растения горячих и сухих почв — кактусы, толстянки и некоторые молочаи, которые развивают толстые мясистые стволы и побеги нередко совершенно без листьев, т. е. растения, относящиеся к так называемым суккулентам. Такие растения удерживают воду с большой силой и могут долгое время обходиться без снабжения ею.

Однако транспирация может быть ограничена только до известных пределов, так как она чрезвычайно важна для растения. Транспирация обуславливает постоянный приток воды, доставляющей листьям необходимые для ассимиляции минеральные соли. Форма листьев в виде пластинки и большое число устьиц на нижней их стороне обеспечивают лучший газообмен между наружным возду-

хом и внутренними межклетниками листа, но в то же время они облегчают и прохождение водяных паров и тем самым служат для ускорения транспирации.

Устьица

Устьица состоят из двух полулунных клеток, называемых замыкающими клетками *ss*, между ними находится щель *sp*, которая снаружи соприкасается с воздухом, а изнутри — с наполненной воздухом дыхательной полостью *A* и через нее с другими содержащими воздух полостями ткани листа.

Устьичные отверстия обладают способностью открываться и закрываться в зависимости от потребности усилить или снизить транспирацию.

Метод инфильтрации¹

Являются ли устьица открытыми или закрытыми, легко определить при помощи метода инфильтрации. Если взять напр. лист сирени или настурции с открытыми устьицами и смочить его нижнюю сторону абсолютным спиртом или бензолом, то эти жидкости тотчас же или во всяком случае чрезвычайно быстро проникнут через устьичную щель в дыхательную полость и соединенные с ней другие капиллярные межклетники, благодаря чему лист на прямом свете представится темным, а на проходящем — прозрачным.

Насколько убедительны результаты, получаемые этим методом, видно на следующем опыте:

В теплый солнечный летний день в полдень находящийся на ветке взрослый лист сирени (*Syringa vulgaris*) закрывают полоской черной бумаги с верхней и нижней стороны поперек через середину. Так как необходимо, чтобы бумага плотно прилегала к листу, то лучше всего ее приколоть к нему булавками. Через 24 часа снимают бумажную полоску и быстро смачивают нижнюю сторону листа абсолютным спиртом. При этом можно заметить как быстро проникает и инфильтрируется спирт в те части листа, которые оставались открытыми, тогда как затемненные части его остаются без изменения зелеными. Инфильтрированные части

Рис. 30. Лист сирени (*Syringa*), подвергнутый методу инфильтрации, $\frac{2}{3}$ nat. величины. (Оригинал.)

сразу и очень резко отличаются от неинфильтрированных, до того бывших под бумагой. В дальнейшем же эта разница становится еще резче, так как спирт убивает клетки в тех местах, где он про-

¹ Molisch, H. Das Offen- und Geschlossensein der Spaltöffnungen, veranschaulicht durch eine neue Methode (Infiltrationsmethode) Ztschr. f. Bot. 1912. p. 106.

ник и лист и через некоторое время вызывает побурение ткани, вероятно под воздействием оксидазы. Если такой лист засушить и фильтровальной бумаге, то он сохраняет в течение нескольких дней резко разграниченную зеленую окраску в той части, которая была закрыта, и бурую — в остальных частях.

При помощи этого метода легко показать также, что многие растения закрывают свои устьица ночью или при искусственном затемнении, что они различно ведут себя на одном и том же дереве или ветке в зависимости от степени освещения, что они часто открываются на ветру и во время завядания, что у некоторых растений устьица вообще не закрываются или не открываются, что на одном и том же листе, за время развития его, устьица ведут себя различно и еще многое другое.

Кобальтовый метод

Другим хорошим способом для исследования транспирации является предложенный Сталем¹ кобальтовый метод.

Полоски фильтровальной бумаги пропитываются 5% раствором хлористого кобальта и затем высушиваются в сушильном шкафу или на солнце. В высушенном виде эта бумага имеет голубой цвет, а сыром — розовый. Если такой сухой, т. е. голубой бумагой в то время, когда устьица открыты, закрыть снизу и сверху лист, у которого устьица имеются только с нижней стороны, и положить его вместе с закрывающей его бумагой между двумя стеклянными пластинками, то бумага, лежащая на нижней стороне листа, тотчас же окрасится в розовый цвет, тогда как бумага, находящаяся на верхней стороне листа, или вовсе не изменит цвета или, изменит его на красный значительно позднее.²

Количество отдаваемой путем транспирации воды обыкновенно очень велико. Подсолнечник с площадью листы примерно в 9 кв. м в сухой день испаряет около 1 литра воды. 115-летний бук, по вычислениям Генеля,³ испарил с 1 июня по 1 декабря 8968 л. Согласно опытам того же исследователя, сильнее всего транспирируют береза и липа, а именно за время вегетации в среднем 60—70 кг на 100 г сухого веса, тогда как дуб только 20—30 кг. Среднее место занимают ясень и белый

¹ Stahl, E. Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Ztg. 1894 p. 117.

² Вместо кобальтовой бумаги автор пользовался в своих опытах также кобальтовым желатином, следующего состава: 100 г воды 7 г желатина, 2,5 г хлористого кобальта и 25 г глицерина. При обыкновенной комнатной температуре эта красная смесь — твердая, но если ее немного нагреть, то она становится жидкой, так что может быть легко разлита и затем высушена на стеклянной пластинке слоем любой толщины. Когда желатин высыхает, он становится голубым. Если положить между двумя такими желатиновыми пластинками какой-нибудь лист, имеющий устьица только с нижней стороны, то нижняя сторона листа, прикасаясь к желатину, тотчас окрасит его в красный цвет, тогда как верхняя за тот же промежуток времени не изменит окраски желатина. Сняв затем с желатиновой пластинки лист можно продемонстрировать красную окраску на экране, так как желатин прозрачен. В этом преимуществе желатинового метода, отрицательная же его сторона — меньшая чувствительность, по сравнению с бумажным методом.

³ Hühnel Fr. v. Über die Transpirationsgrößen der forstlichen Holzgewächse usw. Mitt. a. d. forstl. Versuchsw. Österreichs. Bd. II, Wien 1879.

бук—от 50 до 60 кг, красный бук—от 45 до 50 кг и клен—от 40 до 45 кг. Один гектар букового леса в общем испаряет ежедневно до 30000 л.

Губер¹ установил в опытах с ветками, расположенными на различной высоте ствола 115-метровой *Sequoia gigantea*, что по мере подъема кверху замечается значительное снижение транспирации, так что нижние ветки в шесть раз сильнее транспирируют, чем ветки, расположенные на 12 метрах высоты. Это явление, по мнению Губера, связано с уменьшением по мере подъема насыщения растения водой, а также чувствительной регулировкой устьичных движений.

Транспирация как сосущая сила

Уже из описанного выше опыта было видно, что транспирирующая ветка вызывает значительное всасывание. Это всасывание можно наглядно демонстрировать при помощи расширенной в верхнем конце стеклянной трубки, доверху наполненной водой, а нижним концом опущенной в ртуть. Как только помещенная в верхний конец трубки ветка начинает транспирировать, она всасывает воду, причем вслед за водой поднимается и ртуть.

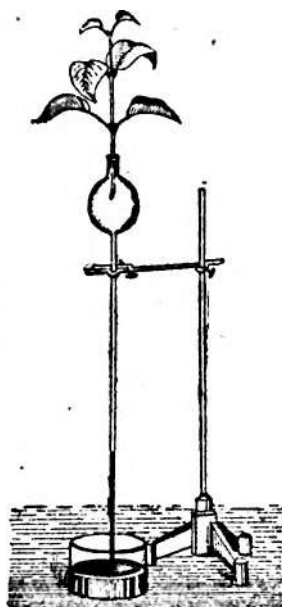


Рис. 31. Опыт по определению всасывающей силы транспирации. (Оригинал.)

Высота столба ртути указывает на степень всасывания (рис. 31). Транспирирующая ветка сосет воду преимущественно из сосудов древесины, в которых образуются пространства с разреженным воздухом, т. е. с отрицательным давлением, которое и обуславливает всасывание воды из трубки. Как только ртуть, следующая за водой, достигнет известной высоты, из ветки всасывается немного воздуха в трубку и с этого момента ртуть обыкновенно больше не поднимается или даже понижается. Если бы удалось воспрепятствовать проникновению в пробирку воздушных пузырьков, то ртуть вероятно поднялась бы выше барометрической высоты. Автор считает возможным утверждать это на основании аналогичного опыта Аскенази, в котором транспирирующая ветка была заменена насыщенным водою гипсом; в этом опыте ртуть поднялась выше барометрической высоты (до 89 см).

Этот поразительный факт основывается на сцеплении жидкости, которое предотвращает разрыв водяных нитей в тонких свободных от пыли и воздуха трубках. Аскенази привлек теорию сцепления к объяснению явления поднятия сока. По его мнению, в сосудах растений имеются непрерывные водяные нити, которые тянутся от корней до листьев и вследствие засасывающего действия транспирации передвигаются сплошным неразрывным током. Однако факти-

¹ Huber B. Transpiration in verschiedener Stammhöhe. Ztschr. Bot. 1923. p. 499.

ческие основания приведенной теории, в разбор которой мы здесь подробно входить не будем, еще полны пробелов, так как в сосу-
щая находится вовсе не неразрывные водяные нити, а столбики
воды, чередующиеся с пузырьками воздуха, так называемые жаме-
новские цепочки. Если все же принять теорию сцеплений Аске-
нази, нужно прибегнуть к помощи новых вспомогательных гипотез.
Тем не менее теория сцепления приобретает все больше и больше
последователей, и Губер, которому мы обязаны чрезвычайно
ценными исследованиями по вопросу о поднятии сока, считает эту
теорию доказанной.¹

Живая клетка

Многочисленные исследования и особенно исследования Урш-
прунга показывают, что для передвижения соков имеет очень боль-
шое значение также и живая клетка. Уршпрунг показал, что
трипичиные и древесные растения на корню быстро начинают
мнуть, если стебли их убиты на значительном протяжении хотя
бы например ошпариванием, и что живые клетки стебля также
являются частичным источником силы, необходимой для снабжения
растения водой.²

Этот взгляд нашел подтверждение в его дальнейших опытах,³
в которых ему удалось измерить сосущую силу живых клеток.
При этом он исходил из следующих соображений: клеточный сок
обладает, как мы уже видели, высокими осмотическими, притяги-
вающими воду, силами, о величине которых можно получить пред-
ставление, определяя наименьшую концентрацию раствора, вызы-
вающего плазмолиз. Но клетка одновременно испытывает известное
механическое давление, тургорное давление, которое обусловли-
вается давлением эластически растянутых клеточных стенок. Это
обратное давление стремится выжать воду из клетки. Сосущая
сила клетки является результатом этих двух, противоположно дей-
ствующих сил—осмотической силы клеточного сока всасывающей
воду и тургорного давления, выталкивающего воду. Сосущая сила
клеток равна разности этих двух величин.

Уршпрунг и Блюм измеряли у плюща и у бука сосущую
силу живых клеток и распределение сосущей силы в различных
тканях растений, причем нашли, что сосущая сила неизменно
возрастает от корней кверху до испаряющих тканей листьев.

Например, у одного растения плюща сосущая сила в восприни-
мающих воду наружных клетках корня равнялась 1 атм., в сердце-
винных лучах у основания ствола—2,1 атм. на высоте $2\frac{1}{4}$ м—
4,2 атм., а в палисадных клетках листьев—12 атм. Таким образом
мы имеем в живых клетках градиент сосущей силы в том напра-

¹ Askenasy. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg (N. F.) 5. 1895 u. 1896.
H u b e r B. Beiträge zur Kenntnis der Wasserbewegung in der Pflanze. Ber. d. Deutsch.
Bot. Ges. Bd. XLI, 1923. p. 242.

E r o w e. Weitere quantitative Untersuchungen über das Wasserleitungssystem der
Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 6/ Bd. 1928. p. 946.

² U r s p r u n g A. Zur Frage nach der Beteiligung lebender Zellen am Saftsteigen
Beihette z. Bot. Zbl. Bd. 28, (1), 1912 p. 311.

³ U r s p r u n g, A. u. B l u m G. ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1916, p. 88, 105, 123, 525
539, Jg. 1918, p. 577 u. Jg. 1916, p. 453.

влении, в котором движется вода. В надземных органах сосущая сила возрастает также и в поперечном направлении и внутри и снаружи, например, в стволе плюща на высоте $2\frac{1}{4}$ м она равнялась в срединных лучах камбия—4,2 атм. во внутренних слоях коры—5,0, и наружных—7,3, а в эпидермисе—7,4 атм. Там, где вода должна следовать через ткани от одной клетки к другой в поперечном направлении и притом должна преодолевать большие сопротивления, как например во всасывающем корне или в испаряющих листьях, там градиент на небольшом расстоянии велик; напротив, там где мы имеем сосуды, легко передающие воду живым клеткам, прилегающих к проводящим путям, градиент сосущей силы сравнительно малый.

Эти факты говорят за правильность взгляда Уршпрунга о важном значении живых клеток в передвижении воды. К этому взгляду примкнул также и Янзе.¹

9. Значение транспирации и транспирационного тока в садовых работах

Закаливание

Если растение из влажной атмосферы оранжереи переносится в сухую комнату или прямо на открытый воздух, то часто наступает быстрое завядание его, а если это завядание затягивается на продолжительное время, то растение может даже и засохнуть. Выведенное в оранжерее растение приспособлено к влажной атмосфере, кутикула у него нежная, а стенки клеток эпидермиса и других тканей так тонки, что транспирация происходит у него слишком интенсивно, как только оно переносится из влажного воздуха в сухой. Вследствие этого и наступает завядание. Это необходимо иметь в виду и избегать резких переходов и приучать растения постепенно к сухой атмосфере. Не следует выставлять растения из оранжереи сразу на сильный ветер или теневые культуры прямо на солнце, так как это может вызвать слишком усиленную транспирацию, вредную для растения.

Черенки, пока они еще не имеют корней и испытывают затруднение в восприятии воды, нужно держать во влажной атмосфере, давая им вначале только очень слабое проветривание, впоследствии же постепенно усиливать проветривание, приучая таким образом растение к более сухому воздуху. Растение, как говорят, должно закаливаться. При закаливании кутикула и стенки эпидермиса утолщаются, листья становятся более жесткими, и транспирация вследствие этого снижается. Подвергнутое такому закаливанию растение может произрастать в таком сухом воздухе, в котором оно несомненно бы завяло и пострадало, если бы было выставлено в него сразу. Недостаточное закаливание особенно дает себя знать, когда выращенные в садоводствах во влажном оранжерейном воздухе растения переносятся в комнаты с значительно более сухим воздухом. Многие растения как *Selaginella*, папоротники, фикусы, бегонии и др. в таких условиях

¹ Janse. Jahrb. Wiss. Bot. 52 Bd. p. 509 и 102.

загнивают, а некоторые даже теряют листья и в конце концов погибают.

Точно так же после пересадки растений, при которой часто повреждаются корни, нужно держать растение во влажной атмосфере до тех пор, пока не вырастут новые корни.

Растение вообще представляет собой весьма пластический объект, строение которого до известных пределов изменяется в зависимости от внешних условий. Необходимо по мере необходимости регулировать транспирацию.

Правильная оценка потребностей растений служит показателем умения садовода обращаться с растением. Когда деревья или кустарники высаживаются осенью или весной перед распусканием почек, необходимо подстричь их кроны, так как при пересадке значительное количество корней повреждается и обрывается, после же распускания листьев поверхность транспирации будет слишком велика, а поврежденная корневая система не достаточно для снабжения растения водой.

Растения, любящие влажную атмосферу, должны содержаться в влажном воздухе, напротив растения сухих местностей (флора пустынь, кактусы) — в сухом или умеренно сухом.

Для поддержания влажной атмосферы в оранжерее недостаточно только поливать горшки, но нужно еще время от времени опрыскивать почву и самые растения, чтобы создать возможно большую испаряющую поверхность. Некоторые растения, как напр. *Anectochilus*, виды *Eranthemum*, *Drosera Dionaea*, *Nepenthes* и другие особенно нуждаются в влажном воздухе, а потому в случае необходимости помещаются в оранжерее под стеклянные колпаки или в особые застекленные ящики.

Поливка

Правильная поливка требует практики, опыта и тонкого понимания растения. Поливка — это искусство, для которого не существует каких-нибудь общих правил или общепринятого шаблона — оно должно согласоваться с особенностями природы и потребностями данного растения.

Нередко случается, что уход за растением сводится на-нет только потому, что его или слишком мало поливают, или слишком много, или не во-время. Растение, находящееся в покое, не требует вовсе не только очень мало поливки, напротив энергично растущее растение требует большого количества воды. Чем суше воздух, чем выше температура, чем сильнее солнечный свет, чем меньше горшок и чем легче почва, тем обильнее должна быть поливка. Вообще же можно сказать, что чем сильнее транспирация, тем больше нужно давать растению воды.

Отверстие в дне горшка должно быть заложено одним или несколькими черепками, чтобы вода могла легко просачиваться, так как иначе легко образуется на дне горшка застойная вода, которая препятствует доступу воздуха в почву, затрудняет дыхание корней, обуславливает закисание почвы и губит корни.

Особенно рекомендуется поливать растение не холодной водой, а непременно выстоявшейся и принявшей температуру того помещения, где находится растение. Насколько полезна теплая

вода для поливки легко убедиться на практике, поливая оранжевые растения подогретой до 30° С водой. Поглощающая способность корней и растворяющее действие воды в отношении минеральных солей при этом повышаются, а оба эти фактора чрезвычайно благотворно отзываются на росте растения.

О закладке отрезанных побегов

Если отрезать на воздухе покрытый листьями побег розы, подсолнечника или другого растения и поместить его нижним концом в воду, то некоторое время он останется свежим, а затем начнет вянуть. Но если такую же ветку отрезать под водой и сейчас же поставить в воду, то она остается значительно дольше свежей, чем одновременно отрезанная на воздухе.

Это интересное явление объясняется Генелем отрицательным давлением воздуха сосудов.¹ В тот момент как ветка отрезается под водой, вода внешним давлением воздуха вдавливаясь в сосуды на значительном протяжении, при этом сосуды как бы снабжаются запасом воды, из которого ветка может в течение долгого времени покрывать потерю ее от транспирации. Если же ветка отрезывается на воздухе вследствие врывающегося в сосуды внешнего воздуха, давление тотчас же уравнивается, сосуды на большем протяжении наполняются воздухом и благодаря этому создается препятствие к поднятию воды. В этом и заключается причина, почему срезанные под водой ветки или цветы дольше остаются свежими. Поэтому, если хотят сохранить в свежем виде в течение более продолжительного времени срезанные ветки или цветы на длинных стеблях, то их надо срезать под водой.

На практике при массовой срезке веток или цветов этот способ вряд ли применим за недостатком времени, но когда приходится иметь дело с особо ценными растениями, напр. с орхидеями или с одиночными крупными цветами на длинных стеблях, — следовало бы принимать указанные предосторожности.

Покрытая листьями ветка, независимо от того, срезана ли она на воздухе или под водою, в конце концов начинает вянуть, но если возобновить поверхность среза, удалив кусок в 1—2 сантиметра длиной, над прежним срезом, то через некоторое время она оправляется и становится вновь свежей. Генель показал, что место среза постепенно закупоривается слизью, которая отчасти выступает из разрезанных клеток, отчасти является продуктом выделения слизиобразующих бактерий, находящихся здесь благоприятные условия развития и накаплиющихся вследствие закупорки сосудов. Если же при помощи острого ножа возобновить срез, то вода может вновь легко поступать и ветка снова оправится. Чем чаще возобновлять срез, тем лучше.

В литературе неоднократно сообщалось, что срезанные ветки дольше сохраняют свежесть, если они ставятся не в обыкновенную воду, а в раствор селитры или сернокислого магния, или если в воду опущен кусок древесного угля. Вероятно этим создаются

¹ H ö h n e l, Fr. v. Über das Welken abgeschnittener Sprosse. In Fr. Haberlands wiss. prakt. a. d. Geb. d. Pflanzenbaues. Bd. II. 1877. p. 120.

угловии, препятствующие развитию бактерий и ослабляющие закупорку сосудов.

Срезы необходимо возобновлять и в тех случаях, когда срезанные цветы: розы, гвоздики, акации и др. в течение долгого времени лежат на воздухе и завядают, как это бывает в тех случаях, когда заготавливают на продажу срезанные цветы в большом количестве. Вследствие потери воды срезы сморщиваются и сосуды суживаются, при обрезке же небольшого кусочка стебля сморщенные и подсохшие сосуды удаляются, создаются свежие открытые концы, приспособленные к лучшему восприятию воды. При срезании веток не следует употреблять ножниц, так как они сдавливают сосуды и нужно пользоваться острым ножом.

10. Передвижение ассимилятов

Крахмал, сахар, жир и белок

Мы уже ранее указывали, что в дневные часы, вследствие ассимиляции углекислоты, в листьях обыкновенно образуется значительное количество крахмала и что крахмал накапливается при этом и хлорофилловых зернах. Наряду с крахмалом в листьях образуются и другие углеводы, кроме того белок, составные части белка, жиры и различные другие вещества, называемые ассимилятами.

В превращении ассимилятов и других тел большую роль играют ферменты или энзимы. Это вещества неизвестного состава, присутствие которых ускоряет медленно протекающие реакции, но которые сами однако не принимают в них, во всяком случае длительного участия.

Значительная часть обмена веществ живого организма связана с деятельностью ферментов.

Сообразно их действию различают:

1. Диастазы, превращающие крахмал в сахар.
2. Целлюлазы, осаживающие клетчатку.
3. Инвертазы, превращающие тростниковый сахар в право-вращающий сахар — декстрозу и в левовращающий — левулезу.
4. Ферменты, расщепляющие глюкозиды, которые из глюкозидов образуют виноградный сахар и другие вещества.
5. Липазы, расщепляющие жиры на глицерин и жирные кислоты.

6. Протеазы, расщепляющие белки.

7. Оксидазы, окисляющие вещества в присутствии молекулярного кислорода или других источников кислорода (пероксиды).

Что же происходит с ассимилятами? Если они не находят применения в листе или не откладываются в нем в форме запаса, то они оттекают.

Обратимся прежде всего к крахмалу. Крахмал, будучи твердым телом, не может передвигаться как таковой. Он должен сначала превратиться в растворимое вещество, что происходит при помощи фермента, называемого диастазом. Находящиеся в хлорофилловых зернах крахмальные зерна превращаются при

посредстве диастаза и сахар (мальтозу), который передвигается из клетки в клетку и может на этом пути вновь превратиться в крахмал.

Где развивается лист, корень, почка, одним словом, всюду, где имеет место явление роста, туда передвигается крахмал в виде сахара, для того чтобы быть использованным в качестве строительного вещества. Когда же все органы вполне образованы, и растение нуждается лишь в очень незначительном количестве строительного материала или даже вовсе не нуждается в нем, оно накапливает крахмал в известных органах в качестве запасного вещества на будущее время.

У травянистых растений это накопление происходит в клубнях, луковицах и корневищах, у зерновых в зернах, у древесных пород в семенах и особенно в древесине. Потому-то мы и находим ткани вызревшего клубня картофеля заполненными сплошь крахмалом, на этом и основывается его большая питательность.

Стволы деревьев и зерна хлебных злаков представляют собой осенью огромные хранилища крахмала. Когда весной лес в течение 2—3 недель сразу одевается листвою, образуя при этом громадное количество листьев, то не нужно думать, что эта огромная масса растительного вещества образуется в такое короткое время при помощи одной только ассимиляции углекислоты молодыми листьями — обновление это происходит главным образом за счет передвижения ранее накопленных в дереве запасных веществ. С приближением весны эти запасы мобилизуются, и крахмал в виде сахара переносится в почки, которые благодаря этому быстро развиваются в листья.

Передвигающийся крахмал не должен обязательно накапливаться в виде собственно крахмала, он может откладываться в запасных органах и в виде жира, и по мере надобности вновь превращаться в крахмал, что наблюдается в семенах многих растений и зимой в коре некоторых деревьев.

При вступлении сахара и других углеводов в реакцию с неорганическими азотистыми соединениями (селитра, аммиак) могут образоваться органические азотосодержащие вещества и наконец белковые тела. Где это происходит, мы пока еще не знаем, известно только, что как зеленые, так и незеленые клетки могут образовывать белок и что по всей вероятности у зеленых растений главная масса белка образуется в листьях.

Белок, так же как и крахмал, не передвигается как таковой, а чаще всего в форме аминокислот (аспарагин, тирозин и др.), т. е. легко кристаллизирующихся и легко растворимых азотистых соединений, которые могут свободно передвигаться от клетки к клетке через стенки. Накопленный в семенах проростков вики или гороха белок часто появляется в молодых органах в большом количестве в виде аспарагина и может легко быть выкристаллизован, если положить кусочки стебля в спирт. При образовании органов аминокислоты могут вновь превращаться в белок.

Нисходящий ток ассимилятов

В прежние времена физиологи представляли себе движение соков в виде восходящего и нисходящего тока, следующим образом: воспринятая корнями почвенная вода поднимается по древесине до

кроны, где сырой материал перерабатывается и ассимилируется и затем ассимиляты спускаются назад по коре до корней. Это представление в общем правильно, однако не следует из этого делать заключение, что существует только один восходящий и один нисходящий ток. В действительности у высших растений имеется целый ряд токов, направленных на самые разнообразные части растения. Всюду, где потребляются вещества, туда и следуют ассимиляты: к растущим цветам, плодам, листьям, ветвям, корням, к ранам, одним словом, ко всем участкам, где строятся новые клетки или растут уже имеющиеся. Однако наряду с этими многочисленными побочными токами, все же фактически остается восходящий ток воды по древесине и нисходящий по коре ток ассимилятов.

То, что восхождение почвенной воды происходит в древесине и именно в заболони, мы уже знаем, а в том, что нисхождение ассимилятов, как только они покинут листья, совершается главным образом в коре ствола, легко убедиться на опыте.

Если на лиственном или хвойном дереве кольцеобразно срезать кору до самой древесины, полоской в 1—3 сантиметра ширины, что особенно легко удастся весной, то через некоторое время наступает чрезмерное питание верхнего края раны. По истечении нескольких недель или месяцев он утолщается и образует постепенно наплыв (рис. 32).

При заживлении раны может произойти и некоторое утолщение нижнего края, но оно обыкновенно значительно слабее верхнего. Часто наблюдается также, что начинают развиваться спящие почки, напр., у сирени, *Ligustrum* и др.

Если действительно перемещение ассимилятов происходит в коре по направлению книзу, то при вырезании кольца коры пути для проведения пластических материалов должны прерываться и под кольцом образовываться скопление пластических веществ, что и является причиной усиленного питания этой части.

У некоторых деревьев, растущих в тенистых сырых местах, раны от кольцевания могут постепенно совершенно зарости наплывом, и тогда ассимиляты могут вновь свободно передвигаться, напротив другие деревья не могут длительно выдержать такую операцию. Имеются даже и такие, как напр. белая акация (*Robinia pseudacacia*) или *Maclura aurantiaca*, которые начинают вянуть уже через несколько часов после вырезания кольца, а в скором времени и совсем погибают; это происходит вследствие того, что у этих деревьев подъем воды совершается только в последнем годичном кольце, которое в области среза быстро подсыхает.

Причиной того, что даже наиболее выносливые в отношении кольцевания деревья в конце концов погибают, заключается в нарушении питания корней, которые за отсутствием содержания хлорофилла и невозможно ти вследствие этого самостоятельной выработки органического материала, находятся в отношении питания

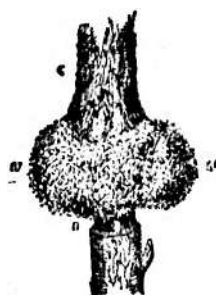


Рис. 32. Бересклет (*Euonymus japonicus*) Однолетнее кольцевание ствола. Над кольцом по верхнему краю сильный наплыв с обильными зачатками корней. (Оригинал.)

ассимилятами и зависимости от зеленых листьев. Если вследствие кольцевания корни не получают в течение долгого времени никакого пластического вещества, то как только их запасный питательный материал исчерпан, они начинают голодать и погибают. Надо однако заметить, что это происходит только в том случае, если под кольцевым срезом не имеется покрытых листьями ветвей, если же они имеются в значительном количестве, то корни получают от них требуемое питание, и дерево не погибает.

Что именно листья создают направляющееся вниз пластическое вещество, видно также из того, что если вырезать кольцо на ветке, не имеющей листьев или на которой листья оборваны, то на верх-

нем краю кольца или вовсе не образуется наплыва или лишь едва заметный. Но как только на такой ветке разовьются листья, сейчас же начинает образовываться и наплыв.

Как в древесине известные элементы, в частности сосуды древесины, служат для передвижения воды, точно так же для передвижения углеводов и белков в коре, в так называемом лубе, служат определенные элементы — ситовидные трубки. Это — довольно широкие сосуды, снабженные поперечными стенками с решетчатыми отверстиями и поэтому допускающие более быстрый перенос ассимилятов на далекое расстояние, чем более короткие узкие соседние клетки коры. Зимой ситовидные поперечные пластинки закупориваются особым густым образованием, называемым мозолистым веществом или каллюсом (рис. 33).

Почему сок в коре передвигается книзу? Несомненно, что главная роль принадлежит здесь осмотическому движению.

Когда концентрация веществ в соке, напр. сахара, внизу слабее, чем наверху, то сахар должен передвигаться вниз, а если при этом он переходит внизу в крахмал или другие осмотически недействительные вещества, то осмотическая разность не уравнивается, и передвижение сахара продолжается. Вероятно здесь играет роль и сила тяжести, более концентрированный сок стекает книзу вследствие своего большего удельного веса, но несомненно решающего значения сила тяжести не имеет, так как, если загнуть ветку концом книзу и, закрепив в этом положении, окольцевать ее, то наплыв все же образуется на краю кольца, что явно указывает на передвижение ассимилятов вверх, т. е. против направления силы тяжести.

Искусственное повышение плодоношения при помощи задержки тока ассимилятов

Уже давно известно в садоводстве, что на сильном свету растения обильнее цветут и плодоносят. Это происходит вследствие того, что на интенсивном свете увеличивается образование асси-

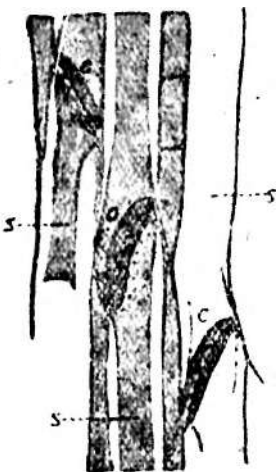


Рис. 33. *Vitis vinifera*. Продольный разрез через луб. 3 ситовидные трубки *S*, в них ситовидные пластинки с каллюсом *C*.

милитов, а их накопление способствует цветению. Если искусственным образом из кроны дерева или какой-нибудь его ветки издержать отток ассимилятов, то они будут накапливаться над местом задержки, следствием чего явится увеличенное цветение и плодоношение.

Способы задержки сока, содержащего пластические вещества, давно уже известны в садоводстве. Наиболее действительные из них следующие:

Кольцевание — перетяжка ствола петлей, капроновый подвой, закручивание и надлом веток и надрез древесины

КОЛЬЦЕВАНИЕ. ¹ Уже несколько столетий тому назад, когда еще не знали ничего о движении соков, садовниками было замечено, что ветки с кольцевыми надрезами склонны к большему плодоношению, чем некольцованные. Спускающийся в коре сок задерживается кольцевыми надрезами, вследствие чего пластический материал остается не только над местом поранения, но и выше по всей ветке, и этот избыток ассимилятов и приводит к повышению плодоношения.

Во Франции кольцевание применялось к оливковым деревьям, грушам и яблоням, и сейчас еще продолжает применяться к плодовым деревьям и особенно к виноградным лозам.

Кольцеванием деревьев достигается не только повышение количества плодов, но и увеличение их размера, ускорение созревания, а также и уменьшение опадения.

Миллер-Тургау ² по этому поводу сообщает следующее: Яблоня „Бисмарк“ очень сильно росла, но не цвела. После того как на половине высоты ствола этой яблони был сделан кольцевой надрез, она на следующий же год зацвела, но ниже надреза цветов не дала. У одного рано плодоносящего дерева было окольцовано несколько веток. Весной появились цветы — как на окольцованных, так и на некольцованных ветках, но только на некольцованных опало гораздо больше цветов, а после отцветения опали и все плоды, тогда как на окольцованных ветках все плоды сохранились.

В культуре винограда кольцевание применяется для ускорения созревания гроздей и получения вместе с тем более крупных ягод ³.

Кольцевание виноградной лозы производится после цветения, причем надрез делается на несколько сантиметров ниже завязи нижней грозди. При этом нужно однако иметь в виду, что не следует кольцевать все плодовые побеги, так как слишком сильная задержка нисходящего тока приводит к ослаблению корневой системы, а вместе с нею и всей лозы. Благодаря кольцеванию плоды становятся крупнее и даже часто очень крупными и кроме

¹ Delandolle, A. P. Pflanzenphysiologie usw., übersetzt von Röper. 1883. Bd. 1 p. 121 f. f. Treviranus, L. C. Physiologie der Gewächse.

² Müller-Thurgau, H. Beeinflussung der Tragbarkeit bei Obstbäumen und Reben. VI u. VII. Jarb. d. deutsch.-Schweiz. Versuchsstation usw. in Wädenswil 1895/96, 1896/97. Zürich. 1899.

³ Lucas E. Vollständiges Handbuch der Obstkultur. Stuttgart 1911. 5 Aufl. p. 371.

того ранее поспевают и не так легко опадают. Все это связано с улучшением питания плодов над кольцеобразным надрезом.

В последнее время Л. Даниелем производились опыты по кольцеванию травянистых растений в частности различных видов капусты и пасленовых (*Solanum*). Некольцованный *Solanum melongena monstrosa* давал плодов около 500 г, тогда как кольцованный до 1000 г. Кольцованные томаты приносили также более крупные и многочисленные плоды, между тем как кольцованные виды капусты образовывали, напротив, более мелкие и более слабые кочаны.

У кольраби утолщения развивались над кольцом, но оставались мелкими и бутылкообразными, вместо того, чтобы быть круглыми. У брюквы (*Brassica napus esculenta*) растения, окольцованные непосредственно под листовой розеткой, удлиняли листья и корни, но не развивали корнеплода.¹

Кольцевание древесных пород, когда оно проводится не по шаблону и с известной осмотрительностью, оправдывают себя на практике в качестве средства, способствующего плодоношению, нельзя однако при этом отрицать, что оно может иметь и свои дурные последствия. Например, если при кольцевании главного ствола кольцо сделано настолько широко, что не могло зарубцеваться в течение 1—2 лет, то корни начинают голодать, как только истощатся запасные вещества, так как они не получают никаких ассимилатов сверху. С другой стороны, если не наступает заживления раны, то обнаженная древесина все более и более высыхает, вследствие чего область кольцевой раны не покрывается новой древесиной, подача воды кверху затрудняется и наконец и вовсе прекращается. У семечковых плодовых деревьев это наступает только через 2—4 года, так как у них довольно значительное количество последних годовых колец древесины способно проводить воду, тогда как у косточковых, особенно у персиков, транспирационный ток обыкновенно движется только в кольце последнего года, и потому отмирание у них наступает уже через год.

В виду этого рекомендуется совершенно воздерживаться от кольцевания косточковых деревьев, а у семечковых ограничиться лишь узкими кольцами, чтобы дать им возможность заживить рану. Но и в этом направлении не следует переходить известных границ, потому что если кольцо очень узко, то оно слишком быстро смыкается образовавшимся наплывом, вследствие чего задержка ассимилатов бывает слишком кратковременна.²

ПЕРЕТЯЖКА СТВОЛА оказывает такое же действие, как и кольцевание. Ствол крепко обвязывается проволокой для того, чтобы сдвинуть пути прохождения сока в коре, воспрепятствовать его продвижению вниз и накопить ассимилаты над проволокой. Со временем ствол утолщается как над, так и под обвязкой, вследствие чего получается глубокая перетяжка без значительных повреждений коры. После плодоношения проволока может быть удалена.

¹ Gartenflora 1908, 57 Jahrg. p. 571.

² Poenlcke, W. Die Fruchtbarkeit der Obstbäume usw. Stuttgart p. 56.

Если повязка не снята в надлежащее время, то она может так глубоко презаться, что ее уже нельзя удалить без значительного повреждения дерева. Для избежания этого Пэнике предложил следующее усовершенствование проволоочной перетяжки в виде „плодового пояса“.¹

ПЛОДОВЫЙ ПОЯС состоит из очень тонкой штампованной латунной полоски, которая плотно привязывается при помощи проволоки к стволу или одной из главных ветвей большого дерева. С верхнего и с нижнего края пластинка надрезана на ряд сегментов, причем каждый надрез снабжен с двух сторон косыми прорезами.

Когда ствол утолщается, краевые сегменты постепенно отгибаются наружу до тех пор, пока соответственно своей конструкции они не примут определенного косоного положения (рис. 34), в котором они удерживают наплыв коры и не сдвигаются к срединной, собственно действующей части пояса.

Плодовый пояс, как автором названо это приспособление, может следовательно оставаться в таком положении в течение любого времени и глубоко врезаться в ствол, не зарастая при этом корой. Благодаря этому всегда есть возможность дожидаться полного плодоношения без вредных последствий, которые произошли бы при зарастании пояса. Если перетяжка слишком глубока, то плодовый пояс снимают и тотчас же накладывают на другое место.

Таким образом устроенный плодовый пояс представляет простое и вместе с тем действительное средство для повышения плодоношения. Преимущество его заключается в том, что он позволяет точно и совершенно регулировать накопление ассимилятов, обеспечивая в то же время и деятельность корневой системы. Не будучи опасным для самого дерева, плодовый пояс выполняет свое назначение и в тех случаях, когда причина неурожая заключается в слишком сильном росте древесины при неправильном подборе подвоя, при слишком обильном удобрении, неподходящей форме дерева и т. п.

Плодовый пояс позволяет точно регулировать состав сока и тем самым установить правильное соотношение между ростом древесины и плодоношением. По характеру действия он имеет много общего с карликовым подвоем, но без его недостатков. Вследствие этого урожай повышается не только количественно, но улучшается и самое качество отдельных плодов, т. е. увеличивается и его ценность, а у многих ранних сортов при этом ускоряется и созревание.²

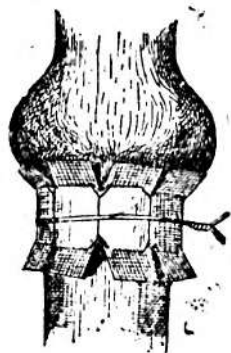


Рис. 34. „Плодовый пояс“, наложенный на ствол сирени (натуральн. величина). Над плодовым поясом вследствие задержки органического вещества образовалась ненормальная утолщение. (Оригинал.)

¹ Roenicke, W. I. с. р. 64.

² Плодовые пояса вырабатываются машинным способом в 2 метра длиной и могут быть приобретены в садоводстве Пэнике и К^о в Делитце (Delitzsch) близ Лейпцига.

Автор с своей стороны подтверждает лично им полученные хорошие результаты с применением плодового пояса к плодовым деревьям, причем отдает безусловное предпочтение этому способу по сравнению с кольцеванием или перетяжкой проволокой.

Преимущество его, согласно автору, заключается в том, что пояс тесно прилегает к стволу, что он может быть свободно удален после того как наметилось усиленное плодоношение и что, в противоположность кольцеванию, он не вполне препятствует спуску ассимилятов, вследствие чего только до некоторой степени тормозит, но не прекращает питания корней.

Пэнике рекомендует применение плодового пояса ко всем сильно растущим, но недостаточно плодоносящим деревьям, а также к шпалерам, обладающим еще энергичным ростом, и наконец в качестве компенсации для слабо растущих подвоев, там где они плохо удаются, как например, для айвы на холодных или грубых почвах. Плодоношение при этом исключительно богато, так как все глазки над поясом, за исключением самых верхушечных, превращаются в плодовые почки, между тем как под местом пояса этого не бывает или только в исключительных случаях. Сказанное относится не только к семечковым плодовым деревьям, но и к другим видам плодовых деревьев. По мнению автора, следовало бы использовать плодовой пояс еще более широко, в применении не только к плодовым, но и к другим важным в садоводстве породам деревьев и древесным горшечным культурам, как напр.: к камелиям, рододендронам, фуксиям, розам и др.; несомненно таким способом окажется возможным усилить цветение и вероятно также и вызывать более раннее наступление его. Особенно же указанное приспособление может оказаться полезным в применении к растениям, происходящим из более теплых стран, которые неохотно цветут или не успевают дать зрелых плодов.

Перетяжка ствола может иметь применение и для усиления образования корней у черенков таких пород, которые с трудом укореняются.

Соответствующие опыты были поставлены Гестерманном.¹ Маточное растение сильно обрезают и затем на основания годичных или более взрослых побегов накладывают кольца из медной проволоки, которые при дальнейшем росте побега в толщину задерживают ток соков над проволокой и вызывают тем самым у побега образование корней. Обрез должен быть произведен возможно ниже около земли. Проволока должна быть гибкая и по толщине соответствовать толщине ветки. После наложения проволоочного кольца побеги окучиваются землею на высоту не менее 10 см. над кольцом.

Изложенный опыт дал хорошие результаты как на подвоях различных видов семечковых и косточковых плодовых деревьев, так и на их благородных формах, а также на декоративных, парковых и лесных деревьях и на араукариях и секвойях.

КАРЛИКОВЫЙ ПОДВОЙ. Если желают вывести грушевое дерево или яблоню в виде маленького деревца (карлика), то его

¹ Hörtermann, G. Versuche zur vegetativen Vermehrung von Gehölzen nach dem Dableerer Drahtungsverfahren. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1930 p. 68, 48 Jg.

принимаят на слабо растущем подвое, а именно яблоню на кустарниковоидной райской яблоне, а грушу на айве. Эти подвои от природы обладают слабым ростом корней и ствола, и в этом и заключается причина, почему задерживается нормальный рост крупных яблонь и груш и они остаются карликовыми.

Такие выращенные на карликовых подвоях деревца, благодаря задержке в росте и вследствие того, что ассимиляты в месте прививки застаиваются, становятся более скороспелыми и плодovitыми, совершенно так же, как и при применении стягивания плодовым поясом. Срастание между черенком и подвоем не бывает столь идеально однородным, как в нормальных условиях, — проводящие пути в граничащих плоскостях часто повреждены, так что нисходящий и восходящий соки встречаются на своем пути значительное препятствие. Возможно также, что образовавшиеся из листьев благородного привоя ассимиляты отличаются несколько от ассимилятов инородного подвоя и поэтому неохотно ими воспринимаются. Накопление пластических веществ в таком случае обнаруживается по утолщению или наплыву на месте прививки.

ЗАКРУЧИВАНИЕ ВЕТОК. Для увеличения плодоношения применяется еще закручивание веток. Производится это следующим образом. Берут посередине сильно растущую, находящуюся еще в полуодревесневелом состоянии ветку и один или два раза закручивают ее по ее продольной оси, при этом кора на ней обрывается или мнется, а иногда повреждается и древесина и сердцевина. Затем ветку загибают в форме петли верхушкой вверх, при этом ее можно либо обрезать, либо оставить (рис. 35).



Рис. 35. Закрученная в форме петли ветка груши (уменьшено приблизительно в 5 раз).

Этот способ оправдал себя на грушах и в особенности на сильно растущих кордонах. На их закрученных ветках глазки развиваются и цветочные почки или короткие плодовые побеги и обнаруживают повышенную плодovitость.

Закручивание применяется также при размножении айвы отводками. Отводок скручивается в том месте, где нужно вызвать образование корней. Вследствие поранения здесь происходит накопление вещества, которое и способствует появлению корней.

В окрестностях Тифлиса для получения лучшего вина закручивают стебли спелых кистей винограда.¹

Объясняется ли улучшение при этом качества винограда уменьшением поступления воды или задержанием в кистях известных веществ или еще какой-нибудь другой причиной — сказать трудно.

¹ Soraue P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten — 3 Aufl. Bd. I.

Для выяснения этого необходимо поставить соответствующие опыты.

НАДЛОМ ВЕТОК производится в то время, когда ветка начинает древеснеть, а также летом, когда она уже одревеснела. Производят его сгибанием ветки, которая при этом слегка надламывается, для чего предварительно она еще немного надрезается. Надлом должен быть незначителен, чтобы ветка оставалась свежей и продолжала расти.

Надламывание применяется на сильно растущих ветках, еще не плодоносящих. Образующиеся над местом надлома ассимиляты направляются к месту ранения, встречают здесь препятствие к дальнейшему передвижению и вследствие этого накапливаются в надломленной ветке над раной.

Вместо надлома можно еще сжать ветку клещами. Результат тот же, как и при надломе. Оба приема дают хорошие результаты особенно в применении к яблоням.

Относительно **НАДРЕЗА ПЛОДОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ** см. ниже — главу об обрезке деревьев.

О случаях резкого повышения образования антоциана (покраснение листьев)

АНТОЦИАН является одним из наиболее распространенных красящих веществ в растительном мире. В противоположность хлорофиллу, он никогда не бывает связан внутри клетки с плазматическими образованиями, а обыкновенно находится в растворенном состоянии, реже в кристаллической форме в клеточном соке.

Голубой цвет колокольчиков, незабудок, генцианы, лиловая окраска фиалок, красный или розовый цвет роз, мака и других цветов обуславливаются этим красящим веществом, причем не только цветы, но и стебли, листья и корни могут быть окрашены антоцианом.

Антоциан может быть добыт из большинства красных или синих частей растения. Проще всего его получить путем кипячения листьев краснокочанной капусты; красящее вещество ее при этом быстро переходит в раствор. Если прибавить к полученному таким образом лиловому раствору следы какой-нибудь кислоты, например, уксусной, окраска его тотчас же из лиловой превращается в красную. Если же затем в красный раствор постепенно прибавлять небольшое количество какой-нибудь щелочи, например, аммиака, то цвет раствора будет постепенно переходить в синий, зеленый и наконец желтый цвет. При добавлении какой-нибудь кислоты первоначальный красный цвет может быть вновь восстановлен.

Точно так же оттенки голубые, лиловые, красные антоциан принимает и в растении в зависимости от того, в какой среде он находится, — кислот, нейтральной или щелочной. Есть цветы, имеющие при зацветании красную окраску, которая затем переходит в лиловую, а при отцветании в синюю; это происходит оттого, что эти цветы, первоначально богатые кислотами, постепенно теряют свою кислотность (*Pulmonaria officinalis*).

Те опыты, которые проводились в пробирках, можно произвести и над живым цветком. Если поддержать голубой цветок незабудки

в табачном дыму, то он станет зеленым. Дым содержит щелочное вещество—углекислый аммоний, обращающий при проникновении в цветок его голубой цвет в зеленый.

Результат получается еще наглядней, если заключить под стеклянный колпак цветы фиалок и подвергнуть их там действию негашеный аммиака, поставив под тот же колпак чашку с аммиаком. Уже минуты через две фиалки окрашиваются в зеленый цвет; если же аммиак заменить соляной кислотой, то они становятся красными. Само собой разумеется, что такие же опыты с совершенно аналогичными результатами могут быть проведены и с другими содержащими антоциан цветами и даже с целыми цветущими растениями, причем в этом случае опыты особенно эффектны. Нужно однако заметить, что такая окраска растений в химической лаборатории очень непродолжительна, так как цветы быстро убиваются аммиаком и кислотами.

Указанным свойством антоциана окрашиваться в красный цвет при помощи кислот пользуются в цветоводстве: лиловые соцветия *Xeranthemum annuum* и „махровые“ цветы садовых астр окрашиваются путем погружения их в разбавленный раствор соляной кислоты в яркокрасный цвет и затем употребляются в засушенном виде для венков.

Раствор антоциана может изменять свой цвет и под влиянием температуры, от чего и зависит, что многие цветы при низкой температуре имеют несколько иную окраску, чем при более высокой.

В садоводах часто выгоняют в настоящее время один из видов незабудок *Myosotis dissitiflora* (*Perfection*), которые цветут и оранжевых зимой. Автор заметил, что цветы этих незабудок принимают разную окраску в зависимости от температуры выгонки: при низкой температуре (5—7° C) цветы у них красные, при более высокой (15° C) голубовато-лиловые или бледно-голубые.¹

Гильдебранд наблюдал подобное же явление на цветах *Ipomoea Learii*. Нормально они темнофиолетовые. В сентябре при снижении температуры до 2° C, они из темнофиолетовых становятся красно-фиолетовыми и даже часто чисторозовыми, как это обыкновенно бывает, когда они заканчивают свое цветение. Так же ведут себя и цветы *Ipomoea rubrocoerulea*. При более высоких температурах они небесно-голубые, при низких — фиолетово-красные.²

По наблюдениям Фиттинга цветы *Erodium gruinum* и *Erodium ciconium* очень заметно изменяют свой цвет при нагревании. При низких температурах примерно до 20° они голубые, при более высокой температуре — винно-красные, а при очень высокой становятся почти бесцветными.³

Насколько сильно влияет высокая температура на образование антоциана, легко заметить на цветах сирени и примул (*Primula sinensis*). Всем хорошо известно, что сирень ранней выгонки при высокой температуре (30° C) цветет не лиловыми, а белыми цветами. Точно так же изменяются цветы и у названной примулы.

¹ Moilisch, H. Über amorphes und kristallisiertes Anthokyan. Bot. Ztg. Jg. 1905, p. 161.

² Hildebrand, F. Einige biologische Beobachtungen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1904, p. 473.

³ Fitting, G. Über eigenartige Farbänderungen von Blüten und Blütenfarbstoffen. Ztschr. f. Bot. 1912, p. 81.

Насколько легко подчиняется антоциан влиянию внешних условий, показывает следующее наблюдение автора.¹ Он нашел, что синие-фиолетовые цветы *Ipomoea purpurea* при смачивании их каплями воды примерно через час изменяют свою окраску на красно-фиолетовую. Объясняется это влиянием содержащейся в воде растворенной уголекислоты.

В Индии² есть растения, цветы которых в течение своей короткой жизни, часто продолжающейся не более двух дней, меняют свою первоначальную окраску из белой в красную или желтую, или из голубовато-лиловой в снежно-белую.

Распускающиеся утром цветы *Hibiscus mutabilis* имеют белую окраску, к вечеру становятся темнокрасными. Цветы *Capparis horrida* снежно-белые в день зацветания, на другой день становятся интенсивно-красными. Цветы *Quisqualis indica* распускаются вечером совершенно белыми, на другой же день внутренняя часть их венчиков окрашивается в темнокрасный цвет. Цветы *Brunfelsia*, вначале снежно-белые, в последующие дни становятся желтыми. Наконец темноголубовато-лиловые при зацветании венчики *Franciscea* мало-по-малу приобретают снежно-белый цвет.

Изменение белой окраски в красную совершается только в присутствии свободного кислорода, если же белые цветы опустить в воду, где они будут изолированы от кислорода воздуха, то они останутся белыми.

Указанные нами средства, применяемые для повышения плодоношения, а именно кольцевание, перетяжка ствола проволокой и плодовый пояс могут также способствовать и образованию антоциана. Ниже вкратце приводятся по затронутому вопросу некоторые наблюдения самого автора.³

При посещении одного виноградника автору бросилось в глаза, что на некоторых виноградных ветвях листья от вершины и до определенной высоты были темнокроваво-красного цвета, тогда как расположенные ниже непосредственно за ними — зеленого. При ближайшем выяснении причин этого явления оказалось, что все такие ветки были надломлены, однако так, что движение соков было только затруднено, но не окончательно приостановлено. Место перелома являлось как-раз границей между красными и зелеными листьями. Кроме того автором были произведены в одном винограднике поперечные надрезы до двух третей глубины древесины примерно на сотне синих сортов лоз, склонных к образованию антоциана, для того, чтобы выяснить, действительно ли искусственно затрудненное передвижение сока способствует образованию антоциана. Через 2—3 недели, в августе, все находившиеся выше места надреза листья почти на всех опытных ветках окрасились в интенсивно-красный цвет, так что содержащийся в таких листьях хлорофилл был совершенно замаскирован, тогда как листья ниже надреза резко выделялись своей зеленой окраской. Опыт этот хорошо удавался также с *Cornus sanguinea*, *Pei-*

¹ Molisch, H. Über eine auffallende Farbenänderung einer Blüte durch Wassertropfen und Kohlensäure. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1920 p. 57.

² Molisch, H. Als Naturforscher in Indien. Jena 1930 p. 80.

³ Molisch, H. Blattgrün u. Blumenblau. Vorträge d. Ver. Z. Verbreitg. naturw. Kenntn. i. Wien. XXX Jg. 1890 p. 27.

Pereskia aculeata, *Cobaea scandens*, *Hydrangea* и *Panicum variegatum*, а также же и с *Vitis* и *Cornus*.

Такие же результаты получаются, если перерезать главные нервные листа, в этом случае лист выше пореза окрашивается в яркокрасный цвет, а под ним лишь незначительно меняет свою окраску или же остается совершенно зеленым. Указанные опыты были впоследствии расширены и подтверждены Ратей и Линсбюером.¹ Без сомнения первенствующую роль в ускорении и усилении образования антоциана играет остановка ассимилятов над порезом или перетяжкой.

Согласно Овертону² образованию антоциана способствует искусственное прибавление сахара. Когда над местом поранения инкуливаются углеводы и особенно сахара, то тем самым создаются очень благоприятные условия для образования антоциана, тем более, что это красящее вещество или, вернее сказать, группа красящих веществ в неизменном состоянии представляют собою гликозиды, т. е. эфироподобные производные сахаров.³

Наряду с уже указанными факторами, появлению красного красящего вещества у многих растений способствуют еще сильный свет, низкая температура, недостаток азотистого питания и повреждения, причиняемые насекомыми. Точно также образование антоциана обуславливается и скудной поливкой растений. Автор убедился в этом на следующем опыте.⁴

В оранжерее выращивались 50 растений пестролистной *Panicum variegatum* (бело-зелено-красные), *Peireskia aculeata*, *Tradescantia Zebrina* и фуксий; половина экземпляров поливалась нормально и течение августа и сентября, другая же половина растений поливалась лишь настолько, чтобы поддержать их жизнь, причем эти растения слегка увядали. Кроме этого различия культуры все прочие условия были для обеих групп растений совершенно тождественны. Освещение было умеренным, так как в жаркое время дня растения притенялись. Через 5—6 недель у всех упомянутых выше растений, особенно же у *Peireskia* и *Panicum*, обнаружались резкие различия в зависимости от полива, а именно увядавшие растения сделались значительно краснее.

Трудно сказать, что собственно в последнем опыте обуславливало образование антоциана — недостаток ли подачи воды как таковой, или вызванное этим недостатком нарушение в ассимиляции, в передвижении веществ, или в снабжении растений питательными солями.

11. Питание грибов

До сих пор вопрос шел только о питании зеленых растений. О незеленых, лишенных хлорофилла растениях говорилось только

¹ Linsbauer, L. Einige Bemerkungen über Anthokyanbildung. Österr. bot. Ztschr. 1901. N 1.

² Overton, E. Beobachtungen und Versuche über das Auftreten von rotem Zellsaft bei Pflanzen. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. 33. Bd. 1899 p. 171.

³ Schroeder, H. Die Anthocyanine nach den neuen chemischen Untersuchungen. Sammelreferat über Willstätters Arbeiten. Ztschr. f. Bot. Bd. g. 1917, p. 546.

⁴ Molisch H. Blattgrün und Blumenblau I. c. p. 29.

Вместо растворов желатина можно употреблять растворы агара, которые имеют то преимущество, что разжижаются лишь при температуре около 40°.

Более подробно останавливаться на технике чистых культур мы здесь не будем, так как нам важно было только изложить принципы проведения их.

Чистые культуры приобрели огромное значение в биологических науках. Бактериология и культура грибов получили в них новое основание и приобрели решающее значение в современной медицине и технической микологии.

В последнее время чистые культуры также нашли применение в садоводстве и в сельском хозяйстве, а именно при культуре шампиньонов, орхидей, при прививке почвам азотусвояющих бактерий, о которых речь была уже выше, и т. п.

Культура шампиньонов

Среди немногих культивируемых в настоящее время в крупном масштабе грибов шампиньон (*Agaricus Campestris*) с несколькими своими разновидностями занимает выдающееся место.

Этот гриб состоит из сплетения белых нитей, называемых мицелием или грибницей, и из плодового тела, состоящего из ножки и шляпки. На нижней стороне шляпки у него имеются радиально расположенные пластинки, на которых развиваются споры.

Для успешной культуры шампиньонов прежде всего необходима грибница. Если ее не имеется в продаже, то ее можно получить либо соответствующей подготовкой обыкновенного конского навоза, на котором она обильно появляется в виде рыхлого мицелия, либо на особых брикетах, специально приготовленных для размножения грибницы.

Такие брикеты изготавливаются из 2 частей свежего коровьего навоза без соломы, 6 частей конского навоза, хорошо пропитанного навозной жижой с глинистой почвой (1 часть навоза на 1 часть глинистой почвы).

При обложении таких кирпичей рыхлой грибницей шампиньона, а поверх него конским навозом, мицелий прорастает внутрь в виде белых тяжей. Такие проросшие мицелием брикеты представляют превосходный материал для разведения шампиньонов на надлежащем образом приготовленных грядах.

Не слишком сырые и не слишком душны подвалы, скотные дворы и оранжереи являются наиболее подходящими местами для разведения шампиньонов.

Культура шампиньонов особенно развита во Франции, Германии, Австрии, Англии и Америке. Одни только находящиеся в черте города Парижа подвалы доставляют ежегодно этих грибов на сумму около 10 миллионов франков.

Уже в течение нескольких лет в Пастеровском институте изготавливаются чистые культуры мицелия шампиньона. С этой целью споры шампиньона собирают на бумагу, высевают на стерильный конский навоз и затем держат при температуре от 20 до 25° С. Примерно через 15 дней появляется в большом количестве мицелий, который может быть перенесен на приготовленные грядки.

Чермак¹ по поводу применения изготавливаемых Институтом чистых культур мицелия говорит, что пока это нововведение еще очень мало привилось. Повидимому, полученная таким способом грибница слишком нежна; по его мнению, было бы целесообразней из этой грибницы получить культуру на открытом воздухе и уже наколенную таким образом применять в качестве материала для культуры шампиньонов.

Подробные данные, касающиеся чистых культур шампиньона, можно найти в работах Деггара.²

Из этих работ видно, что проращивание спор представляет часто значительные трудности, но что оно удается под воздействием живых грибных гиф. Если споры шампиньона помещаются около живых гиф или около кусочков ткани шампиньона, то они легко прорастают. Гораздо лучшие результаты достигаются при помощи так называемого „метода ткани“, предложенного Фергюсоном.³

Этот метод заключается в том, что из внутренности молодых растущих плодовых тел вырезают, соблюдая стерильность, небольшие кусочки ткани и переносят их на соответствующий стерильный питательный субстрат, например на конский навоз, бобовые стручки и т. п. Для того, чтобы опыт удался, необходимо брать кусочки ткани непременно от молодого и еще способного к сильному росту гриба.

Достигнет ли метод чистых культур шампиньона прочного успеха в практике садоводства и окажется ли он настолько выгодным, чтобы вытеснить старые методы, пока еще сказать нельзя. Следует отметить однако, что новый метод имеет кроме того большое преимущество тем, что он позволяет разводить совершенно определенные разновидности грибов, тогда как при старом методе все зависело от случая.

При подходящем устройстве можно разводить шампиньоны в стаканах,⁴ в горшках или в ящиках. Такой способ разведения особенно подходит для наглядного ознакомления с отдельными стадиями развития шампиньонов в школах.

Так как и другие шляпочные грибы могут быть легко доведены на искусственной питательной среде до стадии плодового тела, то есть надежда, что можно будет перейти к массовой культуре и других ценных съедобных грибов, как например: опенка (*Agaricus melleus*), белого гриба (*Boletus edulis*), сморчка,⁵ трюфеля (*Tuber*)⁶ и друг.

Наиболее вероятной представляется возможность, культуры опенка, автору удалось в чистой культуре на хлебе довести его

¹ Tschermak E. v. Pflanzenzüchterisches aus Frankreich. Monatshefte f. Landwirtschaft. 1912 Heft 3.

² Duggar. B. M. The Cultivation of mushrooms. Washington 1904. U. S. Department of agriculture. Farmers Bull. Nr 204.

Того же автора: The principles of mushroom growing and mushroom, spawn making. Washington 1905, там же, Bureau of plant industry Bull. Nr. 85.

³ Ferguson, M. C. Preliminary study of the germination of the Spores of *Agaricus campestris*. там же Bull. Nr 16.

⁴ Champignonzucht in Gläsern als Versuchs- und Lehrobjekt. Gartenflora 1914 Jg 63, p. 225.

⁵ Gramberg, E. Pilze der Heimat. Leipzig. 1913.

⁶ Boulangier, Em. Notes sur la truffe, 1904 — 1906. Lonsle — Saumer

до стадии плодового тела.¹ Что же касается других грибов, то прежде чем можно будет перейти к их культуре в практике, придется еще предварительно преодолеть затруднения, связанные с прорастиванием их спор.

В Японии очень оригинальным способом культивируется шляпочный гриб, называемый ши-и-таке (*Cortinellus Shiitake* P. Henn., *Cortinellus Berkelianum* S. Ito и S. Imai), т. е. грибом пазания, так как он растет на родственном дубу дереве *Pasania* (Ши-и — *Pasania*, Таке — гриб).

Этот гриб отличается эксцентрично-посаженной неправильной шляпкой, сверху большей частью шоколадного цвета, снизу, с пластинчатой стороны, беловатой. Ножка у него белая, умеренно толстая, без кольца. В качестве субстрата употребляют стволы деревьев в среднем в 1,5 метра длины и от 5 до 15 см толщины, в частности стволы каштана (*Castanea vesca*), бука (*Fagus silvatica*), *Pasania cuspidata* и различных дубов (*Quercus serrata* и др.).

Прививка грибов производится следующим образом: зрелый гриб для получения спор кладут на стол, пластинчатой стороной вниз и затем выжидают, пока споры не высыпятся в достаточном количестве. Обычно для этого требуется 1—2 дня. После этого споры смешиваются с водою и затем при помощи молотка вбиваются в им же образованную рану в стволе дерева.

Привитые спорами гриба стволы деревьев помещаются в сыром затененном деревьями месте, обыкновенно на опушке леса. Располагают их большей частью либо наклонно стоямя, либо горизонтально в несколько рядов один над другим, либо наконец стоямя крест накрест.

Прививка производится весной или осенью, и в это же время обыкновенно бывает и сбор урожая. Первые грибы появляются только через 3 года после прививки, но раз уже они появились—их можно собирать в течение 4—5 лет (рис. 36). Ни один съедобный гриб так не ценится в Японии, как ши-и-таке. Благодаря его прекрасному аромату, им широко пользуются при приготовлении супов, соусов и пикулей.



Рис. 36. Плодовые тела гриба ши-и-таке на стволе дуба (*Quercus grossoserrata*).

¹ Mořisch, H. Leuchtende Pflanzen. 2 Aufl. Jena 1912 p. 40.

Так как шиш-таке удачно разводится и в северной Японии, то, по мнению автора, было бы желательно ввести этот превосходный гриб в Европу и поставить опыты по его разведению.¹

12. Особые виды питания

Микорриза

Если мы откопшем в лесу корни дуба или орешника и рассмотрим их молодые разветвления, то мы заметим, что их поверхность не так мала покрыта грибными нитями (рис. 37).

Покрывающие корни грибы называются микорризами. Эти грибы встречаются в двояком виде: они, либо только оплетают поверхность корня, лишь иногда незначительно проникая в его поверхностные ткани (эктотрофные микорризы), либо развиваются внутри корня и притом в совершенно определенных слоях (эндотрофные микорризы (рис. 38)).

Как экто-, так и эндотрофные микорризы значительно более распространены, чем это предполагалось раньше. Особенно хорошо развиваются эктотрофные микорризы на плюсконосных, березовых и хвойных, а эндотрофные на всех исследованных до сих пор орхидеях, а также на вересковых.

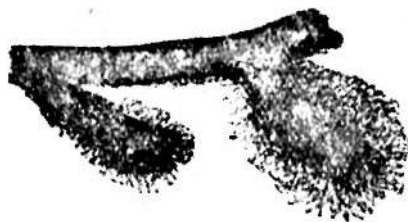


Рис. 37. Эктотрофная микорриза *Coryllis avellana*. Оба конца корешка сплошь покрыты грибными нитями. (Оригинал.)

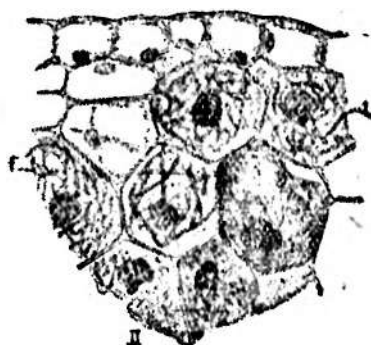
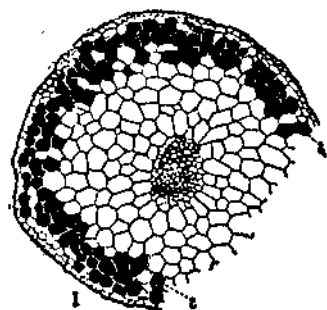


Рис. 38. Эндотрофная микорриза *Neottia nida avis*. I. Разрез корня, черные клетки под внешней оболочкой наполнены грибными нитями. (Увеличен в 18 раз) II. Часть того же разреза, сильнее увеличенная (в 120 раз); яны видны клетки с находящимися в них грибными нитями.

Согласно Сталю, которому мы обязаны сводкой по вопросу о распространении микорриз, сожительство грибов с корнями является у большинства высших растений в одних случаях регуляр-

¹ Molisch, H. Pflanzenbiologie in Japan, Jena 1926 p. 199.

ным, а в других случайным явлением, но оно отсутствует у водяных растений как плавающих на поверхности, так и погруженных в воду, и также у осоковых, крестоцветных, у *Polypodiaceae* и других.¹

К какому виду принадлежат грибы, образующие микорризы, точно еще не выяснено. Вероятно сюда относятся различные лесные грибы из семейств *Agaricineae*, *Tuberaceae*, *Nectariaceae*, *Mucorineae* и др.

Микорризу вообще склонны считать полезной для растения, а что касается орхидей, то даже точно доказано, что прорастание семян и дальнейший рост сеянца тесно связаны с наличием гриба.

Однако все же имеются исключения. Недсон² нашел, что в известных случаях гриб не является необходимым для прорастания семян. Если высеять семена кэтли или некоторых других видов орхидей на питательную среду, содержащую только необходимые соли и агар, то не появляется никаких ростков. Семена увеличиваются в объеме и становятся зелеными, затем рост их останавливается. Если такие зародыши, даже по истечении 2 лет, перенести на среду, содержащую сахар (глюкозу, фруктозу и сахарозу), то они вновь начинают расти и дают проростки. Таким образом грибы здесь заменяются сахаром.

В природных условиях существуют грибы, которые, обладая способностью превращать в растворимое состояние нерастворимые органические вещества (крахмал и др.), вызывают прорастание, не проникая непосредственно в зародыш.

Мы встречаемся здесь с тем явлением, которое де Бари³ называет симбиозом (сожительством), в котором два различные существа оказывают друг другу взаимное содействие. Пример подобного симбиоза был приведен выше в отношении бобовых, на корнях которых живут клубеньковые бактерии; эти бактерии используются бобовыми растениями для ассимиляции свободного азота.

Какую пользу получают друг от друга оба участника сообщества—микорриза и растение—до сих пор достоверно не известно. Весьма возможно, что значение эктотрофной и эндотрофной микорризы не одинаково.

Эктотрофная микорриза не является необходимой для лесных пород, так как согласно опытам Ноббе сосны, ели, лиственницы и буки могут прекрасно расти в течении 25 лет на чистом кварцевом песке без гумуса, совершенно без грибов.

Грибная оболочка выполняет роль корневых волосков, поглощая воду с растворенными в ней солями. Воспринимает ли гриб также и органические вещества, особенно соединения гумуса, претворяя их в доступную для высших растений форму, связывает ли он свободный азот воздуха или же, как пытался доказать Шталь, облегчает растению восприятие зольных элементов и взамен получает от высшего растения углеводы и другие вещества, мы до сих пор в точности не знаем.

¹ Stahl, E. Der Sinn der Mykorrhizenbildung. Jahrb. f. Wiss. Bot. Bd. XXXIV. 1900.

² Knudson, L. Physiological investigations on orchid seed germination. Proceedings of the International Congress of Plant Sciences. Ithaca New-York. August 1926. publ. 1929 p. 1183. Так же Ramsbottom. J. Orchid Mycorrhiza; там же p. 1676.

³ De Bary, Die Erscheinung der Symbiose. Strassburg 1879.

Точно также и вопрос о значении эндотрофной микорризы еще вполне не разрешен. Польза ее однако несомненна, что ясно обнаруживается при изучении микорризы орхидей, почему ознакомиться с нею весьма важно для садоводов.

Микорриза орхидей и разведение орхидей из семян

Орхидеи, которые выращиваются в садоводствах и, как известно, принадлежат к наиболее ценным растениям, либо вывозились из их по большей части тропической родины в виде взрослых растений либо же разводились отводками. Разведение орхидей из семян представлялось чем-то таинственным и обыкновенно не удавалось. Хотя и бывали случаи, что некоторым садовникам удавалось вывести некоторые виды орхидей из семян, однако никто не знал, как и почему им это удалось.

Но в начале XX столетия француз Бернард¹ сделал по этому вопросу важное открытие. Он подметил, что у орхидей всегда имеется микорриза. Ему удалось культивировать в чистом виде независимо от растения микорризгу различных орхидей, и уже в 1903 г. в основе он доказал, что существование орхидей находится в зависимости от наличия гриба, причем или само прорастание происходит только под влиянием гриба, или, если семя и прорастает без него, то дальнейшее развитие растения связано с его наличием. Бернард изолировал корневые грибы из *Cattleya*, *Cypripedium*, *Spiranthes*, *Odontoglossum*, *Phalaenopsis* и др. Грибы эти не идентичны, но принадлежат вероятно все к одному роду—*Rhizoctonia*.

Позднее результаты Бернарда были в основном подтверждены, углублены и расширены Бургефом.²

Семена орхидей чрезвычайно мелки. Они представляют семенную оболочку, внутри которой находится зародыш, состоящий из немногих клеток. Семя не содержит тканей с запасными питательными веществами и у зародыша не наблюдается ни корешка ни семядолей. Некоторые зародыши имеют стеблевидный отросток, представляющий место проникновения гриба. Находясь во влажном месте, семя набухает. Некоторые клетки у основания отростка выделяют вещества, привлекающие находящиеся вблизи грибы, которые проникают в семя через определенные пропускные клетки семени (рис. 39).

Прорастание семени часто связано с этим проникновением гриба, однако у некоторых орхидей оно может произойти и без гриба, но если после этого гриб не проникнет, то проросток погибает. Развиваясь после заражения грибом, проросток образует обочку пучок волосков, которые служат для восприятия воды (рис. 39). На нижнем конце гриб развивается все более и более (на рис. с заштриховано), на верхнем же конце развиваются зачатки листьев, а через 3—4 месяца у *Cattleya*, *Odontoglossum* и *Vanda* пробивается первый корешок, за которым вскоре следуют и другие.

¹ Bernard, N. Recherches expérimentales sur les orchidées. Rev. gén. de Bot. 1904.

² Burgeff, H. Die Wurzelpilze der Orchideen, ihre Kultur und ihr Leben in der Pflanze. Jena 1909.

Корни также пронизываются микорризой, стеблевые же органы остаются свободными.

По предположениям Штала и Бургсффа значение гриба для растения основано на взаимоотношениях в питании. В связи с тем что орхидеи имеют слабо развитую корневую систему и кроме того слабо транспирируют, микорриза снабжает их питательными солями и переводит в усвояемую для растения форму органического вещества почвы.

В виду того, что гриб имеет такое решающее значение для прорастания орхидей, и обычное выведение этих растений из семян

не дает удовлетворительных результатов, так как заражение зависит от случайности, то дальнейший путь рациональной культуры орхидей определен следующим образом: — чистое семя должно быть соединено с чистым грибом, т. е. необходимо осуществить симбиоз искусственно.

Для этого нужно изолировать гриб из корней орхидеи и развести его в чистой культуре, а семя должно быть извлечено из семенной коробочки возможно чище.

Бургсф ¹ в специальной книге изложил детально необходимые манипуляции, из которых мы здесь приведем некоторые основные моменты.

ИЗОЛЯЦИЯ ГРИБА. Молодые, покрытые микорризой корешки освобождают от почвы струей воды, затем их тщательно сбывают кисточкой с мылом, ополаскивают стерилизованной (кипяче-

Рис. 39. Разбухший *a* и зараженный *b* зародыши *Laelio Cattleya*. Увелич. около 170 раз полусхематично. *c* — $3\frac{1}{2}$ месячный проросток *Epidendrum spec.* (По Бургсффу)

ной) водой и помещают в чистые стеклянные чашки на фильтровальную бумагу. Затем обтирают ватой с бензином микроскоп и помещают на его столик стерильное предметное стекло с каплей стерильной воды. После этого берут асептическими руками кусочек корня сантиметров в 10 длиною, очищенного указанным выше способом, обновляют срез при

¹ Borgeff, H. Die Anzucht tropischer Orchideensamen Jena 1911.
Schlechter, R. Die Orchiden usw. Berlin 1915, p. 761.

помощи стерилизованного в пламени ножа; этим же ножом нарезают продольные куски корня, которые помещают в каплю воды под микроскопом. Если срез содержит живой мицелий, то, все время наблюдая в микроскопе, придерживают при помощи иглы кусочек корня и быстро срезают верхнюю кожу, на которой удерживается большая часть микроорганизмов, после чего вырывают несколько клеток ткани, содержащей мицелий, и возможно быстро переносят их на дно чашки, содержащей питательный субстрат. Здесь грибы разрастаются из ткани в окружающую среду из краевых гиф. Дней через 14 можно произвести посев, и после нескольких таких повторных посевов можно в конце концов получить безупречные чистые культуры.

Употребляемый Бургефом в качестве питательного субстрата растительный имеет следующий состав:

1 г KNO_3 (одноосновного фосфорнокислого калия)
0,5 г NH_4Cl (хлористого аммония)
0,1 г CaCl_2 (хлористого кальция)
0,1 г NaCl (хлористого натрия)
0,3 г $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ (сернокислого магния)
0,1 г Fe_2Cl_6 (хлорного железа)
1000 г дистиллированной (или лучше чистой дождевой воды).

К этому прибавляется еще 15 г агара и от 0,5 до 5 г крахмала. Для культуры могут служить стеклянные цилиндры (20:2 см), которые ставятся наклонно при застывании стерилизованной питательной среды. При значительном количестве растений можно упреждать и стеклянные колбы.

ВЫСЕВ СЕМЯН. Когда соответствующие культуры гриба приготовлены, дальнейшая задача состоит в том, чтобы извлечь семена из плодов по возможности асептически; впрочем как показывает опыт асептическое извлечение не обязательно для всех орхидей, особенно, если грибы внесены в сосуды для культуры за несколько недель до внесения семян.

Помещенный заранее гриб, прорастая гифами во всех направлениях, настолько водоизменяет среду своими кислыми и другими выделениями, что она становится неподходящей для тех случайных спор других грибов, которые могли бы быть занесены на субстрат вместе с семенами и помешать прорастанию орхидей.

Через две—три недели после перенесения семян в культуры гриба семена начинают прорастать и, когда они достигнут известного развития, можно перенести их или в новые цилиндры или колбы; или же на естественный субстрат. Рис. 40 показывает культуру орхидей в колбе.

Выше уже было отмечено, что выведение орхидей из семян встречало на практике большие трудности и что многие важные в садоводстве виды, как напр. *Vanda*, *Phalaenopsis* и *Oncidium* совершенно не удавались из семян при применении старых принятых в садоводствах методов.

Теперь с открытием значения симбиоза микорризы для прорастания семян, можно надеяться, что теперь из них удастся разводить и эти капризные виды. Бургеф поэтому рекомендует применять обыкновенно для культуры орхидей сфагнум предварительно заражать чистыми культурами орхидейной микорризы, и когда

уже они переплетет весь мох, высевать семена. Такой метод посева семян в оранжевых на пронизанном грибами субстрате давал хорошие результаты даже с такими трудными для выведения из семян видами, как *Phalgenopsis*, *Oncidium* и др.

Исследования Бернара и Бургефа по культуре орхидей несомненно представляют большую ценность, но невольно возникает вопрос, что если указанный способ культуры и не представляет трудностей для опытного бактериолога, знакомого с техникой и методикой чистых культур, то не является ли он для садовода-практика, без надлежащей основательной подготовки, слишком

сложным или даже неосуществимым, на продолжительное время отрывающим его от очередных занятий.

Вполне заслуживает внимания поэтому предложение Бургефа учредить центральную станцию, на которой между прочим было бы организовано разведение чистых культур гриба и подготовка сеянцев для снабжения садоводств чистосортными культурами микорризы и молодыми орхидеями.

Привьется ли научная методика работникам-практикам в цветоводствах — трудно сказать, но несомненно, что если они будут твердо помнить, что разведение орхидей тесно связано с симбиозом с микорризой, то они достигнут успешных результатов

может быть даже и помимо применения чистых культур. Так Хевка¹ получил прекрасные результаты в особенности с культурами каттлей и хэлий в Шенбруне (Вена), не считаясь с грибом, но это несомненно объясняется тем, что соответствующий гриб случайно присутствовал в примененной для культур почве. Если смешивать субстрат для культуры орхидей (сфагновый мох, опилки и т. п.) с корнями или с почвой из-под материнских растений, то можно часто при надлежащем уходе достигнуть цели и без применения чистых культур.



Рис. 40. *Miltonia* × *Odontoglossum*. Восьмимесячные растеньица в колбе на питательном агаре в чистой культуре, $\frac{3}{4}$ ест. велич. (По Бургефу)

¹ Hefka, A. Cattleyen und Laellen. Wien 1914.

Ledien, F. Die Hybridisation und Ansucht der tropischen Orchideen aus Samen. Möllers Deutsche Gärtnerei 1907.

Многие растения почти не культивируются в садоводствах, хотя несомненно было сделано не мало попыток к их разведению. Сюда относятся виды *Gentiana*, *Pirola*, а также виды *Lycopodium*, *Botrychium* и *Ophloglossum*. Их культура представляет будто бы непреодолимые трудности. Вероятно, и здесь значительную роль играет микорриза, которую регулярно находят у этих растений, и нужно ожидать, что когда опыт с выращиванием семян орхидей в связи с микорризой будет практически разработан и усвоен, удастся овладеть культурой и названных растений.

Различные сапрофитно- или паразитно-живущие цветковые растения

На ряду с зелеными цветковыми растениями, живущими в симбиозе с микорризой, имеются еще совершенно лишенные хлорофилла или крайне бедные хлорофиллом явобрачные растения, питание которых, уже вследствие недостатка хлорофилла, должно отличаться от питания зеленых растений. Так же, как и грибы, они нуждаются в органической пище, которую получают либо в качестве сапрофитов из мертвого вещества, либо в качестве паразитов непосредственно из других живых организмов.

Monotropa Hypopitys — подъяльник, который растет в гумусе буковых и сосновых лесов, совершенно не имеет хлорофилла и живет, вероятно, при помощи всегда сопутствующей ему микорризы за счет органических веществ лесной почвы.

Лишенный хлорофилла „Петров крест“ (*Lathrea squamaria*), напротив является настоящим паразитом, так же, как бедные хлорофиллом заразиха (*Orobanch*) и повилика (*Cuscuta*) и тропические *Rafflesiaceae* и *Balanophoreae*.

Интересно, что некоторые цветковые растения, несмотря на довольно богатое содержание хлорофилла, приобрели паразитный образ жизни; таковы норичниковые (*Scrophulariaceae*): очиток (*Euphrasia*), *Alectorolophus*, *Bartschia*, *Pedicularis*, *Melampyrum* и *Tozzia*, затем из сем. *Santalaceae*: *Thesium* и *Osyris*, и наконец чрезвычайно богатые хлорофиллом омела (*Viscum*) и *Loranthus* из сем. *Loranthaceae*. Большинство упомянутых норичниковых могут прорасти и до известной степени развиваться без растения-хозяина, но, поселившись на нем, они чувствуют себя безусловно лучше, хотя могут прекрасно ассимилировать углекислоту своими зелеными листьями. Поэтому они и получили название полупаразитов. Их жизненный цикл основательно изучен Гейнрихером.¹

Центр тяжести паразитизма зеленых полупаразитов, согласно Гейнрихеру, заключается главным образом в том, что они, внедряясь в корни растения-хозяина, черпают минеральные соли из них.

За это говорит недоразвитость корневой системы и корневых полюсков большинства полупаразитов.

Некоторые полупаразитные растения настолько интересны и поучительны, что они заслуживают внимания и в садоводстве. Несомненно, в числе их имеются такие, которые явились бы пред-

¹ Heinricher, E. Die grünen Halbschmarotzer I. II. IV Jahrb. f. Wiss. Bot. 1897 1898, 1092.

Weitstein R. V. Monographie der Gattung Euphrasia 1896 p. 24

метом культуры, если бы в литературе имелось достаточно данных о них. Однако до последнего времени их не было.

Недавно только этот пробел был пополнен изданием книги Гейрихера,¹ в которой он пытается применить результаты своих опытов к практике. Из числа полупаразитов он рекомендует садоводам главным образом два растения *Melampyrum arvense* и *Phelipaea Biebersteinii*.

Названный вид *Melampyrum* очень декоративен еще до цветения, так как прицветники, одевающие его соцветие, окрашиваются в красный цвет. Он прекрасно растет на пастушьей сумке *Capsella bursa pastoris*, а также и на иве, орешнике, белой ольхе и сосне.



Рис. 41. *Melampyrum arvense* в искусственной культуре на корнях лещины. (По Гейрихеру)

Совершенно своеобразный вид представляет культура *Phelipaea Biebersteinii* на *Centaurea dealbata*. *Phelipaea* принадлежит к сем. *Orobanchaceae* и встречается в Крыму, на Кавказе и в Малой Азии. Побеги ее заканчиваются очень эффектными цветами окраски полевого мака с черным или черно-бурым пятном на нижнем лепестке.

Темнозеленые *Loranthaceae*, несмотря на богатое содержание хлорофилла, живут исключительно паразитами на деревьях *Loranthus europaeus*, на старых дубах и благородных каштанах, а *Viscum album* (омела) на тополях, кленах, яблонях, соснах и др.

Хотя омела встречается на многих лиственных и хвойных деревьях и отдельные экземпляры, взятые с различных деревьев, по внешнему виду ничем не отличаются, тем не менее по физиологическим особенностям питания они могут быть подразделены на три от-

дельные формы, а именно: омела лиственных деревьев, сосен и елей.²

¹ Heinricher, E. Die Aufzucht und Kultur der parasitischen Samenpflanzen Jena 1910.

² Tübeuf, C. v. Die Varietäten oder Rassen der Mistel. Naturwiss. Ztschr. f. Land- u. Forstwirtschaft. 1907 p. 321-341.

³ То же автора. Über die Begrenzung der Mistelrassen u. die Disposition ihrer Wirt pflanzen. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten 27 Bd. (19 7) p. 241.

Его же. Monographie der Mistel. München u. Berlin 1923.

Heinricher E. Zur Frage über ernährungsphysiologische Arten u. Rassen der Mistel, там же p. 364.

Moewes F. Die Mistel. In Naturdenkmäler, Bd(2, 6/7, Heft 16/17, Berlin. 1918.

Как общее правило, омела лиственных деревьев не может развиваться на хвойных, и обратно—омела хвойных не может расти на лиственных. Точно также было замечено, что омела сосны не растет на ели, а омела ели на сосне.

Таким образом при разведении омелы необходимо закладывать ее семена на те виды деревьев, с которых были собраны ее ягоды. Так семена омелы с яблони на яблоню, с липы на липу и т. д.

Так как *Loranthaceae* содержат много хлорофилла и энергично ассимилируют углекислоту, можно думать, что они берут от хозяина только воду с растворенными в ней питательными солями. Для того чтобы ближе подойти к разрешению этого вопроса, автором были посеяны семена омелы (*Viscum*) на 6 трехлетних кирликовых яблонях. Как известно, первые два года проростки омелы развиваются очень медленно, а в последующие года значительно быстрее. Когда автор через 3 года после заложения опыта весной 1914 года, отрезал у 4 яблонь все ветки до основания, так что молодые растения омелы как бы заменяли собою крону, последние росли значительно лучше по сравнению с омелами на необрезанных деревьях.

Можно было бы думать, что в данном случае находящаяся под корой ствола яблони хлорофиллоносная ткань создаст при помощи ассимиляции органические вещества, за счет которых и питается омела, однако опыт приводил к тем же результатам и в том случае, когда автор черной бумагой закрывал от света кору ствола опытных растений.

Если бы омела продолжительное время сохранилась на яблоне, то можно было бы из этого заключить, что она ведет себя как привой и получает от подвоя только воду и минеральные соли, органические же вещества доставляет себе сама. Однако, против ожидания, на второй год после обрезки веток, все 4 яблони вместе с омелой начали постепенно, сверху до низу, сохнуть и окончательно погибли, в то время как оба контрольные растения оставались здоровыми.

Эти опыты, хотя лишь предварительные и проведенные в весьма ограниченном количестве, вызывают предположения, что омела только тогда чувствует себя здоровой на яблоне, когда одновременно дереву-хозяину сохранят его ветки. Повидимому, омела получает от своего хозяина-подвоя не только воду и минеральные соли, но также и органические вещества.

С этим согласуется и тот факт, что до сих пор еще не удается заставить развиваться ростки омелы в минеральном питательном растворе.

Сходный опыт был проведен Гейнрихером. Он посадил в 1907 г. омелу на ствол дерева липы, и она превосходно росла до 1912 г., когда у липы оставили один только главный ствол. После этого весной 1913 года ствол липы, а с ним вместе и омела отмерли. Таким образом этот опыт дал такие же результаты, как и опыты автора с яблоней.

¹ Heinricher, E. Bei der Kultur von Misteln beobachtete Korrelationserscheinungen usw. Sitzber. d. Kais. Wiener Akad. Math.—nat. w. Kl. Bd. CXXII, Abt I, 1913 p. 1259.

Снятие с дерева кусты омелы не только в Англии, но и в других странах пользуются большим спросом в качестве декоративного растения.

Выращивание омелы на подвоях — дело очень длительное, вследствие медленного ее роста. Хорошие растения получаются только через 5—7 лет, а потому представляют дорого стоящую, но вместе с тем и пользующуюся большим спросом в Европе культуру, подобно тропическим орхидеям.

Превосходное, основанное на личном опыте руководство по разведению омелы на различных хозяевах для садоводственных целей принадлежит Тюбефу.¹

Насекомоядные или плотоядные растения²

Насекомоядные или плотоядные растения представляют весьма своеобразное явление в области питания растений. Необходимо различать растения, только ловящие насекомых, от растений, переваривающих их.

К первым, т. е. таким растениям, которые удерживают в себе насекомых, но не могут их переварить, принадлежат: *Lychnis viscaria*, *Silene nutans*, и *Salvia glutinosa*.

У *Lychnis viscaria* и *Silene nutans* мелкие ползающие насекомые прилипают к выступающим в области цветка выделениям стебля. Автору приходилось наблюдать пойманных в большом количестве мух на клейком венчике *Erica Mac Nabiana*. Пойманные животные умирали здесь, но не переваривались.

Количество улавливаемых некоторыми растениями насекомых бывает громадным. На одном сильном экземпляре *Salvia glutinosa*, росшем в лесосеке на солнцепеке, автор нашел на стебле и на листьях, богато снабженных железистыми липкими волосками, до 700 прилипших маленьких мух. Но это все еще не насекомоядные растения, так как понятие насекомоядное включает не только улов, но и переваривание пойманных животных.

Насекомоядные растения снабжены самыми разнообразными ловчими аппаратами и выделяют растворяющие белки вещества (пепсин), которые при воздействии кислот растворяют мягкие части животного и воспринимают это растворенное вещество поверхностью ловчего аппарата.

Корни насекомоядных растений обыкновенно бывают слабо развиты, а в некоторых, хотя и редких, случаях и вовсе отсутствуют. Живут эти растения часто на бедных питательными веществами почвах, но благодаря перевариванию насекомых получают ценное дополнение в питании фосфором, калием и азотом.

Так как многие виды насекомоядных растений, в том числе в первую очередь *Nepenthes* и *Sarracenia* культивируются и в на-

¹ Tubeuf, V. Gärtnerische Kultur der Mistel. Mitteilg. d. deutsch. dendrologischen Ges. 1917 p. 18—196.

² Полл. собр. соч. Дарвина. Насекомоядные растения. Drude, D. Die insectenfressenden Pflanzen. In Schenks Handbuch der Bot. Bd. 1. 1881. p. 113.

Goebel, K. Pflanzenbiol. Schilderungen 1 Teil V Insectivoren. Marburg 1889.

Wagner, A. Die fleischfressenden Pflanzen. Aus Natur u. Geisteswelt. Bd. 344. 1911.

них орлижерях и представляют особый интерес в физиологическом отношении, то необходимо несколько остановиться на основных чертах этих насекомоядных растений.

Число их не велико, оно ограничивается приблизительно 15 родами, с 350 видами, которые распределяются между 5 семействами: *Utriculariaceae*, *Cephalotaceae*, *Nepenthaceae*, *Sarraceniacae* и *Lentibulariaceae*.

DIONEA MUSCIPULA. Первое упоминание о насекомоядных растениях относится к 1769 году в сообщении английского натуралиста Джона Эллиса ботанику Линнею, в котором он, по поводу встречающихся в Северной и Южной Каролине *Dionea*, сообщает следующее (пересылая при этом засушенные листья и цветы, а также рисунки):

„Верхняя часть этого растения представляет приспособление для улавливания пищи, в середине которого находится приманка для привлекаемого насекомого. Многочисленные мелкие красные железки, которые покрывают верхнюю часть листа, выделяют сладкий сок и привлекают насекомое, но как только оно прикоснется к этим чувствительным частям растения — обе лопасти листа, вследствие раздражения, закрываются, находящиеся по краям лопастей щетинки плотно смыкаются, заходят друг за друга, и захваченное насекомое раздавливается на смерть“.

Dionea — маленькое травянистое растение с розеткой листьев и цветоносом с неспиральными белыми цветами. Лист (рис. 42) этого растения состоит из крылатого черешка и из двух-

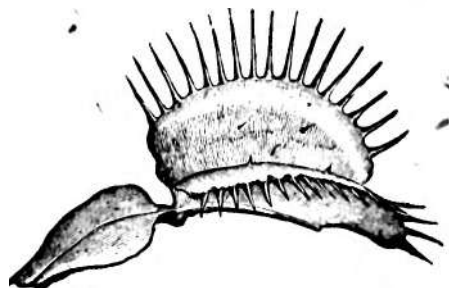


Рис. 42. *Dionea muscipula*. Лист. На каждой лопасти листа по 3 раздражаемых щетинки. Увеличено в 4 раза (По Дарвину)

лопастной пластинки. По краям лопастей расположены щетинки, образующие бахрому, ближе к середине лопастей имеются еще по три щетинки, очень чувствительные к прикосновению. Как только насекомое сядет на пластинку листа и прикоснется к щетинкам, лопасти листа тотчас же замыкаются, причем щетинки, расположенные по краям лопастей, заходят одна за другую, как пальцы сжимаемых рук, и задерживают насекомое. При этом, чем больше оно старается освободиться, тем плотнее смыкаются лопасти, иногда даже настолько сильно, что из насекомого выдавливаются внутренности на пластинку листа. Здесь находятся сотни мелких желез, которые, будучи раздражены соком насекомого, выделяют растворяющее белки вещество — фермент пепсин и кислоту, благодаря которым мягкие части насекомого перевариваются совершенно так же, как белок в нашем желудке. После поглощения растворенного белка поверхностью листа, он снова раскрывается, а оставшиеся непереваренными части удаляются ветром или дождем, и лист снова готов для ловли.

Чувствительные щетинки отличаются исключительной раздражимостью и могут по справедливости считаться органами чувств,

воспринимающим механическое раздражение. Щетинка имеет у основания зону, состоящую из несколько своеобразно построенных клеток, так называемый сустав, который в сущности и является местом, воспринимающим раздражение. Кончик щетинки передает воспринятое давление суставу, действуя подобно плечу коромысла.

DROSERA. Живущая подобно *Dionaea* на торфяных болотах росняка (*Drosera rotundifolia*) принадлежит к нашей флоре. Она так же, как и *Dionaea* представляет собой травянистое растение с листовой розеткой, однако совершенно иначе приспособлена к лову насекомых, чем последняя.

Лист роснянки напоминает круглый веер с ручкой, его верхняя сторона снабжена многочисленными железками на ножках—щупальцами, выделяющими из кончиков необычайно клейкий, прозрачный секрет, при прикосновении к которому насекомое тотчас же прилипает. Стараясь освободиться от него, насекомое соприкасается с соседними железками и, раздражая их, еще более обволакивается клейкой массой, от чего еще крепче прилипает к ним. Раздраженные механически и химически прикосновением насекомого щупальцы постепенно загибаются внутрь, об-

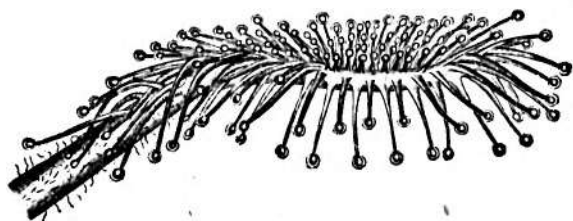
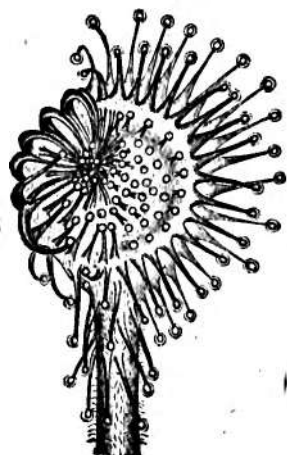


Рис. 43. Листья роснянки (*Drosera rotundifolia*): правый—не раздраженный, вид сбоку; левый—с частью щупалец, уже пригнувшихся к середине пластинки вследствие раздражения. Увеличено в 4 раза. (По Дарвину)

хватывая при этом свою жертву. Раздражение передается сначала соседним, а затем и всем железкам листа, так что в конце концов все щупальцы склоняются над насекомым и совершенно покрывают его своими головками.

При этом здесь, так же как и у *Dionaea*, растворение и переваривание белков пойманного насекомого происходит при помощи пепсина и кислот, содержащихся в выделяемом при раздражении секрете. По окончании этого процесса железки постепенно возвращаются к своему первоначальному положению (рис. 43).

Если на лист положить какое-либо химически индифферентное тело, как стекло или волосы, то щупальцы так же загибаются, однако тотчас же возвращаются в прежнее положение.

NEPENTHES (рис. 44). У видов *Nepenthes* улавливание насекомых происходит по совершенно иному принципу. Эти растения живут в тропических девственных лесах, причем большинство из них взбирается при помощи усиков на деревья, откуда они уже и свешивают свои урны. Лист, преобразованный в капкан, состоит из

исноания, представляющего листовую пластинку, которая переходит в усикообразное продолжение, воспринимающее раздражение и заканчивающееся урной различной величины. На острове Норвег величина их доходит до 40 см.

Отверстие урны имеет крышечку (рис. 44). Урна соответствует листовой пластинке, ус — черешку, а листовая пластинка — основанию листа. Часто ярко окрашенный край отверстия урны и нижней стороны крышки выделяют из специальных нектарников мед, привлекающий многочисленных насекомых. Внутренняя поверхность урны состоит из двух зон: верхней, чрезвычайно гладкой



Рис. 44. *Nepenthes* sp. Листовая урна, на дне которой через вырезанный кусок вина жидкость F, в которой переваривается насекомое; $\frac{1}{2}$ натуральной величины. (По Ноллю)



Рис. 45. *Sarracenia flava*, сильно уменьшенная, с трубкообразными листьями. (По Тебелю)

и скользкой, благодаря восковому налету, и нижней, снабженной тысячами пищеварительных железок.

В нормальных условиях дно урны бывает заполнено выделенной растением жидкостью. Садящиеся на край отверстия, чтобы полакомиться выделенным соком (нектаром), насекомые попадают на скользкую поверхность, соскальзывают с нее и падают на дно, где и тонут.

Раздраженные прикосновением насекомых пищеварительные железы выделяют пепсин и кислоту, под воздействием которых животное переваривается.

Часто раздаются жалобы со стороны садовников, что непентес плохо развиваются в орлижернях и не образуют урн. В связи с этим автор находит нужным обратить внимание на то, что непентесы любят мягкую воду и страдают от жесткой известковой воды. Кроме того замечено, что те листья, которые не добираются своими усиками до какой-либо опоры, обыкновенно не склонны образовывать урны. Поэтому при культуре *Nepenthes* необходимо обеспечить листьям такую опору.

SARRACENIA. Все представители этого рода происходят из Америки и принадлежат к болотным растениям с листовыми розетками. Их листья превращены в ловчие трубкообразные аппараты, таким образом, что слегка загнутый листовая черешок расширяется в трубку, верхнее отверстие которой покрыто куполообразной или иной формы крышкой, представляющей морфологически листовую пластинку (рис. 45).

Интенсивность окраски и выделение нектара (сока) особенно сильны около входа в трубку, что и привлекает различных насекомых. Если лакомящееся сладким соком насекомое спускается глубже в трубку, то оно попадает в скользкую, покрытую совершенно гладким эпителием зону, состоящую из черепитчато расположенных клеток с выступами, направленными книзу, не дающих ему ножкам никакой опоры. Далее книзу внутренняя поверхность покрыта длинными волосками, направленными вниз, которые образуют преграду и не позволяют насекомому выйти обратно из трубки. В конце концов оно попадает в жидкость, выделенную растением, где тонет и вероятно переваривается.

Количество насекомых, пойманных саррацениями, часто бывает чрезвычайно велико, а потому нет ничего невероятного в рассказах о том, что на родине саррачений птицы посещают их урны для того, чтобы поживиться за счет пойманных и умерщвленных ими насекомых. Даже у нас листья саррачений, выставленных летом на воздух, оказываются в значительной части наполненными насекомыми.

Мы не будем касаться встречающихся в нашем климате плотоядных растений: пузырчатки (*Urticularia*), *Pinguicula* и редких *Aldrovandia vesiculosa*, а скажем лишь несколько слов о том, приносит ли ловля насекомых пользу всем этим растениям.

Хотя согласно исследованиям и наблюдениям Дарвина нет никакого сомнения в том, что поглощение органических питательных веществ является весьма ценным дополнением к питанию этих растений, тем не менее это мнение оспаривается с разных сторон. Заметим, все же, что результаты опытов с растениями, получающими питание в виде насекомых и не получающими его — дали надежные доказательства того, что усвоение животного органического вещества в значительной степени способствует развитию растения, в особенности его цветению и плодоношению.

ДЫХАНИЕ

При ассимиляции углекислоты и других физико-химических процессах простые вещества превращаются в сложные, но на ряду с этим происходят и обратные процессы разложения построенных веществ. В жизни организма процессы разложения и восстановления вещества постоянно переплетаются друг с другом, так что можно сказать, что сама жизнь до известной степени характеризуется этими двумя процессами.

Одним из наиболее важных процессов разложения является дыхание. Растение, так же, как человек и животное, поглощает свободный кислород из атмосферного воздуха, использует его для сжигания органического вещества и возвращает, в качестве продуктов сгорания, углекислоту и воду. Ассимиляцию углекислоты и дыхание прежде часто смешивали друг с другом, хотя де Соссюр еще в 1822 году установил правильное соотношение между ними и, конечно, их необходимо строго различать.

При ассимиляции углекислоты поглощается углекислота и отдается кислород. Этот процесс совершается только в зеленых, содержащих хлорофилл клетках, и только на свету. Дыхание, напротив, заключается в противоположном обмене газов, а именно в поглощении кислорода и возвращении углекислоты. Дыхание происходит в каждой клетке как в зеленой, так и в незеленой, независимо от того, освещена она или нет.

Хотя при дыхании и происходит разложение органического вещества, тем не менее оно чрезвычайно важно для нормального течения жизненных отправлений, как это видно из следующих опытов.

Если перенести растение в среду, лишенную кислорода и наполненную водородом или азотом, рост его останавливается.

Mimosa pudica, отличающаяся чрезвычайной чувствительностью своих листьев и реагирующая на прикосновение быстрым движением их, помещенная в такие условия, приходит в состояние оцепенения, и листья ее перестают реагировать на раздражение при прикосновении.

Многие бактерии в присутствии кислорода очень подвижны в капле воды, но когда кислород весь потреблен в процессе дыхания, а приток нового ограничен, движение бактерий тотчас же прекращается.

Другими словами, как только растение лишается возможности дыхания, сейчас же прекращается проявление жизненных функций, однако при этом растение не обязательно тотчас же умирает. Человек и высшие животные задыхаются в лишенном воздуха и кислорода пространстве в самое непродолжительное время. Низшие животные (лягушки) и растения, в среде, лишенной свободного кислорода, могут жить некоторое, а иногда даже довольно продолжительное время, и именно благодаря другому, так называемому интрамолекулярному дыханию, которое заменяет им в случае надобности обычное.

Существенное различие между обыкновенным дыханием и интрамолекулярным заключается в том, что при первом потребляется свободный кислород, а при последнем — связанный. При интрамолекулярном дыхании растение заимствует кислород из соединений своего же тела, напр., из сахаров, и освобожденный таким образом кислород служит для сгорания.

При обоих видах дыхания — в качестве продуктов сгорания образуются углекислота и вода, а при интрамолекулярном образуется кроме того еще спирт. Но если отсутствие кислорода продолжается слишком долго и растение вынуждено слишком длительно дышать интрамолекулярно, то наступают опасные для жизни растения расстройства, и оно умирает.

Степень выносливости отдельных частей растения к отсутствию кислорода весьма различна. Растущие части растения, а также листья особенно чувствительны к нему и выдерживают не более нескольких часов, в крайнем случае суток, другие части, например, фрукты (виноградные грозди), могут обходиться без свободного кислорода в течение нескольких дней и даже недель, а у некоторых бактерий, как напр., бациллы столбняка, интрамолекулярное дыхание доведено до такого совершенства, что они вообще начинают развиваться только тогда, когда весь кислород истощился.

Переходя далее к обыкновенному дыханию, прежде всего приведем два простых опыта, из которых видно, что растение при дыхании потребляет кислород и выделяет углекислоту.

В стеклянный цилиндр около 40 см высоты и 7 см в диаметре, с хорошо притертой стеклянной пробкой или стеклянной пластинкой, опускают горсть намоченных и набухших в течение суток семян гороха и ставят в теплую комнату. Рядом с ним помещают точно такой же цилиндр, но без гороха. Если затем через сутки осторожно раскрыть сосуд с горохом и опустить в него горящую свечу, то она тотчас же погаснет, тогда как в контрольном сосуде, без гороха, свеча будет продолжать гореть.

Для горения свечи необходим кислород. Благодаря дыханию ростков весь содержащийся в сосуде кислород в конце концов потребляется, воздух не содержит больше кислорода и не может больше поддерживать горение. Доказательством того, что при дыхании образуется углекислота, может служить следующий опыт.

Берут точно так же два стеклянных цилиндра, как и в предыдущем опыте, и наполняют каждый из них 200 куб. см прозрачного раствора едкой извести. В один сосуд вводят облиственную ветку (сирени, липы, и т. п.), а другой оставляется без ветки и служит контролем. Через сутки известковый раствор с веткой становится

мутнобелым, тогда как раствор в контрольном сосуде остается почти совершенно прозрачным. Помутнение происходит вследствие выделения живой веткой углекислоты, которая соединяется с известью в нерастворимую углекислую известь, от присутствия которой раствор становится мутным.

Количество потребляемого путем дыхания кислорода относится к выделяемой углекислоте как 1:1, т. е. если растение потребило при дыхании литр кислорода, то оно выделит приблизительно столько же углекислоты. Однако это не является общим правилом для всех растений, такое соотношение между потребляемым кислородом и выделяемой углекислотой имеет место у тех растений, у которых в процессе дыхания потребляются углеводы, и, напротив, не наблюдается у тех растений, у которых в этом процессе потребляются исключительно жиры и другие вещества. При прорастании семян, содержащих жиры, напр., конопля, редьки и др., жиры их превращаются в крахмал и другие углеводы, для чего они сами по себе нуждаются в кислороде. Поэтому такие растения потребляют кислорода гораздо больше, чем выделяют углекислоты.

Сгорание органических веществ не всегда доходит до конечного продукта — углекислоты, у суккулентных и некоторых других растений оно частично доходит только до органических кислот. Они много меньше выделяют углекислоты, чем поглощают кислорода, так как при дыхании вырабатывают значительное количество органических кислот, так: *Mesembryanthemum* образует щавелевую кислоту, кактусы — яблочную кислоту, толстянки — изоблочную кислоту, при этом часто в таких больших количествах, что присутствие кислоты ощущается на вкус. Накопление кислот происходит ночью, днем же при свете они сгорают до углекислоты, и она может быть вновь усвоена в процессе фотосинтеза.

Тогда как свет почти не влияет на дыхание, температура действует на него очень сильно. Дыхание уже обнаруживается при температуре около нуля, затем с повышением ее оно усиливается, а с достижением 40° или более начинает снова постепенно снижаться.

Если оранжерейные растения содержатся в слишком жарком помещении, то это влияет на них отрицательно, особенно зимой при слабом свете, в виду того, что содержащиеся в них запасные вещества слишком быстро используются в процессе дыхания, и новые не образуются в достаточном количестве.

К факторам, повышающим дыхание, относятся, кроме того, еще поранения и ялы. Сила дыхания изменяется также в зависимости от органа растения и его возраста. Молодые растущие органы (ростки) дышат сильнее, чем взрослые, цветы сильнее, чем листья, и эти последние сильнее, чем стебли.

1. Развитие тепла при дыхании

Дыхание следует рассматривать как процесс сгорания. При сгорании дерева или угля требуется кислород, причем в результате образуется углекислота и вода, то же самое происходит и при дыхании растения.

Дыхание приводит таким образом к известной потере вещества, которая с течением времени может оказаться весьма значительной

Когда семя фиссоли прорастает и продолжает развиваться в темноте до полного истощения своих запасных веществ, то кажется, что растение обогащается веществом, так как стебли его вытягиваются иногда на целый метр длины, причем оно поглощает много воды и образует новые органы, в действительности же оно неуклонно теряет в сухом весе и доходит примерно до половины первоначального веса семени.

Если дыхание является процессом сгорания, то оно должно освобождать теплоту и потому можно было бы ожидать, что растение имеет более высокую температуру, чем окружающая его среда.

На самом деле этого не оказывается, и когда измеряют чувствительным термометром температуру листьев, не нагреваемых непосредственно солнцем, или внутреннюю часть ствола дерева, то температура их оказывается либо ниже, либо совершенно тождественной с температурой непосредственно окружающей их среды. Это кажущееся противоречие объясняется тем, что повышению температуры растения противодействуют два процесса: излучение тепла и испарение.

Чем больше поверхность, тем больше и излучение тепла — листья в форме пластинок, благодаря своей большой поверхности, очень быстро отдают образовавшуюся теплоту. Точно также растение отдает много тепла благодаря испарению. Если мы капнем на ладонь спиртом или эфиром, то мы получим ощущение холода.

Быстрое испарение жидкости требует много тепла, оно отнимает его от руки, отсюда ощущение холода. То же происходит и при транспирации растения.

Образование водяных паров требует тепла, большая часть которого доставляется растением. Поэтому, если желают определить развиваемую растением теплоту, то необходимо прежде всего позаботиться, чтобы оба эти явления, т. е. излучение тепла и испарение, были исключены. Этого можно достигнуть следующим образом: насыпают в маленький деревянный ящик приблизительно килограмм пророщенного ячменя, изолируют его со всех сторон какими-нибудь плохими проводниками тепла (паклей, ватой) и по возможности препятствуют испарению. Проростки при таких условиях показывают температуру выше окружающего воздуха, но обыкновенно разница при такого рода установках не бывает очень велика, не более 2—4 градусов.

Гораздо более резкие результаты можно получить, если плотно набить ивовую корзину около 40 см высоты и 30 см в диаметре свежесорванными листьями (от 2 до 4 килограммов), закрыть ее картонной крышкой, поместить в нее термометр и поставить в деревянный ящик, заполнив пустые пространства между корзиной и ящиком паклей.¹ Листья большинства деревьев при этом уже через несколько дней значительно согреваются, часто даже до предельной для жизни температуры, как это видно из следующей таблицы:

¹ Molisch, H. Ueber hochgradige Selbsterwärmung lebender Laubblätter, Bot. Ztg. 1908 p. 211.

Свежесорванные листья	Прибли- тельная тем- пература воздуха в °C	Максималь- ная темпера- тура листьев в °C	Через часов
<i>Pirus communis</i>	15	59	27
<i>Carpinus betulus</i>	23	51,5	15
<i>Robinia pseudacacia</i>	24	51	13
<i>Filla sp.</i>	18	50,8	27,5
<i>Juglans regia</i>	15	49,7	43,5
<i>Salix caprea</i>	15	47,1	22
<i>Cytissus laburnum</i>	18	45,6	18,5
<i>Vitis vinifera</i>	17	43,3	28

Такая согретая дыханием листовая масса кажется почти горячей на ощупь, и если опустить в нее небольшой стакан эфира или масла какао, то эфир тотчас же начинает кипеть, а масло таять.

Требуемое для такого рода опыта количество листовой массы должно быть не менее 2¹/₂ кг, что соответствует листве маленького деревца.

Но можно получить такой же результат и с сравнительно незначительной листовой массой, применяя так называемый дюаровский сосуд.¹

Дюаровским сосудом пользуются для хранения жидкого воздуха, а в измененном виде в качестве термоса для сохранения пищи в теплом или холодном состоянии. Он состоит из цилиндрического стеклянного сосуда с двойными стенками, из промежутка между которыми выкачан воздух.

Для уменьшения излучения теплоты внутренние стенки безвоздушной полости покрываются серебром. Когда внутренняя полость такого сосуда наполняется каким-нибудь горячим или холодным веществом, то температура их остается почти неизменной, так как теплопроводность очень понижена, благодаря окружающей безвоздушной полости.

Если нужно испытать самонагревание, напр., листьев или цветов, то сосуд туго набивается ими непосредственно, после того как они сорваны, и закрывается сверху слюдяной пробкой, чтобы по возможности предотвратить испарение, и кроме того еще покрывается сверху на 2—4 сантиметра паклей. Очень полезно ставить приспособленный таким образом сосуд в деревянный ящик и все пространство между ящиком и сосудом заполнить паклей так, чтобы слой ее, покрывающий дюаровский сосуд, достигал по меньшей мере 6 см (рис. 46).

При такой постановке опыта для выявления самонагревания растения достаточно 100—150 г растительной массы. Автор приводит результаты опыта с свежесорванными цветами тысячелистника *Achillea millefolium*, которые дают ясное представление о ходе температуры в дюаровском сосуде.

¹ Molisch, H. Ueber die Selbsterwärmung von Pflanzen in Dewargefäßen. Ztschr. f. Bot. p. 305.

Соцветия тысячелистника (*Achillea millefolium*). Сорваны в 9 часов утра.
Сырой вес = 150 г.

Число месяца и часы		Температура в °C		Число месяца и часы		Температура в °C	
		воздуха	цветов			воздуха	цветов
29 июля	9 ^{1/4} ч. утра	19,5	20,2	2 августа	2 ^{1/2} ч. пополун.	17,7	48,6
	10 ^{1/4} . . .	21,5	22,1		8 . утра . .	18,3	46,4
	2 . дня . . .	23,2	27,8		10 ^{1/4} . . .	18,6	45,6
	3	32	31,4		2 ^{1/4} . дня . . .	21,7	43,5
	4	21,5	33,4		8 . веч. ра .	20,3	43,5
	5	22	34,8		10	19,5	42,8
	7 ^{1/2}	20,8	38	3 августа	2 ^{1/4} . пополун.	18,8	41,2
	8 ^{3/4}	20	39,6		8 . утра . . .	19,4	38,7
	10 ^{1/2}	20,6	40,9		10 ^{1/4}	21,5	37,8
	12 . ночи . .	19,5	42,2		4 ^{1/4} . дня . . .	22,3	37,2
30 июля	5 ^{3/4} . утра .	18	43,6		4	21,5	36,6
	8	20	43		7 ^{1/4} . вечера .	20,2	35,4
	10	22,5	42,6		10 ^{1/4}	20,4	34,6
	1 . дня . . .	25,5	47,4	4 августа	5 . утра . . .	19,3	32,6
	4	23	42		8 ^{1/4}	2	31,3
	9 . вечера .	20,5	40,1		1 . дня . . .	22,6	31
	10	21	40,1		3 ^{1/4}	23,4	31
31 июля	7 . утра . .	20	43,4		5	22,8	31
	9	20,5	45,2		7 ^{1/2}	21,5	31
	10	21	45,5		9 ^{1/2}	21,2	30,8
	1 . дня . . .	24,2	48,6	5 августа	5 ^{1/2} . утра . .	18,7	29,2
	4	22,7	50,6		8	20,7	28,6
	8 . вечера .	21,2	51,8		10 ^{1/4}	22,8	28,6
	9	19,4	52,1		1 . дня . . .	25,6	29
1 августа	1 ^{1/4} . пополун.				5 ^{1/2}	24,3	30
	ночи	19,1	52,8		10	21	29,9
	8 . утра . .	19,3	52,7	6 августа	2 . пополун.	21,9	29,2
	10 ^{1/2}	22,5	51,4		8 . утра . . .	21	28,5
	12 . дня . .	21,8	51,2		11	20,6	28,4
	1 ^{1/2}	21,2	51,1		4 . дня . . .	21	28
	5 ^{1/4}	21,5	51,2		8 . веч. ра .	20	27,8
	8 . вечера .	18,6	51,1	7 августа	8 . утра . . .	20	26,4
	10	19,5	50,4		10	18,6	26,2

Названия цветов	1-й максимум, зависший главным образом от дыхания цветов в °C	Разница между температурой цветов и помещенных во время 1-го максимума в °C	2-ой максимум, зависший главным образом от дыхания микроорганизмов в °C	Разница между температурой цветов и помещенных во время 2-го максимума в °C
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	47,3	29,5	56,6	39,6
<i>Daucus carota</i>	46,9	28,9	55	38,8
<i>Trifolium pratense</i>	47	28	55	38,0
<i>Achillea millefolium</i>	43,6	25,0	52,8	33,7
<i>Anthemis arvensis</i>	41,6	20,2	48	28,1
<i>Funkia sp.</i>	45	24,5	—	—
<i>Philadelphus coronarius</i>	40,1	16,1	47	25,0
<i>Rosa c. довый гибрид</i>	40,4	18,5	37,6	15,5
<i>Clematis vitalba</i>	45,4	23,4	50	29
<i>Calendula officinalis</i>	36,4	15,4	40	18,5
<i>Nymphaea alba</i>	27,4	8,3	—	—

Опыт показывает, что в первые 15 часов температура поднимается с $20,2^{\circ}$ до $43,6^{\circ}$, в следующие 16 часов падает до $40,1^{\circ}$ затем снова подымается до $52,8^{\circ}$ и наконец медленно понижается до температуры воздуха.

Первое повышение температуры до $43,6^{\circ}$ следует отнести на счет дыхания цветов, при этой высокой температуре цветы умирают, так как длительно они не могут выдержать ее. На умерших цветах начинают быстро размножаться имеющиеся зародыши бактерий и споры плесневых грибов. Эти микроорганизмы дышат очень интенсивно, и это дыхание и является главной причиной вторичного максимума в $52,8^{\circ}$.

До какой температуры могут нагреваться цветы в дюаровском сосуде, видно из таблицы

Из сказанного видно, насколько легко экспериментально доказать развитие тепла у растения, хотя в обычных условиях образование его у них не обнаруживается.

Нужно заметить, что у некоторых растений даже при совершенно нормальных условиях может происходить такое значительное развитие тепла, что повышение их температуры заметно даже наощупь. Французский натуралист Ламарк уже во второй половине XVIII столетия заметил, что цветочные початки *Arum italicum* значительно нагреваются. Впоследствии эти явления более подробно изучал Краус¹ на ароидных, саговниковых и на пальмах.

У *Arum italicum* повышение температуры по сравнению с окружающим воздухом достигает разницы в $17,6^{\circ}$, а если сложить вместе 5 цветочных початков и завернуть их в кусок материи, то температура их может подняться до $51,3^{\circ}$ при температуре воздуха в $15,4^{\circ}$.

Согласно опытам автора очень легко поддается наблюдению нагревание у цветочных початков индийского ароидного *Sauromatum guttatum*.

Растение это получило известность тем, что его клубни, лежа на столе без всякого снабжения водой, дают соцветие до 30 см длины с оберткой, украшенной пурпуровыми пятнами.²

На другое утро после вскрытия обертки наружу выходит длинный цилиндрический пурпуровый придаток початка, который так сильно согревается, что кажется тепловатым наощупь.

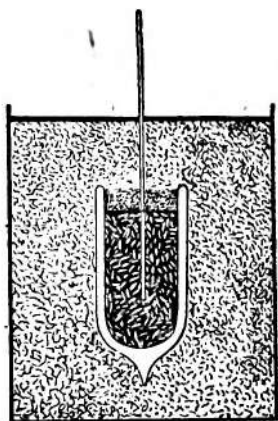


Рис. 46. Дюаровский сосуд, помещенный в деревянный ящик. Пространство между дюаровским сосудом и стенками ящика заполнено сухой паклей. Дюаровский сосуд наполнен листьями и сверху также закрыт слоем пакли. В середине сосуда термометр. Сильно уменьшен. (Оригинал)

¹ Kraus, g. Die Blütenwärme bei *Arum italicum* 1882 Abhandl. d. naturf. Ges. z. Halle Bd. 16.

Leick, Untersuchungen über die Blütenwärme der Araceen. Greifswald 1910.

² Способность клубневых и луковичных растений прорастать без воды и даже давать цветы не ограничивается названным растением. Такую же способность проявляют клубни *Amorphophallus Rivieri*, *Oxalis lasiandra*, *Solanum Tuberosum* и луковички *Scilla maritima*, *Vettheimia capensis* и др.

В одном случае согревание началось рано утром часов в 6, причем к 8 часам утра достигло на верхушке придатка максимума в 34° и затем к 7 часам вечера опустилось до температуры воздуха. На следующий день согревание было очень незначительно, только на 1 выше температуры воздуха.

Таким образом сильное согревание у *Sauromatum* имеет место только в течение одного дня и в этот день наблюдается только в продолжение нескольких часов, тогда как у других ароидных оно продолжается в течение нескольких дней подряд.

У крупных соцветий саговниковых,¹ а также у цветков Виктории Регия температура подымается на открытом воздухе на $5-10^{\circ}$ и выше, причем у Виктории Регия (*Victoria regia*) сильно нагреваются только определенные части цветов.

2. К вопросу об отеплении паровых град при помощи грибов

Значительно большие подьемы температуры, чем у высших растений, наблюдаются у так называемых теплолюбивых или термофильных бактерий и плесневых грибов.

Сложенные в большие кучи органические отбросы, как-то неочищенный хлопок, сырые листья, сено, конский навоз, кора и т. п. очень сильно нагреваются.

Один из основателей бактериологии Ф. Кон² впервые доказал, что это явление не есть чисто химический процесс, как думали раньше, а биологический, вызываемый некоторыми бактериями и низшими грибами.

Кон пришел к этому выводу следующим образом. Ему сообщили, что в Аугсбурге оранжереи отепляются отбросами хлопка, для этого ящики в 4 фута высоты заполняются ими и в них ставятся горшки с растениями. При поливке водой хлопковые отбросы нагреваются и притом тем сильнее, чем больше они были политы.

Кон поставил опыты с неочищенным хлопком, содержащим еще остатки коробочек. В процессе проводимых опытов он заметил, что в тех ящиках, в которых хлопок предварительно подвергался стерилизации горячим водяным паром, он не обнаруживал никакого самогревания; напротив, в ящиках с нестерилизованным хлопком он нагревался очень сильно. В этом случае температура тотчас же начинала подыматься, сначала медленно на $0,1^{\circ}$ в час, затем быстрее ($0,2^{\circ}-0,3^{\circ}$ в час), через 5—6 часов еще быстрее ($2^{\circ}-3^{\circ}$ и до 4° в час) наконец через 24—30 часов, после этого наступал максимум (по наблюдениям Кона до $67,2^{\circ}$), после чего температура медленно, но непрерывно спадала, так что дней через 6 хлопок принимал вновь температуру воздуха ($21^{\circ}-23^{\circ}$).

Вся масса хлопка была переполнена бесчисленным множеством бактерий (*Micrococcus*), развившихся благодаря своему дыханию и обмену веществ (брожению) значительное количество тепла. То, что бактерии действительно являются причиной нагревания, доказывалось еще тем, что стерилизованный не нагревающийся хлопок начинает вскоре нагреваться, если примешать к нему загрязненный или заразить его бактериями.

¹ Kraus, G. *Annal. d. jardin de Buitenzorg* 1886 Vol. 13 p. 217.

² Cohn, F. *Ueber thermogene Bacterien*. *Ber. d. deutsch. Bot. Ges.* 1893. Bd. XI p. 67.

Данно известно, что сырое сено, сложенное в большие кучи (стога), может очень значительно нагреваться (до 68,5°). Михе¹ подробно изучил это явление и нашел, что и в этом случае такое сильное нагревание обуславливается дыханием бактерий и плесневых грибов. В этом отношении наиболее важны *Bacterium coli* Mlg. forma foenicola, *Bacillus calfactor*, затем плесневые грибы, актиномицеты и др.

Эти грибы в двояком отношении представляют интерес с физиологической точки зрения: во-первых, потому, что они развивают весьма большое количество свободной теплоты, и во-вторых, потому, что они могут перенести высокую температуру, развивающуюся в согревшемся сене. Большинство сочных растений отмирают при 45°—50°, тогда как многие из термофильных организмов прекрасно чувствуют себя при этой и даже при более высокой температуре, напр. у *Bacillus calfactor* температурный минимум около 30°, а максимум около 70°.

Сильное согревание конского навоза зависит также от необычайно энергичного обмена веществ бактерий и плесневых грибов. В больших навозных кучах нагрев доходит нередко до 60° и даже 70°. При микроскопическом анализе навоза обнаруживается огромное количество бактерий.

Отепление оранжерей в садоводствах обыкновенно производится посредством водяного или парового отопления. Что же касается парниковых и паровых гряд, то они издавна отепляются при помощи органических отбросов.

Устраивая парник, прежде всего наполняют его приблизительно на $\frac{1}{2}$ метра высоты свежим конским навозом, который, после поливки его водой, засыпают землею. Бактерии и плесневые грибы находят в конском навозе весьма подходящие условия для своего развития, а потому сильно размножаются и производят значительные количества тепла, которое передается всей окружающей среде—земле, растению и даже воздуху. Нагретая в парнике почва (20—30°) чрезвычайно способствует росту растений. Навоз может быть заменен неочищенным хлопком, опавшей листвой и другими органическими веществами, однако, за исключением хлопковых отбросов все они по эффективности значительно уступают навозу.

Весьма пригодным материалом для отепления почвы является также дубильная кора. После использования последней на кожевенных заводах, ею набивают гряды или ящики в оранжереях на $\frac{1}{2}$ —1 метр в высоту. Горшки с пальмами, фикусами, панданусами, драценами, тропическими папоротниками и другими тепличными растениями зарывают до самых краев в кору и оставляют в ней. Кора нагревается на 5—10° выше температуры окружающего воздуха и вследствие этого чрезвычайно способствует росту корней, а благодаря этому и развитию всего растения.

3. Дыхание, дренаж и цветочные горшки

Надземные части культурных растений вряд ли когда-нибудь страдают от недостатка кислорода, но совершенно иначе обстоит

¹ Mische, H. Die Selbsterhitzung des Heues. Jena 1907.

дело с корневыми и корнями. Так как дыхание растущих корней довольно сильно, то может случиться, что глубоко залегающим или находящимся в мокрой почве корням не хватает кислорода.

Исходящие в почве капиллярные воздушные промежутки никогда не должны заполняться водой на продолжительное время, так как в этом случае доступ кислорода чрезвычайно затрудняется. Переувлажненная почва представляет всегда затруднения для культуры растений.

Процесс выветривания и разложения в такой почве происходит чрезвычайно медленно или в ненадлежащем направлении, питательные вещества растворяются трудней и почва теплеется лишь крайне медленно. Поэтому стараются отвести воду и дать вновь доступ воздуху в находящиеся между частицами почвы пустоты.

Все относящееся к почве в естественных условиях, относится также и к почве в горшечных культурах. Необходимо следить за тем, чтобы поливная вода не образовывала застойной влажности в почве. Вода при поливке должна впитываться почвой, избыток же ее возможно скорей удаляться, чтобы капиллярные промежутки, после поглощения и испарения воды корнями, вновь заполнились воздухом.

Для стока избыточной воды на дне горшка, как известно, делается обыкновенно отверстие. Для того чтобы это отверстие не закупорилось землею, на него кладут один или несколько черепков, а в некоторых случаях на них насыпают еще другой слой мелко набитых черепков. При устройстве такого дренажа вода хорошо протекает.

Некоторые растения особенно чувствительны к застойной сырости почвы, как например, верески с их нежными корнями и орхидеи. Если у таких растений замечается плохой рост или ненадлежащая окраска листьев, то нужно тотчас же обратить внимание на дренаж и поливку.

В противоположность указанным растениям существуют и такие, которые чрезвычайно выносливы к продолжительному переувлажнению почвы, к таким относятся водяные растения, а также виды ольхи, тополя и ивы. В то время как эти деревья способны в течение целых недель без всякого вреда переносить переувлажнение или даже полное затопление почвы, плодовые деревья в таких же условиях очень быстро погибают. Корни ольхи и ивы настолько приспособились к недостатку кислорода в переувлажненной почве, что они удовлетворяются крайне незначительным его количеством.

Интересно отметить, что некоторые растения способны добывать необходимый для корней кислород при помощи особых приспособлений.

В тропических странах, согласно Гебелю, Карстену и Молишу¹ некоторые растения мангровых болот (*Sonneratia* и *Avicennia*) направляют свои корни кверху, так что они выступают из почвы или из воды в виде свечей. Эти корни имеют на своей поверхности такие приспособления, которые облегчают подачу кислорода.

¹ Molisch, H. Als. Naturforscher in Indien. Iena 1960, p. 86—91.

Нечто подобное замечается как установил Иост¹ и на культивируемых у нас пальмах (*Phoenix*, *Lat. lona* и др.)—корни их часто в пазухах растут вертикально вверх, выступая из земли.

Совершенно правильно в садоводстве признается недопустимым применение глазированных горшков. Обыкновенно горшки делаются из обожженной, очень пористой глины, воздух и водяные пары свободно проходят через них. Если же поверхность горшка глазирована, то поры его закрыты и проникновение воздуха почти невозможно, вследствие чего корни получают слишком мало кислорода.

Тропические орхидеи, особенно такие, которые живут на стволах деревьев, положительно купают свои корни в рыхлом свободном пропускающем воздух гумусе, состоящем из листьев и коры и потому, чтобы возможно лучше удовлетворить их потребность в воздухе, такие орхидеи принято сажать в горшки с отверстиями не только на дне, но и с боков или в корзинки, изготовленные из палочек или прутьев. В них орхидеи еще лучше развиваются, чем в горшках с боковыми отверстиями.

Насколько нуждается растение в постоянном возобновлении воздуха в почве, можно легко убедиться, наблюдая за деревьями, которые при нивелировке почвы в садах и парках засыпаются ежегодно иногда на 1—3 м. Такие деревья в непродолжительном времени начинают явно страдать вследствие недостатка кислорода и затрудненного дыхания и через 1—2 года совершенно погибают. Спассти их можно, только оставляя вокруг стволов воздушные колоды.

Такие же результаты можно получить и с оранжерейными растениями. Автор взял посаженные в горшки деревца *Azalea indica*, *Auscuba japonica* и *Eriobotrya japonica* с кронами на высоте приблизительно 50 см и опустил их в цилиндрические стеклянные сосуды, заполнив затем последние землею так, чтобы стволы оказались засыпанными до начала кроны.

В таких условиях деревца через полгода начали заметно страдать, а через год после закладки опыта *Azalea* и *Auscuba* окончательно погибли.

¹ Iost, L. Ein, Beitrag z. Kenntnis der Atmungsorgane der Pflanzen. Bot. Ztg. 1887, p. 601.

1. Общее понятие

Когда говорят о росте, то обычно имеют в виду увеличение объема. Одного этого, однако, еще недостаточно для определения понятия роста. Если положить сухие семена гороха в стакан с водой, то они всасывают воду и одновременно увеличивают свой объем — они набухают; однако, если затем оставить набухшие семена снова на воздухе, то они теряют полученную воду и, высыхая, возвращаются к первоначальному объему. Так же как семена гороха ведут себя: кусок дерева, желатин и трагант. Во всех этих случаях мы имеем дело с легко обратимым процессом набухания.

Если же всхожее семя гороха находится во влажной почве, то оно также всасывает воду, набухает и при благоприятных условиях развивает корень, стебель и листья и вот это постоянное увеличение объема, вызываемое жизнедеятельностью, мы называем ростом.¹

Даже в микроскоп мы не можем увидеть как располагаются мельчайшие частицы при росте. Тем не менее, отчасти, даже невооруженным глазом, установлен ряд важных фактов относительно роста, которых здесь вкратце следует коснуться.

Сакс², так же, как и Регель, различает в росте высших растений, где условия особенно сложны, три следующие друг за другом фазы, незаметно переходящие одна в другую.

1. Фазу эмбрионального роста.
2. Фазу растяжения.
3. Фазу внутренней дифференцировки.

1 ФАЗА. Если взять побег известного водяного растения *Elodea canadensis* и удалить с его верхушки все, даже самые молодые листочки, то с помощью микроскопа можно заметить, что обнаженная верхушка побега оканчивается маленьким, едва видимым простым глазом, конусом, который называется точкой роста

¹ Sachs (Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, Leipzig, 1882, p. 500) определяет рост как изменение формы, внутренне связанное с увеличением объема. Однако, это определение неприменимо ко всем случаям. Шаровидная одноклеточная водоросль может, напр., расти, но не изменять своей формы.

² Sachs, l. c. p. 499.

или конусом нарастания (рис. 47). Он состоит из очень молодых (эмбриональных) клеток, которые находятся в оживленном делении и образуют ткань, которая называется меристемой. Клетки, лежащие в основании конуса, принимают впоследствии различную форму, образуя ткани стебля; по бокам точек роста имеются бугры — новые точки роста, из которых могут развиваться боковые побеги и листья. Каждый побег, каждая почка оканчивается такой точкой роста, и если у дерева 100 000 почек, то оно по крайней мере столько же имеет и точек роста. То же самое относится и к корню, так как кончик каждого корня оканчивается точкой роста.

Точка роста — весьма замечательное образование. Книзу она превращается в дифференцированные постоянные ткани, а кверху она обновляется из года в год, и точка роста, которая увенчивает верхушку 100-летней ели, поддерживается в эмбриональном состоянии в течение ста лет, непрерывно, путем постоянного обновления. Большинство побегов и листьев возникают из таких, уже ранее заложенных точек роста. Но молодые корни возникают часто довольно далеко от точек роста, а при особых обстоятельствах, например, при поранении, может образоваться эмбриональная ткань (точка роста) в любом месте ткани (так называемые придаточные образования), дающие начало новым органам; примером могут служить положенные на сырой песок листья бегонии, из которых после поранения крупных листовых жилок развиваются новые побеги.

Но не все процессы роста связаны с точкой роста; утолщение стволов и корней двудольных древесных и хвойных осуществляется с помощью камбия, находящегося между древесиной и корой. Несмотря на то, что и точка роста и камбий состоят из эмбриональной ткани, точка роста нормально образует новые органы, камбий же, как правило, дает лишь новые массы тканей и только при особых условиях создает также новые точки роста. Точки роста состоят из маленьких тонкостенных клеток с большим количеством плазмы, содержащих относительно большие клеточные ядра и небольшое количество клеточного сока; эти клетки усиленно делятся, но в размерах увеличиваются очень мало.

II ФАЗА. Спустя некоторое время клетки, находящиеся у основания точки роста, переходят в стадию растяжения: всасывая значительное количество воды, они сильно растут в длину. От этого разрастания отдельных клеток зависит общий рост и образование органов. Стебель, корень и листья получают при этом свою конечную величину и форму.

Рост протекает неравномерно. Клетка, орган, даже целое растение растет сначала медленно, затем все быстрее и быстрее, после этого снова медленно и, наконец, рост прекращается. Такой периодический ход называют по предложению Сакса „большим периодом роста“. При постоянных внешних условиях (температура,

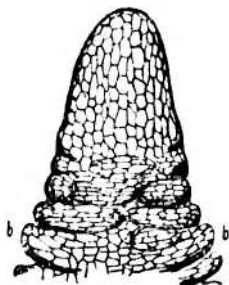


Рис. 47. *Elodea canadensis*. Точка роста. Боковые бугры внизу (b) — зачатки листьев. Увеличено в 80 раз. (Оригинал)

освещение, водоснабжение и пр.) этот закон проявляется вполне ясно, при изменяющихся же внешних условиях большой период роста может затухиваться. Также и внутренние причины могут оказывать влияние; так натяжение тканей и быстрое преодоление сопротивлений могут вызвать скачкообразные изменения в нормальном ходе роста и нарушить большой период.

Всем известно, что рост растений идет медленно, настолько медленно, что видеть непосредственно его мы не в состоянии, мы можем лишь спустя значительное время заметить прирост. Имеются, однако, некоторые части растения, которые удлиняются при росте относительно быстро. Если мы, проходя мимо посева пшеницы или ржи в период их цветения, сорвем колос и удалим многократным протягиванием колоса между большим и указательным пальцами все висящие вниз тычиночные нити с пыльниками, то мы можем увидеть, как вырастают из колосков новые нити с пыльниками. Они удлиняются на 1,8 мм в минуту. Гифы *Dictyophora* вырастают в одну минуту на 5 мм, листовые влагалища *Musa* на 1,1 мм и молодые, выходящие из почвы, побеги бамбука на 0,6 мм. Но вообще говоря, рост в длину происходит медленно, обычно крайне медленно, с приростами в 0,005 мм в одну минуту и даже меньше.

В приведенных примерах сравнивались друг с другом удлинения растущих частей различной длины, но таким путем мы не можем определить интенсивность роста. Мы можем ее учесть лишь тогда, когда определим прирост единицы длины в единицу времени и выразим этот прирост в процентах. Таким путем Бюхнер нашел следующие величины в минуту (в процентах):

пыльцевые трубки <i>Impatiens</i>	Hawkeri	220
	Balsamina	100
гифы <i>Mucor stolonifer</i>		118
тычиночные нити злаков		83
побеги бамбука		1,27
побеги бегонии		0,58

Ауксанометр. Для более точного и удобного изучения роста в длину рекомендуется наблюдать приросты в увеличенном масштабе. Эти наблюдения производятся: у нежных объектов с помощью микроскопа, у более грубых с помощью особого аппарата — ауксанометра.

Для наблюдения приростов у молодых растущих плодonoсцев плесневых грибов или тонко-стебельного проростка можно легко приспособить обыкновенный микроскоп, поместив горизонтально его трубу, и делать отсчеты в течение относительно короткого времени при 50—100-кратном увеличении.

Ауксанометр основывается в большинстве случаев на том, что прирост с помощью удлиненного плеча рычага наблюдается в увеличенном виде.

Ауксанометр простейшего типа — стрелка с дугой. К крючкообразно изогнутой верхушке стебля боба прикрепляется нить, которая проходит дальше вокруг ролика и слегка натягивается привязанным на конце небольшим грузом. С подвижным роликом неподвижно связана стрелка, верхушка которой находится над шкалой дуги. Если радиус ролика равен единице, а стрелка, т. е.

радиус дуги равен 40, то прирост стебля будет показан увеличенным при помощи этого ауксанометра в 40 раз.

Описанный ауксанометр имеет, однако, существенный недостаток: наблюдателю приходится делать отсчеты прироста днем и ночью. Чтобы избежать этого, сконструирован самопишущий ауксанометр — ауксанограф. Рис. 48 показывает ауксанограф Визнера. Привязанная к верхушке побега нить перекинута через маленький ролик (г) и слабо натянута с помощью груза (g). С маленьким роликом скреплен большой ролик (R). На этот ролик повешена нить, один конец которой натягивается грузом (G), а другой конец (G¹) несет стрелку (z). Стрелка касается своей верхушкой закопченной бумаги, которая покрывает эксцентрически вращающийся цилиндрический барабан (С). Барабан приводится в равномерное вращение с помощью часового механизма (W), при этом стрелка делает каждые полчаса или каждый час белую черту на закопченной поверхности. Соответственно соотношению радиусов обоих роликов приросты обозначаются в увеличенном масштабе. Из расстояния между полученными друг над другом чертами можно точно найти действительные приросты. Нередко при постоянных внешних условиях удается получить подтверждение закона большого периода роста: черты первоначально весьма сближены, затем расстояние между ними все больше и больше увеличивается и, наконец, черты снова сдвигаются. Можно также наблюдать, что рост ночью идет быстрее, чем днем.

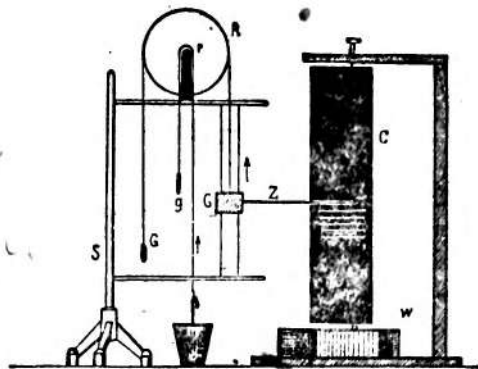


Рис. 48. Ауксанограф Визнера.

Употреблявшиеся до самого последнего времени ауксанометры увеличивали прирост примерно в 20 раз и были, поэтому, не в состоянии быстро показать изменения роста, вызываемые внешними условиями. Бозе, основатель большого института физиологии растений в Калькутте, работал в течение ряда лет над тем, чтобы получить более сильное увеличение показаний прироста. Сначала он пытался сделать это следующим образом. Он укрепил на верхушке растущего растения короткое плечо рычага с зеркальцем на другом его конце и получил увеличение показания прироста в 1000 раз. Но так как этот оптический рычаг сам не регистрировал приросты, то Бозе разработал другой метод. Он соединил растение нитью с рычагом, который был связан с другим, примерно, 40-см рычагом. С помощью этого аппарата (грескограф) получается увеличение в 10 000 раз. Трение пишущего острия было в значительной степени устранено тем, что острие только на короткое время приходит в соприкосновение с закопченной стеклянной пластинкой, где пишущий рычаг делает отметки приростов. Отметки получаются в виде следующих друг за другом точек (рис. 49).

Увеличенный прирост *Scirpus Kusoor* равнялся на пластинке примерно 1 см в секунду!

Аппарат может показывать прирост 0,0005 мм, т. е. шестнадцатую часть длины волны красных лучей.

Эти указания дают представление о чувствительности этого аппарата и его рабочей способности при изучении явлений роста.

Наконец, Бозе с помощью зеркала и отклоняющегося магнита удалось настолько повысить чувствительность своего аппарата, что показания прироста увеличивались в 1 000 000 раз. Таким образом можно еще заметить прирост в одну миллионную часть одного миллиметра. Световое пятно, показывающее прирост, движется на экране со скоростью 60 см в одну секунду.

На растущем органе нельзя прямо видеть — растет ли он по всей своей длине или же только в определенных, ограничен-

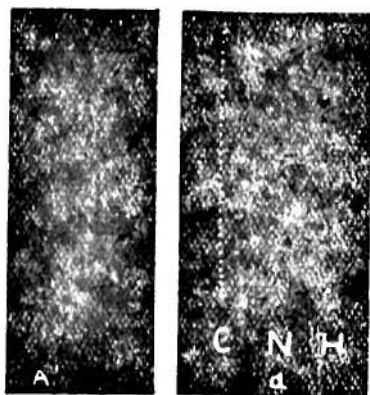


Рис. 49. Отметки приростов у одного вида *Scirpus* в ауксанометре Бозе. А) Точки показывают приросты в следующие друг за другом секунды (I), приросты, увеличенные в 10 000 раз. а) Влияние на рост температуры: N—нормальный рост, С—замедленный рост при охлаждении, H—усиленный рост при нагревании. Увеличение прироста при А—в 10 000 раз и при а) в 2 000 раз. (По Бозе)

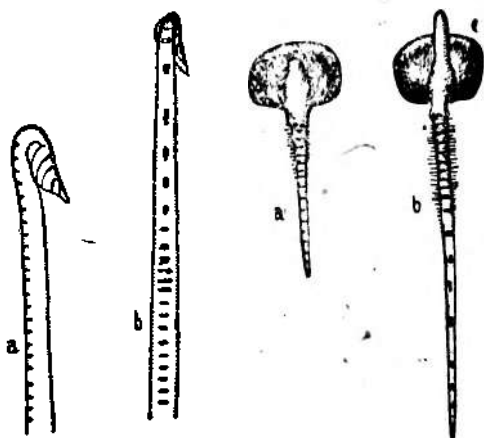


Рис. 50. Проростки *Phaseolus multiflorus*. Определение растущей зоны. а) на стебле нанесены на равном расстоянии метки тушью, б) тот же стебель через 24 часа. Метки особенно сильно разошлись на некотором расстоянии от верхушки почки, потому что там происходит наиболее сильный рост в длину. (Оригинал)

Рис. 51. Проростки кукурузы. Определение растущей зоны. а) на корне нанесены на равном расстоянии метки тушью, б) тот же корень через 24 часа. Метки у кончика корня сильно разошлись, потому что здесь происходил наиболее энергичный рост в длину. (Оригинал)

ных зонах. Однако, можно легко выяснить это, если на молодом растущем стебле проростка нанести тушью на расстоянии одного мм. тонкие метки. Метки делаются с помощью тонко заостренной деревянной палочки по всей длине от верхушки до основания. По прошествии одного, двух дней можно видеть, что расстояние между метками, нанесенными ниже почки, значительно увеличилось, тогда как непосредственно у почки и у основания (рис. 50) оно почти не изменилось. Следовательно, зона наиболее сильного вытягивания находится на некотором расстоянии от верхушки

почки, молодая же часть стебля, несущая верхушку, находится еще в эмбриональной фазе, а основание стебля уже закончило свой рост.

Такой же опыт с растущим корнем проростка показывает, что растущая зона в большинстве случаев очень короткая, примерно от $\frac{1}{4}$ до 1 см и лежит почти непосредственно за кончиком корня (рис. 51). Части, лежащие за растущей зоной, уже закончили свое растяжение, поэтому метки здесь уже не расходятся.

III ФАЗА. Как только орган в результате растяжения получает свою конечную величину и форму, происходит определенная внутриклеточная дифференцировка клеток: утолщение оболочек, их одревеснение, образование устьиц, волосков, в этой стадии кутикулизации и обизвесткование достигают своего завершения.

2. Рост и внешние условия

Как всякое жизненное явление, рост зависит от внутренних и внешних условий. Между последними играют очень важную роль: температура, свет, влажность, количество кислорода, повреждения и др.

Температура

Жизнь возможна только в определенных температурных пределах, эти границы для роста растений еще уже. Если выдерживать растущее растение при различных температурах, то видно, что оно начинает расти при определенной низкой температуре — минимуме температуры. С поднятием температуры рост усиливается до известного предела, до оптимума температуры, при котором рост происходит наиболее энергично. При дальнейшем поднятии температуры рост все более и более замедляется и, наконец, достигает определенной температуры — температуры максимум, при которой рост прекращается. Эти три точки называются кардинальными температурными точками для роста. Они лежат в большинстве случаев между 0 и 50°. Более точные данные Сакса о прорастании, т. е. о росте различных семян при различных температурах приведены в следующей таблице.

	Мин.	Опт.	Макс.
пшеница	5,0°С	29,0°С	42,5°С
кукуруза	9,4°	34,0°	46,2°
<i>Phaseolus multiflorus</i>	9,4°	34,0°	46,2°
тыква	14,0°	34,0°	46,2°

Из таблицы видно, что кардинальные температуры у различных растений различны; у тропических растений они в общем выше, чем у растений умеренной зоны. Уже из повседневного опыта известно, что тропические растения начинают расти при более высокой температуре, чем растения, живущие у границы вечного снега или в полярных областях, которые способны расти при температурах лишь немного выше 0°.

Не нужно, однако, думать, что кардинальные температуры — это нечто неизменное, напротив, они могут, в зависимости от условий, изменяться. С ходом развития растения, даже различные органы одного и того же индивидуума могут иметь очень различные кардинальные температурные точки.

Кардинальные температуры имеются не только для роста, но также и для других жизненных процессов: для ассимиляции, дыхания, передвижения воды, размножения; конечно, они могут у различных растений заметно отличаться друг от друга.

Одной из важнейших задач практического садоводства является умение давать растению в надлежащее время подходящую температуру, в каждом отдельном случае регулировать их потребность в тепле. Садоводы, выращивая растения самых различных широт: тропические, субтропические, умеренной и северной зоны, растения долинные, горные и высокогорные, должны уметь удовлетворять различные потребности этих растений. Поэтому они строят теплые, холодные и умеренно-холодные оранжереи и могут путем регулирования отопления и проветривания получать по мере надобности в своих оранжереях и парниках более тонкие градации температуры. Дать каждому растению в каждой стадии его развития подходящую температуру — составляет значительную часть искусства садоводов-практиков.

Свет

Большое значение для роста имеет также свет. На свету листья создают органическое вещество, которое может служить материалом для роста. Благоприятные условия освещения способствуют обиль-

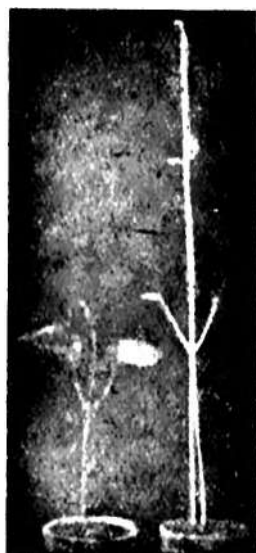


Рис. 52. Этиоляция *Phaseolus multiflorus*. Налево нормальное растение, выращенное на свету. Направо, выращенное в темноте — этиолированное растение. Оба одинакового возраста, прочие условия развития были одинаковы.
(Оригинал)

ному цветению, при плохом же освещении растения скоро прекращают цветение из-за недостатка строительного материала. Но свет может также иметь и непосредственное влияние, в чем можно легко убедиться, если культивировать растения в темноте. Если высеять *Phaseolus multiflorus* в два цветочных горшка, причем один горшок поставить на дневной свет, а другой под темный ящик, где и выращивать растения в течение длительного времени в темноте, то спустя некоторое время получается поразительное различие между растениями. В то время как световые растения выглядят совершенно нормально и имеют крепкий зеленый стебель с большими темнозелеными листьями, растения, выращенные в темноте, имеют чрезмерно удлиненный бледный стебель с маленькими и желтыми листьями, не содержащими даже следов хлорофилла. Кроме того ткани световых растений прочны и упруги, выращенные же в темноте нежны, водянисты и слабы. Растения, выросшие в темноте, со своими чрезмерно удлиненными междоузлиями и маленькими желтыми листьями имеют своеобразный болезненный вид, который известен под названием *этиоляции* (рис. 52).

Самым известным примером этиолирования являются клубни картофеля, проросшие в темном погребе. Их исключительно длинный, цвета слоновой кости стебель с крошечными желтыми листочками совершенно отличен от стебля, развившегося на свету.

Подобно фасоли ведут себя в темноте большинство двудольных, однако не все. Листья свеклы в темноте достигают большой величины; у некоторых кактусов междоузлия в темноте бывают даже короче, чем на свету.

Этиоляция показывает, что длительный свет в общем замедляет рост. Это проявляется весьма ясно на стебле и корнях, но не на листьях, которые у этиолированных растений остаются часто поразительно маленькими. В темноте у листьев наблюдаются болезненные расстройства в результате недостаточного питания. Если же позаботиться о снабжении их в достаточном количестве питательными веществами, то и в темноте развиваются почти нормальной величины листья, хотя они остаются совершенно желтыми. Это можно получить, например, таким путем: конец побега тыквы пропустить через отверстие в темный ящик, а многочисленным взрослым листьям позволить энергично ассимилировать на полном свету. То же наблюдается и при наличии достаточного количества запасных веществ: у многих клубней, луковиц и корневищ листья также могут достигнуть значительной величины (гиацинты, тюльпаны, нарциссы и др.); такие растения могут даже нормально раскрывать в темноте свои цветы.

Особенно сильно этиоляция выступает при продолжительном полном затемнении. Между такими крайне этиолированными и нормально-развитыми растениями имеются в зависимости от разных степеней освещения многочисленные переходы. Такое частичное этиолирование получается у растений, которые стоят в темном углу комнаты или в темной оранжерее. Эти растения, правда, зеленые, однако этиоляцию легко узнать у них по мелким листочкам и по удлинненным междоузлиям. Этиоляция усиливается при избытке тепла и влажности.

Сюда же относится часто встречающееся в сельском хозяйстве явление, известное под названием полегания хлебов.¹ Если стебли стоят в поле слишком густо, то они сильно затемняют свою нижнюю часть, нижние междоузлия сильно удлинняются, остаются нежными и слабыми, надламываются и стебель полегает. Прежде думали, что прочность растения обуславливается отложениями кремнекислоты, и что полегание хлебов есть результат недостатка кремнекислоты. Но теперь мы знаем, что прочность растения зависит не от кремнекислоты, но от особых специфических механических клеток (клетки древесины, луба, колленхимы и каменные клетки). Таким образом, если хлеба полегают, то это происходит не от недостатка кремнекислоты, а главным образом вследствие этиоляции в результате недостаточного освещения. На ряду с этим полеганию могут способствовать еще другие факторы: обильное азотистое удобрение, обильное водоснабжение и сырая погода.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТИОЛЯЦИИ В ПРАКТИКЕ. Теперь следует указать на различные приемы садовников, в которых этиолирование нашло практическое применение.

Луковицы гиацинтов, посаженные в цветочные горшки и поставленные в ноябре и декабре для выгонки, с целью получить в конце

¹ Kraus, C., Die Lagerung des Getreides. Stuttgart, 1908. Sorauer, P., l. c. Bd. 1, p. 658.

декабря цветы, часто к досаде любителей „сидят“, т. е. листья и соцветие выходят из луковицы лишь частично. Чтобы избежать этого, садовники покрывают луковицу вместе с верхушечной почкой воронкой из темной бумаги. Таким путем устраняется свет и вызывается этиоляция; в результате получается более сильное удлинение и листья и соцветия выходят из луковицы. Таким путем можно, создавая искусственно этиоляцию, устранить „сидение“ гиацинтов.

Как дальше будет выяснено, затемнение применяется также при выгонке ландышей, сирени и других растений: этиоляция ускоряет развитие из почек цветочных побегов.

Этиоляцией пользуются также и в огородничестве.

Появляющиеся весной из почвы побеги спаржи (*Asparagus officinalis*) покрываются тотчас же глиняными колпаками для защиты их от света. Выращиваемые таким образом побеги оказываются совершенно этиолированными, длинными, бледными и нежными на вкус.

При культуре салата эндивий (*Cichorium Endivia*), когда листья в достаточной степени разовьются, а „сердце“ будет хорошо сформировано, связывают вместе листовую массу мочалой в двух, трех местах. Благодаря этому внутренние листья, лишенные света, бледнеют и ткани достигают высокой степени нежности и мягкости.

Так же поступают с римским салатом (*Lactuca sativa v. romana*), отличающимся продолговатыми, сильно ребристыми и большей частью не смыкающимися в виде головки листьями, а также с листовыми черешками и листовыми ребрами *Cynara Scolymus*.

У сельдерея (*Apium graveolens*) используются не только корневые клубни, но у некоторых сортов также длинные и широкие листовые черешки, которые ценятся за их нежный ароматный вкус. Чем мясистее и нежнее эти листовые черешки, тем выше они ценятся. Чтобы добиться этих качеств, листовые черешки обвязываются соломой и кустики окучиваются до 15—20 см высотой. В Англии пользуются для этой цели также дренажными трубами 15 см шириной и 30 см длиной. Эти трубы, после их укрепления в почве и выхода листьев выше краев трубы, засыпаются землей.

В Америке, где сельдерей культивируется в большом количестве и охотно потребляется в отбеленном состоянии, Гарвеем опубликован новый способ искусственной отбелилки зеленого сельдерея.¹ Этот способ состоит в том, что зеленые листья помещаются в воздухе, который содержит этилен или ацетилен в отношении 1:1.000. У сортов с малым количеством хлорофилла отбелилка этими газами наступает уже в течение 6 дней, у темнозеленых же спустя 12 дней. Хлорофилл при этом разрушается, а желтые пигменты сохраняются. Качество, аромат и цвет при искусственной отбелилке получаются такие же, как и при этиолировании затемнением, иногда даже лучше.

Попутно следует упомянуть, что этим способом можно вызвать также относительно быстрое искусственное созревание еще

¹ Harvey. R. B. Blanching Celery. University of Minnesota, Agr. Exp. Sta Bul 222, August 1925.

зеленых плодов, причем, по Гарвею,¹ аромат, окраска и степень мягкости могут получиться даже лучше, чем при созревании на стебле, дереве или при хранении.

Томаты, сорванные для перевозки еще зелеными, освобождаются под действием этилена от излишней кислотности и одновременно получают красную окраску и хороший вкус.

Дыни делаются слаще и ароматнее. Для устранения танина в финиковых сливах достаточно обработать их так же, как и финики, в течении 30 часов.

Указания, которые дает Гарвей для получения искусственного созревания, следующие. В газонепроницаемое помещение впускается газ в концентрации 1:1000. Фрукты и овощи не следует складывать слишком плотно друг к другу, так как для хорошего созревания необходим также кислород воздуха. Температура помещения должна быть 18° С. Допустимо небольшое повышение температуры до 21° С, при дальнейшем же поднятии температуры может очень быстро появиться загнивание, а сельдерей может принять слишком резкий вкус. Степень влажности должна быть поддерживаема такая, чтобы не было завядания и чрезмерного сморщивания.

Если помещение пропускает газ через щели и двери, то его нужно наполнять газом каждый вечер. Годны обыкновенные вагоны-ледники, если только они при закрытых вентиляционных отверстиях достаточно газонепроницаемы. Даже обычные помещения для созревания бананов в большинстве случаев достаточно герметичны. Можно, наконец, использовать прочно устроенный с плотным потолком и окнами подвал.

Опасность воспламенения бывает только во время истечения газа из резервуара, в это время вблизи не должно быть огня и зажженных папирос. После того как газ впушен в помещение, опасность пожара или взрыва больше нет при условии, что его концентрация не больше одной части на 1000 частей воздуха. Газ не оказывает видимого действия на людей и животных. Он почти без запаха и цвета, не ядовит, и в помещениях с этим газом можно работать без всякого вреда.

В Америке в настоящее время этиленовый газ широко применяется в хирургии, как анестезирующее средство и приобретается больницами в больших баллонах. Одного куб. метра газа, стоящего около 24 марок, достаточно для созревания 10—25 вагонов бананов, сельдерей, томатов и других плодов и овощей.

Молиш² давно уже указывал, что в Японии различают сладкие и терпкие плоды каки (*Diospyros Kaki*). Терпкие плоды, которые не сделались сладкими на дереве, могут быть превращены в сладкие двумя способами: или их подвергают в течение некоторого времени (8—14 дней) действию паров спирта в закрытом сосуде или их помещают на одну ночь в котел с теплой водой при 40° С, после чего их вынимают и оставляют на воздухе и свету. Оба способа убивают плоды, но не повреждают соответствующих ферментов, под воздействием которых из терпких веществ получается сахар.

¹ Harvey. R. B. Künstliches Reifen von Früchten und Gemüsen mit Athylengas, Medizinische Welt. 1 Jahrg. Nr 35 vom 1 Oktober. 1927.

² Molisch, H. Im Lande der aufgehenden Sonne, Wien 1927; p. 381, Verlag Julius Springer.

Было бы в высшей степени желательно более точно исследовать изменения, которые происходят в клетке под влиянием спирта, этилена и ацетилена, и выяснить: в живой или лишь в отмершей клетке протекают под влиянием этих веществ процессы созревания плодов и беления сельдерея.

Во Франции применяют следующий прием, чтобы сделать головки артишок съедобными: когда артишоки еще малы (размером в небольшую грушу), их обертывают черным полотном, чтобы устранить влияние света, заботясь только о том, чтобы черешок не пострадал от веревочки, которая связывает края полотна. Употребляемое для этой цели полотно должно быть достаточно плотно, чтобы через него не было свободного прохода воздуха. Выращенные таким образом артишоки мягки, сочны и весьма удобоваримы.¹

Садоводы постепенно селекционным путем, отбирали такие сорта овощей, у которых этиолирование до известной степени происходит нормально. Прекрасным примером может служить кочанный салат (*Lactuca sativa* v. *capitata*), который хорош тем, что у него листья перекрывают друг друга, образуя относительно твердый кочан. Образующие кочан листья в результате такого расположения затемняют друг друга и делаются полуматирированными, нежными и бесцветными. Другой пример — различные формы кочанной капусты (*Brassica oleracea* v. *capitata*). Отбором выделены такие отдельные расы, у которых листья, образующие кочан, почти совершенно белые.

Нет сомнения, что внешние условия, влияющие на рост, не исчерпываются только температурой и светом. Достаточно указать на питание, влажность воздуха, содержание кислорода, механические и химические воздействия, на поранения, силу тяжести и другие. Об отдельных из этих влияний, которые еще не были рассмотрены, будет речь дальше, но лишь постольку, поскольку это необходимо и желательно для дальнейшего хода изложения.

3. Ростовые движения

В прежнее время усиленно искали существенных различий между растениями и животными. Считалось, как само собою разумеющееся, что такие различия должны существовать. Растения должны отличаться от животных по содержанию хлорофилла, по способу питания, по дыханию и по недостатку активных движений. Однако, при более детальном исследовании животных и растений эти различия должны были отпасть; даже последний признак — способность к самостоятельным движениям — был найден и у растений. Если сравнивать высшие растения с высшими животными, то можно найти, конечно, бросающиеся в глаза различия; если же обратиться к более простым формам и сравнить низшие животные с низшими растениями, то исчезают все различия и получается вывод: между растением и животным не существует никакого принципиального различия, даже в способности к движению. Растение различными внешними условиями: силой тяжести, светом, влажностью воздуха, химическими и механическими воздействиями,

¹ Moyen d'obtenir des Artichauts bons à manger en totalité. Journal de la Société impériale et central d'Horticulture de France, 1868, p. 490.

а также внутренними факторами может быть приведено в активное движение. На многие внешние раздражения растение реагирует столь же чувствительно, как и животное, а иногда даже тоньше, чем человек.

Но органы растений в общем, отвлекаясь от исключений, двигаются настолько медленно и вяло, что часто требуется внимательное наблюдение, чтобы вообще обнаружить у них движение. Если внимательно вдуматься, то такие движения нужно признать вполне достаточными; растения не нуждаются в быстрых, молниеносных движениях. Животное должно нередко часами бегать, плавать или летать, чтобы достать себе дневное пропитание и часто должно с исключительной быстротой хватать свою добычу. У растения дело обстоит иначе. Растение, будучи прикреплено к земле, находит на месте нужную пищу, оно получает при посредстве корней из почвы воду и растворенные в ней соли, а с помощью зеленых листьев—углекислоту из воздуха. Стол для растения, так сказать, всегда накрыт. Отсюда понятно, что растение в течение своей эволюции не приспособилось к быстрым движениям. С другой стороны, растение, связанное с одним определенным местом, должно было так приспособить свои органы к имеющейся среде, чтобы они находились в возможно более благоприятном положении. Корни должны находиться во влажной почве, стебель должен расти в воздухе и листья должны быть так расположены по отношению к свету, чтобы быть по возможности наилучшим образом освещенными. В этом отношении органы растения не заставляют желать лучшего: они прекрасно приспособлены к необходимым движениям.

Движения органов у высших растений обуславливаются различными факторами, чаще всего набуханием, ростом и изменением тургора.

Движения у *Anastatica hierochuntica*, цветочной обертки у *Carlina acaulis*, кончика плодов у видов *Erodium* и *Geranium* являются результатом неравного набухания противоположных сторон органа. Эти движения относятся, следовательно, к движениям набухания или имбибиционным движениям.

Примеры тургорных или вариационных движений представляют: известные движения листьев венериной мухоловки (*Dionaea muscipula*), половинки которых моментально захлопываются при прикосновении к ним насекомого, которое таким путем оказывается пойманным; своеобразные движения перистых листочков и всего черешка у мимозы (*Mimosa pudica*) при прикосновении к ним, при толчке или поранении; характерное положение, которое принимают в ночное время листья многих бобовых и других растений, давая явление так называемого сна растений.

Для наших целей особенно большое значение имеют ростовые движения, так как они стоят в связи с рассматриваемыми в дальнейшем вопросами. Однако, здесь следует их коснуться лишь в той мере, в какой это необходимо для понимания дальнейшего.

Геотропизм

Всем хорошо известно, что главная ось деревьев располагается вертикально, в отвесном положении. Обычно главный ствол или

или пихты растет прямо вверх, а главный корень в глубину почвы. То же самое можно наблюдать и на тысячах других растений, но особенно хорошо это видно на проростках. Проростки гороха, бика или бобов растут в темном и влажном помещении своими корнями вертикально вниз, а стеблем вертикально вверх.

Так как мы на земле знаем только одну силу, которая действует по вертикали: силу тяжести и так как главные оси высших растений именно в этом направлении располагаются, то можно уже отсюда с большой вероятностью сделать заключение, что причиной вертикального направления главных осей растения является сила тяжести. Так в действительности и обстоит дело; однако безупречное доказательство этому было дано только в 1809 году англичанином Найтом.¹ Если на нашей земле было бы возможно устранять действие силы тяжести на отдельные предметы, то было бы очень легко это доказать, выращивая растение в одном случае под влиянием силы тяжести, в другом без этого влияния. Но так как это невозможно, то приходится поступать

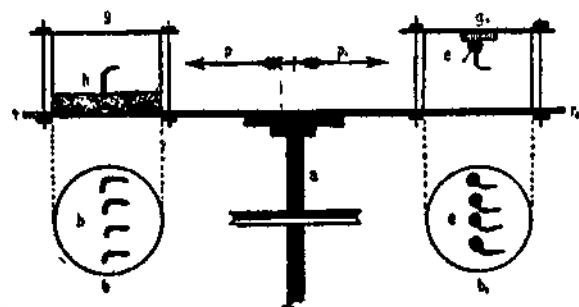


Рис. 53. Опыт Найта, показывающий влияние центробежной силы на растение. Схематически *rr* I—круг, который быстро вращается около вертикальной оси, *gg* I—стеклянные сосуды: *g* с проростками подсолнечника (*h*) во влажных опилках, *g¹* с проростками гороха, укрепленными на пробке (*e*). В результате действия центробежной силы стебель изгибается к центру круга, корни, напротив, растут по направлению от центра. *bb* I—те же стеклянные сосуды в покое. Стрела *pp*, показывает направление центробежной силы. Все сильно уменьшено. (Оригинал)

иначе. Найт, положив проростки на быстро вращающееся, небольшое мельничное колесо, подверг их действию центробежной силы. Если вертикальное положение стебля и корня обуславливается силой тяжести, то следовало ожидать, что растение подобным же образом будет вести себя и по отношению к центробежной силе. Это действительно так и происходит. Проростки, укрепленные на окружности колеса, ясно показывали, что корни растут по направлению цент-

робежной силы, т. е. по направлению от центра колеса, а стебель—в противоположном направлении, т. е. по направлению к центру колеса.

Более удобно этот классический опыт Найта можно поставить таким образом: на окружности круга, вращающегося вокруг вертикальной оси, укрепляются друг против друга два стеклянных сосуда. Один сосуд содержит проростки подсолнечника, посаженные во влажные опилки, другой проростки гороха, укрепленные на пробке. С помощью электромотора или водяной турбины круг вращается и делает около шести оборотов в секунду. После 24-часового

¹ Knight Th. A. Sechs pflanzenphysiologische Abhandlungen, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaft Nr 52.

вращения стебель оказывается изогнутым по направлению к центру, а корень от центра.

Можно еще иначе доказать, что при указанных движениях сила тяжести имеет значение. Если положить растение, например, проросток фасоли, горизонтально, то при хороших для роста условиях уже через короткое время стебель изгибается дугой кверху до тех пор, пока снова не примет вертикального положения. Если же мы будем такой проросток вращать с помощью часового механизма вокруг горизонтальной оси так, чтобы каждые $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{2}$ часа верхняя сторона его оказывалась бы внизу, а нижняя наверху, то этим одностороннее действие силы тяжести устранится, и стебель растет в данном ему в начале опыта направлении, т. е. продолжает расти горизонтально. Аппарат, служащий для подобных опытов, называется клиноостатом (рис. 54).

Свойство растительных органов располагаться совершенно определенным образом под влиянием силы тяжести и сохранять такое положение называется геотропизмом. Как видно уже из сказанного, органы ведут себя по отношению к силе тяжести не одинаково, и соответственно этому различают три вида геотропизма: положительный, отрицательный и поперечный. При положительном геотропизме орган изгибается вертикально вниз, при отрицательном вертикально вверх и при поперечном он располагается горизонтально, или его продольная ось в состоянии покоя образует определенный угол с вертикалью.

Положительным геотропизмом обладает большинство стержневых корней, отрицательным — большинство стеблей, а также другие вертикально растущие части растения, поперечным — боковые корни и часто боковые ветви первого порядка. Особенно ясно выражен поперечный геотропизм у многих горизонтально растущих корневищ, напр., у *Adoxa moschatellina*, *Circaea*, *Anemone nemorosa*, *Heleocharis palustris*, *Parys quadrifolia* и др.

Нужно признать очень целесообразным наличие положительного геотропизма у боковых корней первого порядка, а также совершенное отсутствие геотропизма у корней второго и более высокого порядка. Если бы главный и боковые корни вели себя одинаково, то вся корневая система имела бы вид кисточки, и объем почвы был бы крайне недостаточно использован. Иначе

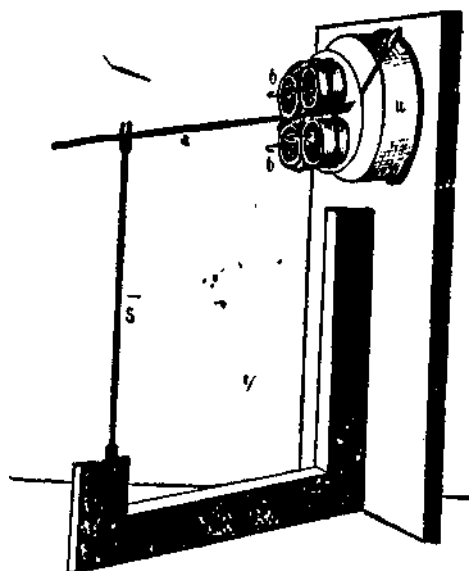


Рис. 54. Клиноостат Визнера. *u*—часовой механизм, *b*—цветочные горшки с проростками фасоли, которые вращаются около горизонтальной оси (*a*). Последняя опирается на подставку (*b*).

обстоит дело, когда главный корень вертикально проникает в почву и от него отходят по всем направлениям боковые корни, пронизывая наибольший объем почвы.

Это положение относится также и к ветвлению деревьев, кустарников и многих травянистых растений. Главный ствол ели или пихты отличается высокой степенью отрицательного геотропизма и вследствие этого стоит вертикально, боковые же ветви располагаются косо или горизонтально. Последние, наравне с другими воздействиями, также подвергаются влиянию силы тяжести, но в иной степени, чем главная ось. Это оказывает большое влияние на форму дерева.

Геотропизм в большинстве случаев есть явление роста. Если корень перевести из его нормального положения в горизонтальное, то он изгибается вниз в растущей зоне, находящейся около его кончика.

При этих условиях рост на верхней стороне корня будет ускоряться, а на нижней задерживаться, в результате чего первая становится выпуклой, а вторая вогнутой. У стебля при отрицательном геотропизме имеем обратное: здесь нижняя сторона растет

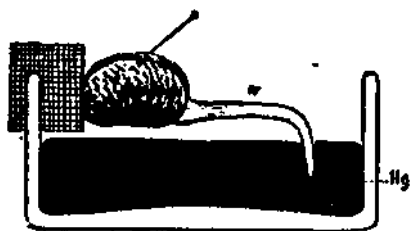


Рис. 55. Корень у проростка фасоли, положенный горизонтально над ртутью *Hg*, изгибается геотропически вниз и входит в ртуть. Натур. величина. (Оригинал)

несмотря на большое сопротивление со стороны последней; также и в почву корень проникает активно, преодолевая большое сопротивление.

Сила тяжести действует как раздражитель, у корня раздражение, вызываемое силой тяжести воспринимается преимущественно его кончиком.

В связи с этим необходимо указать, что раздражитель действует (по Пфефферу) на живой организм в качестве освобождающей причины. При каких-либо данных условиях растение находится в своего рода гармоническом равновесии, если это равновесие будет внешним или внутренним фактором (раздражителем) нарушено, то наступает освобождение. В нашем случае раздражителем является сила тяжести, видимый же эффект такого раздражения проявляется в геотропическом изгибе. В других случаях раздражителем может оказаться: влажность, толчок, поранение, температура, свет, электричество или же какая-нибудь внутренняя причина.

Ответ на раздражение может проявиться медленно, быстро или мгновенно. Особенно поразительны процессы раздражения, которые дают эффект, не стоящий в прямой связи с силой или энергией

раздражения. Так легкое прикосновение лапки мухи к листу *Nyctagala* заставляет быстро захлопнуться ее относительно большой лист; прикосновение горячей иглой к листу мимозы приводят к быстрому складыванию перистых листочков, притом не только у листа, подвергнувшегося непосредственному раздражению, но также и у соседних листьев; молния продолжительностью в несколько долей секунды заставляет проростки овса повернуться к источнику света. Все эти освобождающие причины напоминают те реакции, которые наступают когда рычаг приводит в движение машину огромного океанского парохода или когда легкий удар крыла птицы производит небольшое сотрясение воздуха и этим вызывает горные обвалы.

Весьма интересно, что между величиной раздражения и получаемой реакцией у растения найдены отношения, подобные тем, какие имеются у человека между величиной раздражения и ощущением.

При обычных условиях человек судит о силе раздражения по интенсивности своего ощущения. Если мы можем точно измерить раздражение, то мы можем решить, насколько правильна оценка раздражения, с помощью ощущения. Я говорю оценка, так как абсолютной меры для силы ощущения мы не имеем. Хотя мы величину интенсивности ощущений измерить не можем, но мы можем установить, насколько сила раздражения должна увеличиться, чтобы вызвать едва заметное различие в получаемых ощущениях.

Е. Г. Вебер, изучая отношения между количеством раздражения и силой получаемого от него ощущения в своих опытах по исследованию ощущения человека от воздействия тяжести, установил закон, названный его именем, который гласит, что увеличение раздражения, которое дает едва лишь заметное увеличение, в интенсивности ощущения всегда составляет одну и ту же часть первоначального раздражения, т. е. всегда находится в постоянном отношении к величине первоначального раздражения.

Напр., если класть на кончики пальцев гирьки различного веса, то наименьшее различие в весе мы сумеем учесть тогда, когда вес гирек будет относиться друг к другу как 29 к 30, т. е. сможем различить по получаемому ощущению 14, 5 и 15, или 29 и 30, или 290 и 300 весовых единиц. Хотя абсолютная величина разности веса будет весьма различна, увеличение, однако, составляет всегда одну и ту же часть первоначального веса, именно $\frac{1}{29}$. Установлено, что закон Вебера приложим также и к растениям, напр. при хемотаксисе бактерий, сперматозоидов мхов и папоротников, при хемотропизме грибных гиф, пыльцевых трубок и зародышевых корней и отчасти также при геотропизме.¹

Интересно отметить, что в редких случаях органы, даже уже закончившие рост, могут его снова возобновить под влиянием силы тяжести. Такой случай мы имеем у междоузлий злаков. Если уже выросший стебель злака будет надломлен бурей или дождем и примет горизонтальное положение, то нижняя сторона междоузлия начинает снова расти и в результате геотропического изгиба поднимается вверх. Этот процесс для злаков и других растений,

¹ Stark P. Das Webersche Gesetz in der Pflanzenphysiologie. Ztschr. f. Allg. Physiologie. XVIII Bd., 1919, p. 371.

имеющих улит на стебле, очень важен, так как дает хлебам возможность снопа подняться после полегания, вызванного густотой стояния или бурей.

Недлинно Габрландт¹ и Немец,² давая так называемую теорию статолитов, пытались показать, что вес находящихся в клетках крахмальных зерен или других твердых тел воздействует на чувствительную плазму и что растение таким путем воспринимает раздражение от силы тяжести, подобно тому, как это происходит у животных при посредстве аналогичных телец (статолитов). Однако, этот интересный вопрос стоит далеко от задач настоящей работы и потому не может подлежать нашему рассмотрению.

ПЛАКУЧИЕ ДЕРЕВЬЯ. Природа богата контрастами. Мы только что видели, что главные ветки деревьев стремятся расти более или менее вверх и это стало для нас настолько привычным, что плакучие формы деревьев, с их свисающими вниз ветвями, кажутся каким-то физиологическим парадоксом.

Плакучие формы встречаются у многих древесных растений: пихты, березы, ивы, бука, ясеня, тополя, вяза, сафора, желтой акации и др.

Они возникают как в естественных условиях, так и в садах или питомниках, как скачкообразные вариации³ нормально растущих материнских форм; иногда отдельная ветка на дереве, иногда один сеянец между тысячами нормальных обнаруживает подобное отклонение. В венском Пратере еще много лет тому назад автор нашел среди сотен ясеней одно дерево высотой 12 м, у которого в середине кроны была богато разветвленная ветвь, которая в противоположность всем другим ветвям обнаруживала типичный рост вниз. Все без исключения побеги, взятые с этой ветви в качестве привоев, после прививки дали плакучие формы.

Удивительная особенность роста плакучих форм редко передается по наследству посредством семян, однако, в некоторых случаях это все же твердо установлено. Так, один плакучий дуб передал всем своим сеянцам типичный свисающий характер роста. Интересно отметить, что сеянцы одной плакучей березы росли в Ботаническом саду в Эдинбурге первые 10 — 15 лет вертикально, а затем начали расти как настоящая плакучая форма. В одной живой изгороди нашли тисс с совершенно распластанными ветвями. Все его сеянцы обнаружили совершенно такой же характер роста. В то же время мы имеем случаи совершенно иного характера, когда при посредстве семян унаследования плакучих форм не происходило: у бука, вяза, ясеня. Однако, один и тот же вид ведет себя не всегда одинаково, и на капризный характер наследования плакучих форм указывал уже Дарвин.

Плакучие деревья выращиваются не из семян и не из черенков, так как при этом ветви лежали бы кругом на земле и могли легко быть заглушены другими растениями. Для того чтобы у пла-

¹ Haberlandt, G. Physiologische Pflanzenanatomie. 4 Aufl. 1909, 510.

² Nemece B. Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreiz bei den Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1901, Bd. 36.

³ Korschinsky S. Heterogenesis und Evolution. Flora 1901, Bd. 89, Ergänzungs. z. Jg. 1901, p. 271. Здесь имеется много примеров относительно возникновения плакучих и пирамидальных форм.

кучей формы могли хорошо проявиться все ее особенности, ее обычно прививают на высоком стволе нормально растущего вида.

Причина возникновения плакучих форм и причина ненормального направления роста неизвестны.

В качестве причин роста ветвей вниз признают, главным образом, два обстоятельства: отрицательный гелиотропизм и большую нагрузку ветвей тяжестью листьев.

Дютроше¹ пытался объяснить свисание ветвей у плакучих форм отрицательным гелиотропизмом (стр. 155), но уже Фёхтинг показал неправильность этого взгляда. Он поддерживает взгляд Гофмейстера,² что тяжесть листьев вызывает свисание ветвей вниз и приходит к заключению: что для большинства случаев изглад Гофмейстера о причине, вызывающей свисание ветвей, правилен. Эта причина доказана для побегов свисающих форм бука, лещины, софоры, ясени, ивы (*Salix babylonica*, *S. purpurea*) и др.; однако, Фёхтинг,³ все же оставляет под сомнением является ли нагрузка единственной причиной и не действует ли в том или ином случае еще какая-либо другая причина.

Автор говорит, что он согласился бы с тем, что вес листьев может благоприятствовать свисанию веток, в особенности когда, как у плакучего клена, ветви длиннее и тоньше, чем у нормального; однако, видеть в этом решающую причину он не может, так как у многих плакучих форм (желтая акация) ветки достаточно крепки, чтобы выдержать нагрузку листьев. Побеги или с самого начала направляются вниз или же они сначала направляются геотропически отрицательно (вверх) и только затем растут вниз. Можно было бы думать, что происходит перемена „настроения“ в геотропизме, что ветвь, после того как она была некоторое время геотропически слабо отрицательна, становится затем геотропически положительной; однако, относительно этого не имеется никаких надежных указаний и поскольку ничего определенного нет, он считает правильнее сказать, что истинной причины повислого роста ветвей мы не знаем. На автора плакучие формы всегда



Рис. 56. Желтая акация, плакучее дерево. От нормального подвоя у поверхности почвы возникли прямостоячие побеги. (Оригинал)

¹ Dutrochet H. Memoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des Végétaux et des Animaux, Paris 1837. T. 11, p. 90.

² Hofmeister W. Ueber die durch die Schwerkraft bestimmten Richtungen von Pflanzenteilen. Ber. d. math. physik. Kl. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1860 p. 205.

³ Vöchting H. l. c. II p. 91.

производили впечатление больных, и он не считает невероятным, что когда-нибудь обнаружится его патологическая природа.

Плакучая форма у различных плакучих деревьев проявляется с различной силой. У одних ветви растут вниз и затем, в течение всей жизни сохраняют это направление (софора, желтая акация). Ветки других, хотя также растут вниз, но отдельные ветки, именно те, которые возникают в наивысшей точке дугообразно изогнутых ветвей, поднимаются вверх, а их боковые побеги свисают снова вниз. Этот процесс может многократно повторяться так, что зонтики из ветвей будут располагаться друг над другом (*Fraxinus excelsior* v. *pendula*). Наконец, может происходить постепенное поднятие ветвей вследствие того, что более старые трехлетние и многолетние части главных веток начинают становиться геотропически отрицательными. Молодые части тех же веток еще свисают попрежнему вниз.

Плакучие формы представляют хороший пример нецелесообразных вариаций, так как, предоставленные самим себе, они образуют ветки на низком стволе; ветки эти лежат на земле, и потому могут быть затенены другими растениями и борьбы за существование выдержать не могут.

Противоположное плакучим деревьям представляют формы, возникшие также путем скачкообразных вариаций, у которых главные и побочные ветви обладают необычайно сильным отрицательным геотропизмом, придавая кроне кипарисовидный или пирамидальный характер. Сюда относятся: пирамидальный тополь (*Populus pyramidalis* Ros), который: „как зеленое пламя поднимается к небу“; пирамидальный дуб (*Quercus pedunculata* var. *fastigiata* или *pyramidalis*), белая акация *Robinia pseudacacia* var. *pyramidalis*, вяз (*Ulmus campestris* var. *fastigiata*) и др. У всех этих форм отрицательный геотропизм боковых веток, по неизвестной причине много сильнее выражен, чем у нормальных форм, и этим путем образуется своеобразная пирамидальная форма.

Гелиотропизм

Насколько большое значение имеет свет для жизни растений, уже несколько раз указывалось выше: при ассимиляции углекислоты, при росте и при этиолировании. Быть или не быть какому-либо растению, часто зависит от света, от достаточного его количества. Растение стремится, поэтому, так расположить свои части по отношению к свету, чтобы они могли наилучшим образом использовать его. Если рассматривать различные растения на опушке леса, то бросается в глаза, что стебель, листья и цветы повернуты от лесной чащи к свету. Каким образом это происходит?

Если выращивать проросток капусты в воде и в темноте (рис. 57) корень его направляется вертикально вниз, а стебель с двумя семядолями — вверх. Если затем темноту сменить на односторонний свет, как показано стрелкой, то вскоре можно заметить, что корень направляется от света, а стебель к свету. При благоприятных условиях они располагаются в точности по направлению света. Также и у черешков развивается стремление ориентироваться к световым лучам; что же касается до листовых пластинок, то они при доста-

точной интенсивности света располагаются перпендикулярно падающим лучам. Эти движения посредством изгибов от света или к свету мы называем гелиотропическими, а само явление гелиотропизмом или фототропизмом. Здесь, так же как и при геотропизме, различают три вида: изгибающийся к свету стебель положительно гелиотропичен, удаляющийся от света корень отрицательно гелиотропичен и листья, располагающие свои пластинки перпендикулярно к падающим лучам, поперечно гелиотропичны.

Гелиотропические явления необычайно сильно распространены.¹

Большая часть стеблей, листовые черешки и плодовые тела многих грибов обладают положительным гелиотропизмом; многие корни — отрицательно гелиотропичны, особенно хорошо это можно наблюдать у присасывающихся корней плюща, у воздушных корней слагинеллы, у односторонне освещенных воздушных корней орхидей, также у корневых волосков печеночных мхов и заростка папоротника, — большинство же листовых пластинок поперечно гелиотропично.

В природных условиях гелиотропизм часто ускользает от неискушенного наблюдателя, потому что источник света, солнце, изменяет свое положение в отношении растения в течение всего дня, оно, так сказать, вращается вокруг растения; но на опушке леса, а еще резче в оранжереех с односторонним освещением или на подоконнике в комнате, словом, везде, где имеет место одностороннее освещение, гелиотропизм уже прямо бросается в глаза. Здесь у растения можно отличить переднюю и заднюю сторону.

Рассмотрим выращенную на окне бегонию. Ее черешки все гелиотропически обращены к окну, т. е. к свету и их листовые пластинки ориентированы к падающему свету так, чтобы улавливать наибольшее его количество. Такое положение в отношении падающего света для растения особенно благоприятно, и потому неразумно было бы изменять его. Если листья бегонии уже приняли, благодаря одностороннему освещению, гелиотропическое положение, то их следует так и оставить, иначе они оказались бы в высшей степени неблагоприятном положении для ассимиляции и, кроме, того, общий вид растения пострадал бы вследствие новых изгибов.

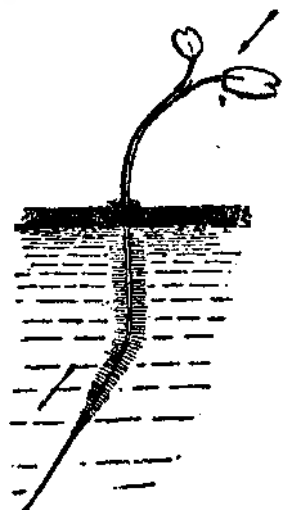


Рис. 57. Гелиотропизм проростка капусты. У корня отрицательный, у стебля положительный и у листовых пластинок поперечный гелиотропизм. (Оригинал)

¹ Wiesner J. Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Denkschr. d. Kals. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. XXXIX, 1879 und Bd. XLI, 1880.

Fittig H. Reizerscheinungen der Pflanzen III Tropismen. Handwörterbuch d. Naturwissenschaften. VIII Bd, s. 234.

Pringsheim E. G. Die Reizbewegungen der Pflanzen, Berlin 1912.

Как и при геотропизме, при гелиотропизме можно показать, что и гелиотропические изгибы происходят в результате роста. Одно-стороннее освещение, положительно гелиотропически изгибающийся стебель испытывает на обращенной к свету стороне задержку а на противоположной стороне ускорение роста в длину в сравнении с равномерно освещенным стеблем. У отрицательно гелиотропического корня явление обратное: сильнее освещенная сторона будет всегда выпуклой, медленнее растущая противоположная часть вогнутой. Изгиб всегда образуется в растущей части и, как правило, резче всего проявляется в зоне наибольшего роста.

Как это происходит, что у гелиотропически изгибающегося стебля сильнее освещенная передняя сторона растет слабее, чем обратная слабо освещенная сторона? Де Кандолль (1832) объяснял это, исходя из предположения, что теневая сторона является до некоторой степени этиолированной и, следовательно, менее задерживается в росте в длину, чем освещенная сторона. По его мнению, дело здесь заключается в различиях в росте на выпуклой и вогнутой стороне в результате неравной интенсивности света. Впоследствии от этого объяснения отказались и выдвинули предположение, что гелиотропически изгибающееся растение чувствительно не к различию в интенсивности света, а к направлению падающих лучей. Почти все работы последних 50 лет по этому вопросу держатся в рамках этой теории.

В последнее время, однако, опыты Блау¹ и Будера² с убедительностью показали, что растение реагирует не на направление, а на различие в освещенности. Таким образом снова вернулись к старому объяснению де Кандолля, но со значительно лучшим его обоснованием.

Блау удалось показать, что одноклетный спорангиеносец плесневого гриба *Phycomyces* при всестороннем равномерном его освещении уже через несколько минут обнаруживает ускорение роста, тогда как молодой стебель проростка подсолнечника при тех же самых условиях реагирует замедлением роста. Если же наблюдать интенсивность света на передней и задней стороне при одностороннем освещении, то у *Phycomyces* в результате преломления лучей задняя половина освещена более сильно, чем передняя и так как более сильный свет вызывает более энергичный рост, то задняя сторона будет расти сильнее, станет выпуклой и *Phycomyces* изогнется к источнику света.

Точно так же ведет себя стебель у проростка, хотя здесь передняя сторона освещена сильнее. Так как стебель подсолнечника в противоположность *Phycomyces* при всестороннем освещении замедляет рост, то при одностороннем освещении передняя сторона должна несомненно меньше расти в длину, чем сторона менее освещенная, и стебель должен изогнуться по направлению к источнику света.

¹ Blaauw A. H. Licht und Wachstum. I und II Ztschr. f. Bot. 1914. S. 641 und 1915, S. 465 und III Overdruk uit deel XV der Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool. 1918.

² Buder J. Die Inversion des Phototropismus bei *Phycomyces*. Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1918, s. 104.

Derselbe, Neue phototropische Fundamentaluntersuchungen. Ebenda. 1920, s. 10.

Поведение корней стоит также в согласии с взглядами Блао. Все те корни (ниир., у редьки, кресса, овса), которые не реагируют на всестороннее освещение, не обнаруживают никакого гелиотропизма и противоположность тем корням, которые замедляют при этом свой рост. Непосредственно можно было бы ожидать, что гелиотропизм должен быть положительный, но более точные изучения Блао условий светопреломления у отрицательно гелиотропического корня горчицы (*Sinapis alba*) показало, что как-раз на изгибающейся, самой нижней, зоне кончика, вследствие своеобразной формы кончика корня и преломления света, оказывается наибольшая интенсивность света на одной стороне. Следовательно, эта сторона будет расти менее и станет вогнутой.

Новые опыты Будера стоят в согласии с результатами Блао. Он показал, что положительный гелиотропизм *Phycomyces* можно превратить в отрицательный, не изменяя ни интенсивности света ни продолжительности освещения, но перенося спорангиеносец из воздуха в жидкий парафин (рис. 58).

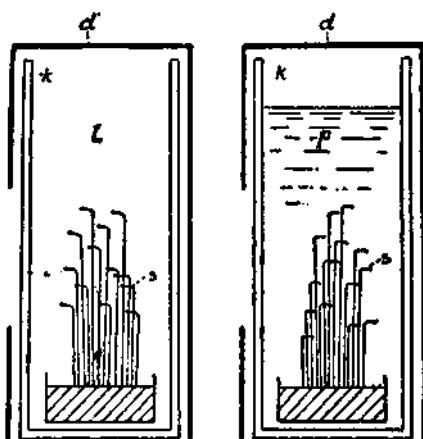


Рис. 58. Перемена знака гелиотропизма у плесневого гриба *Phycomyces*. Слева в воздухе (1), справа в жидком парафине (р). Темная коробка (d) с отверстием для прохождения света, стеклянный сосуд (k) спорангиеносец (s). Схематично. (По Будеру)

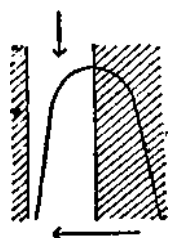


Рис. 59. Освещение сверху только одной левой половины верхушки проростка овса. Схематически. Верхняя стрелка показывает направление падающего света, нижняя — направление получающегося изгиба. (По Будеру)

В воздухе при одностороннем освещении наибольшая интенсивность света получается на стороне клетки, противоположной источнику света; в парафине же наблюдается обратное и соответственно этому спорангиеносец в этом случае изгибается отрицательно.

Если верхушку молодого проростка овса осветить сверху помощью отвесно падающего пучка лучей так, чтобы лучи попадали только на одну половину, то происходит изгиб — освещенная сторона делается вогнутой, а темная выпуклой (рис. 59).

Оба только-что приведенных опыта говорят против объяснения гелиотропизма влиянием направления падающего света и доказывают исключительное значение разницы в интенсивности света на передней и задней стороне органа.

Гелиотропическая чувствительность весьма различна, у многих растений она очень велика. Проростки овса, вики, гороха и чечевицы, выращенные в темноте, относятся к самым гелиотропически чувствительным из всех нам известных объектов. Самое ничтожное светящееся пламя Бунзеновской горелки, при котором в темной камере едва можно читать крупный шрифт, вызывает у поименованных проростков на расстоянии

от одного до двух метров положительный гелиотропизм. Сильный прямой солнечный свет длительностью только $\frac{1}{2000}$ секунды и слабый рассеянный свет длительностью только $\frac{1}{40}$ секунды достаточно, чтобы вызвать гелиотропический изгиб у проростков овса.

Чтобы раздражение вызвало видимый эффект, нужно воздействовать определенное время. Самую короткую продолжительность раздражения, которая при определенных условиях уже вызывает реакцию, напр. гелиотропизм или геотропизм, называют временем презентации. Чем сильнее, в известных границах, раздражение, тем короче время презентации. Если для какого-либо растения при интенсивности света I время презентации будет t , а при другой интенсивности света i время презентации T , то $It = iT$, т. е. произведение из интенсивности раздражения и времени презентации есть величина постоянная. Другими словами: одинаковое количество полученного света оказывает одинаковое действие (Fröschel und Blaaw).

Когда прямостоящий стебель изгибается к источнику света, то он все сильнее отклоняется от вертикали и приближается к горизонтальному положению. Тогда начинает действовать отрицательный геотропизм, которым стебель снова приводится в вертикальное положение. Таким образом, возникает борьба между двумя тропизмами, которая приводит стебель в положение равновесия. В этой борьбе принимают участие еще другие движения, рассматривать которые здесь мы не можем. У гелиотропически очень чувствительных растений гелиотропизм получает такой перевес, что стебель располагается точно по направлению падающего света; в таких случаях кажется, что стебель управляется только светом. В случаях, когда свет падает снизу, у этих растений нормальное направление роста совершенно прекращается, и они направляют свой рост вниз.

Если поставить проросток между двумя источниками света, напр. между двумя окнами или двумя электрическими лампочками, то он располагается по равнодействующей обеих интенсивностей света.¹

Знак гелиотропизма у одного и того же органа не должен обязательно быть одинаковым, он может изменяться, т. е. орган может, смотря по обстоятельствам, быть то положительным, то отрицательным. Цветочные ножки маленьких бледнофиолетовых цветов *Linaria cymbalaria*, часто растущей на каменных городских стенах, положительно гелиотропичны до оплодотворения. После же оплодотворения они делают отрицательно гелиотропичны, убегают от света и благодаря этому проникают в трещины в стенах и скалах, где и оставляют семена, предохраняя их таким путем от осыпания. Стебли садовой настурции (*Tropaeolum majus*), выращенные на южном окне, склоняются все к окну, но летом, когда продолжительность и интенсивность света делают очень значительными, они растут от окна внутрь комнаты. В этом случае интенсивность света определяет знак гелиотропизма. Ольтманнс² показал, что

¹ Hagem O., Ueber die resultierende phototropische Lage bei zweiseitiger Beleuchtung. Bergens Museums Aarbok 1911, Nr 3.

² Oltmanns E. Ueber positiven und negativen Heliotropismus. Flora 1897, p. 1.

или и тот же орган может быть то положительным, то отрицательным, наконец, индифферентным, смотря по интенсивности падающего света. Спорангиеносцы гриба *Phycomyces* особенно подходящи для таких опытов. Культуры его перед дуговой лампой в 5.300 Гепферовских свечей на расстоянии 50—60 см индифферентны, на расстоянии 20—25 см — отрицательны, а на расстоянии 65—80 см — положительно гелиотропичны. Подобным же образом ведут себя проростки прессы и ячменя, с тем только отличием, что нужна более значительная интенсивность света, чтобы у них проявился отрицательный гелиотропизм или чтобы они обнаружили индифферентное отношение и, в действительности, Ольтманнсу не удалось получить отрицательный гелиотропизм у этих растений. Воспользовавшись возможностью предварительным освещением вызвать у проростков определенное „настроение“, Принсгейм¹ и Кларк² обнаружили отрицательный гелиотропизм у проростков при относительно незначительных интенсивностях света.

Хотя мы ничего определенного не знаем о процессах, идущих в плазме гелиотропически изгибающихся органов, все же польза гелиотропических явлений вполне ясна. При большом значении света для растения положительные стороны гелиотропизма очевидны. Растение должно прежде всего стремиться расположить свои листовые пластинки в возможно более благоприятном положении к отношению освещения и ассимиляции углекислоты, и это прекрасно достигается с помощью гелиотропизма.

Положение многих листьев, напр. листочков сложного листа белой акации (*Robinia pseudacacia*) меняется в течение дня в зависимости от силы света. Если небо облачно и дает только рассеянный свет, то листочки сложного листа расположены горизонтально, но если падает прямой полуденный свет, то они уклоняются от него, для чего приподнимаются и сближаются верхними сторонами. Таким путем они наилучшим образом могут приспособляться к интенсивности падающего на них света. Изменение положения совершается у основания листьев и листочков, у белой акации и других бобовых в сочленениях в результате изменения тургора. Большинство других растений лишено таких сочленений и их листья могут принимать благоприятное к свету положение только в период своего роста. Достигнув такого положения, но окончании своего роста, они сохраняют его.

Визнер назвал это окончательное положение листьев по отношению к свету постоянным световым положением и показал, что оно определяется не прямым, но самым сильным рассеянным светом. Очень хорошо можно наблюдать это постоянное световое положение на ползущих по стене облиственных побегах плюща и у различных видов *Ficus* и особенно ясно в буковом лесу. Если сверху падает внутрь леса очень сильный рассеянный свет, то все листья любой ветви, несмотря на то, что они прикреплены к оси побега по винтовой линии, становятся в совершенно точное горизонтальное положение, так что капли дождя не скатываются, а остаются на них.

¹ Pringsheim E. Beitr. z. Biol. d. Pflanz. IX Bd. (1902) und (1903). X. Bd. (1910)

² Clark O. L. Zeitschr. f. Bot. 1913, V Jg., S. 737.

Очень большое значение имеет тот факт, что у молодых проростков некоторых злаков гелиотропически чувствительна не вся растущая зона, а только верхушка проростка. Сюда относятся *Setaria viridis*, просо (*Panicum miliaceum*) и другие. У них только кончик перышка способен к восприятию раздражения, а изгиб совершается в нижележащей части.

Если освещать только кончик перышка, то гелиотропический изгиб происходит ниже в затемненной части. Если же освещать, напротив, не кончик, а остальную часть, то гелиотропического изгиба не получается. Следовательно, в кончике перышка мы имеем особый орган для восприятия светового раздражения, и мы должны принять, что от него гелиотропическое раздражение передается вниз и только там вызывает искривление. Первые опыты в этом направлении были проведены Ч. Дарвином. В новейшее время произведены не менее интересные опыты Бойсен—Иенсеном¹ и Паалем.² Они доказывают, что передача раз-



Рис. 60. Проростки овса, несколько увеличенные: а — контрольный, б — обезглавленный, с — проросток, у которого отрезанный кончик вновь приклеен желатиной. У д и с только насаженные кончики были освещены, остальные же части оставались в темноте. Световое раздражение передавалось из верхушки через желатину в затемненную часть проростка, которая гелиотропически изогнулась вверх.

дражения от кончика вниз может происходить также через поверхности среза, которым можно отделить место раздражения от места изгиба. Если поперечным сечением срезать кончик перышка у овса и затем точно в первоначальном положении обратно приклеить отрезанный кусок 10% желатином, а затем односторонне осветить этот насаженный кончик, то через несколько часов затемненная часть изгибается к свету (рис. 60).

Таким образом, для гелиотропической передачи раздражения нарушение связи клеток не является препятствием, и эта передача может происходить через слой поврежденных клеток и желатину. Отсюда делается вероятным, что и у неповрежденного растения проведение раздражения совершается путем диффузии растворимых в воде веществ.

Эти опыты, несомненно, представляют отправной пункт для новых работ по передаче раздражения и дают надежду, что наши представления о процессах раздражения будут углублены. Уже и сейчас Штарк³ интересно расширил их в область передачи раздражений путем прикосновений и поранений и этим подтвердил данные, полученные им при изучении гелиотропизма.

СВЕТОЛЮБИЕ РАСТЕНИЙ. Хотя зависимость между светом и отдельными жизненными процессами изучалась издавна и очень

¹ Boysen—Jensen, La transmission de l'irritation phototropique dans l'Avena. Acad. royale de Danemark. Bul. 1911 и Über die Leitung des prototropischen Reizes I. d. Avena Koeleptile. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 31, S. 599.

² Paal A. Ueber phototropische Reizleitung. Jahrb. f. wiss. Botan. Bd. 58, 1918. s. 406.

³ Stark, P. Studien über traumatope und haptotrope Reizleitungsvorgänge usw., Jahrb. f. wissensch. Botanik, 60 Bd., 1921, p. 67.

усердно и достигнутые успехи нужно признать значительными, все же один вопрос долгое время мало привлекал к себе внимание — это вопрос об отношении растения как целого к освещению и природным условиям.

Каждый, кто внимательно рассматривает растительный мир, видит, что потребность различных растений в свете весьма различна. Говорят о световых и теневых растениях. Подсолнечник и *Sempervivum tectorum* развиваются лучше всего в местах, где царит полный солнечный свет. Кислица (*Oxalis acetosella*), многочисленные мхи и папоротники, напротив, предпочитают лесную тень. Стоит только обменять местообитания у этих двух групп растений, чтобы видеть, как они начинают вянуть жалкое существование или совершенно погибают. Между этими двумя крайними группами существуют многочисленные переходы с весьма различной потребностью в свете. Для обозначения отношения растения к свету долго удовлетворялись выражениями: растение световое, полусветовое, теневое, очень теневое, растение северного или южного окна, или указывалось, что данное растение встречается в лесу, на опушке леса или под кустарниками. Такие обозначения носили, однако, только временный характер, подобно тому, как для характеристики температуры употреблялись в свое время такие выражения: тепло, прохладно или холодно, вместо того чтобы дать температуру в градусах.

Визнеру принадлежит большая заслуга в том, что он в своих многолетних опытах, произведенных в различных удаленных друг от друга частях земного шара изучил потребность в свете растения как целого и разработал простой метод, с помощью которого можно легко и быстро в любом месте измерить интенсивность света. ¹ Визнер количественно определяет отношение интенсивности света, получаемого растением, к полному дневному свету, и это отношение называет „светолюбием растения“ (L). Если обозначить интенсивность падающего на растение (или на какой-либо его орган) света буквой i , а интенсивность дневного света буквой I , то отношение $\frac{i}{I}$ даст выражение для светолюбия расте-

ния (L). Если принять в этой дроби $i = I$, то получим $\frac{1}{I}$, т. е. относительное световое довольствие. Если выразить силу света в соответствующих единицах, то получим абсолютное светолюбие. Предложенный Бунзенем и Роско способ измерения интенсивности света состоит в том, что выставляют на свет определенным образом изготовленную фотографическую бумагу (нормальная бумага), и получающийся в течение известного времени тон ее сравнивается с определенной постоянной цветной окраской (нормальный тон). При этом принимается правило: одинаковые почернения нормальной бумаги соответствуют одинаковым произведениям из продолжительности освещения и химической интенсивности света. Иначе говоря: при одинаковом почернении нормальной бумаги сравниваемые интенсивности света относятся друг к другу обратно временам, затраченным на это почернение. ²

¹ Wiesner J. Der Lichtgenuss des Pflanzen. Leipzig 1907.

² Wiesner J. l. c. S. 11.

Интенсивность света, которая вызывает в течении одной секунды почернение нормальной бумаги, одинаковое с нормальным тоном, принимается за единицу химической интенсивности света и обозначается коротко, как бунзеновская единица. В Вене, в полдень, при совершенно безоблачном небе в первых числах мая интенсивность полного дневного света равна единице.

Способ Бунзена и Роско оказался, вследствие своей кропотливости, мало пригодным в работах по световому климату и по физиологии растений, но Визнер упростил его настолько, что теперь в любом месте с большой легкостью можно произвести определение света. Для этого нужны: нормальная бумага (p), нормальный тон (n), ручной инсолятор, устройство которого дано на рис. 61, и секундомер.

Ручной инсолятор состоит из деревянной обернутой черной бумагой досочки, в ней наверху имеется щель ss , в которую про-

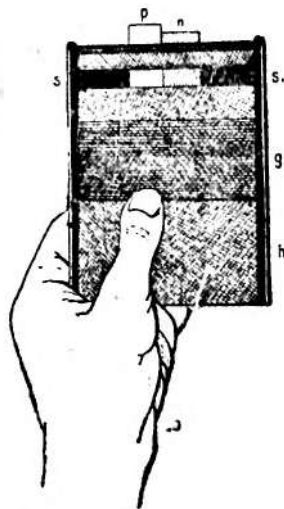


Рис. 61. Визнеровский ручной инсолятор: деревянная досочка h , щель ss , желтая подвижная стеклянная пластинка g , нормальный тон, нормальная бумага p . Уменьшено. (Оригинал)

ходит бумага p и n , кроме того, имеется подвижная желтая стеклянная пластинка g , которая может закрывать бумагу перед измерением света и защищать ее от химического действия света.

Измерение интенсивности света по Визнеру производят следующим образом: „в инсолятор вставляется полоска бумаги нормального тона и рядом с ней, с необходимыми предосторожностями, полоска нормальной бумаги, которая остается покрытой желтой стеклянной пластинкой до начала епределения. Инсолятор устанавливают в нужном положении, напр., при определении полного дневного света—горизонтально, пускают секундомер и дают свету действовать столько времени, чтобы на нормальной бумаге появилась окраска нормального тона, в этот момент останавливают секундомер. По времени, протекающему от начала определения до его конца выводится интенсивность; она будет равна дроби, у которой в числителе будет стоять единица, а в знаменателе число секунд, потребовавшихся для по-

темнения бумаги. Если, напр., прошло 8 секунд до появления нормальной окраски, то интенсивность $J = \frac{1}{8} = 0,125$ бунзеновской единицы“. После определения желтая стеклянная пластинка снова надвигается на бумагу. При интенсивностях света, которые больше чем 1, определения с помощью нормальной бумаги будут неточными, так как в этих случаях почернение происходит уже в течение доли секунды, а такой короткий промежуток времени трудно измерить. Чтобы избежать этих трудностей, Визнер пользуется шкалой более темных окрасок. Если нормальная бумага при интенсивности света, равной единице, будет освещаться, напр., n секунд, то из полученной окраски можно найти силу света, разделив n на время, необходимое для получения этой окраски. Таким

путем получения шкала оттенков зарисовывается красками. Дальнейших подробностей можно не приводить, так как каждый, кто намеревается измерять свет, должен ознакомиться с упомянутой книгой Визнера.¹

Нужно сказать, что описанный метод измерения света дает только так называемую химическую интенсивность света, которая обуславливается сильно преломляемыми лучами (голубые, фиолетовые, ультрафиолетовые), т. е. так называемыми химическими лучами и ничего не говорит относительно интенсивности слабо преломляемых лучей. В этом, без сомнения, лежит недостаток метода, однако, знание даже только одной химической интенсивности представляет собой большую ценность: во-первых, потому что многие жизненные процессы растения (рост, гелиотропизм и др.) зависят именно от этих измеряемых лучей и, во-вторых, получаемые определения пригодны для суждения о полной силе света, нужной для нахождения относительных величин, т. е. светолюбия. Хотя метод этот далек от идеала, однако при всех своих недостатках он дает много полезного, и обойтись без него нельзя ни в ботанической географии ни в физиологии растений.

Гехт² пытался усовершенствовать приемы измерения света, применяя нейтральный, изготовленный из туши и глицеринжелатина, постепенно передвигаемый, серый клин. Клин служит средой, поглощающей свет, а под ним лежит нормальная, снабженная шкалой, бумага, которая, смотря по продолжительности и интенсивности освещения, темнеет в различной степени. Этот способ измерения имеет большое преимущество, так как при этом интенсивность света измеряется не с большими промежутками времени, а непрерывно.

Визнер определил светолюбие у большого числа низших и высших растений. Следующая, взятая из его книги,³ таблица дает ясное представление о различной требовательности растений к свету. У всех приведенных древесных растений максимум интенсивности света равен единице. Поэтому ради простоты в таблице даны только минимумы света. Все данные относятся к нормально облиственным деревьям:

Светолюбие некоторых средневропейских деревьев и кустарников (по наблюдениям в Вене и ее окрестностях).

(Миним. инт. света)

<i>Buxus sempervirens</i>	$\frac{1}{108}$? ⁴ отдельно стоящий садовый кустарник .
<i>Fagus sylvatica</i>	$\frac{1}{85}$? отдельно стоящее дерево (садовая форма)

¹ Ручной инсолятор Визнера вместе с нормальным тоном, нормальной бумагой и шкалой окрасок и краткой инструкцией относительно способа пользования им можно было раньше приобрести через фирму R. Lechner, Specialwerkstatt für wissenschaftliche Instrumente, Wien I, Graben 30—31. Хорошую сводку методов для определения химической интенсивности света для биологических целей можно найти у Vouk, v, в Abderhaldens Handb. d. biochem. Arbeitsmethoden. S. 180.

² Hecht W., Das Graukilphotometer im Dienste der Pflanzenkultur, Eine neue Methode zur kontinuierlichen Messung der Lichtintensität. Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien mathem. naturw. Kl. Abt. IIa. 127 Bd., 1918 s. 2283.

³ Wiesner J. l. c. S. 153.

⁴ Ниже $\frac{1}{80}$ определения светолюбия не надежны.

<i>Aesculus hippocastanum</i>	$\frac{1}{83}$	отдельно стоящее дерево (садовая форма)
<i>Fagus sylvatica</i>	$\frac{1}{60}$	сомкнутое стояние
<i>Aesculus hippocastanum</i>	$\frac{1}{57}$	сомкнутое стояние
<i>Carpinus betulus</i>	$\frac{1}{56}$	сомкнутое стояние
<i>Acer platanoides</i>	$\frac{1}{55}$	сомкнутое стояние
<i>Acer campestre</i>	$\frac{1}{43}$	свободно стоящее дерево
<i>Acer negundo</i>	$\frac{1}{28}$	сомкнутая группа деревьев
<i>Quercus pedunculata</i>	$\frac{1}{26}$	сомкнутая группа деревьев
<i>Allanthus glandulosa</i>	$\frac{1}{22}$	свободно стоящее дерево
<i>Thuja occidentalis</i>	$\frac{1}{20}$	свободно стоящее дерево
<i>Populus alba</i>	$\frac{1}{15}$	свободно стоящее дерево
<i>P. nigra</i>	$\frac{1}{11}$	свободно стоящее дерево
<i>Pinus laricio</i>	$\frac{1}{11}$	небольшое, не густое насаждение
<i>Betula verrucosa</i>	$\frac{1}{9}$	роскошно развитое садовое дерево
<i>Liriodendron tulipifera</i>	$\frac{1}{4} - \frac{1}{8}$	отдельно стоящее садовое дерево
<i>Salisburya adiantifolia</i>	$\frac{1}{7}$	свободно стоящее дерево
<i>Populus monilifera</i>	$\frac{1}{6}$	группа деревьев
<i>Fraxinus excelsior</i>	$\frac{1}{6} - \frac{1}{8}$	группа деревьев, подобная <i>Pinus laricio</i>
<i>Larix decidua</i>	$\frac{1}{2}$	свободно стоящее дерево.

Из таблицы без особых разъяснений видно, что минимум света для различных деревьев весьма различен и что, напр., *Vixus*, *Fagus* и *Aesculus* могут обходиться с еще меньшим количеством света, чем *Salisburia*, *Fraxinus* или *Larix*.

ИЗМЕРЕНИЕ СВЕТА И КУЛЬТУРА РАСТЕНИЙ. Измерение света может также помочь культуре растений и дать ценные указания. Исследования Цисляра, Вейнцирля, Штеблера, Фолькарта, Юарта, Линсбауера и Стракоша, на которые указывается в книге Визнера,¹ дают этому прекрасные доказательства. При посадке древесных и травянистых растений на какое-либо место, знание их светолюбия может быть весьма полезным. Опытный садовник может иметь в этом отношении чутье, но все-же надежнее руководствоваться установленными цифровыми данными.

ОСВЕЩЕНИЕ В ОРАНЖЕРЕЯХ. Очень важно иметь правильное представление об условиях освещения в оранжереях. Как мало прежде обращалось внимания на количество света в оранжереях, видно из того, как крайне непрактично с этой точки зрения строили оранжереи до 70-х годов прошлого столетия. В прежнее время оранжерея большей частью имела непрозрачную заднюю

¹ Wiesner I. c. S. 275.

стену, к которой довольно круто подходила передняя стеклянная сторона. Свет падал, главным образом, только спереди, но и этот свет значительно задерживался во вред растениям чересчур широкими деревянными переплетами. Такие оранжереи могли служить для перезимовывания новозеландских растений, померанцевых, японских и других растений холодных оранжерей, которые зимой не растут и требуют в это время мало света, но для примул, фиалок, роз, тепличных огурцов, коротко говоря, вообще для растущих растений, которые должны даже в темные месяцы давать цветы, такие оранжереи оказываются просто негодными.

С течением времени садоводы научились понимать, что для выгонки цветов для резки нужно возможно больше света, и с того времени, в оранжерейном строительстве произошли большие перемены, которые еще и продолжаются в течение последних 50 лет. В современных оранжереях свет падает сверху и с обеих сторон; двускатная крыша делается почти вся из стекла, а остов большей частью не из деревянных, а из железных узких полос, дающих мало тени. Таким образом, за исключением низкого каменного фундамента вся оранжерея состоит целиком из стекла. Все направлено в сторону получения максимального количества света.

В таких оранжереях летом в солнечные дни, конечно, слишком много света и тепла, и в это время в них требуется соответствующее притенение, но с октября до марта света и в них может оказаться недостаточно, и многие садовники даже при ordinarilyм остеклении оранжерей не покрывают ее на ночь досками или соломенными матами, предпочитая больше топить, но не лишать растения утреннего и вечернего света. Только прибегая к такому приему, стало возможным зимой доводить до цветения многие растения и удачно производить раннюю выгонку, что в оранжереях старого типа не всегда было возможным.

Относительно условий освещения в оранжерее можно составить себе представление по исследованиям Стона,¹ который делал определения интенсивности света с помощью стеклянных трубочек, наполненных определенными светочувствительными жидкостями (к сожалению, ближе не описанными). Степень выцветания краски соответствовала интенсивности света. Из этой работы вытекает следующее:

Сравнительное изучение утреннего освещения от 9 до 12 час. и послеполуденного от 12 до 3 в течение целого года показало, что утреннее освещение в среднем на 10,7% сильнее, чем послеполуденное. В оранжереях, расположенных с севера на юг, на восточной стороне урожай был на 15—30% выше, чем на западной стороне. В одной оранжерее у огурцов различия оказались еще больше. Отсюда следует, что расположение оранжерей сильно влияет на условия освещения и на развитие в ней растений. Стон рекомендует оранжереи, расположенные в общем с востока на запад и повернутые на 15—20° к северо-востоку. При таком

¹ Stone E. G. The relation of light to greenhouse culture. Massachusetts agricultural experiment station. July 1913, Bullet. 144 — Vgl. auch Neu-Anlegung von Glashäusern aller Art. Weimar 1875. Vgl. auch Hecht W., l. c.

расположении растений получают в оранжерее больше всего света и кроме того уменьшается опасность распространения грибных заболеваний в результате опрыскивания.

Важен и выбор стекла, так как лучшие сорта пропускают больше света, чем плохие: различия составляют 15—30%. Со временем прозрачность стекла уменьшается, не только вследствие отложения на нем пыли и грязи, но также и в результате химических изменений в нем самом.

Большую роль играет также угол, образуемый поверхностью стекла и направлением падающих лучей. Наибольшее количество света проходит в оранжерею при перпендикулярном падении света на стеклянную поверхность. Как пример, можно привести случай, когда стекла, наклоненные к горизонту в различной степени, пропускали горизонтально падающий свет в следующем количестве:

При угле	Количество прошедшего света
90°	100%
60°	95%
30°	84%
10°	71%

При сравнении двух расположенных с востока на запад оранжерей, из которых у одной крыша составляла с горизонталью угол в 32°, а у другой в 46°, оказалось, что разница в количестве проходящего света в феврале равняется 18%; причем при большем угле прохождение света сильнее.

В тесной связи с количеством проникающего в оранжерею света стоит ее нагревание. Солнечный свет проходит через стекло очень легко и затем поглощается в оранжерее различными, обычно темными предметами (почва, каркас) и при этом превращается в тепло. Это тепло удерживается в оранжерее, так как для тепловых лучей стекло малопроницаемо.

Холодная оранжерея и холодный парник поэтому нагреваются на солнце.

В настоящее время при крупном производстве стремятся вместо многочисленных маленьких оранжерей строить небольшое число, но более обширных и здесь возникает вопрос: не будут ли растения в широких оранжереях находиться далеко от стекла и не будут ли они получать вследствие этого слишком мало света. По распространенному мнению, растения тем меньше получают света, чем дальше они стоят от стекла.

По данным Стона это не так, напротив, он утверждает, что свет в оранжерее на расстоянии 1,5 м так же интенсивен, как и на расстоянии 5,5 м. Однако, это может иметь место лишь в оранжереях, которые со всех сторон снабжаются полным светом. В оранжереях же с односторонним освещением, когда растения получают свет только спереди, количество света, подобно тому, как и в комнате, нужно думать, должно уменьшаться с удалением от стекла. Поэтому нельзя не признать разумным ставить в подобных оранжереях очень требовательные к свету растения ближе к стеклу.

Очень много обсуждался вопрос: должна ли оранжерея иметь ординарное или двойное остекление. За двойное остекление говорит лучшая защита оранжерей от потери тепла, против: более высокая стоимость, вредное скопление пыли, сажи и подорожеств, которые бывает трудно удалять, и сильное поглощение света двойным слоем стекла. Последние два недостатка отпадают при ординарном остеклении. То, что листья при ординарном остеклении образуют на свету больше крахмала, чем при двойном, можно обнаружить одной пробой Сакса. Это особенно важно для растущих, цветущих и плодоносящих растений. Поэтому практики склоняются теперь больше к одинарному остеклению.

Гидротропизм

Влажная почва настолько важна для корня, что не следует удивляться, что корни обладают способностью устремляться к влаге. Опыты Лефебура, Найта, Джонсона, Сакса и др. обнаружили и доказали, что если вертикально висящий корень имеет с одной стороны влажный воздух, а с другой — сухой, то он изгибается в сторону влажного воздуха.¹ Это явление, названное гидротропизмом, можно продемонстрировать различным образом. По Джонсону и Саксу это можно сделать с помощью косо повешенного (от 30 до 45°), наполненного опилками сита. Если засеять сито семенами и, хорошо полив, повесить его в относительно сухом помещении, то корешки, после того как они прорастут через сито, прижимаются к влажным опилкам; если же вести опыт в помещении с влажным воздухом, то они не обнаруживают никакого отклонения от нормального роста и растут вертикально вниз.

По предложению автора, гидротропизм можно очень наглядно продемонстрировать следующим образом. Он пользуется толстой глиняной воронкой, примерно, от 13 до 19 см длины и 14—15 см ширины. Верхний край ее поднимается, приблизительно, на 1 см вертикально вверх и снабжен многочисленными отверстиями, направленными в стороны. Этот край образует своего рода кольцевой вал и позволяет, с одной стороны, проходить корням через отверстия, а с другой, удерживает опилки от осыпания. Воронка сперва помещается в воду для того, чтобы она хорошо напиталась водой, а затем опускается своей трубкой в высокий стакан, до верха наполненный водой. Полезно воронку вместе с трубкой снаружи обернуть фильтровальной бумагой, чтобы усилить поднятие воды и еще лучше поддерживать эту поверхность влажной. Затем берут пророски с корешками от 1 до 3 см длиной и так раскладывают их на верхней поверхности воронки, чтобы только кончики корней выступали из отверстий наружу. После этого проростки (опыт очень хорошо удается с кукурузой) покрываются влажными опилками толщиной 1—2 см и все ставится в темный ящик при температуре около 20°. Помещение для опыта не должно быть ни слишком сухое, ни слишком влажное; весьма подходяща влаж-

¹ Molisch H. Untersuchungen über den Hydrotropismus. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. 1883, I Abt., 88 Bd, s. 897.

ность воздуха 72%. Через некоторое время корешки прорастают через отверстие и вначале изгибаются геотропически вниз, а затем резким изгибом направляются к влажной воронке и растут дальше, тесно прижимаясь к влажной поверхности (рис. 62а). Спустя несколько дней появляются боковые корни первого и высших порядков, которые, на какой бы стороне корня они ни образовались, также направляются к влажной поверхности воронки.

Если тот же опыт провести под стеклянным колпаком, поставленным краями в тонкий слой воды, т. е. в пространстве, насыщенном парами, то картина роста корешков получится, по существу, совершенно другая: корешки не направляются к мокрой воронке, а растут просто вертикально вниз (рис. 62б). Можно

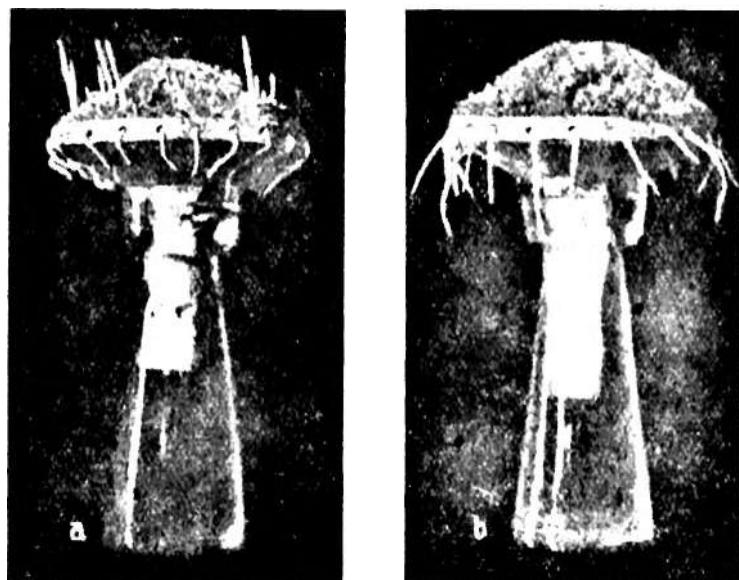


Рис. 62. Гидротропизм корней: а) Корни в умеренно влажном пространстве растут в направлении влажной поверхности воронки. б) Корни в насыщенном водяными парами пространстве растут вниз. См. текст. (Оригинал)

влияние различий во влажности и равномерной влажности воздуха на растущий корень показать даже на одной и той же воронке, для чего сперва корням позволяют сделаться гидротропичными, а затем все покрываются стеклянным колпаком. С этого момента корни покидают влажную поверхность и растут вертикально вниз. Ризоиды у печеночных мхов и у заростка папоротника ведут себя так же, как корни, и являются, следовательно, положительно гидротропичными. Существуют также части растений, обладающие отрицательным гидротропизмом, т. е. такие, которые под влиянием различия во влажности изгибаются от влажной стороны; таковы, напр., плодоносцы плесневых грибов (*Mucor*, *Phycomyces*) и *Coprinus*.

Гидротропизм есть явление роста; и как ни удивительно, но у корня против всякого ожидания та сторона, которая обращена

к сухому воздуху, растет сильнее, чем обращенная к влажному. Польза от такого положения дела самоочевидна, но механизм его остается совершенно загадочным.

В оранжереях легко можно наблюдать гидротропизм у корней, выходящих из земли в цветочном горшке, или на воздушных корнях орхидей. Под влиянием разности во влажности, корни тесно прижимаются к влажной почве или к поверхности горшка и, вопреки нормальному направлению роста, ползут в направлении большей влажности.

Гидротропические изгибы имеют для растения очень большое значение, так как они приводят корни во влажную почву, т. е. туда, куда и требуется. Если семя прорастает на земле на свету, то на его корень действуют одновременно и в одинаковом направлении: положительный геотропизм, отрицательный гелиотропизм и положительный гидротропизм и приводят корень во влажную почву — прекрасный пример тому, как целесообразна способность к движению у корней.

Аэротропизм

В заключение нужно еще заметить, что корни могут также давать определенные изгибы под влиянием других газов и паров, чем водяные пары. Эти изгибы автор называет аэротропическими.¹ Корни реагируют на кислород, углекислоту, хлор, соляную кислоту, светильный газ, аммиак, хлороформ, эфир и др. В зависимости от количества односторонне действующего газа корень изгибается или по направлению к источнику газа, или от него. Вредных газов, действующих в слабой концентрации, корни обычно избегают. Относительно очень полезного и необходимого для корня кислорода дело обстоит несколько сложнее, но в общем можно сказать, что корни избегают мест, бедных кислородом. Пыльцевые трубки² уклоняются от таких концентраций кислорода, какие, напр., имеются в атмосферном воздухе и в результате этого врастают в рыльце столбика.

Стремление корня найти места, богатые кислородом и уходить от мест бедных последним, должно предотвращать от слишком глубокого проникновения корней в почву и заставлять их расти к местам с доста-

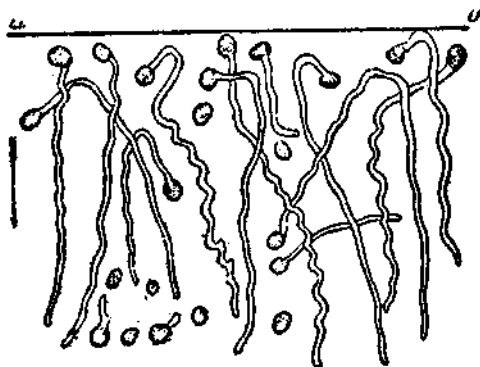


Рис. 63. Отрицательный аэротропизм пыльцевых трубок *Narcissus tacetta*. Трубки растут под покровным стеклом в 7% растворе сахара и направляются от краев покровного стекла (а б), т. е. от атмосферного воздуха. (Оригинал)

¹ Molisch H. Ueber die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aerotropismus). Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. I Abt. 1894, XC Bd., s. III.

² Molisch H. Zur Physiologie des Pollens usw. Ebenda 1893, Bd. CII, s. 423.

точным содержанием кислорода. При посеве большинства возделываемых растений семена заделываются не более как на известную глубину, так как иначе, вследствие недостатка в кислороде, прорастание их прекращается, из чего видно, что с глубиной содержание кислорода в почве уменьшается.

Вьющиеся растения

Есть растения, которые не в состоянии сами себя поддерживать в вертикальном положении; их стебель не имеет достаточной прочности. Однако, они обладают способностью при помощи своегообразного движения вокруг опоры принимать вертикальное по-

ложение и таким путем ставить листья в благоприятное положение к свету. Они обвивают опору по винтовой линии.

Рис. 64 показывает, как стебель вьющегося растения, *Ipomoea*, обхватывает опору. Направление, в котором растение обвивает опору, не всегда одинаково. Большинство растений обвивает направо, т. е. верхушка побега, если рассматривать сверху, вращается в направлении обратной часовой стрелке (фасоль, *Ipomoea* и др.), немногие растения вьются влево, следовательно, по часовой стрелке (хмель, жимолость) и, как исключение, случается также, что стебель вьется направо или налево (*Bowiaea volubilis*, *Loasa lateritia*).

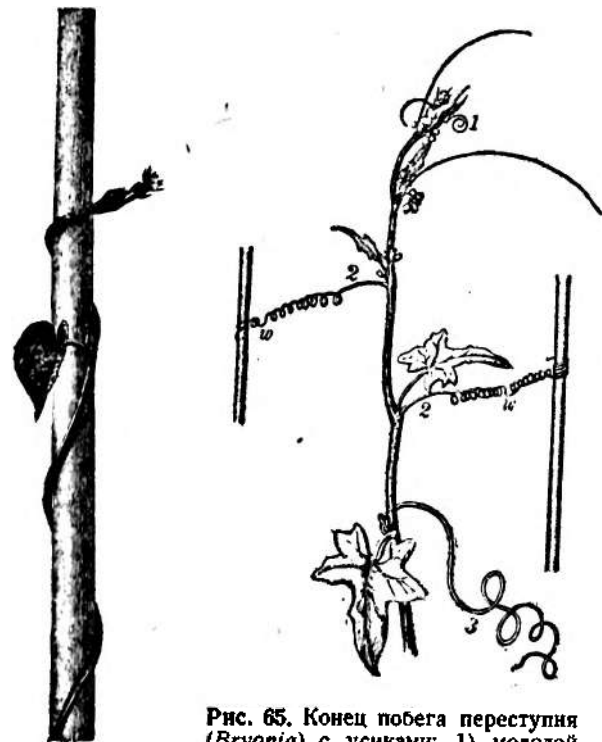


Рис. 64. Вьющийся влево побег вьюнка (*Ipomoea purpurea*).

Рис. 65. Конец побега переступия (*Bryonia*) с усиками: 1) молодой усик, еще не способный к раздражению, 2) усик, чувствительный к раздражению, обхватывает опору, 3) старый, свернувшийся усик.

Направление завитков для каждого растения также характерно, как форма их листьев или цветов.

Механизм обвивания, несмотря на многочисленные исследования, до настоящего времени вполне удовлетворительно не разрешен. Господствующий взгляд, примерно, таков. Обвивание складывается из двух движений: из вращательного движения, вызываемого внутренними причинами — круговой нутацией — и отрицательного геотропизма.

Конец вьющегося побега не располагается отвесно, но отклоняется несколько в сторону и затем движется, обвиваясь по вин-

той линии вокруг опоры, так как внешняя, всегда сменяющаяся сторона, растет в длину быстрее, чем противоположная. Вначале, однако, побег располагается около опоры совершенно свободно, и если бы этому не сопутствовало еще другое движение, стебель был бы под угрозой соскользнуть вниз. Это предотвращается отрицательным геотропизмом, который вытягивает стебель прямо, делает завивы уже и тесно прижимает стебель к опоре.

Шероховатость стебля, его ребристость и волоски также затрудняют соскальзывание вниз.

Усики

Многие растения в течение своего исторического развития приобрели способность иным путем поддерживать свой слабый стебель в вертикальном положении и выгодно располагать себя по отношению к солнцу. Для этой цели им служат своеобразные захватывающие органы — усики; с помощью их стебель держится на опору (рис. 65).

В усики могут превращаться различные органы. У тропической (*Moriosa*) усик представляет видоизмененный кончик листа, у гороха и др. бобовых это пара верхних листочков перистого листа, а у индийской *Tropaeolum majus* и *Clematis* роль усика выполняет листочек черешок.

Движение усиков также состоит из двух движений: одного кругового (круговой нутации) и другого ростового движения, вызываемого соприкосновением усика с опорой. Описывая круг или эллипсис, кончик усика имеет больше шансов притти в соприкосновение с какой либо опорой. Когда это происходит, то сторона усика, не получившая раздражения от соприкосновения с опорой, начинает расти сильнее, усик изгибается около опоры, в результате изгиба все новые точки приходят в соприкосновение с опорой и получают раздражение. Таким путем значительная часть усика обвивается около опоры. От точек соприкосновения усика с опорой раздражение передается также и на остальную свободную часть усика, которая вследствие этого закручивается в виде спирали. По чисто механическим причинам получающаяся спираль имеет в одном или двух местах изменение направления завивов. Путем такого закручивания свободной части усика стебель притягивается к опоре и этим увеличивается прочность его прикрепления.

Для обхвата опоры нужно не только соприкосновение, но вместе с тем более или менее сильное давление опоры на усик, причем это давление должно быть у рядом лежащих точек не одинаково сильно, и в природных условиях это прекрасно осуществляется при трении усиков об опору.

Существуют исключительно чувствительные усики. У некоторых, напр. у *Passiflora*, достаточно для раздражения падения, принесенного ветром, волоска ваты, весом всего 0,00025 мг. На раздражение путем прикосновения деревянной палочки усик *Passiflora* реагирует уже спустя несколько минут, у *Cyclanthera* даже через 5—7 секунд. В этом случае движение можно заметить даже простым глазом, и оно похоже на движение большой стрелки карманных часов.

Интересно отметить, что усики, не нашедшие никакой опоры, свертываются кольцами, засыхают и отмирают. Обвившись же

около опоры они крепнут, делаются толще, прочнее и остнеются жилами.

Многие усики образуют на своих концах особые приклеивающиеся круглые пластинки (присоски), с помощью которых они могут плотно прижиматься к опоре. Эти присоски образуются у них путем разрастания ткани от раздражения при соприкосновении усика с опорой; образовавшиеся при этом клетки выделяют клейкое вещество, с помощью которого усики настолько срастаются с субстратом, что их затем нередко нельзя отделить от опоры без разрыва.

Особое поведение обнаруживают усики с присосками у *Quinaria tricuspidata*. Если очень молодую ветку, усики которой не приходили еще в соприкосновение с опорой, поставить нижним концом в воду и, покрыв стеклянным колпаком, держать ее на свету в атмосфере, насыщенном водяными парами, то спустя 1—2 недели присоски набухают, на их нижней поверхности клетки кожицы вырастают в многоклеточные нитевидные



Рис. 66. *Quinaria tricuspidata*. 1. Усик, который без прикосновения образовал в насыщенном водяными парами пространстве белоснежные присоски (h). 3-кратное увел. 2. Одна присоска (e) при увеличении в 33 раза.

волоски, образуя белоснежный войлок, как показано на рис. 66. Из этого примера видно, что для образования подушечки и волосков у многих *Ampelydeae* не необходимо соприкосновение с посторонним телом, у *Quinaria* достаточно уже одного влажного воздуха.¹

Еще недавно думали что раздражимость от прикосновения имеется только у усиков и еще в немногих других случаях, однако обширные исследования Штарка² показали, что она весьма распространена. Например, у многих этиолированных стеблей проростков (куколь, мак, подсолнечник, вика), у листовых побегов, цветов, листовых черешков ее можно обнаружить, поглаживая их с большей или меньшей силой палочкой из пробки или из дерева.

¹ Molisch H. Pflanzenbiologie in Japan usw Jena 1926, p. 169-170.

² Stark P. Untersuchungen über Kontaktreizbarkeit. Ber. d. deutschen botan. Gesellsch. 33 Bd. 1915, S. 389 und Bd. 35, S. 266.

4. Тургорные движения

Путем изменения тургора, т. е. того давления, которое оказывает протопласт на клеточную стенку, клетки могут удлиняться или укорачиваться, расширяться или сужаться, и растения могут в результате этого производить движения.

Эти тургорные движения наблюдаются обычно у листьев и различного рода органов, представляющих видоизмененный лист: у лепестков, у лопастей рыльца, у столбика.

У листочков мотыльковых и кисличных имеется у основания листового черешка вздутие, так называемое сочленение, при посредстве которого осуществляется движение листа. Если тургор падает на верхней стороне сочленения, то эта сторона укорачивается и лист поднимается; если тургор падает на нижней стороне, то лист опускается.

Точно так же, как и в случае ростовых движений, тургорные движения можно подразделить на самопроизвольные (спонтанные), т. е. такие, которые воз-

никают от внутренних, или неизвестных причин и индуцированные (паратонические), т. е. такие, которые вызываются внешними причинами.

Спонтанные тургорные движения показывает растение телеграф (*Hedysarum gyrans*). Оно представляет кустик около 1 метра высотой, который растет в диком состоянии в Индии. Его перистые листья состоят из одного относительно большого конечного ли-

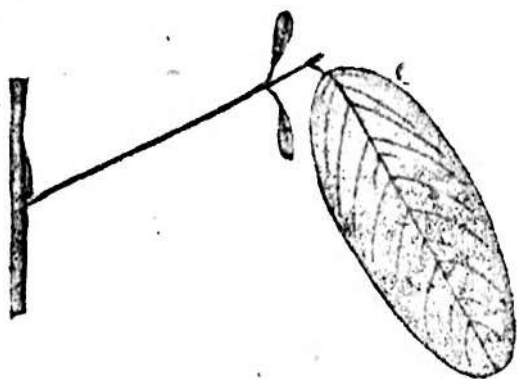


Рис. 67. Лист растения телеграф (*Hedysarum gyrans*); натур. величина. (Оригинал)

сточка и двух малых боковых листочков (рис. 67). Эти листочки движутся от внутренних причин днем и ночью толчками, описывая своими кончиками круг или эллипсис, и притом настолько быстро, что движение можно проследить простым глазом.

Тропический вид кислицы: *Oxalis sepium*¹ показывает удивительную особенность: отдельные листочки без заметного повода в течение 1—2 секунд опускаются на $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ см вниз, а затем медленно снова поднимаются. Опускание обусловливается внезапным уменьшением тургора на нижней стороне сочленения.

ПАРАТОНИЧЕСКИЕ ТУРГОРНЫЕ ДВИЖЕНИЯ. Листья многих бобовых и кислицы имеют в ночные и дневные часы суток различное положение. Так, перистые листочки у белой акации (*Robinia pseudacacia*) днем на рассеянном свете расположены горизонтально, ночью, напротив, направлены вниз. Точно так же ведут

¹ Molisch H. Ueber eine auffall und rasche autonome Blattbewegung bei *Oxalis hedysaroides* H. B. K. Ber. d. deutsch. Ges. XXII (1904). Die von mir unter diesem Namen berechnete Pflanze ist nach Goebel *Oxalis sepium* Goebel K., Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen, Jena 1920, S. 436.

себя перистые листочки у дерева из сем. кисличных *Averrhoa carambola* (рис. 68).

Перистые листочки у *Coronilla varia* находятся днем в горизонтальном положении, а ночью торчат вверх.

Это дневное и ночное положение листьев есть результат изменения освещения в течение суток и обусловливается соответствующим изменением тургора в сочленении. Это движение называют никтинастическим, а также сном растений, хотя это явление со сном человека или животных ничего общего не имеет.

Если растения, показывающие движения сна, поставить на длительное время в темноту, то ритм периодического движения не прекращается тотчас же, но продолжается еще некоторое время. Растение продолжает и в темноте через двенадцатичасовые промежутки принимать в соответствующее время дневное и ночное положение, и только когда в результате длительного затемнения появляются болезненные проявления, тогда растение впадает в оцепенение и движение листочков прекращается.



Рис. 68. *Averrhoa carambola*. Слева дневное положение л. стьев, справа то же растение с ночным положением листьев. (Оригинал)

Теперь мы понимаем сделанное еще в 1873 году Шюбелером наблюдение, что на крайнем севере ко времени полунощного солнца, т. е. при длительном освещении исчезают периодические движения сна растений и появляются снова, когда наступает правильная смена дня и ночи.

Полезны ли для растений движения сна? Ч. Дарвин считал, что вертикальное положение защищает листочки ночью от слишком сильного охлаждения, так как в этом положении они действительно излучают меньше тепла. Но много „спящих“ растений имеется и в тропиках, где едва ли можно говорить о значительном охлаждении. Поэтому Шталь думает, что цель вертикального положения заключается в устранении образования росы.

В вертикальном положении листья охлаждаются слабее, меньше покрываются росой, больше транспирируют и поэтому поглощают также и ночью минеральные соли, что особенно важно при значительном росте. Гёбель,¹ однако, сомневается в этих объяснениях, так как они противоречат многим фактам.

¹ Goebel, K., Die Entfaltungsbewegungen usw., 1 c., S. 441 ff.

СПИСМОНАСТИЯ. Многие растения, под воздействием сотрясения или толчка, производят иногда поразительно быстрое движение. Если же относится уже раньше рассмотренное движение листьев *Мимозы* и стыдливой мимозы (*Mimosa pudica*). Мимоза — бразильское растение, но теперь широко распространенное в тропическом поясе, так как, после того что оно сделалось известным, оно привлекло к себе большое внимание. Это растение имеет пальчато-перистосложные листья. Черешки второго порядка несут густо сидящие перистые листочки. Как первичные и вторичные листовые черешки, так и перистые листочки имеют у основания сочленение, играющее большую роль при движении.

Если вызвать раздражение главного сочленения путем прикосновения кисточкой или деревянной палочкой к его нижней стороне, то главный черешок немедленно опускается. Возникшее раздражение передается дальше сочленениям вторичных черешков, после чего они сближаются, и, наконец, раздражение достигает сочленений перистых листочков, причем последние складываются попарно вверх и вперед так, что их верхние стороны соприкасаются. Такие же движения наблюдаются и при раздражении путем сотрясения всего растения (рис. 69). Особенно поразительное движение, проявляет мимоза пудика, если поджечь спичкой или надрезать ножницами кончик одного ее перистого листочка. В этом случае он тотчас же складывается с соседним листочком, за ними следуют ближайшие следующие пары листочков, наконец, раздражение передается главному сочленению, и лист опускается. При благоприятных условиях раздражение может передаваться еще на ближайший выше и ниже лежащий лист, а иногда даже на несколько листьев, которые тогда также опускаются.



Рис. 69. *Mimosa pudica*. Правый лист после раздражения.

Главное сочленение состоит из узкого, расположенного в середине, сосудистого пучка, окруженного толстым слоем паренхимных клеток, богатых клеточным соком, и покрытых снаружи кожей. Нижняя сторона главного сочленения весьма чувствительна, а верхняя почти совершенно лишена чувствительности. Если раз-

дражнется нижняя сторона, то она делается вялой, так как вода выходит из паренхимных клеток в межклетники. Инфильтрация этих заполненных обычно воздухом пространств можно узнать по изменению окраски сочленения; сочленение делается тогда темнее. В результате ослабления тургора нижняя сторона укорачивается и лист опускается.

Каким образом передается раздражение: через плазму от клетки к клетке, или через ситовидные трубки, или по древесине, или с помощью определенных химических веществ по сосудам, — все это составляет в настоящее время предмет оживленного обсуждения и споров, и мы еще очень далеки от исчерпывающего и правильного разрешения этого вопроса. Только одно можно теперь определенно сказать, что раневое раздражение у *Mimosa pudica* передается по сосудистым пучкам и вероятнее всего по древесине. — Относительно значения столь поразительных движений мимозы ничего определенного не известно. Различные предположения, высказанные по этому поводу как напр., что движения представляют защиту от града и продолжительного смачивания, а также приспособления для отпугивания пасущихся животных, — не выдерживают серьезной критики. Подобные же движения наблюдаются также и у других видов рода *Mimosa*, напр. *M. Sprengazzinii* и *M. sensitiva*, затем у *Neptunia oleracea*, *Desmanthus plenus*, *Robinia pseudacacia*, в семействе кисличных: *Oxalis sepium*, *Biophytum sensitivum* и *Averrhoa carambola*.

К относительно быстрым движениям можно причислить также движения тычинок у *Cynareae* (васильки), *Cactaceae*, *Cistaceae*, *Berberideae*, *Portulaccaceae*, *Sparmannia* и др.

Образование органов

Садоводы уже давно перестали смотреть на процессы формообразования как на нечто неизменное и стремятся, насколько возможно, изменять растения в определенном направлении. Культура формовых деревьев в садоводстве, прекрасные разработанные приемы обрезки деревьев, размножение черенками, прививка и окулировка — все это показывает, что садовники издавна воздействуют на формообразование. Многие из современных достижений физиологии и экспериментальной морфологии были значительно раньше известны практикам.

Возникновение и развитие органов под влиянием внешних сил было строго научным путем с успехом исследовано и развито главным образом Фехтингом, Гебелем,¹ Клебсом² и другими. Фехтингу первому принадлежит заслуга детального исследования образования органов в связи с запросами садоводства.³ Исследования эти были сделаны 40 лет тому назад, и наше последующее изложение частично основано на них. Хотя многое в этой области только начато, однако, уже и теперь имеются заметные

¹ Goebel K. Organographie der Pflanzen. Jena 1898, 2 Aufl. 1913. Derselbe. Einklebung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen.

² Klebs G. Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen. Jena 1903.

³ Vöchtling H. Ueber Organbildung im Pflanzenreich. I. Teil 1878. II Teil, 1884, Bonn.

и становится все яснее, что возможно до известной степени экспериментальными путем овладеть формообразованием. Садовники уже давно нас научили как с помощью определенного приема превратить боковой побег в главный или главный в боковой, как из формирующейся почки, по желанию, получить листовой или плодовой побег, как зачаток шипа превратить в листовой побег и, обратно,—листовой побег превратить в шип или, вообще говоря, как можно изменить природу почки. Клебс, справедливо замечая, исследование должно ставить себе целью путем выяснения условий овладеть всяким формообразованием. Это управление растительной жизнью, как я надеюсь, делается девизом трудящейся ботаники¹.

Как каждый физиологический процесс, образование органов обуславливается на двоякого рода причинах: на внутренних и внешних. Внутренние причины обуславливаются строением протоплазмы и являются недоступными для прямого наблюдения. Между внешними и внутренними причинами при постоянных внешних условиях существует определенное равновесие, которое можно изменить путем изменения внешних условий.

Нашей ближайшей задачей является выяснить факторы, которые оказывают влияние на образование органов и определить участие в этом процессе внутренних и внешних причин.

Полярность

В связи с различными запросами садоводства, необходимо выяснить влияние положения, света, силы тяжести, воды, поранения и других факторов на образование органов.

Если взять от однолетней ветки ивы (*Salix viminalis*) безлиственный черенок длиной 20—40 см и повесить его в нормальном положении, т. е. верхушкой вверх, а основанием вниз, в темном и насыщенном водяными парами помещении, то развиваются иблизи верхушки побеги, а у основания корни (рис. 70).

Самая верхняя почка развивается сильнее всего, следующие снизу с ослабевающей силой. Между этими почками и нижним концом, образующим корни, лежит индифферентная зона, где не образуется ни побегов, ни корней.

Первая мысль, которая приходит при обдумывании этого опыта, та, что сила тяжести (аналогично тому как при положительном и отрицательном геотропизме стебля и корня) действует на верхушку и основание черенка, что и обуславливает у верхнего полюса распускание почек, а у нижнего появление корней. Если бы эта мысль была правильна, тогда черенок, повешенный при тех же самых условиях, но в обратном положении, т. е. своим естественным верхним концом вниз, должен реагировать в отношении развития органов противоположным образом. В действительности же это происходит не так (рис. 71).

Хотя черенок висит в обратном положении, побеги развиваются попрежнему у естественной верхушки, а корни у естественного, теперь находящегося сверху, основания. Следовательно, сила тя-

¹ Klebs G. I. с. p. 23.

жести не может быть непосредственной причиной этого явления и так как никакой другой внешней силе мы не можем этого приписать, то мы должны признать, что здесь должна действовать внутренняя наследственная причина, Фехтинг назвал ее *полярностью*.

Если черенок ивы отделить от материнского побега с верхушечной почкой, то верхушка продолжает расти дальше, а у основания образуются корни; если же удалить верхушечную почку, то новые побеги развиваются из одной или нескольких боковых почек, находящихся у верхушки. В этих случаях черенок стано-

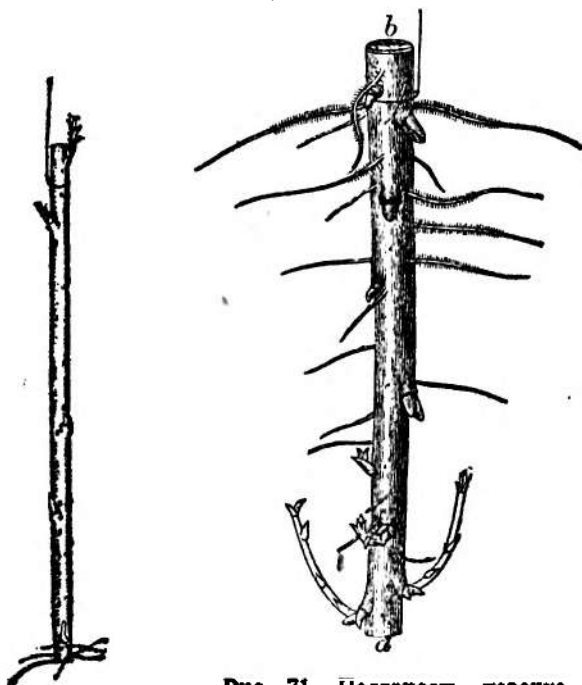


Рис. 70. Полярность черенка ивы. Он образует у верхушки побеги, а у основания корни. (По Фехтингу)

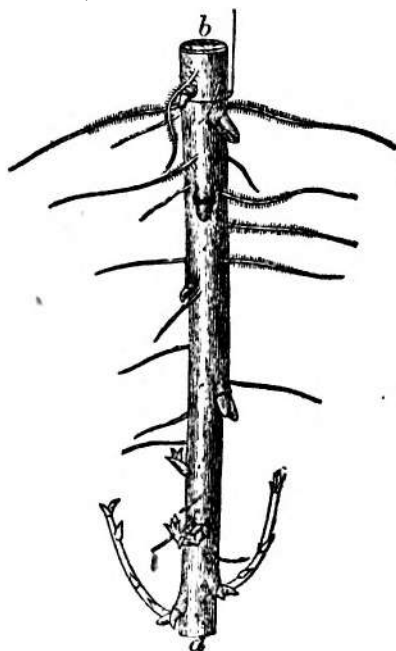


Рис. 71. Полярность черенка ивы, повешенного в обратном положении. Он образует, несмотря на обратное положение, у верхушки (внизу) побеги и у основания (вверху) корни. (По Фехтингу)



Рис. 72. Полярность у окольцованного черенка ивы. Путем кольцевания (г) ветка разделена на два индивидуума, у каждого из них можно различить верхушку и основание. (По Фехтингу)

вится, как говорит Фехтинг, „физиологическим индивидуумом“. Под этим нужно понимать такое растительное образование, которое или уже имеет необходимые для своего существования органы или может их уже произвести. Опыт, приводимый ниже, легко доказывает, что всякую ветку можно разложить на большое число индивидуумов, причем каждый из них будет обнаруживать явление полярности.

Если черенок ивы длиной около 40 см окольцевать по середине, т. е. сделать по окружности два надреза, идущих до древесины, и удаленных друг от друга на 5—6 мм (рис. 72), а затем снять между этими надрезами кору так, чтобы древесина была в этом месте обнажена, то после продолжительного пребывания в сыром

темном помещении над окольцованным местом, обычно у верхнего края раны, возникает небольшой кольцеобразный наплыв, и непосредственно над ним появляются корни. Под окольцеванным местом развиваются почки.

Таким образом, путем кольцевания черенок разделяется на два индивидуума, связанных между собой древесиной и сердцевинной; у каждого из этих индивидуумов снова можно отличить верхушку и основание. Если ветку длиной 40 см окольцовать в 3, 4, 5 или еще больше местах, то образуется столько же новых индивидуумов. Можно окольцованные надрезы настолько сблизить между собой, что в конце концов они будут отделять лишь одну почку и прилегающий к ней кусок ветки. Больше того: даже голый кусок ветки, без почки, может у своего основания развить корни. Другими словами, полярная противоположность между верхушкой и основанием имеется не только у целой ветки, но также и у небольших частей ее. Результат получается один и тот же: будет ли ветвь окольцована или совершенно перерезана и будет ли она помещена нормально или в обратном положении.

Подобные и другие опыты, произведенные с различными растениями, показывают, что полярность представляет общераспространенное явление. Рассуждения делают вероятным, что в каждом тонком кружке, вырезанном из ветки, даже в настолько тонком, что толщина его равна одной камбиальной клетке, все же существует полярная противоположность. Если она в таких тонких срезах не проявляется, то это, по Фехтингу, зависит лишь от недостатка в запасных веществах и раневых повреждениях.¹

Известно, что корни у многих растений могут давать побеги, и садовники уже давно нашли этому практическое применение.

Теперь остается только показать, что в куске корня также имеется полярное отношение, состоящее в том, что корни образуются у более тонкого конца верхушки, а побеги у более толстого основания, независимо от того в каком положении, нормальном или обратном находится отрезок корня. Изложенное можно легко подтвердить опытами на корнях *Populus dilatata*, *Ulmus campestris* и *Paulownia imperialis*.

Следовательно, в стебле и в корне действуют внутренние наследственные зачатки, которые всего сильнее проявляются на обоих концах. Ограничение этой полярности зависит всецело от нашего желания, так как, поперечно разрезая корень или стебель на части, мы в любом месте, если только здесь еще нет готовых органов, можем вызвать образование нового индивидуума со своей вершиной и основанием. Таким образом, исключительно от нас зависит, чтобы та или иная группа клеток образовала побег или корень. Решается это местом, где находится данная группа клеток в индивидууме. Но если даже уже имеются специфические зачатки, то энергия их развития также определяется их положением у индивидуума.

Хотя после изложенного представляется несомненным, что внутренние причины оказывают решающее влияние на место появления корня и стебля, однако можно легко показать, что наравне

¹ Vöchting H. l. c. T. p. 38.

с внутренними причинами, имеют также значение и внешние влияния и, среди них, прежде всего — свет и сила земного притяжения.

Сила земного притяжения и свет

Можно легко доказать, что возникновение корней обычно задерживается светом и ускоряется темнотой. У односторонне освещенных побегов плюща и ивы корни образуются исключительно или в большем числе на неосвещенной стороне.

Влияние света на возникновение зачатков почек и на первые стадии их роста нуждается еще в подробном исследовании, но по имеющимся данным свет или не имеет значения для этих процессов или оказывает лишь слабое влияние.¹

На побегах ивы можно также показать влияние силы земного притяжения. Как мы уже знаем, побег, повешенный отвесно во влажном помещении верхушкой вверх, образует у своей верхушки побеги и у своего основания корни.

Если теперь повесить побег в промежуточном положении между вертикальным и горизонтальным направлением и давать ему различный наклон, то по Фехтингу оказывается следующее: „чем меньший угол образует побег с вертикалью, тем в большей степени почки прорастают у верхушки, притом со всех сторон кругом; чем угол больше, тем в большей степени почки начинают прорастать на верхней стороне, и когда побег принимает горизонтальное положение, то только у самой верхушки почки еще прорастают кругом, но дальше — только по верхней стороне“. Если вертикально выращенный побег, с равномерно развитыми почками привести в наклонное или горизонтальное положение, то ясно можно видеть на нем действие двух сил: действие верхушки (полярности) и действие силы земного притяжения. Хотя сила земного притяжения и свет оказывают на побег несомненное действие, однако они не в состоянии уничтожить влияния полярности.

Крона дерева в целом и корневая система ведут себя в отношении полярности так же, как и отдельный побег, черенок и кусок корня. Безразлично: будет ли разветвленный побег повешен в нормальном или обратном положении, на всех его разветвлениях развиваются лишь почки ближайшие к верхушкам, корни же возникают только в одном месте у основания главного побега; этот конец побега физиологически ведет себя как общее основание всего побега. Не отдельная ветка, но весь комплекс² является индивидуумом. Кроме силы земного притяжения и света на троганье в рост почки действует также влажность воздуха и содержание кислорода, не падающее ниже определенного уровня.

На приведенных данных основываются, как это будет видно из дальнейшего, различные способы, которые применяются с древнейших времен садовниками при черенковании, отводках и обрезке деревьев.

Ветвление под влиянием внутренних и внешних воздействий

В предыдущем было показано влияние полярности и внешних сил на *отрезанные* черенки и побеги, теперь на очереди стоит

¹ Vöchting H. I. c. p. 162.

² Vöchting H. I. c. II Bd., p. 18.

вопрос о влиянии отдельных воздействий на ветки, не отделенные от дерева.

В отношении петления различают деревья двух типов. Одни имеют стремление образовывать только одну главную ось, от которой затем отходят под более или менее косыми углами или горизонтально боковые побеги (хвойные).

Другие, хотя и имеют зачаток главной оси, однако, вместо одной развивают несколько или много главных осей (большинство лиственных деревьев и кустарники). Между этими двумя типами существуют переходные формы.

При последнем типе ветвления выделяются сильные, прямостоящие ветки, которые можно назвать удлинненными побегами. Они возникают обычно у вершины из верхушечной почки или из ближайших к ней боковых почек веток предыдущего года. Может появиться один, два или несколько таких удлинненных побегов, в последнем случае длина побегов уменьшается от вершины к основанию.

За удлинненными побегами следуют более укороченные побеги, длина которых также уменьшается сверху вниз. Их называют укороченными побегами. Удлинненные побеги могут постепенно или же сразу переходить в укороченные. Для дальнейшего рассмотрения важно указать, что удлинненные побеги в высокой степени отрицательно геотропичны, между тем как на укороченные побеги сила земного притяжения мало или совершенно не влияет.

Удлинненные побеги растут в результате действия силы земного притяжения вверх. Чем короче побеги, тем меньше они направляются вверх, а настоящие укороченные побеги остаются в направлении их почки т. е. более или менее горизонтальными. Удлинненные побеги, образуя листья и длинные междоузлия, формируют крону дерева.

Укороченные побеги, хотя также несут листья, но междоузлия у них сближены. Принося цветы и плоды, они имеют большое значение для полового размножения. Рис. 73, показывающий характер ветвления у груши, наглядно подтверждает сказанное. Верхушечная ветвь — самая сильная, за ней следуют более слабые удлинненные побеги; побеги расположенные еще ниже, переходят в конце концов в настоящие укороченные побеги, из которых один представлен на рисунке в натуральную величину.

При более слабом ветвлении промежуточные побеги могут отсутствовать, и побег состоит тогда из одного удлинненного побега, у которого все боковые почки развивают укороченные побеги. Укороченные побеги часто сильно утолщаются и делаются тогда более заметными.

При выращивании плодовых деревьев точное знание различных ветвей играет большую роль, в особенности при обрезке дерева. Поэтому ветвям в практике даны особые названия. Садоводы-практики называют удлинненные побеги листовыми побегами, а плодоносящие короткие — плодушками.

Теперь мы должны выяснить, как ведут себя удлинненные и укороченные побеги на дереве в естественных условиях при обрезке, так как это имеет большое значение для понимания формирования кроны деревьев. Если отрезать длинную ветвь,

изображенную на рис. 73 в точке *c*, то из почек, лежащих вблизи среза, развиваются листовые побеги, длина которых уменьшается по направлению сверху вниз. Обычно направление и роль отрезанного длинного побега принимает на себя самый верхний появившийся побег. Нижележащие почки, которые на неповрежденном побеге могли бы дать лишь небольшие побеги или совершенно не тронулись бы в рост, после удаления главной ветви побуждаются к энергичному образованию побегов.

Если отрезать не в точке *c*, а несколько ниже — у *d*, то почки, лежащие ниже поверхности среза, развивающиеся при обычных условиях плодушки, дают теперь листовые побеги, а при достаточной силе почек — и удлиненные побеги. При недостаточной силе почек образуются только слабые листовые побеги и роль

главного побега принимают на себя верхушечные почки ближайшего бокового побега.

До того как почки тронулись в рост они были индифферентны. Обрезка ставит их в известной степени на другое место, они приобретают определенный характер и развиваются в удлиненные побеги. Поэтому всецело в нашей власти заставить почку дать более удлиненный или укороченный побег, и это играет при обрезке, особенно в плододстве, очень важную роль.

Если укороченному побегу удалить его верхушку, из имеющихся часто очень маленьких почек возникают новые верхушечные почки, которые дают цветы.

Побеги, которые являются переходными от удлиненных к укороченным, занимают после обрезки промежуточное положение, т. е. они в своем поведении уподобляются то удлиненным, то укороченным побегам, смотря по тому, имеют ли они характер одного или другого. Во всех случаях обрезанная ветвь пытается восстановить первоначальное состояние.



Рис. 73. Ветка груши (*Pirus communis*): а) характер ветвления с удлиненными и укороченными побегами, сильно уменьшено, б) укороченный побег (плодушка) в естеств. величину. Подробности в тексте. (Оригинал)

Как ведут себя деревья, если у них отрезать большие ветви или даже удалить всю крону, известно всякому. Из находящихся ниже поверхности среза спящих почек или из вновь образовавшихся точек роста или даже из корней возникает несколько, часто даже много побегов, которые отличаются роскошным, прямостоящим (отрицательно геотропическим) ростом. Некоторые из этих побегов, называемых порослью, принимают роль главных ветвей и могут снова восстановить удаленную крону.

В подобных опытах корни ведут себя так же, как ветви. Если отрезать у какого-либо дерева конец одного из одревесневших и находящихся в почве корней, то после того как корень будет снова закопан в почву, возникает ниже поверхности среза или

на нем самом большое число побочных корней, из которых один или несколько получают в дальнейшем преобладающее развитие и замещают отрезанный участок. Корень ведет себя, следовательно, так же, как побег.

Описанные явления, на которых в значительной части основывается учение об обрезке деревьев, ботаники прежде объясняли то нисходящим током, то теплом, то силой тяжести, и только Фехтинг¹ впервые показал, что на ряду с внешними силами, на которых прежде всего имеют значение свет и сила тяжести, нижнюю роль играет внутренняя сила — полярность.

Значение для роста наклона и изгиба побега

В плодоводстве приписывают большое значение положению побега, которое влияет на силу и быстроту роста и на развитие плодовых и листовых побегов. Поэтому будет полезно более подробно исследовать рост, различно наклоненных или изогнутых, удлинненных побегов.

Как ведут себя отрезанные и удлинненные побеги в горизонтальном или наклонном положении, было уже рассмотрено. Здесь и дополнение можно только заметить, что побег на дереве ведет себя так же, как и в том случае, когда он отрезан.

Если побег на дереве нагнуть и оставить его в положении, промежуточном между горизонтальным и вертикальным, то, по опытам Фехтинга, оказывается, что по мере приближения ветви к вертикали преимущественное одностороннее развитие почек на верхней стороне ее прекращается и что при конечном, но обращенном верхушкой вниз, вертикальном положении побега почки возникают сначала равномерно только вокруг верхушки, но затем также и по всей длине побега до ее основания, равномерно распределяясь по всем сторонам побега. Так обстоит дело на первой стадии образования почек. Позже у более или менее наклоненных и горизонтальных побегов веточки, находящиеся на верхней стороне, получают более сильное развитие, причем наблюдается постепенно ослабевающее развитие, начиная от верхушки побега. Впрочем иногда перевес в развитии может получить какая-либо веточка в середине или у основания побега. Веточки на нижней стороне побега отстают в развитии в сравнении с веточками верхней стороны и склонны у плодовых деревьев превращаться в плодушки. Все предыдущие замечания относились к прямым побегам, какой бы они наклон ни имели. Теперь нужно выяснить поведение изогнутых побегов.²

При этом может быть два случая: или побег образует дугу, направленную выпуклостью вверх, или обращенную вниз. Здесь достаточно рассмотреть первый случай, так как поведение побега во втором случае будет ясно из первого.

Если удалить в начале марта верхушку у побега ивы, согнуть его дугой, в этом положении укрепить, то при этом можно получить несколько различных изгибов, которые схематически изображены на рис. 74.

¹ Vöchtling H. Organbildung II, I. c., p. 32.

² Vöchtling H., I. c., II Bd. I. c., p. 45.

1. Изогнута только средняя часть ветви, более длинная основания и верхняя части остаются вертикальными (а).

2. Побег изогнут по всей длине и в виде широкой, довольно равномерной дуги, однако так, что верхушечная почка находится или выше или на одной высоте с основанием побега (b).

3. Побег изогнут так же, как и во втором случае, только изогнутая часть его расположена настолько низко, что основание побега и прилегающая к нему часть находятся выше почти всей остальной части побега (с).

4. Побег образует круг, и верхушечная почка занимает наивысшее положение (d).

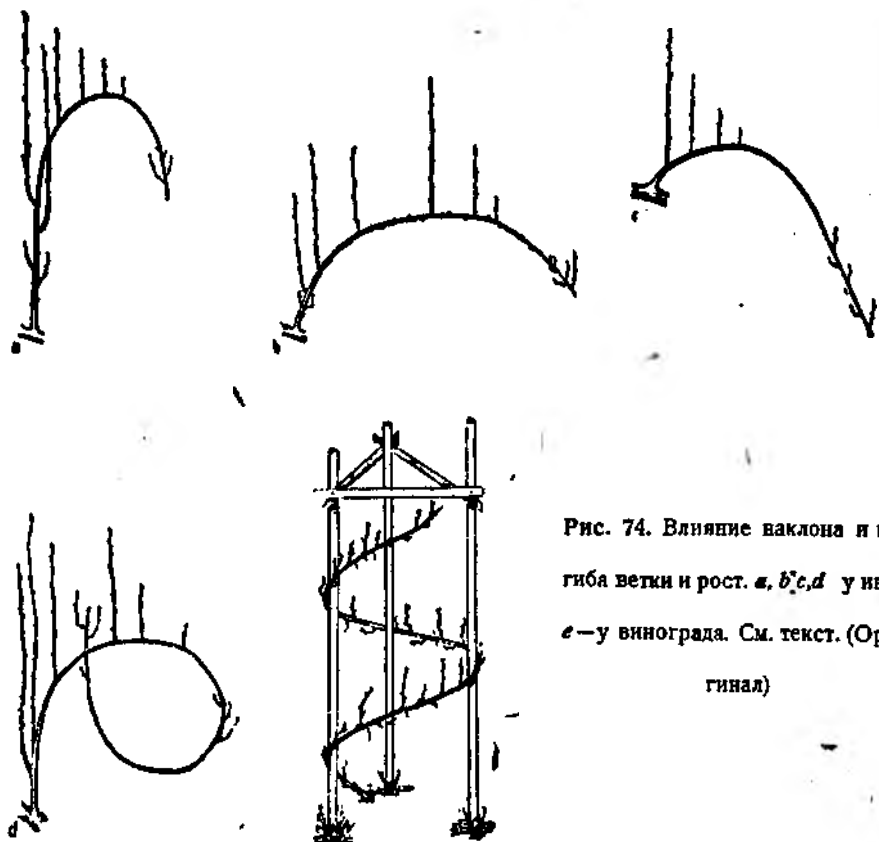


Рис. 74. Влияние наклона и изгиба ветки и рост. *a, b, c, d* у ивы, *e* — у винограда. См. текст. (Оригинал)

Из схематического рисунка 74 ясно видно, что у всех побегов, как бы они изогнуты ни были, верхняя сторона является более благоприятной для развития почек, чем нижняя, и что почки, которые занимают наивысшее положение на побеге, а также верхние почки, находящиеся на вертикальной основной части побега, растут наиболее сильно. Так ведут себя побеги ивы, но опыты Фехтинга доказали то же самое и для других деревьев, напр. для плодовых (груша). Также и здесь оказалось, что веточки, возникающие на нижней стороне, растут медленно и имеют склонность развивать плодушки.

Б. Удлиненный побег винтообразно обвит и укреплен вокруг опоры, состоящей из нескольких жердей (е). Если завиты очень круги, то побег ведет себя, примерно, так же, как вертикально стоящий. Почki развиваются в большинстве случаев по всей длине побега, но более сильный рост наблюдается у побегов, возникших из верхушечных почек, а не у побегов из почек около основания. Если же завиты широки и пологи, т. е. более горизонтальны, то, хотя верхушечные почки распускаются быстрее, однако, вскоре создаются более благоприятные условия для роста и у веточек, находящихся на верхней стороне нижних завитков. Задержка роста почечек на верхних завитках способствует у плодовых деревьев и у винограда обильному образованию цветов и плодов.

Поведение в кроне прямостоящих и наклонных систем побегов

Выше был описан рост различно наклоненных и изогнутых отдельных ветвей. Теперь следует рассмотреть поведение целой системы веток.

Фехтинг,¹ исследуя этот вопрос, пришел к следующим общим выводам:

„Если мы имеем на вертикально стоящей материнской оси два удлиненных побега на одинаковой высоте и с одинаковым наклоном, то рост их в общем протекает одинаково“.

„Если же, располагаясь на одинаковой высоте, побеги имеют различный наклон, то рост их будет различным. Развитие побега будет тем слабее, чем больше наклон и тем сильнее, чем он меньше, т. е. чем больше положение побега приближается к вертикальному. В последнем случае достигается наибольшая энергия роста. В общем разница в росте двух побегов пропорциональна разнице в их наклоне“.

„Общий рост двух удлиненных побегов различной силы и различной высоты расположения на материнской оси стоит в прямом отношении к их силе и высоте расположения и в обратном отношении к их наклону (последнее считается от вертикали)“.

В общем, на основании этого можно сказать, что у прямо-растущих деревьев рост ветвей будет тем сильнее, чем прямее их соединение с главным корнем. Чем ближе стоит побег к вертикали, проходящей через середину главного корня, тем сильнее его рост, чем он дальше удален от нее, тем рост слабее и медленнее.

Причина этого лежит в полярности и в силе тяжести. Если побег вертикален, то обе силы действуют на нее в одном и том же направлении, и вследствие этого наиболее сильные побеги возникают на ней кругом, около верхушки. По мере наклона ветви, проявляется действие силы тяжести на верхней стороне и достигает максимальной величины при горизонтальном положении побега.

У изогнутых ветвей, по Фехтингу, имеют значение еще другие обстоятельства. У дугообразно изогнутого вверх побега верхняя сторона будет растянута, а нижняя сжата. Растягивание постепенно вызывает рост заложенных почек и корней и способствует повышенному притоку сюда питательных веществ. Этот избыток пита-

¹ Vöchting H. I c, II, p. 53.

тельных пещей на изогнутой, растянутой половине получится за счет питания верхушки, где вследствие этого рост почек задерживается.

Действительно ли дело обстоит так, как излагает Фехтинг, мне кажется, нельзя еще считать доказанным, так как изложенные взгляды до сих пор не были экспериментально подтверждены. Можно, конечно, представить, что сосуды и ситовидные трубки на выпуклой стороне растянуты, а на вогнутой сжаты. Защемленные проводящие пути должны проводить хуже воду и питательные вещества, чем несдавленные, и вследствие этого, хотя движение соков будет при изгибе в целом затруднено, но на выпуклой стороне изогнутого стебля условия питания будут более благоприятны. Нужно думать, что здесь действительно происходит изменение условий питания на растянутой и сжатой сторонах, как это считает Гебель.¹

Можно также признать, что в прямостоящей ветке движение соков происходит легче, чем в изогнутой. Если считать это правильным, то естественно сделать вывод, что движение соков в прямостоящем основании (до изгиба ветки) и в восходящей половине изогнутой части побега будет повышено, между тем как в части изгиба, направленного вниз, будет затруднено.

Если перевернуть ветвь верхушкой вниз, то у нее наступает *задержка* роста в длину. Фехтинг² наблюдал, что свисающие ветви плакучих деревьев растут медленнее, чем прямостоящие, у некоторых видов происходит даже отмирание верхушек.

По Рациборскому,³ у многих тропических лиан рост свисающих вниз удлинненных побегов задержан, и после отмирания верхушек на них появляются укороченные побеги.

У некоторых лиан свисание удлиненных побегов ведет не к отмиранию верхушек, но к задержке роста и к превращению удлиненных побегов в укороченные.

Геринг⁴ на основании различных опытов с плесневыми грибами, проростками и плакучими деревьями пришел к заключению, что „геотропические органы в перевернутом вертикальном положении обнаруживают задержку роста в длину“. Названный ученый исследовал только перевернутое положение, но из работ Фехтинга и из опыта пловодов видно, что не только перевернутое, но также наклонное и горизонтальное положение побега приводят к задержке его роста в длину. Это широко используется в плодководстве, так как наклоном ветви можно задержать ее рост и способствовать образованию на ней плодушек.

Фехтинг проследил в течение ряда лет у ивы, плюща, араукарии и опунции изменения в анатомическом строении, которые возникают в результате перевернутого положения растения; он описал их в одной из своих работ.⁵ Полученные результаты в значитель-

¹ Goebel K., Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen. 1908, p. 84.

² Vöchting H. Organbildung, I. c. II, p. 78.

³ Raciborsky M. Morphogenetische Versuche. Flora, 87 Bd., Jg. 1900 p. 34.

⁴ Hering G. Untersuchungen über das Wachstum inversgestellter Pflanzenorgane. Jahrb. f. wiss. Bot. 40 Bd., 1904, p. 449.

⁵ Vöchting H. Untersuchungen zur experimentellen Anatomie und Pathologie des Pflanzenkörpers. II. Die Polarität der Gewächse. Tübingen. 1918.

ной части подтвердили его взгляды на полярность. Явления, которые наблюдаются у растений в „перевернутом“ положении, разнообразны: у опунции отмирают побеги, у араукарии сильно задерживается рост и появляются утолщения на оси. В общем, в перевернутом положении растения растут хуже, чем нормально стоящие: клетки древесины остаются мелкими и побеги приобретают при перевертывании ненормальные утолщения. У перевернутой ивы отмирают иногда обширные участки веток, иногда только узкие полоски тканей.

ВЛИЯНИЕ СВЕТА на первые стадии роста весьма незначительно, если оно вообще существует; напротив, на дальнейшее развитие побега оно весьма значительно. Свет усиливает ассимиляцию, и вместе с нею и рост. В общем можно сказать: чем лучше освещение, тем сильнее развивается побег.

У прямостоящей ветви рост побегов усиливается полярностью и благоприятным освещением. Обе силы действуют в одном направлении. У горизонтальных ветвей при хорошем освещении сверху свет и сила тяжести помогают друг другу, и побеги развиваются, преимущественно, на верхней стороне. Но если нижнее освещение сильнее, как это бывает у густо облиственных деревьев на нижних ветвях, тогда свет может преодолеть влияние силы тяжести настолько, что побеги развиваются или только на нижней стороне или же на нижней стороне сильнее, чем на верхней.

Наконец, ветви, которые находятся внутри кроны и имеют незначительное световое довольствие, отстают в росте или даже совсем погибают.

Обрезка деревьев

Каждый, кто в современном плодовом питомнике внимательно осматривал разнообразные формы деревьев с их естественными и искусственными формами, не мог не изумляться им. Какой огромный опыт должен быть накоплен, какое тонкое знакомство с ростом и всей природой дерева должен иметь практик, чтобы быть в состоянии придавать дереву, как какой-либо пластической массе, форму пирамиды, шпалер, кордона, пальметты или чаши! Хороший садовод знает не только как управлять формой дерева, но на основании опыта, накопленного в этой области, в течение сотен лет, он умеет также заставлять плодовое дерево весьма рано и чрезвычайно обильно плодоносить. Культура плодовых деревьев есть результат тысячелетних экспериментов в практике, яркий свидетель наблюдательской способности практиков. Здесь, как и во многих других случаях, оказалось, что практик оказал науке чрезвычайно ценную пионерскую службу, службу, которая создала основания для научных исследований.¹

При выращивании формовых деревьев и воздействии на усиление плодоношения — обрезка играет исключительно важную роль; современную культуру плодовых деревьев нельзя даже себе представить без обрезки.

¹ Molisch H. Der Naturmensch als Entdecker auf botanischem Gebiete. Populäre biologische Vorträge. 2 Aufl. Jena 1922 p. 165.

Если мы, с точки зрения экспериментальных данных, изложенных в предшествующих главах, просмотрим методы обрезки и другие приемы, применяемые в практике, то найдем полное соответствие между теорией и практикой; еще яснее это будет показано дальше.

Обрезка дерева или, выражаясь более обще, обрезка растений, применяется:

- 1) для придания формы;
- 2) для усиления цветения и плодоношения и для установления гармонического соотношения между корневой системой и кроной;
- 3) для омоложения.

1. ПРИДАНИЕ ФОРМЫ. Известно, что верхушечные почки развиваются сильнее, чем боковые. Названные почки оттягивают до известной степени поток питательных веществ от боковых почек. Если удалить верхушечную почку или конец облиственного побега — прием, который называется **прищипыванием** (пинцировкой), — то боковые почки, ближайшие к верхушечной почке или к верхушке ветви, получают более усиленное питание, становятся более сильными и распускаются. Поэтому, если какому-либо растению хотят придать форму куста, то прищипывают верхушки главного побега. Этим боковые почки побуждаются к прорастанию и если теперь удалить верхушки у боковых побегов и повторить, если нужно, несколько раз этот прием, то в конце концов получится густое ветвление, т. е. форма куста.

На удалении верхушечных почек и пробуждении боковых основана: форма живых изгородей, подстригаемых ножницами; устройство аллей в стиле *Lenôtres* из деревьев, прямолинейно и стенообразно подрезаемых, а также шарообразные формы лавра и самшита. Японцы и китайцы даже так обрезают некоторые растения, что они получают форму птицы, собаки или другого какого-либо животного. Хотя этот прием не заслуживает подражания и не подлежит широкому распространению, однако он показывает, как легко можно заставить растение принять определенную, иногда весьма сложную форму.

Особенно важную роль играет обрезка у формовых деревьев в плодоводстве. Она имеет целью придать дереву определенную форму и одновременно привести его к сильному и раннему плодоношению. В задачу нашей книги не входит описание разнообразных методов, применяемых садовниками к отдельным видам формовых деревьев. Кто интересуется этим, найдет все необходимое в превосходных, основанных на практике и для практики написанных, книгах Гаухера¹ и Лукаса². В нашу задачу входит только осветить отношения между теорией и практикой.

Каждое дерево обладает с самого начала определенной формой. Форма дерева (его *габитус*), точно так же, как и форма цветов, листьев, анатомическое строение — обуславливаются природой дерева. И если плодовод хочет вырастить грушу или персик в виде стенных шпалер, то он должен заставить дерево принять форму,

¹ Gaucher N. Handbuch der Obstkultur. Berlin 1908. 4 Aufl.

² Lucas E. Vollständiges Handbuch der Obstkultur. Stuttgart 1911, 6 Aufl. p. 133. Derselbe, Die Lehre vom Baumschnitt usw. Stuttgart 1891, 6 Aufl.

противную его природе, так как здесь речь идет о том, чтобы все ветви и веточки, которые обычно направляются во все стороны, расположить в одной плоскости. Чтобы достигнуть этого, все побеги, направленные к стене или от стены угнетаются, и позволяют развиваться побегам только возникающим сверху и снизу и прилегающим к стене.

Кордонная культура также совершенно не соответствует природе деревьев. При ней дерево развивает один, самое большое, — два главных побега, которые по всей их длине покрыты только плодовыми побегами. Кроме того этим побегам нужно придать рост или вертикальный, или горизонтальный, или косой, или волнообразный, или зигзагом или, наконец, винтообразный, и это направление роста должно прочно сохраняться.

Рассмотрение этих форм на основе ранее описанных данных показывает, что при выращивании формового дерева нужно иметь в виду: отрицательный геотропизм, в особенности главной ветви; подавление и совершенное устранение мешающих почек и побегов; предпочтительное образование их под влиянием силы тяжести на верхней стороне у горизонтальных или сильно наклоненных ветвей; усиление развития и пробуждение определенных почек удалением верхушки и многое другое.

Изложенное будет еще яснее, если показать на примере, как выращивается дерево какой-либо определенной формы, например при кордонной культуре.

Если удлиненный побег привнести для получения кордонной культуры в горизонтальное положение и затем предоставить его самому себе, то он ведет себя, примерно, так, как показано на рис. 75. Верхушка побега становится при этом отрицательно геотропической, следующие за ней веточки, особенно возникшие на верхней стороне и у места изгиба, — последние бывают часто наиболее сильной, — также оказываются прямостоящими. Все это находится в полном согласии с ранее изложенными данными.

Такое естественное поведение горизонтального расположения побега идет совершенно в разрез с нашим желанием; ведь мы хотим при кордонной культуре, чтобы главная ветвь оставалась горизонтальной и была бы покрыта не листовыми удлиненными побегами, но плодовыми веточками. Что же нужно сделать, чтобы преодолеть геотропизм?

Прежде всего слишком сильное проявление геотропизма уменьшается тем, что для кордонной культуры применяются семечковые деревья, привитые на карликовых подвоях, а они проявляют более слабый рост и обуславливают более слабый геотропизм привоя.

Для кордонной культуры берут привитые однолетки. Побег у них изгибается на высоте 40 см от корневой шейки по возмож-

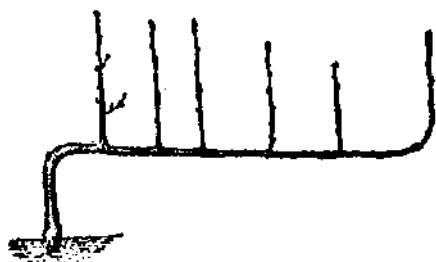


Рис. 75. Поведение горизонтально изогнутого и самому себе предоставленного удлиненного побега. См. текст (Оригинал.)

ности под прямым углом, затем согнутая часть привязывается к горизонтально натянутой проволоке так, чтобы верхушка оказалась 30 см длиной оставалась свободной и затем была бы с помощью косо поставленной в землю жерди направлена вверх (рис. 76). Косое положение верхушки имеет целью поставить ее в условиях более благоприятные для роста сравнительно с горизонтальной частью побега.

В результате горизонтального положения побега на верхней стороне ветви развиваются сильнее, чем на нижней и имеют стремление расти вверх. Прищипка верхушки и обрезка препятствует этому стремлению.

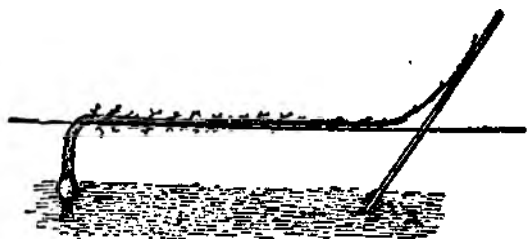


Рис. 76. Одноплечевая кордонная форма с верхушкой, направленной косо вверх. (Оригинал.)

На втором году делают то же самое и одновременно заботятся о том, чтобы часть выросшей косо вверх ветви принять в горизонтальном положении к проволоке, а верхний конец в 30 см длиной, как и в преды-

дущем году, укрепить к палке в косом положении вверх.

Приведением главной оси в горизонтальное положение и укорочением боковых ветвей рост в длину побегов замедляется, и все ассимиляты из листьев распределяются поэтому, преимущественно, между боковыми почками, которые в результате этого становятся плодовыми почками; к сильно растущим боковым побегам применяется задержка роста путем обрезки, вращения и надламывания ветви, и они принуждаются к развитию плодушек.

Между корневой шейкой и местом изгиба у дерева имеется стремление к образованию удлиненных побегов, но эти побеги только напрасно отнимают бы питательные вещества и портили бы форму, поэтому их удаляют тотчас же по их возникновении.



Рис. 77. Двухплечевая кордонная форма. (Оригинал.)
(По Гаухеру.)

Если, вместо одноплечевой, желают получить двухплечевую кордонную форму (рис. 77), то у однолетнего побега нужно получить еще второе плечо. Это можно сделать различными способами, например, путем вращения еще мягкого побега на высоте 40 см от земли. Изгиб и вращение способствуют распусканию почки, лежащей на выпуклой стороне, непосредственно ниже изгиба. Возникающий из нее побег дает второе плечо. В остальном двухплечевая кордонная форма получается точно так же, как и одноплечевая.

Яблоня, груша и виноград особенно подходящи для кордонов. Пользуясь изложенными и дальше описываемыми приемами удастся

выращивать деревья весьма сложной формы, напр. такой, какая показана на рис. 78.

Слабо растущие подвой (груша на айве, яблоня на дусене), горизонтальное положение главного побега, притупивание, вращение и падлом веток задерживают рост и вследствие распределения ассимилятов в относительно малом объеме, способствуют цветению и плодоношению.

При культуре формовых деревьев часто требуется ускорить или задержать рост какой-либо определенной ветви. Относительно способов, которыми пользуются для этой цели, уже было достаточно сказано, здесь остается только еще заметить, что упомянутая цель может быть достигнута также надрезыванием коры. Если побег растет слишком медленно, то делают на главной оси надрез примерно на $\frac{1}{2}$ см выше места прикрепления (места выхода) побега, а если он растет сильно, тогда надрез делают ниже места прикрепления. Надрезы делают садовым ножом или маленькой пилой, поперечные, в виде полумесяца, в виде крыши или в форме кольца (рис. 79). При надрезе выше слабой ветви

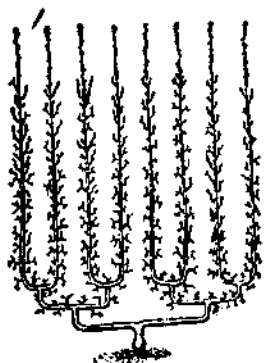


Рис. 78. Шпалерная форма в виде нескольких канделябровых пальметт. (По Гаухеру.)



Рис. 79. Надрезы для регулирования роста. а) крышеобразный надрез пилы, b и c) в виде полумесяца садовым ножом, поперечный. (По Гаухеру.)

Рис. 80. Шпелфен ветви. Надрез (идет от верхушки ветви до с) т. е. оканчивается ниже точки ее прикрепления. (По Гаухеру.)

будут перерезаны сосуды и передвижение воды вверх затрудняется, что благоприятно отражается на слабой ветви. Если же надрез ниже ветви, то по тем же причинам побег, находящийся над надрезом, лишается части воды, и его рост замедляется.

Посредством таких надрезов, если нанести надрез непосредственно над почкой, можно также легко заставить распусться покоящаяся почка. Такое пробуждение почек играет при выращивании формовых деревьев очень важную роль.

Как у семечковых, так и у косточковых плодовых деревьев на слабо растущих побегах делают острым ножом продольные над-

резы, доходившие до древесины. Этот надрез идет от верхушки и оканчивается ниже места прикрепления ветви. Этот способ называют шпирфен (пускание крови) (рис. 80).

Попутно следует заметить, что такие продольные надрезы делают также тогда, когда побег или ствол страдает от рака, истечения камеди, становится корявым или же покрывается слоем отмершей коры. В таких случаях продольный надрез должен начинаться на 20 см выше раны и оканчиваться на 20 см ниже ее. У стволов с корявой морщинистой корой, смотря по силе ствола, наносится от 1 до 5 продольных надрезов от кроны до корневой шейки, по возможности прямых и на одинаковом расстоянии друг от друга.

Раневое раздражение и устранение надрезом натяжения коры приводит к более энергичному развитию побега или ствола. Что здесь действительно мы имеем дело с устранением натяжения, показывает зияние раны; ведь известно, что если удалить со ствола кольцо коры и затем снова наложить его на первоначальное место, то концы его уже не сойдутся и будут довольно далеко отстоять друг от друга.

2. УСИЛЕНИЕ ЦВЕТЕНИЯ И ПЛОДОНОШЕНИЯ. Уже раньше было указано, что плодоношение у деревьев можно вызвать кольцеванием, сгибанием, надламыванием или сдавливанием ветви. То же можно получить и с помощью обрезки.

Общезвестно, что сильно растущие деревья дают преимущественно листовые побеги или, как говорится „идут в древесину“, а слабо растущие более склонны к образованию плодушек. Обрезка деревьев дает возможность получить правильное соотношение между листовыми и плодовыми побегами в кроне и содействует плодоношению.

В общем можно сказать, что сильно обрезанные ветви развивают более сильные побеги, чем слабо обрезанные. Если отрезать у ветки две или три почки, то питательные вещества, вместо того, чтобы распределиться по всему побегу, потребляются немногими оставшимися почками и поэтому сильно растут. У слабообрезанных ветвей мы имеем обратную картину. Сильнообрезанные ветви стремятся образовать листовые побеги, слабообрезанные — плодовые веточки. Если дерево обильно плодоносит и в результате очень ослабляется, нужно его сильно обрезать, если же дерево сильно растет и приносит мало плодов, следует применять слабую обрезку.

Мы знаем, что замедление сокодвижения задерживает рост, но способствует образованию органов плодоношения. Из этого вытекают различные практические приемы в садоводстве: слабая обрезка, скручивание и сгибание ветвей.

Мы знаем также, что ветвь тем сильнее растет, чем более она приближается к вертикальному положению. Напротив, если ветвь приходит в косое или горизонтальное положение, ее рост замедляется и усиливается заложение цветов. Давая соответствующее положение ветви, можно замедлить как транспирационный, так и ассимиляционный ток, нисходящий по коре, в результате чего в ветви остается более значительный запас ассимилятов, вызывающих образование цветочных зачатков. Для выращивания формовых

апривив, в особенности в виде шпалер, часто применяют воздействие косым положением ветвей и в связи с этим, если требуется усилить плодоношение, нужно применять обрезку, по возможности, всех прямостоящих, так называемых водяных побегов. Оставшиеся побеги привязывают и пасильственно удерживают в наклонном и горизонтальном положении, что способствует появлению на них листов и плодов; мы это уже видели при рассмотрении кордонной культуры деревьев.

Другой способ усилить плодоношение состоит в поранении и обрезке корней. Это делается различным образом:

а) Главные корни обнажают от почвы на протяжении 1 метра и в течение лета оставляют под воздействием воздуха и гниет.

б) Дерево выкапывают, заботясь о бережном сохранении корневой системы, и затем тотчас снова тщательно сажают в почву. Этот способ пригоден, главным образом, для не слишком старых карликовых груш и яблонь.

с) Если же дерево достигло определенной величины и значительного возраста, то пересадку его выполнить уже не легко, и тогда рекомендуется дерево на расстоянии ширины кроны окопать, оголенные корни перерубить поперек и затем выкопать канаву снова заполнить землей. При этом следует позаботиться о том, чтобы не повредить слишком большое число старых корней, так как иначе дерево может значительно пострадать.

Между кроной дерева и корневой системой имеется определенная зависимость, они взаимно определяют свой рост. Если страдает крона, то это тотчас вызывает ослабление корней и наоборот, как тесна эта связь—видно уже из того, что повреждение корней на одной стороне влечет за собой на соответствующей стороне более слабое развитие кроны.

Между корнем и кроной у каждого рода и вида существует определенное состояние равновесия. Примером могут служить карликовые плодовые деревья. Если груша привита на айве, то она слабо развивается и принимает форму карликового дерева. Айва—кустарник и имеет соответственно более слабую корневую систему, чем груша, которая, будучи привита к айве, образует слабую крону. Что это целесообразно,—ясно без дальнейших пояснений. Уже по механическим причинам дерево с мощной кроной должно иметь сильную корневую систему, такая же корневая система нужна для целей питания. В высокой степени вероятно, что сюда присоединяется еще внутренняя причина—взаимодействие последственного характера,—однако, относительно этого мы не знаем еще ничего определенного.

3. ГОРШЕЧНАЯ КУЛЬТУРА. Как известно, большинство орangerейных растений выращивается в горшках. В цветочном горшке растение принуждено развивать свои корни в очень малом объеме почвы, в то время как в природных условиях корневая система того же растения занимает очень большое пространство; отсюда—карликовый вид многих горшечных растений. Стоит только сравнить растения, выращенные в горшках с такими же растениями, находящимися в грунту на открытом воздухе. Какое громадное раз-

личие и величине и росте! Здесь также попутно с задержкой развития корневой системы идет задержка развития надземной части и усиливается цветение.

Относительно богатое плодоношение выращенных в горшках карликовых деревьев и роскошное цветение культивируемых в горшках пеларгоний, примул, цикламенов, кальцеолярий, азалий, вереска и других садовых растений тесно связано с ослаблением корневой системы. В таких случаях, за счет вегетативной деятельности, ускоряется и усиливается репродуктивная.

4. ПЕРЕСАДКА. Горшечные растения с течением времени, образуют на внутренней поверхности горшка такой плотный войлок корней, что корневой системе становится слишком тесно, и тогда требуется новая почва и более значительного размера горшок. Ком с растением вынимается из горшка, войлок корней слегка разрыхляется, и часть его удаляется либо пальцами, либо ножом.

В общем нужно стараться по возможности сохранить нежные корневые сплетения, которые в первую очередь поглощают минеральное питание и воду. При горшечной культуре, однако, это не всегда возможно, так как тогда со временем пришлось бы сажать растения в слишком большие горшки. Если отказаться от удаления войлока корней, то нужно брать при пересадке значительно больший горшок; если же удалить войлок, тогда, до известной степени, повреждается растение, но достигается экономия в больших горшках. Обычно выбирают среднее и удаляют только часть войлока корней, благодаря чему ускоряется и усиливается цветение.

Большую роль в садоводстве играет так называемая пикировка, т. е. пересадка молодых всходов. Так как семена большей частью высеваются слишком густо, то растения очень скоро отнимают друг у друга питательные вещества и задерживаются в развитии; необходимо им дать больше места, и поэтому их пересаживают на более значительном расстоянии друг от друга. При этом заметно повреждаются главные и боковые корни, оставшиеся же дают побочные корни, и пикированное растение развивается в результате этого густо разветвленный ком корней. Так до известной степени подготавливается корневая система для цветочного горшка, и весьма вероятно, что когда пикировка производится два или даже еще большее число раз, частое повреждение корней способствует цветению.

5. ОМОЛОЖЕНИЕ. Когда дерево достигает известного возраста, то рост его ослабевает и урожай плодов становится неполным. В таких случаях можно на некоторое время помочь делу сильной обрезкой всех больших и малых побегов с удалением до двух третей их длины. Спящие или покоящиеся почки, придаточные (адвентивные) образования¹ будут таким путем пробуждены, образуются сильные побеги, и крона восстанавливается и омолаживается.

¹ Понятие придаточные (адвентивные) образования употребляются в литературе не всегда в одинаковом смысле. Под этим обыкновенно понимают: или все вновь необычным путем возникшие корни и побеги, которые появляются беспорядочно на любых как на старых, так и на молодых частях или это понятие ужается и им обозначают только такие новообразования, которые возникают из вполне сформированных тканей, а не из уже имеющейся точки роста.

И плодородие также с успехом пользуются для этой цели отслаиваемыми водяными или жирными побегами, особенно сильно растущими, сильно геотропическими побегами, которые развиваются из побочных (адвентивных) почек. Прорастание энергично растущих водяных побегов, которые обильно притягивают к себе ток питательных веществ, перехватывая их у более слабых соседних побегов, чрезвычайно содействует омоложению дерева.

Омоложение применяют в тех случаях, когда имеется запущенная крона или когда она пострадала от бури и града, или если в дереву привит малоценный сорт и нужно перепривить его или наконец когда дерево бесплодно.

Некоторые деревья выносят даже ежегодную и еще более частую обрезку почти до основания главных ветвей (*Aesculus*, *Robinia*) или даже регулярное обезглавливание (ива). Образуя в ответ на это прямостоячие сильные побеги; эти деревья в течение продолжительного времени дают значительного размера новую омоложенную крону. Такое быстрое восстановление кроны объясняется большим количеством запасных веществ, отложенных в стволе и форме крахмала, масла и белка, которые сразу используются молодыми ветвями.

В данном случае нельзя умолчать о том, что обрезка деревьев только тогда в плодоводстве оказывается полезной, когда она правильно применяется; у аллейных и парковых деревьев она часто производится так, что повреждает дерево и оскорбляет эстетическое чувство формы. Крона и корни иногда обрезаются неумелой рукой, точно задача состояла в возможно большей добыче древесины. Дерево погибает тогда от больших ран, которые открывают доступ дождям, плесням и насекомым. Против безмерного и бессмысленного удаления ветвей уже 40 лет тому назад предостерегал Гейсерт,¹ но как будто без большого успеха.

Еще недавно американец Стрингфеллоу² утверждал в своей книге, что основное правило садоводов „чем больше корней имеет дерево, тем лучше“ неправильно и что напротив верно обратное положение. Поэтому он советует у плодовых деревьев перед их посадкой отрезать все корни, думая таким приемом улучшить плодоводство и произвести победоносную революцию в выращивании деревьев. Это является преувеличением, которое само себя осуждает.

Ведь понятно, что при посадке дерева приводят крону с корневой системой в определенное гармоническое отношение и, если нужно, уменьшают транспирационную поверхность кроны обрезкой и одновременно соответствующим образом подрезают корни. Но это вовсе не значит удалять ударами топора все корни. Насколько известно, садовники не стали применять по рекомендации Стрингфеллоу, сильную обрезку корней, так как она противоречит уже проверенным практическим и теоретическим данным.

¹ Goepfert H. R. Innere Zustände der Bäume nach äusseren Verletzungen, besonders der Eiche und Obstbäume Jahrb. d. schles. Forst-Verf. für 1872 p. 216.

² Stringfellow H. M. Der neue Gartenbau, Frankfurt a. O. 1901 p. 63. Deutsche Uebersetzung.

5. Период покоя, выгонка и листопад

Период покоя

В одних случаях рост растений может продолжаться без перерывов, в других же случаях имеет место периодичность или ритмичность, т. е. смена роста и покоя.¹ Мы знаем много тропических и местных растений, которые, находясь при благоприятных условиях, могут беспрерывно расти. Определенные виды *Tradescantia*, *Abutilon Thompsonii* растут в наших теплых оранжереях в течение круглого года; также наша местная *Stellaria media* цветет и плодоносит с весны до зимы, и если бы низкие температуры не принуждали ее к остановке роста, то она росла бы беспрерывно.

В умеренных широтах, где весьма резко происходит смена времени года, регулярно в течение тысяч лет наступающий контраст теплого и холодного времени года обусловил своим длительным влиянием на многие растения уже отмеченную периодичность развития. Большинство местных древесных растений теряют осенью свою листву, переходят в состояние покоя, а при наступлении весны снова быстро покрываются листьями. Такие растения переживают, следовательно, период покоя, в течение которого у них жизненные процессы, хотя и не прекращаются совершенно, однако подавляются до минимума. Часто покой у них настолько глубокий, что, даже при благоприятных для роста условиях, они продолжают оставаться в состоянии покоя. Следующие примеры показывают это особенно ясно.

Ветки липы (*Tilia parviflora*), срезанные в начале октября, непосредственно после осеннего листопада и поставленные в воду в теплой оранжерее, не трогаются в рост часто даже до конца февраля, хотя они находятся при благоприятных условиях роста. Если же ветви срезать ранней весной, т. е. в то время, когда период покоя у них кончился, они начинают легко расти даже при менее благоприятных условиях.

То же самое можно наблюдать на ветвях наших плодовых деревьев. В Западной Европе существует старинный обычай в начале декабря ставить ветви вишен, абрикосов и других плодовых деревьев в сосуд с водой и затем держать их в теплой комнате. Часто уже к концу декабря у них раскрываются цветочные почки. Если же ветви поставить в теплую комнату непосредственно после осеннего листопада, т. е. в первой половине октября, то почки и в конце декабря не раскрываются. Большинство древесных растений должно оставаться известное время в покое и только по окончании этого периода покоя, они могут тронуться в рост. В соответствии с этим в садоводстве существуют некоторые специальные приемы.

Часто можно слышать жалобы, что гиацинты, которые предполагалось вырастить в конце декабря, не вполне развивают свои

¹ Kniep H. Ueber rhythmische Lebensvorgänge bei den Pflanzen. Sammelrefer. Verhandl. der phys. Ges. z. Würzburg 1915.

Lakon G. Ueber den rhythmischen Wechsel von Wachstum und Ruhe bei den Pflanzen. Biol. Zbl. 1915, p. 401—441.

цветы, их соцветия недостаточно удлиняются и вследствие этого они, по выражению практиков, „сидят“. В январе это в высшей степени нежелательное явление исчезает и выгонка не встречает никаких трудностей. Чтобы устранить это „сидение“ гиацинтов, перед посадкой луковиц, в последнее время применяют подсушивание их при более высокой температуре или же их культивируют последний год не в Голландии, но в более теплом климате — на юге Франции и получают таким образом более раннее „вызревание“ луковиц.

Нередко явление „сидения“ в конце декабря обнаруживают и у ландышей, так как у них период покоя к началу выгонки оказывается еще неоконченным.

Период покоя можно также наблюдать у клубней, семян, спор и у других частей растения.

Клубни некоторых сортов картофеля, которые были выкопаны зрелыми из почвы в сентябре и сразу поставлены в благоприятные для роста условия, не прорастают так быстро, как в феврале и в последующие месяцы.

Местные клубненосные и луковичные растения такие, как *Crocus*, *Galanthus*, *Gagea*, *Scilla*, *Narcissus* находятся в состоянии покоя даже летом, т. е. в наиболее благоприятное для роста время и трогаются в рост при относительно низкой температуре в конце зимы или ранней весной.

Из семян, которые имеют период покоя, можно назвать: *Fraxinus excelsior*, *Draba verna* и виды *Corydalis*.

Во всех описанных случаях период покоя настолько глубок, что названные объекты при даче им таких благоприятных условий для роста, как внесение их в теплую оранжерею, как правило, не трогаются в рост. Мы можем этот период покоя обозначить как произвольный.

На ряду с ним мы различаем еще другой вид покоя. Период покоя мужских сережек орешника (*Corylus*), цветочных почек *Forsythia* и других растений оканчивается рано, в декабре. Развитию цветов и ветвей растений, у которых период покоя уже миновал, в природных условиях препятствуют низкие температуры зимы. Такое состояние покоя мы называем вынужденным. Следовательно, цветочные почки названных растений сначала находятся в произвольном, а затем, после нового года, в вынужденном покое, обусловленном холодом. В таком же покое находятся также сухие всхожие семена. После того как они будут смочены и поставлены в благоприятные для роста условия, они прорастают.

Разные растения и даже различные органы растения обладают различной глубиной покоя. Сравнительно рано оканчивается период покоя у сирени, у *Forsythia* и очень поздно у лилы, красного бука, *Fagus silvatica* и др. У *Corylus* период покоя оканчивается: у мужских сережек уже в ноябре, у женских соцветий несколько позже, а у листовых почек только в марте.

Выгонка

Даже в природных условиях можно иногда наблюдать, что период покоя заканчивается, и почки начинают прорастать в совершенно необычное время. После очень засушливого лета предна-

значенные для следующей весны цветочные почки яблонь раскрываются уже осенью, а деревья конского каштана нередко бывают вторично покрыты, в сентябре, цветами.

У многих древесных растений, у которых весной листья были съедены гусеницами или удалены искусственно, в скором времени появляются новые листья из почек, предназначенных для следующей весны. Соответствующие опыты, которые автор произвел с сиренью в Праге в течение всего вегетационного периода, показали, что после полного удаления листвы в период с конца мая, примерно до 1 июля кустарники снова покрываются богатой листвой, хотя с более мелкими листьями. Возобновление же листьев после указанного срока почти или совершенно прекращается. Так как Шпет¹ наблюдал еще возобновление листвы до сентября, то можно думать, что растения ведут себя не везде одинаково.

С развитием культуры человек стал стремиться иметь цветущие и плодоносящие растения и в необычное время; стали украшать цветами жилища и зимой. Так как весенние и летние цветы, продаваемые зимой, значительно лучше оплачиваются, то садовники охотно шли навстречу спросу и уделяли много внимания искусству рано выгонять растения.

Не путем планомерных исследований, но благодаря, большей частью, случайным открытиям и внимательному наблюдению познакомились они с различными способами смещать период покоя: медленным обезвоживанием, действием морозов, искусственным отбором (селекцией) рано цветущих экземпляров и путем скрещивания с ними.

Садовники научились также иметь некоторые растения почти в любое время года цветущими; во многих случаях они просто искусственно путем охлаждения задерживают на продолжительное время начало роста растения, например, у сирени и ландыша. В больших городах имеются теперь обычно огромные холодильники для хранения пищевых веществ. В них можно поставить также покоящиеся растения и сохранять их в течение многих месяцев. При температурах около 0° С жизненные процессы будут искусственно подавлены. Если взять летом или осенью из таких холодильников сохранившиеся там кусты сирени и проростки ландышей, которые при нормальных условиях цвели бы предшествовавшей весной, то, они, вне условий вынужденного покоя, развиваются с большой быстротой. Многие кусты сирени и все ландыши, которыми мы восхищаемся в цветочных магазинах в октябре и ноябре, получены указанным способом.

Таким образом садовники, сначала независимо от науки, сделали замечательные открытия в области садоводства, а затем наука, основываясь на этом опыте, установила важные факты, ценные для практики, которые быстро продвинули вперед искусство выгонки растений. Мы приведем здесь самое существенное из того, что сделано в этом отношении.

ХОЛОД. Г. Мюллер (Тургау)² при изучении появления у клубней картофеля сладкого вкуса установил интересный факт, что

¹ Späth H. L. Der Johannistrieb. Berlin 1912, p. 47.

² Müller H. (Thurgau), Beitrag z. Erklärung der Ruheperioden d. Pflanzen. Landw. Jahrs. Bd. 14, 1885, p. 883.

Период покоя у картофеля можно устранить поддержанием его непосредственно после уборки в течение 14 дней в погребе при температуре немного выше 0°. При такой низкой температуре в клубнях накапливается сахар, они делаются сладкими и способными при даче им благоприятных для роста условий немедленно прорастать. Если делать эти опыты с ранним картофелем в конце июня, то можно осенью убрать с поля второй урожай.

Раскрывание покоящихся почек происходит в теплой оранжерее тем быстрее, по согласным данным Пфеффера¹, Аскенази², Говарда³, Молиша⁴ и др., чем продолжительнее они до того подвергались низким температурам на открытом воздухе. Ветви сирени и *Salix caprea*, поставленные еще с начала октября в теплую оранжерею, не прорастают даже в марте, другие же, будучи рано поставлены для выгонки и находясь продолжительное время в тепле, повреждаются и погибают. Напротив, многие растения весьма легко трогаются в рост после того как они более продолжительное время подвергались действию холода.

ЭФИРИЗАЦИЯ. Иоганнсен⁵ сделал открытие, что сирень и некоторые другие древесные растения, будучи подвергнуты в состоянии покоя в течение 1—2 дней действию паров эфира, и затем поставлены в благоприятные условия, пробуждаются от покоя и начинают быстро развиваться. Горшечные растения (сирень) ставят в герметический деревянный ящик, который снабжен сдвигающимися и весьма плотно закрывающимися дверцами так, чтобы не происходило никакой утечки паров эфира. Растения помещаются плотно друг возле друга, и чтобы не повредить корней горшки засыпают до верха или только до половины сухим песком.

Для выгонки пользуются обычным содержащим воду эфиром, известным под названием этилового эфира или *Aether sulfuricus*. Он употребляется также для наркоза в медицине. Эфир ставится в плоском сосуде в ящик и количество его рассчитывается по имеющемуся объему воздуха. Для кустарников употребляется 30—40 г на гектолитр воздушного пространства.

В парах эфира растения оставляются в большинстве случаев 48 часов при температуре от 17 до 19° С. По истечении этого времени они сейчас же хорошо поливаются, обрызгиваются и ставятся в теплицу для выгонки.

Действие эфира настолько сильно, что почки сирени, находящейся в конце периода покоя, начинают распускаться уже во время эфиризации. Сирень требует для цветения после эфиризации в середине ноября 3—4 недели, *Prunus triloba* в конце ноября около 12—16 дней.

Иоганнсен мог после эфиризации в начале августа заставить горшечные экземпляры сирени (*Charles X*) зацвести уже в первой половине сентября. Для более подробного ознакомления с этим

¹ Pfeffer, W. Pflanzenphysiologie. II Aufl. 1904, 2 Bd., p. 266.

² Askenasy E. Ueber die jährliche Periode der Knospen. Bot. Ztg. 1877, p. 266.

³ Howard W. L. Untersuchung über die Winterruheperiode der Pflanzen. Diss. 1906. Halle a. d. s.

⁴ Molisch H. Ueber ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbadmethode) I. T. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, 1909, Bd. CXVIII, Abt. 1, p. 660.

⁵ Johannsen W. Das Ätherverfahren. u. s. w. Jena 1900.

способом автор отсылает к упомянутой работе Иоганнсена и обращается к изложению другого способа, который был им детально изучен, а именно применение теплых ванн.

ТЕПЛЫЕ ВАННЫ¹ имеют большой физиологический интерес и играют в практике, по сравнению со всеми другими способами выгонки, наибольшую роль. При этом способе покоящиеся растения погружают на несколько (9—12) часов в тепловатую воду с t° около 30—35 $^{\circ}$ C, а затем выгоняют их обычным путем. Можно рекомендовать следующий опыт: свежесрезанные побеги орешника (*Corylus*) и *Forsythia suspensa* погружают в начале ноября в подогретую до 30 $^{\circ}$ C воду и выдерживают там 9—12 часов. После этого их вынимают из ванны, ставят срезанной частью в сосуды с водой, и затем культивируют в теплице на свету при температуре 15—18 $^{\circ}$ C. Рядом ставят для контроля побеги того же вида, не подвергавшиеся действию теплой ванны. Спустя 8 дней контрольные побеги *Corylus* оказываются без изменения, между тем как у опытных сережки с 2,5 см оказываются удлиненными до 5,5—7 см и находятся в полном цвету. Обработанные ветви *Forsythia* скоро начинают развивать свои цветочные почки и уже спустя 11 дней они стоят в полном цвету в противоположность контрольным, которые зацветают только 14 днями позже. Подобные же опыты были с большим или меньшим успехом проведены с *Syringa vulgaris*, *S. persica*, *Cornus mas*, *C. alba*, *Ribes grossularia*, *Larix decidua*, *Rhamnus frangula*, виды — *Salix*, *Betula alba*, *Alnus glutinosa* (сережки), *Acer pseudoplatanus*, *Prunus avium* и *Azalea mollis*.

Теплая ванна действует на различные растения не одинаково. На одни она действует превосходно, на другие слабее, на третьи или совершенно не действует или действует лишь в конце периода покоя.

Успех опыта зависит от различных обстоятельств, в особенности: а) от продолжительности выдерживания в ванне, б) от температуры ванны и с) от глубины покоя.

а) *Продолжительность выдерживания в ванне.* Для большинства названных растений ванна в течение 9—12 часов оказывается достаточной. Однако, не следует работать по шаблону и думать, что это пригодно для всех растений. Так, для мужских сережек *Corylus* десятичасовая ванна в 30 $^{\circ}$ C оказалась наилучшей, девяти- и трехчасовая действовали слабее. Осенью и в начале зимы нужно в общем дольше держать растение в ванне, чем в середине зимы или в конце периода покоя.

У сирени можно выдерживание в ванне продлить до 15 часов. Однако, никогда не следует воздействовать дольше, чем это необходимо, так как почки побуждаются высокой температурой к энергичному дыханию, которое, однако, под водой, вследствие недостатка кислорода, не может идти правильно. Они начинают страдать от недостатка кислорода и, быть может, дышать интрамоле-

¹ Moissich H. Ueber ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbad methode) 1 u. 11 Teil. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. f. Wien. Mathem. naturw. Kl. Abt. I. 1908 u. 1909.

Derselbe, Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena 1909. Verl. V. G. Fischer.

кулярно. Они не могут долго выносить этого и если ветки не вынуть своевременно из воды, то почки буреют и отмирают.

б) *Температура ванны.* Нужно также найти благоприятную температуру для каждого растения. Для большинства растений, с которыми автор экспериментировал, оказалась наиболее благоприятной ванна в 30°C , напр. для мужских сережек *Corylus*, для почек *Forsythia suspensa*, *Ribes grossularia*; у сирени лучшие результаты дала ванна в $30-35^{\circ}\text{C}$; у *Betula alba*, *Cornus alba* и *Rhamnus frangula* ванна в 30° оказалась, недействительной; напротив, благоприятно действовала температура $35-40^{\circ}\text{C}$.

в) *Глубина покоя.* У сирени уже в июле, т. е. задолго до осеннего листопада, можно было заметить определенное влияние теплой ванны на заложенные и предназначенные для следующей весны почки, они трогались в рост. Напротив, автор не мог при-



Рис. 81. *Syringa vulgaris*. Левый экземпляр подвергался действию теплой ванны, правый нет, оба стоят на свету. Через 40 дней после ванны левый был в полном цвету, правый—без выгонки—остался почти без изменений. (Оригинал).

менением теплой ванны заставить удлиниться и пылить сережки *Corylus* в сентябре, хотя они в конце октября уже достаточно хорошо, а в ноябре, декабре даже превосходно выгонялись. У *Aesculus* и *Fraxinus* теплая ванна не действовала ранней осенью, но она действовала в декабре и январе, в особенности, когда вода для ванны применялась несколько более теплая: $35-40^{\circ}\text{C}$.

При приближении периода покоя к концу постепенно уменьшается благоприятное действие ванны на те растения, которые раньше легко можно было этим путем заставить развиваться. Так теплая ванна в феврале действует на некоторые растения задерживающим образом: на мужские сережки *Corylus*, на некоторые виды *Salix*, на листовые почки *Cornus alba*, между тем как до

ьтого ванна оказывала на них прекрасное действие. Очень трудный пагонок буки (*Fagus sylvatica*) и липы (*Tilia parvifolia*), у них ванна дает хорошие результаты только в течение короткого периода времени, перед началом нормального роста.

Приложенные рисунки иллюстрируют влияние теплой ванны на растения. Рис. 81 показывает два экземпляра сирени. Крона левого экземпляра подвергалась действию теплой ванны 4 декабря 1907 года в течение 12 часов при температуре 31—37°C, экземпляр первый остался без обработки. Затем оба находились в теплице на свету при умеренной температуре 15—18°C. Через 40 дней после теплой ванны сирень была вся покрыта листьями и в цвету, между тем как экземпляр без обработки теплой ванной едва начинал трогаться в рост.

Рис. 82 показывает, что теплая ванна не только прекращает пе-



Рис. 82. *Corylus avellana*. (Орешник). Фотография показывает местное влияние ванны. Правая половина ветки имела теплую ванну и через 9 дней была в полном цвету, между тем как сторона, не имевшая теплой ванны (контрольная) осталась без изменений. (Оригинал.)



Рис. 83. Деревцо сирени. Правая половина подвергалась действию теплой ванны, левая нет. Спустя 40 дней после ванны правая сторона в полном цвету, у левой почки только тронулись в рост. (Оригинал.)

риод покоя, но также и то, что ее действие строго локализовано. Только ветви, находившиеся в воде, развиваются, ветви же, не бывшие в воде, остаются без изменения. Так, 27 ноября 1907 г. была погружена в теплую ванну только половина кроны *Corylus*, только ее правая сторона. К 3 декабря, т. е. через 6 дней после ванны, сережки на правой стороне, подвергавшейся выгонке, были в полном цвету, пылили и имели среднюю длину от 5 до 7½ см,

между тем как сторона, необработанная теплой водой, не обнаружилла заметных изменений.

Рис. 83 представляет деревцо сирени; правая половина ее кроны была 17 ноября 1908 года подвергнута 12-часовой теплой ванне при t° 29—31 $^{\circ}$ C. Как видно на фотографии, которая была сделана 27 декабря, одна половина растения, имевшая теплую ванну, цвела, между тем как другая половина (без теплой ванны) имела только слегка набухшие почки.

Растения, у которых была обработана теплой водой только одна половина, имеют совершенно необычный вид, они показывают несколько независимо могут протекать физиологические процессы в соседних ветвях. Еще более поразительно, что на одной и той же ветви почка, подвергшаяся действию теплой ванны, испытывает такие изменения в обмене веществ, которые приводят ее к раскрыванию, между тем как необработанная соседняя почка остается в зимнем покое.

Весьма интересным представляется также факт, что влияние теплой ванны сохраняется неделями в скрытой форме. Если обработанную теплой водой ветвь *Corylus*, *Forsythia*, *Salix* и других растений после ванны выставить на открытый воздух, и оставить там при обычных температурах поздней осени и зимы в течение 1—6 недель и только затем доставить для выгонки, то такие растения ведут себя точно так же, как они вели бы себя, если бы они были поставлены в теплую оранжерею для выгонки непосредственно после ванны. Влияние ванны, однажды вызванное, сохраняется в течение продолжительного времени; оно остается скрытым. Эти данные, быть может, имеют также и практическое значение. Можно, если садоводство не желает само свои растения обрывать, делать это в другом месте, где теплая ванна для растений устраивается в заводском масштабе и затем получать оттуда растения в готовом для выгонки состоянии.

Практические указания по применению теплой ванны.¹ Если имеется в виду применение метода теплой ванны не в большом производстве и по возможности с небольшими затратами, то наиболее целесообразно обрабатывать растения, подлежащие выгонке, в обычной теплой оранжерее с помощью водяного отопления.

В настоящее время большинство оранжерей снабжены водяным отоплением, обычно в таких оранжереях имеется также один или несколько бассейнов, которые с помощью продолженной в них отопительной трубы легко могут быть нагреты до определенной температуры (рис. 84). Когда вода примет нужную температуру, в нее погружают только крону растения и оставляют на воздухе ком почвы с корнями, которые, вследствие их чувствительности, не следует обрабатывать. Затем покрывают весь бассейн досками или соломенными матами. При этих условиях температура воды падает за время опыта очень мало. Способ, как видно, в высшей степени прост, нужно только внимательно следить за тем, чтобы вода была не слишком теплая, иначе почки легко повреждаются. Особенная осторожность требуется для растений, которые еще не обрабатывались этим методом, а также при выгонке вечнозеленых,

¹ Molisch H. Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena, 1909.

т. е. облиственных растений, как напр. некоторых нежных сортов *Azalea indica*, так как их листья уже при 6-часовом пребывании в воде с $t^{\circ} 30^{\circ}\text{C}$ страдают вследствие затрудненного дыхания, и их верхняя сторона покрывается коричневыми пятнами.

Из важнейших в садоводстве растений, теплые ванны можно рекомендовать для сирени, *Forsythya*, *Azalea mollis*, *Spiraea palmata*, *Sp. japonica* и *Convallaria*.

Сирень для выгонки имеет исключительное значение, она разводится с этой целью в большом количестве и дает при методе теплых ванн прекрасные результаты.

Очень хорошие результаты дают также теплые ванны с ландышем (*Convallaria*). Проростки этого растения подвергаются в середине ноября действию 16-часовой теплой ванны при 31°C . Затем они покрываются мохом и ставятся в теплую оранжерею при температуре почвы в $20-25^{\circ}\text{C}$. Вскоре появляются очень ровные

всходы, которые дают сначала красивую листву, а в двадцатых числах декабря — прекрасно развитые цветочные кисти. Необработанные растения цветут позже и часто „сидят“.¹

В последнее время найдено, что можно различными способами выгонки вызвать также образование корней в период покоя.² Если, начиная с сентября и по ноябрь включительно, взять ветви *Salix*, *Populus*, *Philadelphus coronarius* и *Viburnum opulus* и так обработать их теплой ванной или дымом от бумаги или табака (см. дальше), как это обычно делается при выгонке листовых и цветочных почек, то у обработанных таким образом ветвей побочные корни возникают обычно значительно раньше,

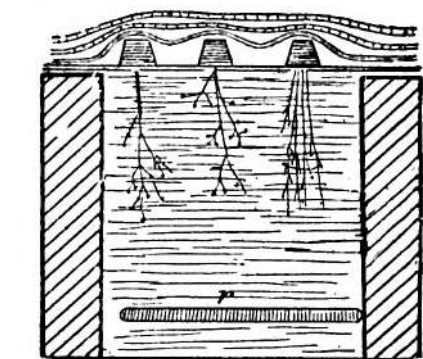


Рис. 84. Бассейн с отопительной трубой (r). Внизу отопительная труба, вверху на перекладинах поставлены опрокинутые цветочные горшки, над ними соломенные маты (s). (Оригинал).

чем у необработанных контрольных веток. Следовательно, возможно выгонять не только листовые и цветочные почки, но также зачатки побочных корней. Отсюда вполне вероятно, что многократно установленная у древесных растений периодичность в росте корней не всегда бывает вынужденной, т. е. обусловленной неблагоприятными условиями для роста, но в некоторых случаях зависит от внутренних причин, так же как, развитие почек у наших деревьев и кустарников.

Другие способы выгонки.³ В последнее время стали известными еще и другие способы выгонки, о которых здесь следует бегло

¹ Подобные же данные сообщает L ö b n e r. In der „Flora“ Kgl. sächs. Ges. f. Bot. u. Gartenb. 12, 13 Jg., p. 117.

² Molisch H. Ueber das Treiben der Wurzeln. Sitzber d. Wiener. Akad. d. Wissenschaft. Mathem.-naturw. Kl. Abt. I, 1:6 Bd., 1917, p. 11.

³ Burgerstein. A. Fortschritte in der Technik d. Treibens der Pflanze. Progressus rei botanicae. 4 Bd, 1911.

упоминуть, хотя до сих пор они не приобрели в практике большого значения.

Вебер¹ сделал интересное наблюдение, что почки, в основание которых втыкалась игла шприца и производилась инъекция обыкновенной водой, пробуждались от покоя и распускались. Почки сирени и липы можно таким путем легко подвергнуть ранней выгонке так, что они на три недели опережают в развитии почки неповрежденные. При этом способе имеет значение главным образом поранение, однако возможно, что впрыскивание воды также не проходит бесследно. Открытие Вебера стоит в согласии с фактом, что поранение очень часто вызывает рост. Достаточно напомнить об образовании раневой пробки, каллуса² и опыты Иоста,³ который путем поранения вызывал камбиальную деятельность в период покоя.

Недавно Вебер⁴ показал также, что период покоя у ветвей и различных горшечных растений может быть существенно укорочен выдерживанием их в течение 48 часов в воздухе, сильно загрязненном ацетиленом. Он надеется, что этот способ может также найти применение в практике.

По Веберу, выдерживанием в бескислородной среде (в атмосфере азота, углекислоты, водорода) или обработкой веществами, затрудняющими дыхание (аммиаком, формальдегидом или цианистым кали), можно также прервать состояние покоя.

Иезенко⁵ показал, что впрыскиванием разбавленных растворов спирта и эфира в отрезанные ветви различных древесных растений, а также выдерживанием ветвей в разбавленных растворах спирта и кислот можно также заставить покоящиеся почки развиваться.

Излучение препаратов радия⁶ также обладает способностью прекращать в определенной стадии (в ноябре, декабре) период по-

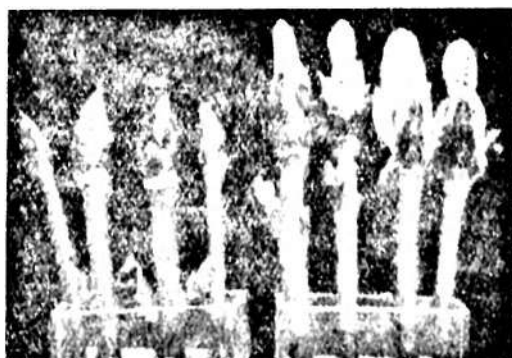


Рис. 85. Влияние эманации радия на побеги *Aesculus hippocastanum*. Побеги влево были в чистом воздухе, вправо подвергались действию эманации в течение 24 часов. Сфотографировано спустя один месяц после начала опыта. Обработанные эманацией почки распустились, контрольные почти не изменились. Опыт был сделан в начале декабря.

¹ Weber F. Ueber die Abkürzung der Ruheperiode der Holzgewächse durch Verletzung der Knospen u. s. w. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. I. Wien. Abt. I, 1911, Bd. CXX, p. 179.

² Küster E. Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, p. 153.

³ Jost, L. Bot. Ztg. 1893, p. 102.

⁴ Weber F. Ueber ein neues Verfahren, Pflanzen zu treiben. Azetylenmethode, Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. I. Wien. Abt. I, 125 Bd., p. 190 (1916).

⁵ Jesenko, Fr. Einige neue Verfahren, die Ruheperiode der Holzgewächse abzukürzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1911, Jg. 29, p. 273; 1912, Jg. 30, p. 81.

⁶ Molisch H. Ueber das Treiben von Pflanzen mittels Radium. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. I. Wien. 1912, Bd. CXXI, p. 121.

кой зимних почек различных древесных растений. Лучшее, чем твердые препараты радия, действует непрерывно возникающая из них газообразная эмманация.

Также с помощью рентгеновских лучей у сирени можно сократить период покоя.¹

Имеются также некоторые наблюдения, которые показывают, что и свет может оказывать видимое влияние на покоящиеся почки. Уже Иост² нашел, что свет важен для распускания почек красного бука. Молиш³ доказал то же самое для сирени и одной садовой формы *Prunus chamaecerasus*.

31 декабря 1908 года Молиш поставил ветки этого растения в оранжерею: на свету и в темноте. Через 25 дней стоявшие на свету ветки раскрыли цветочные почки, а у стоявших в темноте едва можно было заметить начало развития. Также у *Prunus avium*, *P. spinosa* и *Cornus alba* в начале февраля можно было заметить определенное благоприятное влияние света на развитие.

В недавнее время Клебс⁴ сделал открытие, что зимние почки бука (*Fagus silvatica*) можно привести к раскрытию достаточно сильным непрерывным электрическим светом. Это тем более замечательно, что именно выгонка бука даже при помощи лучших из всех известных способов представляет большие трудности.

В ящике из белой жести (82 см высотой, 94 см длиной и 75 см шириной), открытом спереди во всю высоту, были повешены лампы Осрам, которые давали свет интенсивностью в 200 свечей.

Для других опытов служила темная комната, которая была освещена лампой накаливания с металлической нитью в 1000 свечей. Температура была в среднем около 22—23° С.

Поставленный 11 сентября 1913 года на свет (200 свечей) горшечный экземпляр бука показал 21 сентября удлинение, а 5 днями позже уже распускание почек. Примерно через месяц после начала опыта из 48 почек распустилось 32. Когда это растение было поставлено в холодную оранжерею, рост тотчас остановился, образовались покоящиеся почки, и когда растение 25 декабря было снова поставлено на свет (2000 свечей), оно образовало вторичную листву, а в середине марта развились осевые почки второй выгонки для третьей листвы.

Эти и многие другие опыты Клебса доказывают, что бук непрерывным освещением может быть выведен из состояния покоя. Клебс, однако, утверждает, что ни для одного из исследованных им растений свет не имел такого большого значения для выгонки, как для красного бука; исключение, быть может, составляет *Caprinus betulus*, но это растение нуждается еще в более детальном исследовании.

Зимой 1914/15 года автор наблюдал, что ветви конского каштана (*Aesculus hippocastanum*), которые пользовались в оранжерее днем

¹ Weber F. Frühreiben ruhender Pflanzen durch Röntgenstrahlen. Biochem. Zeitschr. Berlin. p. 495.

² Jost L. Ueber Beziehungen zwischen der Blattentwicklung und der Gefäßbildung in der Pflanze. Bot. Ztg. 1893, p. 108.

³ Molisch H. Ueber ein einfaches Verfahren u. s. w. II T., I. c., p. 653.

⁴ Klebs G. Ueber das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche, Abhandl. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Math.-naturw. Kl., 1914, 3. Abhandlung.

обычным рассеянным дневным светом, а ночью в течение 13 часов светом электрической лампы с металлической нитью в 200 свечей на расстоянии 100 см, тронулись в рост на 2—3 недели раньше, чем соответствующие контрольные экземпляры, которые пользовались только дневным светом. То же самое наблюдалось у сирени и *Atlantus glandulosa*. Все это, а также уже описанные раньше опыты с влиянием света на сирень, приводят к заключению, что влияние света на период покоя у растений не ограничивается только буксом, но, весьма вероятно, распространяется еще на многие другие растения.

Недавно Молиш¹ показал, что дым представляет собою очень хорошее средство для выгонки. Если ветви различных древесных растений, находящиеся в состоянии покоя, поставить в закрытое помещение, которое наполнено дымом, и оставить там на 24 часа, а затем держать в теплой оранжерее на свету, то „окуранные“ ветви трогаются в рост часто на 1—3 недели раньше, чем неокуранные, контрольные растения. Этот способ выгонки дал хорошие результаты с сиренью, *Rhus typhina*, *Forsythia* sp., *Corylus*, *Aesculus*, *Cornus*, *Spiraea* и др.

Способ получения дыма не имеет существенного значения, и можно пользоваться как табачным дымом, так и дымом, от горящей бумаги или опилок. При небольших опытах, напр. под стеклянным колпаком, лучше дымление производить, сжигая бумагу, или пользоваться табачным дымом, при опыте же в большом масштабе, например, для заполнения дымом ящика или небольшой оранжереи лучше пользоваться дымом от горящих опилок.

Какое вещество или какие вещества сложной газовой смеси, которую мы называем дымом, действуют как фактор, побуждающий к развитию, в настоящее время еще неизвестно. Возможно, что главную роль играют ацетилен и этилен.

Наблюдения автора говорят за то, что дымление может оказать садовнику ценные услуги, так как этот способ также, как метод теплых ванн, отличается крайней простотой и дешевизной. Поэтому садовникам наверное желательно подробнее узнать, как практически провести выгонку с помощью дымления.

Прежде всего необходимо подыскать подходящее помещение, в котором можно было бы производить дымление. Для этого может служить ящик с задвижной дверцей, камера, уборная, кочегарка или небольшая свободная оранжерея, если, конечно, эти помещения плотно закрываются и не позволяют дыму улетучиться.

Если требуется выгонять горшечные культуры сирени, то их вносят в помещение для окуливания, и ставят на землю или стеллаж, а затем наполняют помещение дымом.

В качестве материала для дымления можно рекомендовать почти ничего не стоящие опилки. Опилки насыпаются в достаточном количестве на смятую газетную бумагу в небольшую печку для угля и затем зажигаются. В общем эта операция похожа на применяемое в садоводстве окуливание оранжерей табачным дымом для уничтожения листовых вшей на розах и пеларгониях. Печь

¹ Molisch H. Ueber das Treiben ruhender Pflanzen mit Rauch. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Abt. I, 125 Bd., 1916, p. 141.

должен стоять у двери, чтобы рабочий, как только он зажжет спички и начнется дымление, мог быстро выйти из помещения, заполняемого дымом. Прикрыв за собой не плотно дверь, он может через небольшую щель регулировать дымление и, наконец, совершенно прекратить его.

Как правило, нужно получать столько дыма, чтобы все помещение было заполнено густым белым облаком, а растения были бы совершенно невидны. Это достигается при хорошем дымлении в течение 10—30 минут. Затем, не открывая излишне дверь, печь убирают, замыкают дверь, и оставляют растения в дыму от 24 до 48 часов.

Спустя два часа дым становится незаметным, однако это не значит, что он более уже не действует и что растения можно вынимать непосредственно после его рассеяния. Это было бы ошибкой, так как не нужно забывать, что в действительности частицы дыма не исчезли, но только осели и находятся в виде мельчайших капелек на растениях, стеллаже, стенах и на полу, т. е. на всех поверхностях внутри помещения. Эти капельки жидкости содержат различные летучие вещества, которые испаряются и действуют на растения.

После этого растения выносят на открытый воздух, чтобы приставшие частицы дыма могли улечься, и затем ставят их в оранжерею для выгонки и ухаживают за ними дальше обычным путем.

Очень хорошие результаты получил Гасснер при выгонке растений с помощью газообразной синильной кислоты. Опытные растения подвергались действию газа в течение 1 часа, затем выдерживались $\frac{1}{4}$ часа на открытом воздухе для улечься следов газа и затем переносились в теплую оранжерею. При этих опытах получалась хорошая выгонка не только ценных в садоводстве растений, но и таких древесных пород, как бук, дуб, ольха и других, трудно поддающихся выгонке.¹

Число веществ, способных пробуждать покоящиеся растения (назовем их стимуляторами) оказалось значительно больше, чем можно было предполагать, так как по Молишу этой способностью в большей или меньшей степени обладают — светильный газ и пары: тимола, хлоралгидрата, камфоры, нафталина и ацетона. Однако, для практики эти вещества не имеют значения.

ТЕОРИЯ ВЫГОНКИ. Каким образом эфиризация, теплая ванна, поранение и другие способы выгонки заставляют покоящиеся почки распускаться? Что происходит в почках?

Рассмотрим сначала действие теплой ванны. При этом способе не только изменяется температура почки, но также действует на растение целый комплекс новых условий: более высокая температура, затрудненное дыхание под водой, продолжительное соприкосновение с теплой водой, вызывающее набухание клеточных стенок и клеточного содержимого. Как автор в свое время² более подробно разъяснял, одна только повышенная температура недо-

¹ Gassner G. Neue Untersuchungen über Frühlitreiben mittels Blausäure. Zell-Stul. Forsch. herausgeg. v. W. Popoff und W. Gleisberg, 1926, 2, 1—46.

² MoUisch H. Ueber ein einfaches Verfahren u. s. w. II T., 1 c., p. 681.

статочна для выгонки, так как в период глубокого покоя теплая ванна обычно не может быть заменена соответствующей воздушной ванной; вероятно, продолжительное соприкосновение с теплой водой дает раздражение, которое вызывает в почках такие процессы, которые приводят к выгонке.

Бореш¹ сделал интересное наблюдение, что ускоряющее действие теплой ванны на распускание зимних почек обычных древесных растений можно заменить действием вакуума такой же продолжительности при 30° С и 50 мм ртут. Одна повышенная температура (30° С или вакуум в 50 мм ртут. при комнатной температуре) оказывает только весьма слабое действие.

По Борешу выгонка получается в результате действия создаваемого теплой ванной недостатка кислорода при повышенной температуре. При усилившемся под влиянием высокой температуры дыхании покоящиеся почки страдают под водой от недостатка кислорода, в них происходит накопление не вполне окисленных веществ, которые по Борешу должны привести к распусканию почек. На основании его данных можно предполагать, что действие теплой ванны нужно отнести за счет возникающего в почках во время купания ацеталдегида, которому приписывается такое же ускоряющее действие, как и теплой ванне.

Недавно Ганстеен² высказал интересную мысль, что теплая ванна должна действовать сильно разжижающим образом на поверхностный фосфатидный слой плазмы и что покоящееся состояние клеток вызывается периодически наступающим уплотнением этого коллоидального слоя.

Имеют ли различные способы выгонки специфическое, сходное или одинаковое действие, в настоящее время мы не знаем. Из исследований Иоганнсена видно, что эфиризация вызывает превращение крахмала в сахар и распад азотистых органических веществ, подготавливая для почек необходимые строительные вещества.

Имеет ли это также место при теплой ванне и других способах выгонки, нужно в дальнейшем исследовать с точки зрения поведения ферментов.

Гасснер³ так же, как и Ф. Вебер, считает, что пробуждающее действие применяемых для выгонки средств можно рассматривать как результат слабого повреждения внутреннего строения клетки, и это он приписывает не только синильной кислоте, но всем вообще средствам, употребляемым для выгонки.

Как видно, мнения о действии способов, применяемых для выгонки — достаточно разноречивы, и нужны дальнейшие исследования, чтобы получить в этом вопросе полную ясность.

Основывается ли состояние покоя на внешних или внутренних наследственных причинах, этот вопрос до сих пор не решен. Большиство (Берthольд, Друде, Иост, Иогансен, Магнус, В. Пфедфер, Симон, Негер, Шпет, Фолькенс, Вебер и др.) считает, что

¹ Boresch K. Zur Analyse der frühtrübenden Wirkung des Warmbades. Biochemische Zeitschrift. Berlin 1924, p. 313. I, II (1926, p. 466) u. III 1928 p. 180.

² Hansteen Cranner, B. Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebend r Pflanzenzellen. Meldinger fra Norges Landbrucks hoijskole. Bd. 2. Heft 1—2, p. 145.

³ Gassner G., l. c.

ритм периодичности, обнаруживающийся у большинства местных тропических растений, обуславливается внутренними причинами. Предполагают, что регулярная смена времен года или других факторов действовала в течение тысяч лет на растения, и что возникшее в результате этого последствие привело, наконец, к наследственной периодичности.

По Клебс¹, однако, находит, что периодические изменения в развитии во всех случаях возникают в результате взаимодействия растения с внешней средой и что состояние покоя почек, клубней и других органов есть только вынужденное состояние; оно обусловлено внешними факторами.

Фолькенс² и Клебс проследили соответствующие условия также в тропиках, но пришли к принципиально различным представлениям. По Фолькенсу нельзя обойтись без внутренних причин, по Клебсу и Лакону периодичность зависит только от внешних условий, а наследственно закреплена только специфическая структура плазмы со всеми ее многочисленными способностями (потенциями).

Нельзя отрицать того, что число растений, у которых можно искусственным путем прервать различными средствами покой, становится все больше и больше, и в последнее время Клебс мог заставить даже бук, у которого покой считался особенно глубоким с помощью непрерывного освещения распускать почки и расти почти без перерыва в течение долгого времени. У бука покой обуславливается кроме низкой температуры еще незначительной интенсивностью света осенью и зимой. Слишком слабое освещение зимой обуславливает вынужденный покой почек бука.

Подобное этому Гейнрихер³ нашел у семян омелы. В большинстве случаев ягоды омелы (*Viscum*) содержат по одному семени, окруженному клейкой мякотью плода. Если положить семя в апреле месяце на деревянную полочку, на стеклянную пластинку или на живую ветвь, то оно легко прорастает. Но если проделать тот же опыт осенью или в середине зимы, то семя обычно не прорастает. Однако, Гейнрихеру удалось заставить семена *Viscum album* прорасти уже на третий день тем, что он подвергал их в почти насыщенном водяными парами пространстве действию непрерывного электрического освещения в 1500 свечей. Эти данные говорят против признания у семян омелы периода покоя, обусловленного внутренними причинами. Период покоя, продолжающийся в природных условиях 5 месяцев, вызывается не внутренними причинами, но внешней средой.

Однако, даже если согласиться с тем, что у бука и других древесных растений, а также у семян, клубней и луковиц покой

¹ Klebs, G. Ueber die Rhythmik in der Entwicklung der Pflanzen. Sitzber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Math. nat.-u. w. Kl. 1911, 23 Abhandlg. Derselbe. Ueber die periodischen Erscheinungen troischer Pflanzen. Biol. Zbl. 1912, p. 257.

Derselbe. Ueber das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche. Abhandl. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., 3 Abhandlg. 1914.

Derselbe. Ueber das Verhältniss vom Wachstum und Ruhe bei den Pflanzen. Biol. Zbl. 1917, Bd. 37, p. 373-415.

² Volkens G. Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen. Berlin, 1912.

³ Heinricher, E., Ueber den Mangel einer durch innere Bedingungen bewirkten Ruheperiode bei den Samen der Mistel (*Viscum album* L.). Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. I, Wien. Abt. I, 125. Bd., 1916, p. 163.

называется внешней средой, то покой многочисленных деревьев и тропических областях с ровным климатом в настоящее время еще не может быть удовлетворительно объяснен.

На Яве имеется много деревьев, которые совершенно сбрасывают свою листву к известному сроку, остаются от двух дней до двух месяцев голыми и затем снова ею покрываются. Листопад и новое развитие листвы может у одного и того же вида происходить от 1 до 3 раз в год. Можно было бы возразить: хотя климат Явы, и особенности в отношении температуры очень ровный, но количество осадков в течение года там так распределено, что наблюдаются сухие и влажные периоды, не всегда впрочем, ясно различимые. Поэтому вполне возможно было бы предположить, что периодичность листопада и нового развития листвы зависит на Яве от сухих и дождливых периодов. Но Фолькенс,¹ который это обстоятельство особенно принял во внимание, не нашел никакой зависимости между листопадом и периодами с разным количеством осадков. Какие внешние условия могут там определить периодичность? Если не смена дождей и засухи, то какими же еще внешними условиями остается объяснить смену роста покоем, в то время как интенсивность света и температура там в течение года ровная, и питательные вещества в почве остаются без изменений? До тех пор, пока на этот вопрос не будет дано удовлетворительного ответа, основанного на убедительных опытах, нельзя утверждать, что периодичность в жизни растения во всех случаях зависит только от внешних условий.

Клебс считает, что если при постоянных внешних условиях деревья в тропиках все же имеют период покоя, то это вызывается тем, что дерево там вырабатывает неограниченное количество углеводов, между тем как количество доступных для него питательных солей остается ограниченным; в результате этого возникает несоответствие между органическим и неорганическим питанием. Кроме того, в результате накопления углеводов, ферменты должны стать недействительными. Однако, это пока что лишь предположение, которое еще экспериментально не обосновано.

К сожалению, здесь не представляется возможным ближе рассмотреть различные опыты, которые проведены для выяснения воздействий различных веществ и разных способов выгонки на покоящиеся растения, можно лишь указать на критические и ценные соображения Вебера.²

Хотя нельзя отрицать, что мы только приступили к созданию теории выгонки, однако, нужно все же признать, что в последнее время достигнуты в области практической выгонки огромные успехи. Теперь возможно, например, в апреле иметь цветущими и плодоносящими весенние, летние, осенние и зимние растения, т. е. растения, которые при нормальных условиях цветут и плодоносят в различное время года. Почти на протяжении всего года можно иметь теперь цветущие фиалки, ландыши, сирень и неко-

¹ Volkens, C., l. c., p. 99.

² Weber, F., Studien über die Ruheperiode der Holzgewächse. Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Mathem.-naturw. Kl. Abt. I. Bd. 127. 1918, p. 57.

торые лилии. В одном из своих докладов¹ автор 11 лет тому назад сказал — и это, в связи с новыми опытами Клебса по выгонке лука путем продолжительного освещения:

«Если бы интенсивность света осенью и зимой в средней и северной Европе не была так мала, и если бы день не был так короток, то можно было бы с успехом применить выгонку еще ко многим другим растениям, которые нуждаются для развития своих цветов в относительно большем количестве света. Здесь, быть может, когда-нибудь поможет электротехника. Если в будущем она даст нам для садоводства дешевый свет достаточной интенсивности, тогда выгонка растений сделает новые успехи: в зимнее время, когда снаружи все будет в снегу и во льду, когда деревья в лесу будут стоять в глубоком покое, мы будем, среди зимы, создавать себе в комнате весну и лето».

Листопад

С окончанием лета листья растений начинают изменять окраску, и лес радуется тогда наш глаз прекрасными цветными тонами. Скоро затем листья начинают опадать иногда быстро, иногда медленно, и в конце октября или в середине ноября в Средней Европе большинство лиственных деревьев стоят уже голыми.

Еще за несколько недель до листопада у основания листа, там, где лист прикрепляется к ветке, из имеющихся здесь дифференцированных тканей образуется меристема, клетки которой скоро переходят в постоянную ткань в так называемый «отделяющий слой». Клетки этого слоя округляются и в большинстве случаев без повреждения (с гладкими стенками) отделяются друг от друга. После этого лист остается связанным с веткой только сосудистыми пучками. В результате высокого тургорного давления, создаваемого клетками отделительного слоя, скоро и эта связь разрывается, и тогда лист падает на землю. Из этого видно, что осенний листопад есть не простое механическое отделение, вызываемое силой осенних бурь, но представляет собой жизненное явление.

Рис. 86. Молодой отделяющийся слой t в основании листового черешка *Plectranthus fruticosus*, прерываемый в центре сосудистым пучком h . (Увел. 50.)

Осенний листопад тесно связан со сменой теплого и холодного времени года, и ритмичность жизни растений в нашей зоне очевидна даже несведущему человеку. Однако, было бы неправильно думать, что листопад не существует в тропических местностях, где климат не испытывает в течение года значительных изменений. Из исследований Райта, Фолькенса, Динглера, Клебса и других видно, что и в тропиках периодический листопад пред-

¹ Molisch, H., Warmbad und Pflanzentreiberei. Populäre biologische Vorträge. Jena 1920, p. 71.

стapляет также частое явление. Если в Европе явление смены листвы можно легко наблюдать, то в тропиках, напр. в Западной Инне, оно представляет в высшей степени сложную картину. Это основывается отчасти на том, что там различные деревья ведут себя различно, и даже ветки одного и того же дерева обнаруживают неодинаковое состояние.

По Фолькенсу¹ большинство деревьев Западной Явы вечнозеленые. Они сбрасывают свои листья или постепенно в течение всего года, или листопад происходит у них периодически, обычно так, что при развитии нового побега предпоследний сбрасывает свои листья. В таких случаях мы имеем по возрасту два поколения листьев. Некоторые деревья, однако, могут иметь одновременно три и больше поколений листьев. В последнем случае периодически наступает опадение всех листьев, за исключением только серии самых молодых.

Но в тропиках существуют также и такие деревья, которые в результате листопада в некоторые периоды совершенно оголяются, оставаясь в таком виде от двух дней до двух месяцев. В тропиках у растений, в противоположность нашим местным растениям, период покоя может повторяться в течение одного года 2—3 раза.

Шимпер², Райт³, Клебс и Фолькенс наблюдали в тропиках на Яве и в Индии⁴ (и это подтверждается наблюдениями автора), что у некоторых деревьев различные ветви одного и того же индивидуума переходят в период покоя в различное время. В тропиках в отношении листопада имеется своего рода индивидуальность ветвей, которая может оказаться связанной с индивидуальностью ветвей в отношении цветения. Такого рода явления, во всяком случае, говорят за то, что периодический листопад зависит не только от внешних, но также и от внутренних условий.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ листопада многосторонне. Осенний листопад представляет весьма целесообразное приспособление к смене времен года. Если бы лиственные древесные растения сохраняли свои листья и зимой, то они должны были бы, в результате значительной транспирации, скоро завянуть и засохнуть, так как корни не могут получить нужного количества воды из холодной почвы. Даже у хвойных, у которых хвоя снабжена различного рода приспособлениями для уменьшения транспирации, случается иногда массовое опадение хвои. В таком случае говорят об „осыпании“.

Затем, как могли бы лиственные деревья со своими широкими листьями выдержать давление снега? Если бы листва оставалась на дереве также и зимой, то на ней накапливалась бы такая масса снега, что ветви бы ломались.

Листопад представляет также для растения прекрасное средство удалить те вещества, которые мы называем отбросами, т. е. те,

¹ Volken s, G. Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen. Berlin. 1912.

² Schimper A. F. W. Pflanzengeographie usw. 1898. p. 265.

³ Wright H. Foliar periodicity of endemic and indigenous trees in Ceylon. *Annals of the Royal Botanic Garden Peradeniya*, Bd. 2, 1914.

⁴ Molisch H. Als Naturforscher in Indien. Jena 1930. p. 32.

которые не могут найти никакого применения в обмене веществ. Это относится не только к осеннему листопаду, но также к листопаду и тропиках. Листья транспирируют, отдавая в течение всей своей жизни воду; вместе с водой листья получают и минеральные соли. Если теперь эти соли будут не полностью переработаны или если минеральные соли получаются как отбросы при обмене веществ, то они все больше и больше накапливаются в клетках. Поэтому нет ничего удивительного в том, что мы в опадающих листьях находим чрезвычайно большое количество кремниевой кислоты, углекислой и щавелевокислой извести. Если лист становится очень старым, то он постепенно, так сказать, „минерализуется“ и становится негодным для выполнения своих функций.¹ Поэтому весьма целесообразно для растения время от времени удалять путем листопада ненужные вещества, подобно тому, как это происходит при отслоении коры.

НЕКОТОРЫЕ ПРИЧИНЫ ЛИСТОПАДА. Было показано, что период покоя у растения можно различными способами передвинуть, укоротить или совершенно исключить. Точно так же можно вызвать листопад у растений в совершенно необычное время: 1) путем подавления² или усиления³ транспирации; 2) путем ограничения всасывания воды; 3) недостатком света; 4) табачным дымом, светильным и другими вредными газами и парами; 5) путем застоя воды в почве и 6) другими влияниями,⁴ напр. морозом и поранениями.

Так как этот вопрос очень важен для садовников, то следуем на нем остановиться несколько подробнее.

а) Транспирация и недостаточное водоснабжение. Если осенью, когда листья еще прочно сидят на деревьях, поставить в стакан с водой ветки сирени, *Robinia* и др., покрыв их стеклянным колпаком, погруженным краями в воду, то примерно через 8 дней листья опадают, главным образом, в результате подавления транспирации. То же самое можно наблюдать на горшечных растениях, перенесенных сразу с открытого воздуха, где они привыкли сильно транспирировать, в оранжерею, воздух в которой в достаточной степени насыщен водяными парами.

Удивительно, что опадение листьев наблюдается также и при неожиданном сильном нарастании транспирации. Растения, которые привыкли к очень влажному воздуху оранжерей и при этих условиях развили свои листья, будучи перенесены из влажной атмосферы оранжереи в более сухую комнатную, сбрасывают, часто в короткий промежуток времени, значительное количество или даже все свои листья.

То же самое может наступить, если растения с опадающей листвой, долго не поливать и довести до завядания, а затем сразу обильно полить и обрызгать водой. При этом, для того чтобы действительно получить сбрасывание листьев, завядание их не должно идти слишком быстро, иначе они могут засохнуть. В очень

¹ Molisch, H. Die Lebensdauer der Pflanze. Jena 1929, p. 62.

² Wiesner, I. Untersuchungen über die herbstliche Entlaubung der Holzpflanzen. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. I. Wien, 1871.

³ Molisch, H. Untersuchungen über Laubfall. Ebenda 1886, Bd. XCIII, p. 148.

⁴ Molisch, H. Untersuchungen über Laubfall. Ebenda 1886, Bd. XCIII, p. 148.

короткий срок отделяющий слой не успевает образоваться в основании листа, и он остается висеть засохшим на стебле.

Что повышенная транспирация в связи с недостаточным водоснабжением может вызвать опадение листвы у многих растений, в этом легко убедиться на растениях, которые предпочитают влажную атмосферу, т. е. у растений теплых оранжерей. Для таких опытов подходящи: *Boehmeria argentea*, *Impatiens Sultan*, *Goldfussia isophylla*, виды *Croton*, а из растений прохладных оранжерей: *Azalea*, *Camellia*, *Evonymus*, *Fuchsia* и др. Когда 5 небольших, но сильных деревьев *Croton*, привыкших к влажному воздуху в теплой оранжерее, автор перенес в другую оранжерею с чистым сухим воздухом, листья образовали отделяющий слой, и спустя три недели все деревья были, в результате повышенной транспирации, почти совершенно без листьев.

Многие растения, любящие влажную атмосферу, могут сохранить свои листья также в относительно сухом воздухе, если только они очень постепенно будут приучены к нему. При таком закаливании, весьма искусно проводимом садовниками, первоначально нежные и мягкие листья становятся жесткими, транспирационные сопротивления сильно возрастают вследствие образования более толстой кутикулы и утолщения клеточных стенок. Растения приспособляются к новым условиям и затем прекрасно растут даже под открытым небом и при сильном освещении (*Begonia*, *Abutilon*, *Coleus*, *Ficus elastica* и др.).

Условия, подобные тем, что были в только-что описанных опытах, нередко встречаются также и на открытом воздухе, где они также ведут к преждевременному сбрасыванию листвы у древесных растений. Только высыхание почвы должно идти не слишком быстро и не слишком долго продолжаться, иначе наступает (по исследованиям Крауса¹ под действием летней засухи на древесные растения) не опадение, но полное высыхание листьев, в том числе засыхание и листового сочленения. Такие именно случаи бывают, когда древесные растения, находясь в тощей почве со скалистой подпочвой, при продолжительном отсутствии дождей подвергаются часто в течение месяца и больше действию сухих ветров и интенсивной инсоляции. При таких условиях листья завядают слишком быстро и отмирают, не успевая образовать отделяющего слоя. Это объяснение кажется автору правильным, потому что срезанные, лежащие на воздухе побеги сохраняют свои засохшие листья, между тем как при медленном завядании, в умеренно влажном воздухе, листва у них сбрасывается. Кроме того, явление летней засухи, как убедился автор, можно также получить и у горшечных культур (*Abutilon*), если поставить их в очень сухое помещение, где ком земли будет относительно быстро высыхать.²

Не требует особого упоминания, что и у древесных растений летняя засуха может вызывать образование отделяющего слоя и опадение листвы. Это явление Визнер³ описал как листопад, обусловленный жарой.

¹ Kraus G., Bot. Ztg. 1873.

² Molisch H. Untersuchungen über den Laubfall, I. c., p. 157.

³ Wiesner, J., Über den Hitzelaubfall. Ber. d. deutsch. Bot. Ges. 1904. Bd. 22. p. 501.

Если выкопать растения из почвы и пересадить в цветочные горшки, то также может наступить листопад. Садовники часто пересаживают *Abutilon*, мирты, фуксию из горшков в грунт, где они лучше развиваются, достигая в относительно короткое время значительной величины. Если затем эти растения пересадить снова в горшки, то, конечно, вся корневая система, в особенности важные для всасывания воды тонкие ее разветвления, будет сильно повреждена. Всасывая очень мало воды, пересаженные растения начинают, часто даже находясь во влажном помещении, завядать; если образование молодых корней задерживается, то они сбрасывают значительную часть своей листвы. Автор видел сотни мирт и много *Abutilon*, которые таким образом потеряли листву и бутоны.

Как быстро сбрасываются цветы и бутоны при высыхании почвы и усиленной транспирации, можно очень хорошо наблюдать на бегонии. Если бегонию (*Begonia tuberosa*), выращенную во влажной теплице, поставить, прекратив поливку, в комнату, имеющую ту же температуру, то уже в течение 6 дней все (28) цветы и бутоны осыпаются. При этом можно заметить, что все те факторы, которые вызывают листопад, обуславливают также и опадение цветов.¹

Так называемое „осыпание“, т. е. внезапное опадение хвои у молодых сосен, относится, вероятно (по крайней мере отчасти), к тому же роду явлений. Если селенцы сосны весной на солнце принуждены сильно транспирировать в то время, когда их корни находятся еще в холодной почве и мало поглощают воды, а слабо-развитая древесина обладает еще недостаточным запасом воды, то может произойти у них массовое опадение хвои. Нужно, однако, иметь в виду, что внезапное опадение хвои может быть вызвано также морозом или грибными заболеваниями.² Тогда говорят об осыпании не под действием засухи, но под действием мороза или грибных заболеваний.³

б) Застой воды в почве может также быть причиной листопада. Если горшечные растения в их обычных условиях местообитания поставить так, чтобы нижняя часть горшка была на несколько сантиметров погружена в воду, то иногда наблюдается частичное или полное опадение листвы. Почва при этих условиях закидает, корни повреждаются и отмирают, в результате растения получают настолько мало воды, что начинают завядать. Продолжительность периода, в течение которого растения теряют листья в сырой почве, зависит, вероятно, прежде всего от устойчивости корней к продолжительному избыточному увлажнению и от специфической транспирационной способности растения. Чем менее устойчивы корни, и чем больше отдача водяных паров листьями, тем скорее наступает листопад. Насколько различна устойчивость растений в этом отношении, ясно можно видеть на известных фактах, именно, что некоторые растения, напр. *Cyperus alternifolius*, *Richardia aethiopica* и виды *Nepenthes* именно тогда отлично развиваются, когда горшки частично погружены в воду.

¹ Harnig, E. Untersuchungen. über das Abstossen von Blüten unter dem Einfluss äusserer Bedingungen. Ztschr. f. Bot., 1913. Jg. 5. p. 417.

² Tubeuf, V. Studien über die Schüttelkrankheit der Kiefer. Arbeit. d. Biolog. Abteil. d. Kais. Gesundheitsamt. II. Heft. 1901.

³ Sorauer, P., l. c. p. 349.

в) Недостаток света очень сильно способствует листопаду. В опытах Молиша¹ у различных растений листья опадали в темноте при прочих равных условиях значительно скорее, чем на свету. Устойчивость к отсутствию света весьма различна: уже спустя 1—2 недели виды *Coleus*, *Impatiens balsamina*, некоторые бегонии и фуксии сбрасывают большинство своих листьев. Такие древесные растения, как *Azalea*, *Lantana* и *Evonymus* требуют для этого до трех месяцев. Вечнозеленые хвойные, напр. *Pinus laricio*, *Podocarpus* sp., *Taxus baccata*, а из лиственных *Laurus nobilis* могут сохранять свои листья в темноте в течение четырех и больше месяцев. Растения с опадающей листвой можно в отношении опадения листвы разделить на три группы. Очень чувствительны к отсутствию света растения, сильно транспирирующие, с мелкими

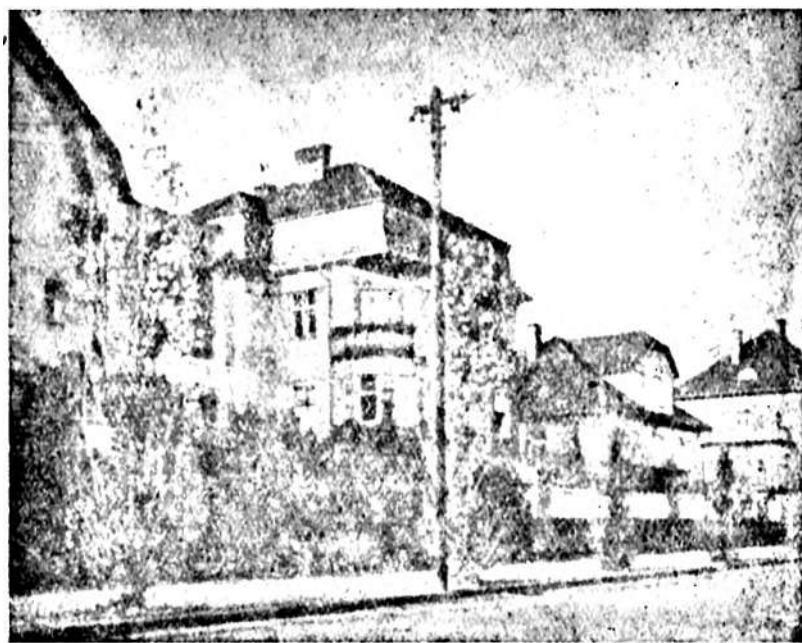


Рис. 87. Задержка электрическим светом осеннего листопада у тополя. Оба дерева поблизи фонаря еще в достаточной степени облиственны, деревья же, удаленные от фонаря (вправо), уже почти совершенно голы.

листьями (*Coleus*, *Fuchsia*), значительно слабее реагируют, мало транспирирующие растения с жесткими листьями (*Rhododendron*, *Azalea*, *Buxus*) и почти совершенно не чувствительными оказались хвойные (сосна, тисс), которые еще меньше расходуют воду.

Даже свет уличного фонаря может задержать листопад деревьев, как видно из рис. 87. Ночное освещение, вызывая ассимиляцию CO_2 , обуславливает лучшее питание и этим обеспечивается более продолжительная жизнь листа.²

¹ Molisch, H., l. c., p. 161.

² Это наблюдение сделано проф. Рихтером в Брюнне.

Фехтинг¹ показал, что листья, у которых подавляется ассимиляция углекислоты, получают расстройства, которые рано или поздно приводят их к смерти. Лист сморщивается или опадает. Поэтому очень вероятно, что в описанных опытах опадение листьев связано с нарушением ассимиляции.

2) *Табачный дым*. Прежде, чем перейти к рассмотрению влияния табачного дыма на листопад, нужно сделать некоторые замечания вообще относительно влияния табачного дыма на растения.



Рис. 88. Влияние табачного дыма на проростки фасоли (*Phaseolus vulgaris*). Вправо в чистом воздухе, слева в воздухе, к которому в начале опыта был пущен табачный дым (3 выдоха табачного дыма папирсы на 4½ литра воздуха). Продолжительность опыта 11 дней. Обращает внимание различие в длине и толщине стебля, а также различие в длине корней. Опыт был сделан при отсутствии света. (Ориг.)

nophorum не заметно никаких повреждений. У других, напротив, повреждающее влияние табачного дыма в высшей степени ясно проявляется: 1) искривлением листьев (*Boehmeria utilis*, *Impatiens Sultani*); 2) ненормальным разрастанием чечевичек на коре (в большинстве случаев в виде бородавчатых выростов; они служат для

Исследования Молиша² показали совершенно исключительную чувствительность растений как низших, так и высших к табачному дыму.

Табачный дым оказывает на многие проростки очень вредное действие. Проростки вики, гороха, фасоли, тыквы и других растений принимают от дыма табака ненормальный вид. Например, проростки вики (*Vicia sativa*) в опытах с влиянием табачного дыма в отсутствии света не сохраняют нормального направления роста, их стебель начинает расти горизонтально или косо, остается коротким, но делается толстым.

Для того чтобы показать задерживающее влияние табачного дыма на рост растения в длину, мы приводим рис. 88. Совершенно не требуется постоянно или многократно наполнять дымом опытное помещение (стеклянный колокол); вполне достаточно в замкнутое стеклянным колоколом пространство (емкостью 4 литра) пустить в начале опыта от 1 до 3 раз дым сигары или папирсы.

Не только проростки, но также многие взрослые растения сильно страдают от табачного дыма. У таких растений, как *Tradescantia guianensis*, *Selaginella Martensii*, *Tolmiea Menziesii*, *Eupatorium ade-*

¹ Vöchting, H. Über die Abhängigkeit des Laubblattes von seiner Assimilationsfähigkeit. Bot. Ztg. 1891, Jg. 49, p. 113.

² Molisch, H. Über den Einfluss des Tabakrauches auf die Pflanze. I. u. II. Teil. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. 1911, Bd. 120, p. 3 u. 1911, Bd. 120, p. 313.

газообмена); 3) задержкой образования антоциана и, наконец; 4) опадением листьев.

Многие растения в воздухе, загрязненном табачным дымом, часто необычайно быстро сбрасывают листья. Особенно быстро освобождаются от листьев бобовые, напр. *Mimosa pudica*, *Caragana arborescens*, *Robinia pseudacacia* и другие. Уже спустя 24—48 часов они полностью сбрасывают свою листву.

Если в мае, т. е., когда еще никакой склонности у растений к листопаду нет, срезать ветви *Caragana arborescens* и часть их поставить под стеклянный колпак в чистом воздухе, а другие в воздухе, загрязненном табачным дымом (3 выдоха), то в большинстве случаев в присутствии табачного дыма листья опадают уже через 48 часов, между тем как в чистом воздухе начинают опадать значительно позже.

Подобным же образом действует дым от бумаги, дерева, соломы, затем светильный газ, ацетилен и другие газы. По Найту¹ и Крокеру, повреждения вызываются не никотином, характерным для табачного дыма, но, по всей вероятности, присутствующим в дыме в незначительном количестве ацетиленом и в особенности этиленом.

Среди садовников достаточно широко распространен взгляд, что табачный дым безвреден для растений. Конечно, в оранжерее с растениями, устойчивыми к табачному дыму, садовник может курить ежедневно без заметного вреда для растений. Известно, что в оранжереях с пеларгониями и розами в целях борьбы с тлями применяют обильное окуривание, и растения совершенно не страдают.

Несмотря на все это автор предупреждает, что не следует слишком широко толковать мнение о безвредности табачного дыма; нет никакого сомнения, что для многих растений табачный дым даже в малом количестве вреден. Существуют растения, которые устойчивы к табачному дыму, и есть растения, которые весьма чувствительны к нему. Многие из последних не могут культивироваться в комнатах, лабораториях, гостиницах, витринах, вообще в помещениях, где растения часто и долго подвергаются действию табачного дыма. При таких условиях растения сбрасывают свои листья, а если листья сохраняются, то наблюдается ненормальное состояние листьев, искривления и слабый рост. Хотя в таких помещениях вредное влияние на растения оказывают еще различные другие факторы: недостаток света, пыль, светильный газ и сухость воздуха, однако, без сомнения, табачный дым играет среди них главную роль.

По той же причине нужно избегать ставить физиологические опыты в лабораториях, в которых воздух загрязняется табачным дымом. В таких условиях некоторые проростки (вики, гороха, чечевицы и др.) растут ненормально. Даже взрослые растения в таких помещениях могут страдать и обнаруживать различного рода ненормальности. Поэтому нужно экспериментировать по возможности, в хорошо проветриваемых помещениях и избегать загрязнения воздуха светильным газом, табачным дымом и другими вредными примесями.

¹ Knight, I. and Crocker, W. Toxicity of smoke. The Bot. Gazette, 1913. Bd. 55, p. 337.

Еще около двенадцати лет тому назад мы не имели ясного представления о вредном влиянии загрязненного воздуха в физиологических лабораториях на растения. Рихтер¹ в связи с работами Нелюбона и Молиша, показал вредное влияние загрязненного воздуха, и затем постоянно и весьма настойчиво об этом напоминал. Поэтому теперь все физиологи считаются с этим обстоятельством, и нужно надеяться, что садовники и любители также учтут этот фактор.

Вредное влияние дыма на состояние древесных растений в садах и парках больших городов часто весьма заметно. Многие кустарники и деревья, в особенности хвойные, не развиваются здесь хорошо. Причиной этого, помимо копоти, является загрязнение воздуха газами, образующимися при сгорании угля; они выбрасываются в воздух печными трубами домов и дымовыми фабричными трубами. При сгорании угля в дым переходят различные вещества: аммиак, сероводород, смолистые вещества, соляная кислота, серная кислота и копоть. Исследования загрязненного воздуха Лондона показали, что вредное влияние дыма обязано, главным образом, смолистым частям, кислотным газам и копоти.

Во всех описанных случаях растения защищают себя от дальнейших повреждений или стремятся, по крайней мере, свести их до минимума путем сбрасывания листьев. Сбрасыванием листьев растения защищают себя от слишком большого водного дефицита и завядания, регулируя таким путем водный баланс внутри своего тела. Нет сомнения, что здесь мы имеем дело с раздражением, которое иногда чрезвычайно быстро приводит к образованию отделяющего слоя.

д) Кроме уже рассмотренных причин листопад могут вызывать еще два фактора: *мороз* и *поранения*.

После первого значительного осеннего заморозка у некоторых деревьев (*Aesculus*, *Paulownia* и др.) наблюдается массовое опадение оттаявших листьев. Это явление известно уже давно, оно изучалось еще Молеи.² Во время мороза в основании листа, где его отделение уже подготовлено образованием отделяющего слоя, возникает прослойка льда, которая поддерживает связь между листом и стволом. Как только ледяная пластинка растает — лист падает.

Если большая часть или вся пластинка листа будет удалена, как это часто случается при работе с черенками, то растение через некоторое время освобождается от оставшегося листового черешка. Черешек без пластинки не имеет никакого значения для растения, он, как ненужный, сбрасывается.

До сих пор рассматривались различные факторы, которые способствуют листопаду. Динглер³ указал также на прием, задер-

¹ Richter, O. Über den Einfluss verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. I. Wien. 1906, Bd. 115, p. 265 — Vgl. auch dieselben Berichte 1912, Bd. 121, p. 1183.

² Mohl, v. H. Über die anatomischen Veränderungen des Blattgelenkes, welche das Abfallen der Blätter herbeiführen. Bot. Ztg. 1860, p. 15.

³ Dingler, H. Zum herbstlichen Laubfall. Forstwissensch. Zbl. Berlin 1902, Jg. 24, p. 195. Derselbe, Über das herbstliche Absterben des Laubes von *Carpinus betulus* an geschneideten Bäumen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, Bd. 24, p. 17.

живающий опадение листьев. Если обрезать, подстричь или обезглавить деревья (*Populus fastigiata*, *Carpinus betulus*) зимой, то они протянутся в рост весной часто на 6—8 недель позже и соответственно этому удерживают свои листья часто до зимы. Осенний листопад предполагает известный возраст листьев. Можно вообще сказать, что чем старше лист, тем легче он опадает. Так как поздноразвившиеся листья на обрезанных или обезглавленных деревьях находятся осенью в относительно молодом состоянии, то они не опадают осенью и погибают только после повторного замерзания.

То же самое Динглер показал на Цейлоне для тропических деревьев; ему удалось у ряда деревьев, нормально сбрасывающих ежегодно листья в засушливый период тропического климата, сохранить всю листву в течение жаркого сухого периода тем, что он обрезал деревья в октябре, т. е. удалил все листья и все молодые, покрытые почками, ветки. Такие деревья, развив новую листву, сохранили ее в течение всего сухого периода (февраль, март) между тем как необрезанные деревья в это время сбросили свою листву.¹ Следовательно, и у тропических деревьев возраст листьев играет также большую роль; если лист еще молодой и стойкий, то он не сбрасывается, несмотря на засушливый период.

Опадение цветочных почек, плодов и ветвей

Часто можно слышать жалобы, что цветочные почки различных растений неожиданно опадают в большом количестве. Особенно большие потери несут садовники, если это нежелательное явление наблюдается у камелий. Причиной опадения, как правило, является слишком сильное высыхание почвы или сухая жара. Если подача воды недостаточная, а транспирация в то же время благодаря сухости воздуха, велика, то у растений часто происходит массовое опадение цветочных почек, в особенности, если растениям после засушливого периода дать сразу воды и одновременно сильно повысить влажность воздуха. Недостаток воды побуждает к образованию отделяющего слоя у основания почки, а если затем наступает быстрая и обильная подача воды при затрудненной транспирации, то создаются условия для повышенного тургора и для обособления клеток в отделяющем слое. В результате исчезает последняя связь почки с материнским побегом, и почка опадает.

Природа ведет себя весьма расточительно при создании зародышей. Также имеется это стремление и у плодовых деревьев, но так как у айвы, яблوك, груш, слив и других деревьев плоды при хорошем их развитии достигают значительной величины, то дерево оказывается не в состоянии доставить для всех плодов нужное количество питательных веществ. Поэтому уже вскоре после цветения многие молодые плоды опадают, частью вследствие недостаточного питания, частью вследствие отсутствия оплодотворения их. Но плоды сбрасываются в большом количестве и позже, летом, когда наступает продолжительная засуха, подобно

¹ Dingler, Versuche über die Periodizität einiger Holzgewächse in den Tropen Sitzber. d. K. bayer. Akad. d. Wiss. 1911, p. 127.

приспособления живого организма к весьма высоким температурам. Некоторые водоросли, обитающие в горячих источниках, видимо выносят температуры $+57, 70, 85$ и даже до $+93^{\circ}\text{C}$.¹

Такого рода указания нуждаются, однако, в тщательной проверке, так как определения температуры не всегда проводятся с необходимой осторожностью и должной критикой. Так указывалось, что водоросли, которые развиваются в горячих источниках, бывших в Карлсбаде, живут при значительно более высокой температуре сравнительно с той, которую наблюдал автор. Там, где он в Карлсбаде находил вблизи горячих источников осцилярии и диатомовые водоросли, температура была $+49-50^{\circ}\text{C}$, но никогда не выше; то же самое он установил в мощном источнике на Яве на вулкане Gede. Здесь уже издалека можно видеть над источником белое облако водяных паров, и легко может создаться мнение, что источник должен иметь необычайно горячую воду. Тем не менее, термометр, при тщательном наблюдении, показывал в тех местах, где росли осцилярии, только 49°C . Относительно максимальных температур, которые выдерживают бактерии и водоросли в горячих источниках, можно найти указания в обстоятельных исследованиях Молиша² над живыми организмами, обитающими в горячих источниках Японии.

Тропические растения нуждаются для своего развития в более высоких температурах, чем растения нашего климата. Приведем только один пример: *Victoria regia*, известное южно-американское растение из сем. *Nymphaeaceae*, требует температуры воздуха 24°C и температуры воды $24-30^{\circ}\text{C}$.

Устройство наших холодных и теплых оранжерей направлено как-раз к тому, чтобы иметь в них различные температуры для выращивания растений с разнообразными потребностями в тепле.

Воздушно-сухие семена различных растений, а также некоторые мхи, лишайники, споры грибов и бактерий могут быть постепенно нагреты в течение нескольких часов до $80-100^{\circ}$; они могут даже выдерживать короткое время 120°C , оставаясь живыми. При еще более высокой температуре отмирают все растения, причем каждое из них имеет свою верхнюю температурную границу. Для растений существует также и нижняя температурная граница; к рассмотрению этого мы сейчас переходим.

1. Вымерзание растений при температуре немного выше 0°C

Под вымерзанием понимают повреждение или отмирание растений под влиянием низких температур или холода, замерзанием же называют образование льда в растении. Замерзание может причинять повреждения, но оно может и не вызывать его. Следовательно, о растении, которое замерзло, еще нельзя сказать, что оно вымерзло.

Некоторые растения вымерзают уже при температурах немного выше 0°C , т. е. при температурах, при которых льда внутри растения не могло быть. Нужно при этом различать два случая:

¹ Davis, Die Flora der heißen Quellen des Yellowstone parks. Scientia, 1897.

² Molisch, H. Pflanzenbiologie in Japan. Jena, 1926, p. 63—130.

Завядание растений при низких температурах

Если поставить растения табака, тыквы или фасоли в цветочных горшках в комнату с температурой от $+4$ до $+2^{\circ}\text{C}$, то листья у них скоро завядают. Если же температуру почвы в горшках нагреть до $+18^{\circ}$, а температуру воздуха вблизи листьев оставить ту же самую, то листья сделаются снова тургесцентными. Это явление можно объяснить так: когда температура почвы падает почти до нуля, корни теряют способность всасывать достаточное количество воды из почвы, между тем как листья продолжают при этих температурах относительно сильно транспирировать. Если листья сильно транспирируют, а корни всасывают мало воды и если это состояние будет довольно продолжительно, то растение завядает, а затем совсем погибает от высыхания. Что это отмирание есть результат чрезмерной транспирации и завядания—можно легко убедиться, если накрыть растения стеклянным колпаком и таким путем уменьшить или совершенно подавить транспирацию; тогда, несмотря на низкую температуру, растения не завядают.¹

Вымерзание растений при температурах выше 0° , при пониженной транспирации²

Существуют также растения, которые вымерзают при температурах немного выше 0° , при условии пониженной транспирации. *Espiscia bicolor* Hook (*Phisodeira bicolor*) из сем. *Gesneriaceae* представляет классический объект для таких опытов. Здоровые горшечные экземпляры этого растения переносят из теплой оранжереи в холодную и держат там при температуре около $+3^{\circ}\text{C}$; для подавления транспирации и лучеиспускания растения покрываются стеклянным колпаком, края которого погружают в воду, а сверху еще темной картонной коробкой. Растения при таких условиях оказываются поврежденными низкой температурой уже спустя 12—24 часа. Большинство листьев покрывается сначала светлыми большими пятнами, затем эти пятна становятся все больше и больше, зеленая окраска листа теряется, и лист делается бурым. Спустя четыре дня все листья буреют и отмирают, между тем как такое же растение в теплой оранжерее остается совершенно неповрежденным.

Можно опыты несколько видоизменить: напр. положить листья *Espiscia* в воду со льдом и наблюдать за тем, чтобы температура оставалась бы постоянной: 0°C или самое большое $+1^{\circ}\text{C}$. При таких условиях листья начинают изменять окраску уже через три часа, а через 24 часа все листья оказываются отмершими. Так же

¹ Sachs, I., Kristallbildungen bei dem Gefrieren usw. Gesammelte Abhandlungen I. p. 39.

В связи с этим стоит следующее явление. Некоторые субтропические и тропические растения очень плохо перезимовывают в теплых оранжереях. При неблагоприятной температуре они часто, под влиянием повышенной транспирации, сбрасывают свои листья или завядают. Автор, например, долго не мог добиться перезимовывания в отапливаемой оранжерее *Mimosa pudica* и *Ageratum mexicanum*. Растения обычно погибали. Но когда он покрыл молодые растения стеклянным колоколом, и таким путем поддерживал воздух во влажном состоянии, они даже в комнате росли очень хорошо.

² Mollisch, H., Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897 p. 55.

ведут себя другие тропические растения, приспособленные к высокой температуре; они отличаются друг от друга только по степени устойчивости. К таким растениям относятся: *Sanchezia nobilis*, *Eranthemum tricolor*, *E. Cooperi*, виды *Coleus*, *Achimenes* и многочисленные другие.

Даже покоящиеся клубни некоторых тропических растений (*Caladium*, *Begonia* и др.) должны сохраняться сухими в теплой оранжерее, так как при холодном хранении они легко страдают и отмирают.

Таким образом, твердо установлено, что многочисленные южные растения погибают при температурах немного выше 0° даже при устранении опасности высыхания и потери тепла путем лучеиспускания. Поэтому едва ли будет ошибочным считать, что вымерзание при температурах немного выше 0° (при ослабленной транспирации) зависит от нарушения нормального хода обмена веществ в клетке под влиянием низких температур.

2. Вымерзание замерзших растений

Несравненно большее значение, чем гибель растений при температурах выше 0°, имеет смерть растений в результате образования льда. Уже указывалось, что многие растения могут замерзать, оставаясь живыми, между тем как у других замерзание, т. е. образование внутри растения льда, приводит растения к гибели. Напр., маргаритка (*Bellis perennis*), полевой хрен, сосна и многие другие могут замерзать как камень, однако, после оттаивания они оказываются живыми.

К самым холодным местам на земном шаре относятся местности в Сибири между Якутском и Верхоянском, где температура может опускаться до -62 и -64°. Так как эти районы находятся в сибирской лесной полосе, то очевидно, что деревья могут переносить даже такие сильные морозы. По данным Шода споры плесневого грибка *Micor mucedo* не были убиты температурой -110°C; по данным Бекерель споры различных плесневых грибов переносили охлаждение в течение трех недель до -180° и в дополнение к этому 77-часовое охлаждение при -235°C. Некоторые диатомовые водоросли могут, по Пикте, быть охлаждены без вымерзания до -200°C. Тоже самое наблюдается у некоторых бактерий. Напротив: клубни картофеля, тыква, табачные растения, молодые листья ореха, винограда и сотни других растений всегда погибают, если окажутся замерзшими.

Замерзание неживых объектов, клеток и тканей

Чтобы получить более точное представление о процессе заморозания, полезно проследить этот процесс непосредственно под микроскопом, снабженным аппаратом для замораживания.¹ Если например, замораживать 2-процентный раствор желатины, то при замерзании происходит отделение чистой воды от желатины, при этом во многих местах возникают кристаллы льда, которые более или менее быстро отнимают воду от набухшей желатины и раз-

¹ Molisch, H. I. c. P. I.

рстаются за ее счет. Желатина все более и более обеспо-живается и остается, наконец, в виде сетки, в петлях которой паходятся кристаллы льда. Так же, как желатина, замерзает клейстер. Здесь также происходит отделение воды от клейстера, и взамен первоначально совершенно однородной, образуется губчатая масса, сетчатое строение которой остается и после оттаивания, так как клейстер после замерзания оказывается неспособным снова впитать столько воды, сколько раньше (рис. 89).

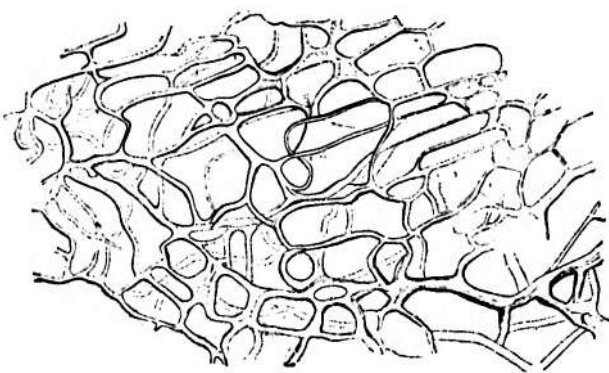


Рис. 89. Клейстер после замораживания и оттаивания. Увеличено около 300 раз. (Оригинал.)

При замерзании эмульсий

растворов красок и солей точно так же наступает отделение льда от суспендированных или растворенных веществ; так как клетки в значительной части состоят из коллоидов, растворов и эмульсий, то можно было уже на основании перечисленных наблюдений предполагать, что подобные же процессы имеют место и при замерзании клеток. Так оно и оказалось в действительности.

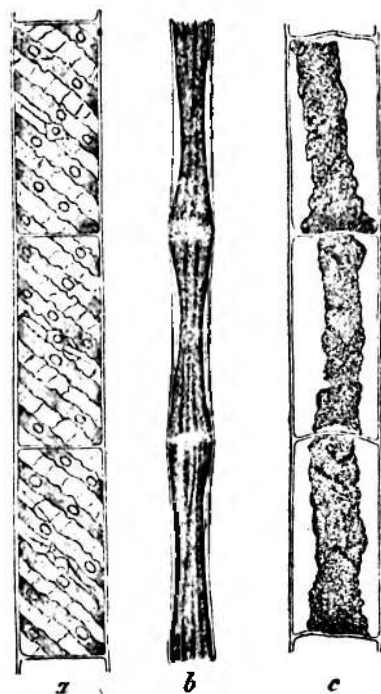


Рис. 90. Спирогира *a* до замораживания; *b* замерзшая, лежит во льду, клетки весьма сильно съезжились, внутри клеток льда нет; *c* после оттаивания, клетки снова набухли, протоплазма вместе с хлоропластом и ядром разрушена. Увеличено около 300 раз. (Оригинал.)

Водоросль спирогира, состоящая из бочкообразных, соединенных в одну нить клеток (рис. 90), замерзает, как можно наблюдать в микроскоп следующим образом. Сначала замерзает вода, в которой лежит водоросль. Кристаллы льда, как облака, появляются в поле зрения микроскопа; при обильном выделении крипузырьков воздуха ледяные кристаллы постепенно совершенно закрывают спирогиру. Если установить теперь микроскоп более резко на нить водоросли, то можно ясно наблюдать, как клетки в течение одной минуты или в еще более короткое время съеживаются, так как лед, окружающий клетки, сосет из них воду.

Нужно, однако, сказать, что клетки при замерзании не всегда

ведут себя подобно клеткам водоросли спирогиры. Можно различить три случая:

а) замерзание происходит так, как только-что описано у спирогиры, т. е. без образования льда в самих клетках. В таком, очень частом, случае вода выходит из клетки и замерзает на наружной поверхности клеточной стенки. При этом сильно съезжившиеся клетки часто бывают окружены плотно прилегающим слоем льда. Он образуется за счет воды, поступившей из клетки (спирогиры);

б) клетки действительно замерзают и затвердевают, т. е. лед образуется внутри клетки, как например, в клетках волосков тычинок *Tradescantia*;

в) в одной и той же клетке могут иметь место процессы, помеченные буквой а и б.

Каким бы образом клетки ни замерзали, они так же как и неживые объекты, всегда подвергаются весьма сильному обезвоживанию. Уже по количеству образующегося льда как внутри клетки, так и вне ее, а также по уменьшению объема всего протопласта или его отдельных частей видно, что происходит очень значительное, в некоторых случаях даже сильнейшее обезвоживание.

До сих пор речь шла о замерзании отдельных клеток. Теперь возникает вопрос: как ведут себя ткани при замерзании? Весьма распространено было мнение, что лед образуется всегда внутри клеток и что клетки вследствие этого разрываются и погибают. В действительности же лед образуется, в большинстве случаев, не в клетке, но вне ее. Клеточная оболочка пропитана водой, и прежде всего замерзает самый поверхностный слой воды на стенке, смежной с межклетником. Образовавшийся тонкий слой льда разрастается дальше за счет внутриклеточной воды и может сделаться иногда весьма мощным, так что нередко можно найти между клетками глыбки льда величиной в 1 см и больше. Часто они крупнее, чем межклетники, и в таких случаях происходит разрыв тканей. Образование льда вне клеток обычно происходит при медленном охлаждении, при быстром же охлаждении лед может возникнуть и внутри клеток.

Чистая вода замерзает в обычных условиях при 0°. Растворы замерзают при более низкой температуре. Так как в клетке никогда не бывает чистой воды, то уже из этого следует, что растения замерзают не при 0°, но при более низкой температуре, что было подтверждено опытами Мюллер-Тургау.¹

Явление переохлаждения способствует тому, что для замерзания тканей требуется часто еще более низкая температура. Известно, что воду и солевые растворы можно иметь в жидком состоянии при температуре, значительно более низкой, чем температуры их замерзания, если только устранить сотрясение и соприкосновение с кристаллами льда и растворенного вещества. Степень переохлаждения особенно сильна в капиллярных трубках. Поэтому, нет ничего удивительного, что все указанные обстоятельства благоприятствуют переохлаждению растений значительно ниже точки их замерзания. Так, по данным Мюллера-Тургау, клубни картофеля, замерзая при -1°C, переохлаждаются до -3°C. Следовательно, чтобы

¹ Müller-Thurgau, H., l. c.

клубень картофеля замерз, он должен быть охлажден, примерно, до -3°C , только тогда он затвердевает, причем температура в результате льдообразования сразу поднимается до точки заморозания, до -1°C .

3. Когда отмирает замерзающее растение: при оттаивании или раньше

По мнению Сакса, которое и теперь еще весьма распространено среди практиков, растение отмирает не в момент замерзания и не в замерзшем состоянии, но лишь при оттаивании; считалось, что замерзшее растение можно спасти, если его оттаивать весьма постепенно, и оно окажется мертвым, если оттаивание произойдет быстро.

Противоположного взгляда держался Гепперт. Он считал, что смерть растения наступает уже при замерзании или в замерзшем состоянии и что быстрота оттаивания не играет никакой роли.

Некоторые орхидеи имеют молочно-белые цветы (*Calanthe veratrifolia*). Если раздавить между пальцами лепестки этих цветов, то они моментально делаются голубыми, потому что из находящегося в клетке бесцветного индикана образуется голубое индиго. То же самое наблюдается по Гепперту, и при замерзании этих цветов. Так как появление голубой окраски может служить черным признаком наступившей смерти, то из этого опыта Гепперта видно, что отмирание цветка происходит в замерзшем состоянии.

Листья многих бегоний при отмирании изменяют зеленую окраску на бурую. В этом можно легко убедиться, убивая их например, парами хлороформа или высокой температурой. Присутствующие в клеточном соке в значительном количестве органические кислоты проникают при отмирании клетки в хлорофилльные зерна и придают им бурый цвет. Если заморозить листья бегонии, то появление бурой окраски у листа происходит уже в замерзшем состоянии, но не при оттаивании.

Особенно обстоятельно исследовал этот вопрос Мюллер-Тургау, который пришел к противоположному выводу, чем Сакс. Он пишет: „я уже много лет занят разрешением этого вопроса; многие сотни растений подвергал я замораживанию при различных температурах, а затем медленно их оттаивал и... никогда я не мог ни растение, ни какую-либо его часть спасти медленным оттаиванием; растение при медленном оттаивании оказывалось также мертвым, как и при быстром“.

Весьма распространено мнение, что замерзшее растение очень медленно оттаивает в воде при 0°C . Это неверно, и Мюллер-Тургау доказал это на замерзших яблоках, грушах и клубнях картофеля; впрочем, быстрого оттаивания в воде нельзя было ожидать и по чисто физическим причинам. В воде таяние идет значительно быстрее, чем при той же температуре в воздухе. Замерзшие части растений, положенные в воду при 0° , быстро покрываются сверху довольно толстым слоем льда; под влиянием выделяющегося при этом тепла ткани растения оттаивают. Таким образом, в воде происходит очень быстрое оттаивание замерзшего растения.

После ночного заморозка некоторые практики имеют обычай обливать холодной водой замерзшие растения, желая таким путем создать условия для медленного оттаивания. На основании сказанного следует, однако, ожидать противоположного действия.

Мюллер-Тургау, однако, нашел, что у некоторых растений способ оттаивания может действительно иметь значение для спасения замерзшего объекта. Речь идет о замерзших яблоках и грушах. Подражая природным условиям, он заморозил эти плоды, снижая температуру постепенно, а затем оттаял их различным образом: в тепловатой воде, в воде при 0° , в воздухе при 20° C и в воздухе при 0° , и оказалось следующее. Устойчивые сорта после замораживания при температуре от -5° до -7° C остались неповрежденными, независимо от того, быстро или медленно они были оттаяны; сорта же неустойчивые пострадали только при оттаивании в воде независимо от температуры, плоды, оттаянные в теплом и холодном воздухе, имели очень незначительные повреждения или же совсем их не имели.

Описанные исключения, а также все еще широко распространенный среди садоводов взгляд, что замерзшее растение отмирает лишь при быстром оттаивании, требовали еще раз тщательной проверки значения быстроты оттаивания. Это и было сделано Молишем. Из многочисленных его опытов здесь приводится только один с *Ageratum mexicanum*.

Это растение, употребляемое как бордюрное в цветниках, имеет одну интересную особенность: его листья в живом состоянии совершенно без аромата, в мертвом же они сильно пахнут кумарином, — веществом, придающим приятный аромат *Asperula odorata*. Если живому облиственному побегу *Ageratum mexicanum* дать засохнуть или если погрузить его на несколько секунд в кипящую воду, то в течение некоторого времени после отмирания он издает запах кумарина. В морозную ночь Молиш выставил это растение в цветочном горшке под стеклянным колпаком на мороз -7° C. Все растение при этом замерзло, стало как камень и покрылось инеем. Когда ранним утром и при указанной температуре колпак был снят с совершенно замерзших растений, то воздух под колпаком и само растение сильно пахли кумарином, что доказывает, что растение было уже мертво в замерзшем состоянии.

Затем в течение нескольких зим было проверено на сотнях самых разнообразных объектов значение быстрого и медленного оттаивания, для спасения растения при этом, как правило, оказалось, что для поддержания растения живым является безразличным, как оно будет оттаяно — быстро или медленно. Но имеются исключения: упомянутые сорта яблонов и груш, а также листья американской агавы. Быстрое или медленное оттаивание этих плодов и листьев может быть для них действительно решающим вопросом жизни и смерти.

Новые исключения были недавно указаны Окерманом.¹

¹ Åkerman, A. Über die Bedeutung der Art des Auftauens für die Erhaltung gefrorener Pflanzen. Botaniska Notiser, Lund 1919, p. 49.

Он нашел, что листья красной капусты, *Viburnum tinus*, *Aucuba japonica*, *Hedera helix* и др. при быстром оттаивании в теплой воде оказываются значительно сильнее поврежденными, чем при очень медленном. Но это наблюдается лишь тогда, когда растения подвергнутся умеренно низкой температуре. При очень низких температурах замедления быстрота оттаивания уже не имеет значения, так как растение бывает убитым уже в замерзшем состоянии.

4. Причины вымерзания

Теперь является вопрос: каким же образом заморозание убивает растение?

Широко распространенный между старыми ботаниками (Дюгамель, Сенебье, Рафин и др.) взгляд, что вымерзание есть результат разрыва клеток льдом, образующимся внутри них и занимающим больший объем, чем вода, имеет теперь только исторический интерес. Эти представления были опровергнуты главным образом Гиспертом, затем Каспари, Саксом и Негели. Это мнение оказалось уже потому несостоятельным, что весьма часто лед образуется не внутри, а вне клеток. Однако, из этого вовсе не следует, что заморозание воды в растении не может вызвать механических повреждений тканей; не нужно забывать, что в межклетниках нередко образуются настолько большие массы льда, что происходит отрыв одних тканей от других или их разрывание.

Мюллер-Тургау высказал предположение и старался его доказать, что вымерзание сводится собственно к обезвоживанию клеток, образующимся льдом. „Все известные относительно вымерзания растения факты легко согласуются с предположением, что причиной вымерзания является обезвоживание, при этом нужно, однако, не забывать, что вода, по крайней мере большая ее часть, при заморозании отнимается от содержимого клетки очень быстро“.

Решающее для вымерзания значение сильного обезвоживания клеток, создаваемого переходом воды в лед, подтверждается также опытами Молиша. Он пишет:¹ „Образуется ли лед в клетке или вне ее — протоплазма всегда лишается при этом процессе большего количества воды. К заключению, что смерть при заморозании обуславливается обезвоживанием клеток, приводят наблюдения над замерзающей амебой и над замерзающими клетками волосков, у которых вода мгновенно превращается в лед. За это говорят также наблюдения над замерзающей спорогирой, которая покрывается кругом слоем льда, образующимся за счет ее собственной внутриклеточной воды. Теряя при заморозании воду, клетки спорогиры быстрее, чем в минуту, сильно съеживаются. Это съеживание по размеру и по виду весьма похоже на съеживание, происходящее при завядании и засыхании спорогиры на воздухе... Давно уже известно, что живое вещество, как правило, не переносит далеко идущего обезвоживания и молекулярное строение, структура протоплазмы, оказывается навсегда разрушенным, если потеря воды перейдет известную границу“.

¹ Molisch, Н. 1. с. p. 71 и 72.

То же самое мы имеем и при завядании растений. Лист, стебель, корни погибают при завядании, потому что для поддержания жизни клетки требуется определенное количество воды. Если же живое вещество лишается его, то разрушается его структура и наступает смерть.

Обезвоживание может иметь еще другие вредные последствия. При замерзании в клетке могут получиться очень концентрированные растворы, которые могут оказывать вредное действие. Растворенные вещества могут при замерзании даже выпадать в осадок. Шаффнит¹ на выжатом из различных растений соке показал, что при низкой температуре наступают изменения в растворенных белковых веществах, после чего они высаливаются.

Если вымерзание растений зависит главным образом от слишком сильного мгновенного обезвоживания, то легко понять, что для устойчивости растения или его органа далеко не безразлично, каково содержание воды в нем. Листочки в почке, окруженные почечными чешуйками, будучи очень бедны водой, выдерживают очень сильные морозы. Те же листья при раскрытии почки сильно повышают содержание воды и делаются неустойчивыми к морозу.

Растения в завядшем состоянии, а также растения сухой почвы, оказываются более морозостойкими, чем растения влажной почвы. Когда есть угроза заморозков, растения поливают обычно очень немного.

Семена в воздушно-сухом состоянии, как всем известно, являются весьма морозостойкими, а в набухшем состоянии они легко вымерзают. Растения, которые способны выносить высыхание, обычно прекрасно выдерживают и морозы. Этим фактам, как будто, противоречит то, что набухшие семена можно снова без вреда высушить, между тем как, будучи заморожены, они легко погибают. В данном случае не следует, однако, забывать, что при медленном высыхании вода удаляется постепенно, а при замерзании она извлекается очень быстро, и это обстоятельство может создавать повреждения.

Против теории обезвоживания Мюллера-Тургау и Молиша высказался Мец,² который взамен ее выставил учение о специфическом температурном минимуме. Мец утверждал: 1. Образование льда в растении не только не имеет ничего общего с его отмиранием, напротив, этот процесс является полезным для растения, так как при льдообразовании выделяется тепло, которое задерживает дальнейшее превращение воды в лед. 2. Плазма каждого растения имеет специфический температурный минимум (точку отмирания), и смерть наступает тогда, когда охлаждение перейдет специфический минимум. 3. Весь способный к замерзанию клеточный сок застывает уже при температурах между 0 и -6°C и что потому при температурах ниже -6°C никакого дальнейшего обезвоживания уже не может происходить.

¹ Schaffnit, E., Studien über den Einfluss niedriger Temperaturen auf die pflanzliche Zelle. Sonderabdr. aus Bd. 3, Heft 2 d. Mitteilg. d. Kaiser-Wilhelm Instituts f. Landw. i. Bromberg, p. 93.

² Metz, C., Neue Untersuchungen über das Erfrieren eisbeständiger Pflanzen. Flora 1905.

В прямом противоречии с первым утверждением Меца стоит факт, установленный Молишем, что клетки волосков традесканции и других объектов не отмирают в состоянии переохлаждения, но те же объекты погибают даже при более высокой температуре тотчас же как только в клетках начинается образование льда.

Теория Меца подверглась со стороны Максимова¹ критической проверке, основанной на точных опытах, и так как основные опыты Меца, а также его теоретические представления не подтвердились, то Максимов отверг теорию специфического минимума и высказался за теорию обезвоживания. По его мнению, ближайшим последствием обезвоживания является чрезмерное сближение и склеивание коллоидальных частиц плазмы: „Образующийся при замерзании лед оказывает не только водоотнимающее, но также и механически коагулирующее действие на коллоиды плазмы“.

Пфеффер² указывает, что помимо обезвоживания, которому он также приписывает значительную роль при вымерзании, нужно иметь в виду еще и другие моменты. Автор того же мнения и, со своей стороны, им уже было ранее указано на то, что вымерзание в основном обуславливается слишком сильным обезвоживанием плазмы в результате образования льда.³ Вместе с тем вполне возможно, что иногда вымерзание растений обуславливается и другими обстоятельствами. Более точного анализа этих факторов пока еще нет.

Каким образом некоторые растения могут выносить замерзание без вреда, а другие не могут? Это зависит от специфического строения протоплазмы и других факторов. В настоящее время это так же мало выяснено, как и то, почему одни растения или некоторые их части могут выносить засыхание, а другие нет.

ЗАЩИТНЫЕ ОТ МОРОЗОВ СРЕДСТВА. Также и в этом направлении имеется уже некоторый материал для частичного выяснения вопроса. Лидфорсс⁴ указал на то, что представители вечно-зеленой флоры превращают зимой свой крахмал в сахар и благодаря этому становятся богатыми сахарами и более морозостойкими. Сахар является для растений защитным средством от вымерзания. Позже Максимов⁵ показал, что не только сахар, но также и другие органические и неорганические соединения, как глицерин, метиловый спирт, ацетон, соли, минеральные и органические кислоты, введенные в клетку, значительно повышают морозостойкость растения. При этом оказалось, что с повышением концентрации защитного вещества морозостойкость растет значительно быстрее, чем понижение точки замерзания.

¹ Maximow, N. A. Experimentelle und kritische Untersuchungen über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bb. 53, p. 327. Vgl. auch Fischer-H. W., Gefrieren und Erfrieren, eine physikochem. Studie. Beitr. z. Biologie d. Pflanzen, 1911, Bd. X, 2 Heft.

² Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. 2 Aufl., 2 Bd., 1904, p. 314.

³ Molisch, H., l. c. p. 73.

⁴ Lidforss, B., Die wintergrüne Flora. Lunfs Universitets Årsskrift. N. F. Bd. 2, Af. 2, No 13 (1907).

⁵ Maximow, N. A. Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren I—III. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1912, Bd. 30, p. 52, 293, 504.

Опыты производились следующим образом. Маленькие кусочки красной капусты и *Tradescantia discolor* помещались в растворы различной концентрации упомянутых веществ, выдерживались там некоторое время и затем замораживались при различной низкой температуре. Клетки, снабженные веществами, оказывались значительно более морозостойкими. Так, в опытах с красной капустой клетки без сахара погибали при $-7,8^{\circ}\text{C}$, а те же клетки с большим количеством сахара вымерзали только при -32°C .

Хотя эти опыты имеют большой теоретический интерес, однако, они пока для практики не имеют никакого значения. В практике от вымерзания растения защищают покрыванием их различными плохими проводниками тепла: соломой, навозом, камышом, мхом, листвой, рогожами, снегом и др.

Во многих местах защищают виноградники от действия весенних заморозков дымлением. Для этого раскладывают на известных расстояниях горючее вещество, дающее много дыма, или ставят котлы с опилками или нефтью и зажигают их ночью или очень рано утром, когда можно ожидать наступления утренника. Необходимо устроить так, чтобы ветер расстилал дым над виноградником. Масса дыма действует так же, как облако, т. е. дым защищает местность от потери тепла путем лучеиспускания и устраняет этим путем слишком сильное падение температуры.¹

Американские плодороды пользуются другим способом. При заморозках они нагревают воздух в садах; для этого служат расставленные на расстоянии 6 метров друг от друга наподи нные нефтью 5-литровые ведра с крышками. Когда температура падает до 2° , крышки снимают и нефть зажигают. По данным министерства земледелия в Вашингтоне оказывается, что с помощью грелок возможным повысить температуру воздуха до 8°C и защитить цветы даже от сильного ночного мороза. Вместо нефти можно употреблять уголь, сжигая его в жаровнях. С расходами здесь совершенно не приходится считаться.²

По новейшим исследованиям, произведенным в Шведской Лапландии,³ оказывается, что высокогорные растения имеют относительно высокое осмотическое давление вследствие более высокой концентрации клеточного сока. Таким путем они защищают себя в естественных условиях от вымерзания.

Если подвергнуть некоторые растения (*Begonia metallica*, *Tradescantia zebrina*, *Fittonia argyroneura* и др.) на очень короткое время, например на одну минуту, действию сильного мороза от -5° до -14°C , что бывает, например, при переноске из одной оранжереи в другую, то растения оказываются поврежденными. Это давно известное садовникам явление было изучено Мебиусом,⁴ который рассматривал его как простуду. Мебиус особенно подчеркивал,

¹ Относительно мер борьбы с заморозками см. Görrert, H. R. Über das Gefrieren usw. 1. c. p. 67.

Frank, A. B., Die Krankheiten der Pflanzen. I Bd. p. 215, 2 Aufl., Breslau 1895. Sorauer, P., Handbuch d. Pflanzenkrankheiten, I Bd., 1. c. p. 622.

² Dammer, V. Schutz der Obstblüte gegen Spätfröste. Gartnflora 1912, p. 167.

³ Arrenius, O. u. Söderberg, Der osmotische Druck der Hochgebirgspflanzen. Svensk Bot. Tidskr. XI, p. 373, 380, 1917.

⁴ Meibius, M., Die Erkältung der Pflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1907 Bd. 25, p. 67.

что при этом лед не образуется ни внутри растения ни снаружи и во время действия мороза не замечается никаких видимых изменений, но растения затем отмирают так, как будто они подверглись иммерзанию. Растения начинают вяннуть, делаются стекловидными, меняют окраску и засыхают.

Объяснения этому явлению Мебиус не дает.

Наблюдение Мебиуса было подтверждено Зорауером¹ на *Begonia argyrostigma*, он высказал при этом предположение, что под влиянием мороза в тканях растений исчезают натяжения и что клетки в результате сильного охлаждения сжимаются, выделяя воду в межклеточные пространства.

Опыты, поставленные автором, в большем числе показали, что и в подобных случаях происходит обычное вымерзание растений вследствие образования льда, и что в настоящее время нет никакого основания говорить о простуде растений.

5. Положение некоторых листьев при температуре ниже 0° C

Некоторые виды рододендрона имеют свойство опускать листья при температуре ниже 0° C. При этих условиях листья *Rhododendron maximum* опускаются вертикально вниз, одновременно свертываясь на нижнюю сторону. Поражает быстрота опускания. Если растения в горшках выставить из комнаты на открытый воздух, то листья опускаются уже спустя 5 минут, поднимаются при повышении температуры выше 0° приблизительно в 10 минут.²

В Японии автор наблюдал, что листья *Aucuba japonica* при температурах ниже 0°, когда сок в черешке замерзает, висят вертикально вниз, причем края их пластинок загибаются на нижнюю сторону. По оттаивании листья возвращаются в свое нормальное положение: горизонтальное или несколько наклоненное.³

Подобное автор наблюдал также у *Litsea glauca*.⁴ Как только температура падала ниже 0°, листья на дереве опускались вертикально вниз, однако они не возвращались в свое нормальное положение тотчас, когда температура поднималась немного выше 0° C. Здесь уже имеет место явление завядания.

Многие растения, именно вечнозеленые травянистые, находятся в течение зимы, особенно при замерзшей почве, в завядшем состоянии. *Iris*, *Bergenia*, *Chelidonium*, *Viola*, многочисленные папоротники и другие растения обнаруживают это явление очень ясно. Из холодной, часто замерзшей почвы корни не в состоянии осмотическим путем получить достаточное количество воды, листья же, находясь часто на очень сухом зимнем воздухе, продолжают еще интенсивно транспирировать, в результате такого несоответствия в них возникает водный дефицит, и они завядают. Это явление может иметь место и у деревьев, в этом можно легко убедиться, наблюдая *Litsea glauca*.

¹ Sorauer, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten. I B., 1. t. p. 512.

² Harshberger, Th. rmotropic movement of the leaves of *Rhododendron maximum*. Nat. Science, Philadelphia, 1899.

³ Molisch, H. Pflanzenbiologie in Japan. Jena 1926, p. 222.

⁴ Ebenda, p. 223.

РАЗМНОЖЕНИЕ

Обычно продолжительность жизни растения ограничена.¹ Индивидуум, понимаемый как пространственно ограниченная единица, возникшая из зародыша и в дальнейшем самостоятельно развивающаяся, — проходит известный цикл своего развития, достигает определенного среднего возраста, а затем умирает.

Но не каждое живое существо умирает. Большая заслуга Вейсмана заключается в том, что он указал, что одноклеточные организмы, как например инфузория-туфелька, в сущности не умирают, так как при размножении делением все тело их распадается на два дочерних индивидуума, а трупа при этом не остается. Точку зрения Вейсмана,² что одноклеточные животные бессмертны, можно распространить также и на большинство одноклеточных растений; сюда несомненно относятся бактерии и сине-зеленые водоросли, которые в бесчисленных поколениях неограниченно размножаются только путем деления.

Смерть следовательно не обязательна для живого вещества. Однако она начинает уже проявляться и у некоторых одноклеточных организмов, у которых при размножении отмирают отдельные части клетки, образуя „трупные остатки“.³

Многоклеточные животные и растительные организмы состоят из двоякого рода клеток: из соматических, образующих тело организма, и клеток, служащих для размножения. Цикл развития многоклеточных состоит в том, что клетки, служащие для размножения, беспрестанно обновляются, клетки же соматические отмирают, образуя труп. Вейсман рассматривает смерть как явление приспособления, так как неограниченная продолжительность жизни индивидуума была бы совершенно нецелесообразной роскошью.

Продолжительность жизни различна. Существуют плесневые грибы, которые живут только несколько дней, но существуют также однолетние, двухлетние, многолетние, столетние, тысячелетние и даже многотысячелетние растения. *Stellaria media* может в несколько недель пройти цикл своего развития; деревья уже нуждаются для этого во многих годах, некоторые из них напр. *Taxus*, *Cupressus fastigiata* могут жить тысячу лет, а мамонтовое

¹ Molisch, H. Die Lebensdauer der Pflanze. Jena 1929.

² Weismann, A. Über die Dauer des Lebens. Jena 1882.

³ Molisch, H. Die Lebensdauer der Pflanze. Jena. 1929.

дерево (*Sequola*) даже четыре тысячи лет, а может быть еще больше. При суждении о возрасте дерева не нужно забывать того, что различные части дерева имеют весьма различный возраст. Осенью листья столетней липы имеют возраст только в несколько месяцев, а отдельные годичные кольца древесины обладают весьма различным возрастом: наиболее старое из них будет столетним, а наиболее молодое однолетним. В стволе только небольшая часть клетки живая, большая же часть древесины и коры состоит из отмерших тканей, служащих лишь прочным остовом.

Для садоводов важно возможно дольше сохранить свои растения здоровыми; понятно, что существует много попыток и приемов удлинения продолжительности жизни как всего растения, так и его отдельных частей, даже и за пределы обычного возраста. Достигнуть этого можно различным образом: 1) временным лишением каких-либо безусловно необходимых условий жизни, 2) предотвращением цветения и плодоношения, 3) предотвращением опыления и оплодотворения и 4) увеличением продолжительности деятельного состояния и обильного питания.

Приведем несколько относящихся сюда примеров из одного доклада Молиша отчасти даже дословно:¹ „Деревцо сирени, поставленное осенью после листопада на ледник, при низкой (немного выше 0) температуре, весной не трогается в рост. При этом продолжительность жизни цветочных почек удлиняется, и они сохраняются до того времени, когда растение будет снова при температуре, благоприятной для выгонки, вместо того, чтобы нормально отцвести еще весной с последующим отмиранием отдельных частей, как например лепестков и тычинок.

Американская агава, которую неправильно называют „столетней“ (алоэ), приступает на своей родине в Мексике к цветению через 8—10 лет. В неблагоприятном же для нее климате, например в Итальянской или Французской Ривьере, на берегах Далмации и в наших оранжереях она требует, в зависимости от температуры и освещения, 20—50 и даже 100 лет, чтобы перейти к цветению. После плодоношения она погибает от истощения. Чем раньше она зацветет, тем раньше она погибнет, и чем медленнее она подготавливается к цветению, тем дольше остается живой.

Душистая резеда обычно заканчивает свое развитие в наших садах в течение одного вегетационного периода, а затем отмирает. Если же у нее подавить цветение, то удастся сохранять это растение живым в течение 2—3 и больше лет. Этого легко дос-

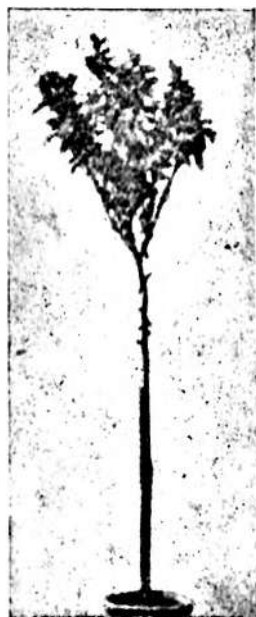


Рис. 91. *Reseda odorata*. Удлинение жизни путем задержки цветения. Трехлетнее растение выращено в форме деревца. (Оригинал)

1. Molisch, H. Ueber die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern. Populäre biologische Vorträge. Jena 1920, p. 247.

тигают путем удаления, начиная с очень раннего возраста, всех боковых побегов, а также всех появляющихся цветочных почек. При таких условиях главный стебель делается значительно длиннее обычного: смотря по желанию, его можно вырастить от $\frac{1}{2}$ до 2 метров высотой. По достижении этой высоты верхушку побега срезают и позволяют развиваться боковым побегам, но не цветочным почкам, и так продолжают делать до тех пор, пока не образуется густо разветвленная крона."

Таким образом, от экспериментатора лишь зависит: позволить ли растению перейти к цветению или заставить его и в дальнейшем продолжать вегетативное развитие. Следовательно, если предотвратить образование цветов постоянным удалением появляющихся цветочных почек, то можно жизнь обычного однолетнего растения увеличить до нескольких лет. При таком удлинении жизни стебель резеды сильно утолщается одревесневает и приспосабливается снабжать сильно развитую крону водой и минеральными солями.



Рис. 92. *Lobelia erinus*. Увеличение продолжительности жизни предотвращением цветения. Левое растение совершенно отмерло после цветения еще в августе; правое растение два раза летом коротко подстригалось ножницами, цветение было предотвращено, и растение еще в декабре было живое. (Оригинал)

Своевременным удалением появляющихся цветочных почек можно также удлинить жизнь следующих растений: *Draba verna*, *Veronica arvensis* и *Lobelia erinus*.

Лобелия, давая в большом числе голубые цветы, является любимым бордюрным растением. Если высеять ее известный сорт „Кайзер Вильгельм“ в январе, в марте пикировать и затем пересадить ее в грунт, то она цветет с июня по июль, а затем постепенно отмирает. Если же начать стричь ее еще до появления первых цветов, то она образует новые побеги и если этим побегам так же помешать цвести, то выращиваемые таким образом растения сохраняются до поздней осени вполне свежими (рис. 92).

Чтобы поддержать газон в течение нескольких лет в хорошем виде и не затрачивать на его пересев новые семена, его обычно стригут несколько раз в году. Таким образом задерживается цветение и вызывается образование новых побегов, которые также не допускаются стрижкой до цветения. С помощью этого повторно применяемого приема получается более значительная долговечность газонов.

Чтобы поддержать газон в течение нескольких лет в хорошем виде и не затрачивать на его пересев новые семена, его обычно стригут несколько раз в году. Таким образом задерживается цветение и вызывается образование новых побегов, которые также не допускаются стрижкой до цветения. С помощью этого повторно применяемого приема получается более значительная долговечность газонов.

Следовательно: во всех приведенных случаях долговечность растения повышается недопущением его до цветения.

Можно удлинять жизнь не только целых растений, но также отдельных его частей, например, цветков.

Как только цветы достигают известного возраста, они завядают и часто сбрасывают лепестки. У некоторых растений это явление наступает спустя весьма короткое время после опыления и оплодотворения. Продолжительность жизни цветков можно сделать весьма различной: опылив цветок — жизнь его можно укоротить, не допустив опыления — ее можно удлинить.

Это легко наблюдать у некоторых орхидей. Цветы *Cattleya* вянут уже спустя один день после опыления, а затем засыхают. Влияние опыления особенно ясно выступает у таких орхидей, цветам которых свойственна более значительная долговечность, напр. у *Phalenopsis* и других. В то время как неопыленные цветы этого растения остаются свежими в течение 1—2 месяцев, опыленные вянут через 1—2 дня. Поучительные примеры в этом отношении приводит Фитинг.¹ Вполне развитые цветы *Geranium pyrenaicum* сбрасывают лепестки после опыления в поразительно короткий срок, в среднем через 1—1½ часа. У *Erodium Manescavi* даже через 40—60 минут, цветы *Borrago officinalis* через 2½—7 часов.

Увеличением продолжительности деятельного состояния можно также в ряде случаев увеличить сверх нормы долговечность органа.

Листья *Begonia rex* в наших оранжереях не живут обычно больше одного года. Но черешок удается сохранить живым в течение 2—3 лет следующим образом. Развитой лист, по возможности с длинным черешком, втыкается основанием черешка во влажный песок и оставляется там до тех пор, пока он не укоренится. После этого его пересаживают в цветочный горшок, прищипывают к вертикально поставленной палочке и тщательно дальше культивируют. Через некоторое время из листовой пластинки возникают побеги, один из них, лучше всего тот, который возник вблизи листового черешка и представляет в известной степени его продолжение, оставляется для дальнейшего развития, все остальные удаляются. В этом случае листовой черешок принимает на себя роль стебля. Молодой побег сосет воду и минеральные соли через листовой черешок; благодаря этому черешок хорошо питается, остается работоспособным и живым значительно дольше, чем в том случае, когда он является частью листового органа.

Подобный опыт также удался Ванклеру² с *Torenia asiatica*, а де-Фриз³ сохранил в течение 3 лет в живом состоянии цветоножку обычно однолетнего растения *Pelargonium zonale*, которая, как исключение, на своей верхушке развила листовую почку.

¹ Fitting, H. Untersuchungen über die vorzeitige Entblätterung von Blüten. Jahrbuch f. wissenschaftl. Botanik 49 Bd. (1911) p. 187.

² Winkler, H. Ueber die Umwandlung des Blattstiels zum Stängel. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, 45 Bd. (1907) p. 17.

³ De Vries, H. Ueber abnormale Entstehung sekundärer Organe. Eben'a. 22 Bd. 1891, p. 35.

Де-Фриз отрезал стебель непосредственно над основанием цветоножки и культивировал ее дальше как черенок. В течение этой искусственно удлиненной жизни на цветоножке развился сильный листовой побег, цветоножка сделалась толще, совершенно покрылась пробкой и приобрела также ряд других изменений, которые позволяли ей выполнять роль стебля.

Из приведенных примеров вполне ясно, что жизнь растений или его части можно удлинять сверх нормального срока, но, конечно, ее можно удлинить лишь до известного предела: смерти можно лишь отсрочить, но не совершенно предотвратить.

С удлинением жизни растения стоит в связи явление, называемое „омоложением“.¹ С ним мы встречаемся, между прочим, при заживлении ран. Если разрезать поперек клубень картофеля и обе половинки охранять в сыром помещении, то паренхимные клетки, лежащие под поверхностью среза, начинают вскоре делиться и образовывать пробковую ткань, которая превосходно закрывает рану. Паренхимные клетки, лежащие у поверхности среза, при нормальных условиях никогда бы не делились, они оставались бы всегда в виде постоянной ткани. Ранение видимо произвело какое-то раздражение, которое заставило клетки снова перейти в эмбриональное состояние и начать делиться. В чем же состоит это раздражение? — Габерланд показал, что деление клеток и заживание раны происходит лишь в том случае, если на поверхности среза сохраняются остатки механически убитых или раненых клеток. Вещества, вызывающие омолаживание, не являются специфическими, так как Венельт² в своих опытах с молодым перикарием фасоли наблюдал, что не только выжатым из листьев фасоли сок, но также яичный белок, сыворотка лошади, пигменты крови, агар-агар и ряд других веществ вызывали разрастание нижележащих тканей.

Если после поранения какой-либо ткани соседние неповрежденные клетки замещают повреждение, тогда говорят о регенерации. Примерами регенерации может служить описанное заживление ран у картофеля и образование каллуса (см. дальше). Если регенерация идет так далеко, что последствия поранения совершенно исчезают, и орган во всех отношениях восстанавливается в прежнем состоянии, как это бывает, например, при восстановлении удаленного кончика корня, тогда говорят о реституции. Подробнее об этом можно найти у Кюстера³ и Коршельта⁴.

Часто встречающиеся на растениях (у дуба, бука, ивы) галлы могут также служить примером омоложения клеток. Возникают ли галлы в результате поражения грибами или в результате укола и отложения яиц насекомыми и другими животными, всегда имеет место раздражение, которое побуждает уже сформировавшиеся клетки хозяина снова размножаться и давать галлы.⁵

¹ Mollisch, H., Die Lebensdauer der Pflanze. Jena 1929, p. 116.

² Wehnelt, B., Untersuchungen über das Wundhormon der Pflanzen, Janrb. f. wiss. Botanik, 66 Bd., Jg. 1927, p. 773.

³ Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie, p. 156.

⁴ Korschelt, E. E., Regeneration und Transplantation. I B., Berlin. 1927.

⁵ Küster, E. Die Gallen der Pflanzen. Leipzig. 1911.

У различных деревьев, кустарников и травянистых растений можно иногда видеть опухоли, которые у деревьев достигают часто величины плода тыквы и даже больше: особенно у бука, вяза, акации и других деревьев. Известный американский фитопатолог Е. Смит¹ сделал важное открытие, что наплывы являются в результате деятельности одной бактерии *Bacillus tumefaciens*.

Эти опухоли похожи на раковые опухоли людей и животных, и Смит, поэтому, думал, что в обоих случаях имеется однородное заболевание, но затем это было опровергнуто медиками. Введением указанных бактерий можно вызвать наплывы у самых разнообразных растений.

Если продолжительность жизни растения ограничена, то, для того чтобы данный вид не вымер, нужно чтобы отмерший индивидуум был помещен другим. Эта задача выполняется при размножении растений. Размножение состоит в отделении:

или отдельных клеток (спор, половых клеток) или группы клеток или, наконец, отдельных органов (почки и др.); каждый из этих зачатков способен дать новый индивидуум того же вида. Рост и размножение трудно отграничить друг от друга. Поэтому мы можем рассматривать размножение как рост за пределы жизни одного индивидуума.

Способы и виды размножения растений представляют очень большое разнообразие. Несмотря на это, не трудно относящиеся сюда явления разделить на два вида размножения: на бесполое и половое.

Бесполое размножение, называемое также вегетативным размножением, отличается тем, что от материнского растения отделяются клетки или группа клеток, которые сразу же или через известное время начинают расти и превращаться в самостоятельные индивидуумы.



Рис. 93. *Pelargonium zonale*. Наплывы на стебле.

¹ Smith, E. F., Bacterial diseases of plants. 1920. Сравни также Stapp, C., Der bakterielle Pflanzenkrebs und seine Beziehungen zum tierischen und menschlichen Krebs. Berichte der deutschen botan. Gesellsch. 1927, Bd. XLV, p. 480.

При половом или генеративном размножении, напротив, до возникновения нового индивидуума должны образоваться сначала две различные клетки (половые клетки), которые сами по себе не могут дальше развиваться, их живое содержимое должно соединиться, и только тогда возникает новый индивидуум.

Так как многие растения способны размножаться вегетативным путем, то естественно возникает вопрос: почему природа не довольствуется только этим одним способом, для чего еще оказался нужным второй, собственно говоря, окольный путь создания нового индивидуума половым путем? В чем причина этого явления? Не выполняет ли половое размножение, помимо увеличения числа индивидуумов, еще другие задачи. Вполне определенно ответ на этот вопрос в настоящее время еще нельзя, однако относительно значения полового способа размножения составилось определенное представление. При бесполом размножении свойства материнского растения передаются потомкам неизменными. Опыт садовников дает в этом отношении прекрасные примеры. Если садовник хочет сохранить появившееся у какого-либо индивидуума новое свойство, то он такое растение дальше размножает вегетативным путем, зная, что многие свойства не передаются потомству при размножении семенами. Красная окраска кровяного бука, представляющего разновидность обычного зеленого бука (*Fagus sylvatica*), не унаследуется потомками при размножении семенами. И, чтобы сохранить эту окраску, садовники размножают эту разновидность бесполом путем. Они прививают черенок кровяного бука на обычный зеленый бук, и таким образом сохраняется эта красная форма бука.

Этот надежный способ сохранения ценных свойств растения широко применяется садовниками также и в садоводстве, напр.: при культуре пестролистных растений, плакучих деревьев и других интересных форм.

Таким образом, при вегетативном размножении свойства родоначального растения передаются потомству неизменными, этот способ размножения осуществляет исключительно лишь задачи увеличения числа индивидуумов. При половом размножении смешивается содержимое мужской и женской половых клеток, и если свойства родителей не вполне одинаковы, то в результате такого смешения могут возникнуть в потомстве новые формы, что мы и видим у гибридов или помесей. Следовательно, половое размножение приводит не только к увеличению числа индивидуумов, но оно дает также новые комбинации и в этом, по господствующему представлению, состоит значение полового размножения.

1. Бесполое размножение

Бесполое размножение весьма распространено как у низших, так и у высших растений. Бактерии, большинство дрожжей и шляпочные грибы размножаются вегетативно; у мхов, папоротников, хвощей и плаунов в цикле развития индивидуума наблюдается правильная смена полового и бесполого размножения.

В нашу задачу не входит рассматривать вегетативное размножение у тайнобрачных растений, это слишком далеко отстоит от

садоводства; напротив вегетативное размножение у цветковых растений для садовников представляет исключительную важность, и к рассмотрению его мы сейчас и переходим.

Плети и усы, корневища, клубни и луковицы

Многие растения имеют свойство давать боковые, ползущие по земле, побеги, так называемые плети и усы, которые укореняются у основания каждого листа или у верхушки побега и после отделения от материнского растения делают самостоятельными индивидуумами. Клубника и земляника (*Fragaria*), барвинок (*Vinca Sempervivum*), ястребинка (*Hieracium pilosella*), ежевика (*Rubus bifrons*) могут размножаться такими плетями и усами. В этих случаях материнское растение скоро бывает окружено многочисленными дочерними индивидуумами. При этом способе растения не только размножаются, но и распространяются на более значительную площадь. Растения могут таким способом расселяться и быстро занимать большие пространства.

Подземные горизонтальные или наклонные побеги (корневища) служат также для вегетативного размножения растений; напомним только о корневищах многих злаков, осок, папоротников и многих других растений.

Корневища юкк и драцен до тех пор, пока надземный стебель не поврежден, дают корни и служат хранилищем запасных веществ. Если же срезать у них стебель, то на верхней (основной) части корневища образуется листовая побег.¹ То же самое происходит у них при задержке роста, например, при выдерживании растения в перевернутом положении. Эти растения можно размножать также прямым делением корневищ.

Особенно часто размножаются растения клубнями (картофель) и луковицами. Различают: стеблевые клубни, представляющие видоизмененные побеги, и корневые клубни (*Dahlia*). Стеблевые клубни можно, по их физиологическим особенностям, разделить на две группы. Одну группу составляют клубни, являющиеся постоянными образованиями, способными к неограниченному развитию (клубни у бегоний, цикламен, тропеолум); клубни другой группы, напротив, обладают ограниченной продолжительностью жизни, они обычно отмирают во втором вегетационном периоде: картофель, земляная груша и др.).² Луковицы, которые являются в большинстве случаев видоизмененными подземными стеблевыми образованиями, служат также весьма часто для вегетативного размножения. В пазухах чешуевидных листьев образуются часто новые луковицы (боковые почки). Интересно, что луковицы и выводковые почки могут возникнуть также и на надземных частях. Это явление встречается у некоторых лилий (*Lilium bulbiferum*) и у *Dentaria bulbifera*, у этих растений выводковые почки образуются в пазухах листьев на побегах, а у видов лука они развиваются на цветоножках.

¹ Goebel, K. Organographie der Pflanzen. Jena 1913. 2 Aufl. I Bd., p. 474.

² Относительно причин, которые обуславливают место образования и рост клубней можно найти указания, главным образом, у Vöchting, H. Über die Bildung von Knollen. Cassel 1887. Bibliotheca Botanica. Heft 4.

Указанные растения, а также (*Lachenalia luteola*, *Cochlearia armoracia*, *Ranunculus ficaria*, картофель и др.) или совершенно не образуют семян, или у них эта способность весьма подавлена. У них семечки не являются центром, куда в большом количестве прилегают пластические вещества, последние направляются к органам бесполого размножения: к луковичкам и клубенькам. Однако, и в этих случаях, определенным воздействием можно изменить направление потока пластических веществ и направить его к цветам. Таким путем удастся получить семена у растений, которые при обычных условиях их не дают. Линдемут¹ сообщает, что у *Lilium candidum* и у *Lachenalia luteola* (из лилейных), у которых при обычных условиях никогда или очень редко завязываются семена, их можно получить, если срезать стебель непосредственно над луковицей и поставить его в воду. У целого растения с наступлением периода покоя питательные вещества из стебля оттекают вниз в вместилища запасов, у отрезанного же стебля пластические вещества остаются в стебле и могут быть использованы для образования семян.

У *Lachenalia* на срезанных стеблях благодаря скоплению питательных веществ могут развиваться даже выводковые луковицы. Если срезать соцветие гиацинта (*Hyacinthus orientalis*) вместе с цветочной осью непосредственно над луковицей и удалить затем все цветоножки, то около остатка цветоножки могут возникнуть маленькие луковички.²

В практике, например в Голландии, где культура гиацинтов ведется уже сотни лет в очень большом масштабе, принято для улучшения развития луковиц срезать соцветие после его отцветания. Считают, что таким путем можно направить ток питательных веществ не к цветам, но вниз к луковицам. Линдемут думает, что это объяснение неверно: по его мнению, после удаления соцветия луковица, напротив, развивается слабее, так как при этом происходит потеря некоторого количества запасных веществ, которые нормально могли бы перейти в луковицу. Однако, сделанные автором опыты подтверждают пользу указанного практического приема. Линдемут забывает, что здесь идет речь не только о питательных веществах в соцветии, но также о тех питательных веществах, которые образуются в листьях и которые могут оттекать не к луковицам, но к соцветию.

Здесь следует указать на ошибку, которую приходится замечать во многих садоводствах. Известно, что луковицы гиацинтов можно после выгонки употреблять еще во второй и даже в третий раз. Хотя во второй раз они развивают не такое сильное соцветие, как в первый раз, но все-таки это соцветие достаточно развитое. Само собой разумеется, что выращенный в горшке гиацинт в период после первого цветения до перехода в стадию покоя должен иметь возможность энергично ассимилировать. Для этого нужно держать гиацинты после цветения по возможности более продолжительное время на сильном свете.

¹ Lindemuth, H., Über Samenbildung an abgeschnittenen Blütenständen einiger sonst steriler Pflanzenarten. Berichte d. Deutsch. Bot. Ges. Berlin 1896, Bd. 14, p. 224.

² Lindemuth, H., Über Bildung von Bulbillen am Blütenschaft von *Lachenalia luteola* und *Hyacinthus orientalis*. Ebenda, p. 247.

Ошибка, которую делают практики, состоит в том, что они ставят гиацинты сейчас же после цветения под стеллаж, или в какое-либо другое полутемное место и после засыхания листьев сохраняют луковицы в сухом виде. Каким образом может луковица при таком бессмысленном обращении с ней пополнить свои запасы питательных веществ, после того как они в значительной степени были израсходованы на развитие соцветия, и как может получиться при следующем цветении второе хорошо развитое соцветие? Новый пластический материал растение может получить только путем ассимиляции, поэтому нужно, как уже указывалось, горшечные экземпляры после цветения до перехода их в покоящееся состояние держать на сильном свету.

Так же как у луковичных растений, где удержанием ассимилятов в стебле можно на нем получить луковички, точно таким же образом можно заставить клубни развиваться не на подземных, а на надземных органах. Особенно легко удается это у некоторых сортов картофеля (шестинедельный картофель). Для этого выращивают растения из черенков, поставленных в почву так, чтобы они не имели в почве ни одной почки и потому не могли образовывать там клубни.



Рис. 94. Образование клубней на надземных частях картофеля. Уменьшено. (По Фехтингу).

По Фехтингу¹ это удобнее всего можно достичь тем, что выбирают побег с длинными междоузлиями и срезают его не под узлом, но непосредственно над ним. Если после этого длинный нижний конец междоузлия стебля поместить в почву, то вскоре у поверхности среза появляются корни, но клубни в почве не могут образоваться, так как междоузлия стебля не способны дать почки. Вырабатываемые на свету листьями ассимиляты остаются в надземных частях, так как подземные клубни отсутствуют, способствуя превращению пазушных почек в клубни (рис. 94).

Клубеньки можно получить в листовых пазухах также и надрезанием боковых веток, когда они оказываются связанными с главной осью только очень узкой полоской.

Отводки и черенки

Каждая часть стебля, корня или листа, которая, будучи совершенно отделена от материнского растения и поставлена в благо-

¹ Vöchting, H., l. c. p. 29.

приятные условия роста, развивается в самостоятельный индивидуум, называется черенком.

Если же указанные части растения остаются в период образования корней полностью или частично в связи с материнским растением до тех пор, пока они не будут способны к самостоятельному питанию, то такие части называют отводками.

Выращивание растений из черенков и отводок представляет очень важную работу в садоводстве. Этот способ размножения нашел такое большое применение на практике, что многие культурные растения совершенно или почти не выращивают из семян, но разводят черенками и отводками. Пеларгонии, вереск, акалии, камелии, гвоздики, драцена, юкки, банан, розы, бегонии, пеперомии, араукарии, айва, крыжовник, смородина, ива, тополь, виноград и др. размножаются главным образом черенками.

Отводками разводят преимущественно те растения, черенки которых трудно и не всегда укореняются, например, виноград, орех, финики, крыжовник, смородину, черную шелковицу и др. Для ускорения укоренения сначала отделяют ветвь от материнского растения лишь частично. При этом обычно поступают таким образом, что изгибают ветвь дугообразно (выпукло стороной вниз) и помещают ее в приготовленную ямку, где она укрепляется деревянным крючком, а затем засыпается землей так, что верхушка ветви (b) остается над почвой (рис. 95). Этим способом можно у многих растений получить укоренившиеся отводки.



Рис. 95. Отводок у винограда. Ветвь а была изогнута вниз и засыпана почвой. Она укоренилась. Сидорова уменьшено. (Оригинал.)

Другой способ состоит в том, что у некоторых кустарников засыпается влажной почвой нижняя часть стебля до определенной высоты. На этой части стебля через некоторое время образуются корни, после чего эти отводки можно отрезать от материнского растения и сделать их самостоятельными индивидуумами.

У трудно укореняющихся растений на части стебля, находящейся в почве, делают надрез коры и отделяют ее небольшие куски от древесины или же ускоряют образование корней другими способами: круговым надрезом, кольцеванием проволокой или надламыванием и окучиванием ветви.

Если изогнуть длинную ветвь несколько раз, то можно сразу из одной ветви получить несколько индивидуумов. Для этого у некоторых растений, легко образующих корни, нет необходимости закапывать ветвь в землю; достаточно лишь повредить ветвь указанными способами и пораненный участок поместить в стакан, горшок или какой-либо другой сосуд, наполненный почвой или водой или просто обложить ветвь влажным мхом. Как только появятся корни, отводок отрезают и культивируют дальше, как самостоятельное растение.

Этот способ получения отводков применяется, между прочим, на Яве. В знаменитом тропическом Ботаническом саду на Яве (и Бейтензорге) и в Индии Молиш часто наблюдал, как туземные жители применяли этот способ, чтобы в короткое время получить укоренившиеся отводки у различных древесных растений. Для этого они окружали рану пригоршней тяжелой почвы или мхом и так как они это делали в дождливый период, когда почти ежедневно почва или мох около раны смачивались дождем, то корни появлялись скоро и легко.

Различают стеблевые, корневые и листовые черенки, так как каждый из названных органов может дать материал для черенка, из которого затем можно получить новое растение.

Для садоводов черенки веток являются наиболее важными.

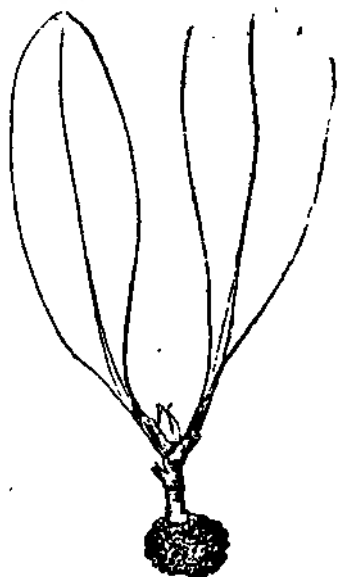


Рис. 96. *Rhododendron arboreum*. Черенок с каллусом. (Оригинал.)

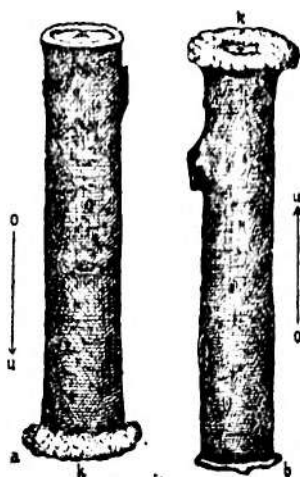


Рис. 97. Черенки из веток черного тополя (*Populus nigra*) Проявление полярности и при образовании каллуса. Будет ли черенок помещен в нормальном *a* или обратном *b* положении, всегда более мощный каллус *b* возникает на его природном нижнем конце. Натур. велич. (Оригинал.)

Если отрезать от материнского растения какой-либо побег и поставить его поверхностью среза во влажный песок, то через некоторое время наступает укоренение. В результате раневого раздражения возникает ткань, образующая так называемый каллус, с помощью которого рана зарубцовывается (рис. 96). Под каллусом понимают такие наплывы, которые состоят из паренхимной ткани и образуются на поверхности ран. Почти все ткани могут дать такие наплывы. Каллус особенно легко образуется: на надрезах, на морозобоинах, у окольцеванной поверхности и на срезах черенков.

Травянистые и древесные растения, особенно последние, если у них в тканях скоплено значительное количество запасных

нестесть, нередко сперия образуют очень большой каллус и только затем приступают к образованию корней. У тополя при образовании каллуса можно очень легко наблюдать проявление полярности, именно: особенно мощный каллус всегда развивается на природном нижнем полюсе (рис. 97).

Относительно анатомических процессов, идущих при образовании каллуса и корней, следует коротко отметить следующее:¹ все ткани способны участвовать в образовании каллуса, но главную роль при этом играет камбий, а затем паренхима сердцевины и коры. Ткань каллуса не похожа на ткани черенка, она отличается от старых тканей по форме и расположению клеток и только позже проявляется частичное сходство в результате деятельности меристемы,² возникающей в каллусе, которая или превращается в постоянную ткань, или образует ткани, подобные тканям черенка.

В первоначально достаточно однородной ткани каллуса или непосредственно над ним скоро возникают точки роста корней (иногда также и побегов). Следовательно, корни появляются или из каллуса или из стебля немного выше каллуса.

Время, необходимое для укоренения черенка, у различных растений весьма различно. Некоторые растения (*Pogostemon*, *Salix*, *Populus*, *Tradescantia*) при благоприятных условиях требуют для этого всего нескольких дней, другие (камелья, рододендрон и хвойные) несколько недель и даже месяцев.

КОРНЕВЫЕ ЧЕРЕНКИ. Обычно корни не дают побегов. Существуют, однако, некоторые травянистые и древесные растения, у которых корни способны давать почки и побеги. Такие корни могут с успехом служить в качестве черенков для размножения. Для получения черенков корни разрезают на куски 8—10 см длиной и помещают в почву так, чтобы верхний конец (верхушка) лежал бы несколько выше, чем нижний; сверху насыпается почва высотой от 3 до 6 см. Корневыми черенками размножают малину, ежевику, вишни, сливы, *Paulownia imperialis*, *Calycanthus*, *Cydonia japonica* и другие.

ЛИСТОВЫЕ ЧЕРЕНКИ. Листовыми черенками садовники называют две различные вещи: или отдельный лист с черешком, но без какой-либо части стебля, или же лист, с черешком, отрезанный от материнского растения вместе с пазушной почкой и частью материнского стебля.³ Листовым черенком мы будем называть черенки первого типа.

Способность листьев укореняться весьма распространена:⁴ но способность их не только укореняться, но также давать

¹ Crüger, H., Einiges über die Gewebeveränderungen bei der Fortpflanzung durch Steckling. Bot. Ztg. 1860, p. 369.

Hansen, A. Vgl. Untersuchungen über Adventivbildung bei den Pflanzen. Frankfurt a. M. 1881. Abdr. aus der Senkenbergischen naturf. Ges. XII Bd. Stoll, N., Über die Bildung des Kallus bei Stecklingen. Bot. Ztg. 1874, p. 378.

² Подробнее об этом у Simon, S., Experim. Untersuchungen über die Differenzierungsvorgänge im Kallusgewebe von Holzgewächsen. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. 1908, Bd. 45, p. 351.

³ Regel, F., Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Jena 1876, X Bd., p. 448.

⁴ Lindemuth, H. Gartenflora, 52 Jg., p. 479 und Hft. 23 того же года.

См. также Stingl, G. Über regenerative Neubildungen an isolierten Blättern phanerogamer Pflanzen. Flora 1909, Bd. 99, p. 178.

почки и таким путем размножаться свойственна лишь сравнительно небольшому числу растений. У многих растений листовые черенки, срезанные без почки и части стебля, могут иногда жить несколько лет; при этом они делаются необычайно толстыми и зелеными и могут развивать весьма значительную корневую систему (*Citrus*, *Aucuba*, *Hedera*, *Camellia* и др.). Однако, у них не может нигде появиться точка роста в виде почки и, следовательно, такой лист не может дать целого растения в противоположность настоящим листовым черенкам, дающим также и побег (рис. 98).

Прекрасным примером растений, дающих листовые черенки, могут служить многочисленные виды бегоний со стеблем, похожим на корневище или лежачим или же приподнимающимся.¹ Прямостоящие, ветвистые виды бегоний не способны обычно размножаться листовыми черенками.

Обыкновенно втыкают отрезанные листья во влажный песок так, чтобы черешок располагался в косом направлении, а пластинка листа плотно прилегала бы нижней стороной к песку; затем надрезают листовую пластинку в нескольких местах, в особенности там, где сходятся несколько сильных жилок. На поверхности ран скоро образуется слабый каллус, а затем появляются корни и почки. Корни образуются главным образом на черешке, но также и на нижней поверхности пластинки листа в местах ранения; почки же возникают на верхней стороне пластинки, в особенности там, где пластинка переходит в черешок, иногда даже на самом черешке.

Интересно, что у листовых черенков бегоний кожа в местах ранения как черенка, так и пластинки дает клетки, подобные корневым волоскам, которые, по всей вероятности, выполняют функции последних. У листовых черенков при образовании каллуса главную роль играет камбий сосудистой ткани, однако в создании каллуса могут участвовать также другие ткани листа, например кожа. По Гансену² придаточные побеги, образующиеся на неповрежденных местах листа, возникают исключительно из кожицы. У некоторых видов могут даже куски листа в 2—4 кв. см давать новые растения—способ, который можно рекомендовать, когда в распоряжении имеется немного листьев какого-либо ценного сорта. Отрезками листа можно размножать также многочисленные *Gesneriaceae*, именно: глоксинии и виды гесперий, а также теофрасту.³



Рис. 98. *Aucuba japonica*. Укоренившийся лист. (Оригинал)

¹ Regel, F., l. c. p. 447.

² Hansen, A., l. c. p. 40 d. Sep-Abdr.

³ Neumann, Kunst der Pflanzenvermehrung, ed. Hartwig, Weimar 1870, p. 37.
Lobner, M., Grundzüge der Pflanzenvermehrung. 2 Aufl. Berlin 1915.

У листовых черенков бегоний, как мы видели, листья должны лежать на песке и быть нарезанными указанным образом ножом, у других листовых черенков этого не требуется. У них достаточно воткнуть только черешок или основание пластинки в сырой песок, а пластинку можно оставить в воздухе над песком.

У бегонии Рекс автору удавалось получить молодые растения даже из листового черешка. Для этого лучше всего сажать отрезанный лист с черешком. Тогда часто образуется молодой побег не на верхнем конце черешка, а на нижнем, находящемся в земле.

Интересно, что листья томатов (*Solanum lycopersicum*) не только укореняются, но дают также придаточные побеги даже тогда, когда они еще не отделены от материнского растения.¹

Это особенно часто встречается у роскошно развитых оранжерейных растений. Побег возникает из средней жилки, образуя на месте своего возникновения достаточно (ольшое клубенькообразное вздутие; побег может еще на материнском растении достигнуть высоты $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ метра. Поставленные своим основанием в воду или воткнутые в сырой песок эти побеги скоро укореняются и становятся самостоятельными растениями.²

В виде приложения дается список растений, которые можно размножать листовыми черенками. Этот список не является, однако, исчерпывающим.³

Целесообразно различать в этом отношении две группы растений; у одной листья дают почки, когда они еще не отделены от материнского растения, у другой листья закладывают почки только после отделения от материнского стебля.

1. Почки появляются на листьях естественным путем

1. Сосудистые тайнобрачные.

У некоторых папоротников почки возникают на черешке (*Asplenium filix femina*, *A. filix mas*, *Pteris aquilina*), у других на пластинке или в пазухе сегментов листа (*Asplenium decussatum*, *A. Belangeri*, *A. caudatum*, *Ceratopteris thalictroides*). *Asplenium bulbiferum*, *Dryopteris palmata*, *Diplazium proliferum*, *D. celtifolium*, *Hemionitis palmata*, *Gymnogramme Linkiana* и *Woodwardia radicans* относятся также к живородящим. У *Chrysodium flagelliferum*, *Chr. repandum* Mtt., *Asplenium flabellifolium* и *Habellatum* var. *cryptopterum* Kz. почки образуются на усикообразно удлиненной верхушке листьев.

2. Явнобрачные.

а) Однодольные. Яванское аронное *Atherurus ternatus* образует одну луковичку в углублении, на месте перехода пластинки в черешок, а другую на в рхнем конце листового влагалища. Сюда также о.носятся *Hyacinthus Ponzolsii*, *Drimia* и *Malaxis paludosa*.

б) Двудольные:

Cardamine pratensis, *C. hirsuta*, *Tellima grandiflora*, а также *Brassica oleracea* и *Ranunculus bulbosus*. Хотя два последних растения также описаны к растениям, образующим почки на листьях, однако эти указания нуждаются в проверке.

На листьях *Chelidonium majus* var. *laciniatum* возникают побеги с многочисленными цветами, но без листьев; у *Levisticum officinale* в месте деления верхних

¹ Duchartre, P., Note sur des feuilles ramifères de tomates. Ann. de science nat. 3 ser. Bot. t. 19, 1853, p. 241.

² Smith, E., Bacterial diseases on plants, 1920, p. 50.

³ Regel, F., l. c. p. 478. Здесь также соответствующая старая литература.

листья появляются один или два побега, которые несут листочки и небольшое зонтичное соцветие.

Utricularia дает жалкие листовые побеги, которые возникают вблизи угла верхнего листового выреза. Из сем. *Crassulaceae* наиболее известным примером является *Bryophyllum* (рис. 99), у которого пчки образуются в выемках края листа.

Кроме *Bryophyllum* очень удобный объект для демонстрации побегов, возникающих на листьях, представляет себе *Tolmiea Menziesii* из сем. *Saxifragaceae*. У этого растения почка регулярно появляется у основания листовых пластинок в том же месте, где она переходит в черешок. После того как лист достигнет определенного возраста, почка прорастает и появляются корни с красными кончиками (рис. 100). Пошикование почек из чено Лукаш¹. Лист у этого растения, как автор неоднократно мог убедиться, можно разрезать на куски величиной 2—3 см; эти куски легко укореняются и живут несколько месяцев, но не образуют почек, почки образуются только у основания листовой пластинки.



Рис. 99. *Bryophyllum crenatum*. Три листа после продолжительного лежания на сытом песке образовали побеги на пластинке. Натуральная величина. (Оригинал)



Рис. 100. Почка на листе *Tolmiea Menziesii*. Натуральная величина. (Оригинал)

II. Почки, получаемые на листьях искусственным путем

1. Сосудистые тайнобрачные.

Размножение *Marattiaceae* происходит почти исключительно почками, которые появляются на мясистой листовой подушке и прилистниках. По Куртину² *Selaginella paradoxa* можно также размножать листьями.

2. Однодольные: 3 виды *Aloe*, *Sansevieria*, *Hyacinthus corymbosus*, *H. orientalis*, *H. candicans*, *Ornithogalum* sp., *Eucomis Lachenalia*, *Lilium auratum*, *L. tigrinum* и, вероятно, еще другие лилейные.

В Голландии весьма распространено размножение гиацинтов с помощью выводковых луковичек; таким способом размножают даже такие расы, которые не обладают природной к этому склонностью. Для этого надрезают донце луковицы на четыре части двумя перекрещивающимися под прямым углом надрезами. При этом нужно следить, чтобы надрезы были глубиной примерно 5—10 мм и проходили бы только у основания чешуй. На поверхности раны развивается зачаток луковички. Луковички можно также получить выделбливая луковицы, или же на листовом черенке, как показано на рис. 101.

3. Двудольные. Кроме беронии главным образом представители сем. *Crassulaceae*, *Gesneriaceae* и *Scrophulariaceae*: *Crassula*, *Cotyledon*, *Echeveria*, *Sedum*, *Roechea falcata*, *Gloxinia*, *Leptandra bicolor*, *Achimenes*, *Columnea*, *Chirita sinensis*, *Mimulus*.

¹ Лукаш, I., Die blattbürtigen Knospen der *Tolmiea Menziesii*. Progr. d. K. K. Staats. Ob. Gymn. I. Mies 1893/94.

² Courtin, A., Die Pflanzenvermehrung. Stuttgart, p. 122.

³ Schubert, O., Bedingungen zur Stecklingsbildung und Propfung von Monocotylen. Zbl. f. Bakt. usw. II Abt. 37 Bd., 1913, p. 309.

и *Toronia asiatica*. Затем *Portulacca*, *Theophrasta*, виды *Drosera*, *Dioneaea muscipula*, *Peperomia*¹ *Aeschlanthus*, *Streptocarpus*, *Phyllagathis rotundifolia* и *Hertholonia*.

В литературе имеются еще указания на другие растения, дающие листовые черенки, однако многие из этих указаний ошибочны.

Так утверждают, что розы и цитрусовые способны размножаться листовыми черенками, но в этих случаях вероятно брались листья снабженные пазушными почками.

Условия выращивания черенков

Прежде всего нужно правильно выбрать время для заготовки черенков. У деревьев и кустарников часто берут в качестве черенков безлистные ветки. Такие (зимние) черенки лучше всего срезать осенью, после листопада, когда ткани наполнены запасными веществами. Как известно, для образования каллуса и корней необходимы пластические вещества. Так как безлистные черенки сами не могут создавать органические вещества, то они должны иметь их уже запасенными в своих тканях.

Срезанные в надлежащее время черенки связываются в пучки и втыкаются для образования каллуса в песок на открытом воздухе или в каком-либо прохладном помещении. В конце марта черенки высаживаются в грунт рядами, при этом их ставят в почве косо, оставляя над поверхностью почвы только один или два верхних глазка. При таких условиях у черенков вскоре наступает образование корней. Косое положение черенков в почве, вероятно, тем полезно, что при таком положении нижняя часть черенка не лежит слишком глубоко в почве и не страдает от недостатка кислорода.

Рис. 101. *Hyacinthus orientalis*. Двухмесячный листовый черенок с выводковыми луковичками у основания листа. (Оригинал)

У травянистых облиственных побегов также далеко не безразлично в какое время срезать черенки. Для большинства таких растений наиболее благоприятным временем для заготовки черенков является не осень и зима, а весна и лето. Время резки черенков для различных растений различно. Срезанный черенок должен обладать определенной степенью зрелости. Он не должен быть слишком молодым, так как такой черенок легко загнивает в почве, но не должен быть и слишком старым, так как в таком случае он плохо укореняется.

Срез должен производиться непосредственно под листом или боковой почкой, так как установлено, что стебель образует корни преимущественно вблизи основания листа. Если материнскую

¹ Beinling, E. Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von *Peperomia*. Conns Beitr. z. Biologie d. Pflanzen. III Bd. 1883, p. 25.

ветку разрезать на несколько черенков, то верхний конец нужно также срезать непосредственно над почкой, так как иначе длинный кусок стебля над последней почкой засохнет и отомрет.

Многие растения имеют узловое утолщение; на таких узлах корни особенно легко образуются. И в этом случае срезать нужно также непосредственно под утолщением, так как междоузлия, отделенные такими утолщениями, бывают часто полыми и обнаруживают малую способность к образованию корня. Гебель¹ высказал такое предположение для объяснения более легкого образования корней из узлов. В узлах происходит значительное накопление запасных веществ вследствие отклонения в них сосудистых пучков от прямого направления.

Если для черенков берутся сочные и молодые боковые ветви, то рекомендуется быстрым отрыванием или отрезанием так отделять их от материнского растения, чтобы у основания черенка остался кусок коры и древесины материнского растения. Такие черенки не так легко загнивают и имеют некоторое количество запасных веществ.

ОБРЕЗКА ЛИСТЬЕВ.

В. В. В случае облиственных, сильно транспирирующих травянистых черенков необходимо уменьшать у них транспирационную поверхность, для чего нужно удалить нижние листья и отрезать часть пластинок верхних листьев (рис. 102). Этот применяемый



Рис. 102. Черенки *Petargonium zonale*. I—правильно обрезанный черенок. Нижние листья удалены, у них оставлена лишь нижняя часть черешка. У верхних листьев отрезана часть пластинки. II—неподрезанный черенок. Ему угрожает опасность завянуть вследствие его большой листовой поверхности. (Оригинал)

обычно садовниками способ вполне правилен: не нужно забывать, что черенок после посадки не имеет совершенно корней, и вода поступает в него не с помощью нормального всасывающего органа, но через свежую поверхность нижнего среза. Поэтому, чтобы избежать завядания черенка, необходимо произвести обрезку листьев. Но и здесь не следует впадать в крайность, так как при недостатке в черенке запасных веществ листья должны дать материал, необходимый для образования корней. У древесных черенков, имеющих кожистые, слабо транспирирующие и трудно завядающие листья (мирты, лавры, рододендрон) не требуется удалять листья или обрезать их.

О черенках, укореняющихся без листьев, было уже сказано. В этом случае укоренение оказывается возможным, благодаря запасным веществам, уже имеющимся в черенке. То же самое мы имеем для черенков драцены и для глазковых черенков.

¹ Goebel, K., Einleitung in die experim. Morphologie der Pflanzen, 1908, p. 226.

При размножении драцены ее стебель разрезают вдоль и кладут горизонтально в песок на глубину 5 см так, чтобы поверхность разреза была обращена вниз. Побегообразуются на верхней стороне вблизи верхушки стебля, а корни на нижней стороне у основания стебля.

У древесных растений для размножения могут служить также отдельные глазки. Так, у виноградной лозы, с помощью среза, сделанного вдоль продольной оси, отделяют от стебля почки с кусочком древесины и затем втыкают их горизонтально во влажную почву, при этом глазок должен свободно торчать наружу. Этот способ размножения рекомендуется особенно тогда, когда веток для заготовки черенков недостаточно и когда нужно размножать редкие сорта.

ВОДА. Непосредственно после заготовки, черенки, во избежание завядания, втыкаются нижним концом во влажную почву для того, чтобы они могли всасывать воду. Выдерживание во влажном помещении и обильное снабжение водой очень сильно способствуют укоренению черенка.

У некоторых растений, богатых млечным соком (*Ficus elastica*) или вообще очень сочных, при срезании обычно выделяется сок, который нужно, насколько возможно, удалить. Млечный сок, свертываясь на поверхности среза, закупоривает сосуды, и растение может в таких случаях немного завянуть.

При размножении суккулентов (*Cereus*, *Echinocactus*, *Mammillaria*, *Euphorbia*, *Stapelia* и др.) употребляют, если возможно, боковые побеги. Если же вместо побегов взять в качестве черенка головку, то ее оставляют перед посадкой на солнце для того, чтобы дать подсохнуть поверхности среза и чтоб она слегка завяла. Таким образом удастся избежать загнивания, легко наступающего у суккулентов, и облегчить образование корней. Хорошо помогает также посыпание поверхности раны порошком из древесного угля. С видами *Dioscorea*, которые на Тринидате широко размножаются отрезками подземных стеблей, поступают еще решительнее: у них в поверхность среза втирается зола или едкая известь.¹

Одна только обрезка листьев бывает часто бессильна защитить черенок от завядания. В таких случаях стремятся уменьшить транспирацию черенка созданием вокруг него влажной атмосферы: поддержанием почвы во влажном состоянии, накрыванием черенков стеклянными колпаками или парниковыми рамами и частым опрыскиванием. Для одних растений все это требуется в большей степени, для других в меньшей. Как только наступит укоренение, нужно, постепенно усиливая проветривание, начать закаливать черенок, чтобы приучить его снова к сухому воздуху.

ТЕМПЕРАТУРА. Для укоренения черенка требуется обычно несколько более высокая температура, чем для роста уже укоренившегося растения. Многие растения умеренной зоны довольствуются для укоренения обычными температурами или же почву подогревают до 20° С, посредством отопления, навоза или перегнивающей листвы. Тропическим растениям, прирученным к более высокой температуре, почву подогревают до 20°—25° и выше.

¹ Grüger, H. I. c. p. 373.

ПОЧВА. Черенок при укоренении не требует большого количества минеральных солей, а нуждается главным образом в воде и в рыхлой почве, уменьшающей опасность загнивания. Поэтому лучше всего сажать черенки или в чистый песок или в песок с примесью лиственной, торфяной или луговой почвы; порошок древесного угля, чистый или в смеси с луговой почвой также оказывается весьма пригодным. Он является достаточно рыхлым, легко проницаемым для воздуха, что весьма важно для укоренения черенков. Большое значение кислорода для образования корней доказано различными опытами, в частности специальными опытами Кюстера¹ по укоренению черенков ивы.

То, что трудно укореняющиеся черенки, например олеандра, зимние черенки груши и яблони, будучи поставлены своим основанием в воду, образуют многочисленные корни, давно уже известно.

СВЕТ. Черенки нуждаются также и в свете. Свет дает возможность листьям ассимилировать; получаемые при этом органические вещества благоприятствуют корнеобразованию. Парники, расположенные в тени и получающие только рассеянный свет, дают при укоренении черенков худшие результаты, чем парники, открытые прямым солнечным лучам, но умеренно затененные циновками, досками или побелкой стекол известковым молоком или глиной.

Выращивая черенки, как и во многих других случаях при культуре растений, нельзя работать по шаблону. Для того чтобы выбрать для укоренения черенков наиболее благоприятные внешние условия, нужно много уметь, опыта и точного знания потребностей растения.

Явления полярности, которые уже были подробно рассмотрены, свойственны и черенкам. Вследствие своей полярности, т. е. особых внутренних причин, черенок образует у своей верхушки побеги, а у своего основания корни, при этом безразлично в каком положении он будет подвешен: в нормальном или обратном. Также и при отводах: поранение с одной стороны или со всех сторон разлагает ветку на две физиологические отдельности; непосредственно над раной создаются условия для образования корней; этому способствует также изгибание ветви, влажность и темнота, господствующие в почве.²

Нами было упомянуто, что при размножении драцены у горизонтально положенных стеблей на верхней стороне образуются побеги, а на нижней корни. Это приписывается влиянию силы тяжести, о которой мы знаем, что она у наклонных и горизонтальных стеблей благоприятствует развитию на верхней стороне побегов, а на нижней корней.

Облагораживание или прививка

В лесу можно нередко наблюдать, как две ветви одного и того же вида сближаются друг с другом так, что приходят в соприкосно-

¹ Küster, E. Beitr. z. Kenntn. d. Wurzel- und Sprossbildung an Stecklingen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1904, Bd. 40, p. 279.

² Ср. также Vöchting, H., I Opraanoобразование p. 224 и Tittmann Physiologische Untersuchungen über Kallusbildung an Stecklingen holziger Gewächse. Jahrb. f. wiss. Bot. 1895, Bd. 27, p. 164.

вание и при ветрах и бурях начинают стирать друг другу кору так сильно, что обнажается камбий; после этого они могут срастись друг с другом. Этот, иногда наблюдаемый в лесу процесс мог побудить человека уже в древние времена к облагораживанию растений. Под этим понимают известную операцию пересадки почки или ветки с почками какого либо растения на ветвь или корень другого родственного ему вида, за этой пересадкой следует внутреннее срастание. Пересаживаемая часть, называется *привоем* или благородным привоем, а часть несущая привой, называется *подвоем* или *дичком*.

В последнее время облагораживание называют также прививкой, понимая под последним термином не только облагораживание, но и всякое искусственное соединение с последующим срастанием части одного растения с частью другого.

Облагораживание было известно уже в древнее время грекам и римлянам, которые переняли его от восточных народов. Кто интересуется историей этой интересной проблемы, должны обра-

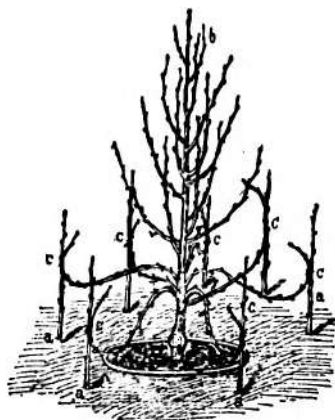


Рис. 103. Сближение. На молодых подвоях *a* привиты путем сближения (в точках *c*) ветки, находящегося в центре материнского горшечного растения. (По Гаухеру)

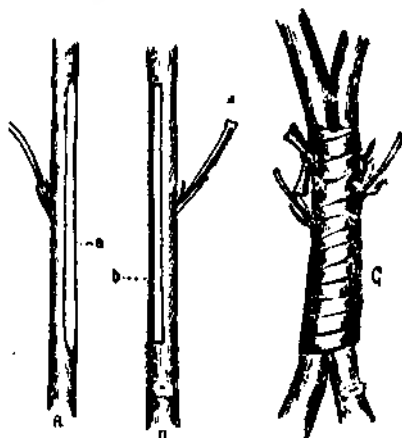


Рис. 104. Сближение. У двух ветвей *R* и *U* приготовлены поверхности *a* и *b* для сближения. *c* показывает окончательное соединение обеих ветвей. (Оригинал)

титься к увлекательно и критически написанной соответствующей главе превосходной работы Фехтинга о прививке.¹

Способов облагораживания имеется громадное число. Туэн,² которому мы обязаны превосходной монографией по этому вопросу, насчитывает не менее 119 способов, а Нуазетт³ даже 137. Практическое значение имеют, однако, лишь немногие способы, из них

¹ Vöchtling, H., Über Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892, p. 1—25. Здесь же приведена соответствующая литература.

² Thouin, A., Sur les greffes. Annales du mus. d'histoire nat. T. XIII, XVI и XVII. Paris, 1809, 1810 и 1811.

³ Nolsette, L., Vollständiges Handbuch der Gartenkunst. Übersetzt von Sigwart. Bd. 2. Stuttgart 1826.

здесь будут рассмотрены наиболее важные: сближение, прививка вставкой в щель или вырез, копулировка и окулировка.¹

1. СБЛИЖЕНИЕ. При прививке сближением — привой не отделяется от материнского растения до срастания его с подвоем. Привой связывают соответствующим образом с другой ветвью того же самого или другого индивидуума и оставляют в таком положении до срастания.

Для срастания у привоя *R* (рис. 104) на стороне, противоположной глазку, удаляется кора с частью заболони на протяжении 4—6 см. На подвое *U* двумя поперечными и двумя продольными надрезами также удаляется полоска коры *b*, длина и ширина которой соответствует обнаженной части привоя. После этого соединяют обе поверхности среза друг с другом, место прививки обвязывается садовым варом.

Способ сближения применяется в различных видоизменениях и часто весьма успешно. Например, сближают плодоножку какого-либо плода, с находящейся вблизи веткой и получают после срастания необычайно крупные плоды, так как привитая ветка доставляет плоду очень большое количество питательных веществ. Можно также соединять ветки горшечного экземпляра растения с молодыми подвоями так, как показано на рис. 103. Методом сближения можно перекрыть большое место. Таким путем больные деревья можно снова превратить в здоровые, а у деревьев, утративших в результате поломок и истечения камеди определенную форму, снова восстановить ее. Через один, два года после срастания можно привой отделить от материнского растения и представить его в дальнейшем самостоятельному существованию.

В противоположность только что описанному методу сближения все остальные способы прививок отличаются тем, что привой перед прививкой отрезается от материнского стебля.

2. ПРИВИВКА ВСТАВКОЙ В ЩЕЛЬ, ИЛИ ВЫРЕЗ, охватывает все способы, где часть ветки с почками прививается на подвое уже после отделения от материнского растения. При этом различают несколько случаев.

а) *Прививка в расщеп*. Для этого перерезают поперек подвой и расщепляют его сверху вдоль один или два раза. В первом случае вставляют соответствующим образом заостренным концом два, во втором четыре привоя, затем место прививки обвязывается и замазывается садовым варом (рис. 105).

Иногда делают только полурасщеп до сердцевины, и в образовавшуюся щель вставляют клинообразно заостренный привой.

Достоинством прививки в расщеп является, во-первых, то, что можно тонкие привои прививать на очень толстых подвоях, во-вторых, при этом способе, благодаря хорошему зажиманию подвоя в щели, происходит более тесное соединение поверхностей среза и более быстрое их срастание.

При прививке вставкой (козья ножка) подвой совершенно не расщепляется, но у него сбоку клинообразно вырезается кусок коры и древесины, и в полученный таким образом вырез вставляется

¹ Из новых работ относительно прививок см. Teichert, O., Gärtnerische Veredlungskunst. usw. 3 Aufl. 1900; Gaucher, N., Die Veredelungen der Bäume u. Sträucher. 3 Aufl. Berlin 1909.

соответствующим образом подогнанный (с одной стороны клинообразно заостренный) привой (рис. 106).

б) Прививка под кору. У подвоя после отрезания верхней его части делается продольный надрез коры и за частично отделенную кору вставляют косо заостренный привой. Иногда привой вставляют между древесиной и корой без разреза последней.

В заключение следует упомянуть еще

в) Прививку сбоку, острием, языком. При этом на подвое делается боковой надрез, куда вставляется остро зачищенный привой. Это очень простой и верный способ прививки, который позволяет делать прививку и в старых деревьях, как для спасения их после повреждения, так и для придания им недостающей ветви.

3. КОПУЛИРОВКА применяется главным образом при привое и подвое одинаковой толщины. При этом способе косо срезают и привой и подвой так, чтобы поверхность срезов точно подходила бы друг к другу. Затем подвой связывается с привоем и место прививки обмазывается садовым варом (рис. 107). Если же

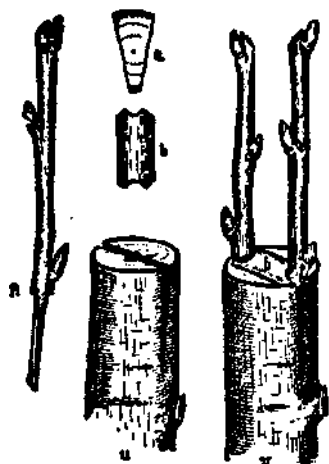


Рис. 105. Прививка в расщеп *U* подвоя, сверху расщепленный, *R* привой, заостренный внизу, *а* показывает нижний заостренный конец привоя в поперечном разрезе (увел.), *V* готовая прививка с двумя привоями. Оставшаяся открытая щель покрыта куском коры *б* для защиты от воды и пыли. (Оригинал)

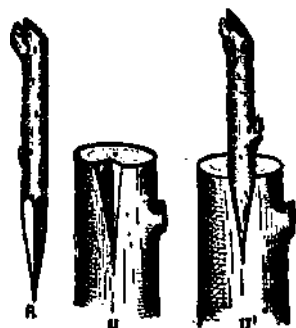


Рис. 106. Прививка клином (козья ножка). *U* подвой с трехугольным вырезом; *R* привой, клинообразно заостренный; *U'* подвой со вставленным привоем. (Оригинал)

привой тоньше, чем подвой, копулировку делают в прикладку. При этом видоизменении срезают косо привой и на одной стороне подвоя удаляют часть коры и древесины так, чтобы косой срез привоя вполне подходил к поверхности бокового среза подвоя.

4. ОКУЛИРОВКА. При окулировке на подвое прививается только один глазок (почка) привоя. На месте, куда будет вставлена почка, делают надрез в виде буквы *T* и отделяют кору; в промежуток между отделенными концами коры и древесиной вставляется почка с кусочком коры (шиток) (рис. 108).

При описанных способах прививки почка какой-либо ветви или ветвь, несущая почки, соединяются с другой ветвью таким образом, что срастаются одноименные части. Фехтинг¹, однако, пока-

¹ Vöchting, H., l. c. p. 64.
Sorauer, P., l. c. p. 819.

зл, что можно брать части растений с их нормальных мест и пересаживать их на любые другие места и таким путем неограниченно перемещать и смещать составляющие растение части. Можно, например, пересадить у свеклы побочные корни на любое место главного корня, главный корень заменить боковым, кончик главного корня пересадить на побочный и заставить его развиваться дальше в качестве побочного.

Давно применяемое садоводами прививание веток на корнях также доказывает, что можно пересаживать друг на друга различные части растения. Прививка веток на корнях нашла большое применение у декоративных деревьев и кустарников, которые легко размножаются кусками корней, у *Cydonia japonica*, *Bignonia radicans*, а также у видов *Paeonia*, *Clematitea* и *Rosa*.

Фехтингу удалось даже успешно прививать у свеклы листья на корни и куски корней на стебель, листья и их части срастались с стеблем; и даже удалось привить на листовом черешке корневой свеклы целое растение (семенник).

Фехтинг пересаживал также отдельные куски тканей, не имеющие почек. У свеклы хорошо срастались куски, вырезанные из корня и снова поставленные на прежнее место или пересаженные на любое другое место корня. Можно легко пересадить на подходящее место мясистый стебель кольраби без почек, куски коры древесных растений, у *Mesembryanthemum*



Рис. 107. Копулировка. U—подвой, r—привой U—показывает как привой соединяется с подвоем. (Оригинал)



Рис. 108. Окулировка U—подвой с надрезом в виде T, k—почка с куском коры, U—подвой с вставленной почкой. (Оригинал)

половинки листьев. Все эти опыты убедительным образом показывают, как велика самостоятельность и независимость отдельных частей растения.

СРАСТАНИЕ. Если нужно, чтобы привой на подвое рос в течение продолжительного времени, то необходимо довести их до внутреннего срастания. В процессе срастания между дичком и привоем возникает прежде всего новая ткань, которую называют „склеивающей“¹ или „промежуточной“ тканью.

¹ Goepert, H. R. Über innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher. Kassel 1874.

См. также Winkler, H., Transplantation, Propfen usw.—Handwörterbuch d. Naturwissensch. X, 1913, p. 18.

Figdor, W., Experimentelle und histolog. Studien über die Erscheinung d. Verwachsung im Pflanzenreiche. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien 1891, Bd. C. Ap., L. 177.

У травянистых растений склеивающая ткань может образоваться из различных тканей, при прививке же древесных растений новообразования возникают, главным образом, из камбия. Однако, и в том и в другом случае сначала развивается паренхимная ткань каллуса, которая заполняет пространство между привоем и подвоем и выступает до некоторой степени наружу. Только после этого из клеток каллуса возникает камбий, который соединяется с камбием привоя и подвоя и откладывает затем внутрь водопроводящие элементы, а наружу ткани коры и таким образом восстанавливается проводящая система для воды и ассимилятов.

Если прививки у двудольных и хвойных легко получаются, то у однодольных они не удаются. Срастание иногда наблюдается и у однодольных, но при этом в лучшем случае образуется лишь паренхимный каллус, но сосудистые пучки в месте соединения не появляются и привой вскоре погибает.

Очень подробно этим вопросом занимался Шуберт,¹ который хотя и получал у многих видов срастание привитых частей и поддерживал их живыми в течение месяцев и даже нескольких лет, но пришел, к выводу: „что достаточного срастания до сих пор не обнаружено и вследствие этого до сих пор не удалось у однодольных получить успешные прививки“. Неудача записит, вероятно, прежде всего от того, что однодольные (если отвлечься от известных представителей древовидных лилейных — *Dracaena*, *Cordylus Aloe*, имеющих вторичное кольцо утолщения) лишены настоящего камбия и неспособны ко вторичному утолщению стебля.

Условия успешной прививки

а) При всех описанных способах прививки нужно, конечно, прежде всего заботиться о том, чтобы поверхности среза привоя и дичка хорошо подходили друг к другу, чтобы, по возможности, одинаковые ткани прилегали друг к другу и тесно соприкасались друг с другом: кора с корой, камбий с камбием, древесина с древесиной. Затем нужно уменьшить транспирацию привоя. Если делать прививки в оранжерее или вообще под стеклом, то ослабить транспирацию не трудно, но достигнуть этого на открытом воздухе нелегко. Для уменьшения транспирации при прививке и окулировке удаляют листья и обмазывают садовым варом снаружи место соединения и верхний срез привоя, всегда оставляя почки свободными.

б) Для успеха прививки имеет большое значение природное сродство соединяемых растений. Хорошее и постоянное срастание происходит только тогда, когда подвой и привой родственны между собой. Лучшее всего срастаются привой и подвой одного и того же вида близких разновидностей, но могут также успешно прививаться различные виды и определенные виды и определенные роды в пределах одного и того же ботанического семейства напр. *Datura stramonium*, *Physalis alkekengi*, *Nicotiana tabacum*, *N. rustica*, *Atropa belladonna* на *Solanum tuberosum*. Также *Solanum tuberosum* срастается с *S. nigrum*, *Nicotiana rustica* и *Physalis*

¹ Schubert O., l. c. p. 429.

alkkengl. ¹ Садовники давно прививают *Petunia* на *Nicotiana glauca*. ²

Автор сам на многочисленных своих опытах убедился в правильности приведенных указаний. Между прочим ему удалось привить *Hedera helix* на *Aralia Siiboldii* на *Plectranthus fruticosus*, *Syringa vulgaris* на *Fraxinus excelsior* и *Syringa* на *Ligustrum vulgare*.

Садовникам давно известны следующие прививки:

<i>Arctostaphylos</i>	на <i>Arbutus unedo</i> ,
<i>Azalea</i>	на <i>Rhododendron</i> ,
<i>Ceanothus puniceus</i>	на <i>Caragana arborescens</i> , <i>Colutea arborescens</i> , <i>Astragalus glycyphyllus</i> , <i>Sutherlandia frutescens</i> и др.
<i>Cussonia</i>	на <i>Aralia</i> ,
<i>Edgeworthia chrysantha</i>	на <i>Daphne Mezereum</i> ,
<i>Garrya</i>	на <i>Aucuba japonica</i> ,
<i>Chrysanthemum</i>	на <i>Anthemis</i> ,
<i>Cucumis melo</i>	на <i>Cucurbita perennis</i> , на <i>Thladiantha dubia</i> ,
<i>Ixora</i>	на <i>Lachnea</i> и <i>Pimelea</i> ,
<i>Namopantes</i>	на <i>Ilex</i> и <i>Prinos</i> ,
<i>Olea</i>	на <i>Ligustrum vulgare</i> ,
<i>Chionanthus</i>	на <i>Fraxinus</i> ,
<i>Osteomeles</i>	на <i>Crataegus</i> , <i>Cotoneaster</i> и <i>Mespilus</i> ,
<i>Pernetia</i>	на <i>Arbutus unedo</i> ,
<i>Phylliraea Vilmoriana</i>	на <i>Fraxinus</i> ,
<i>Forsythia</i>	на <i>Aralia nymphaeifolia</i> ,
<i>Sciadophyllum</i>	на <i>Ilex aquifolium</i> ,
виды <i>Prinos</i>	на <i>Cydonia (айда)</i> и <i>Crataegus</i> ,
<i>Pirus</i> (груша)	на <i>Crataegus oxyacantha</i> ,
<i>Cydonia vulgaris</i>	на <i>Pinus silvestris</i> и <i>Larix europaea</i> ,
виды <i>Cedrus</i>	на <i>Abies pectinata</i> ,
виды <i>Tsuga</i>	} на <i>Taxus baccata</i> . ³
<i>Cephalotaxus</i>	
<i>Podocarpus</i>	
<i>Torreya</i>	

Недавно Лиске ⁴ произвел новые успешные опыты по прививкам многочисленных представителей сем. тыквенных. Он прививал на тыкве (*Cucurbita Pepo*): *Benincasa cerifera*, *Bryonia alba*, *Br. dioica*, *Bryonopsis laciniata*, *Cayaponia sp.*, *Cucumis dipsaceus*, *C. flexuosus*, *C. melo*, *C. prophetarum*, *C. sativus*, *Cucurbita melanosperma*, *Cyclanthera explodens*, *C. pedata*, *Echallium elaterium*, *Echinocystis lobata*, *Lagenaria clavata*, *L. gigantea*, *L. verrucosa*,

¹ Strasburger, E., Über Verwachsungen und ihre Folgen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. III, p. XXXIV.

² Teichert, O., l. c. p. 92.

³ Teichert, O., l. c. p. 89.

⁴ Lieske, R., Pfropfversuche; Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1920, p. 353.

Luffa cylindrica, *L. macrocarpa*, *Pilogyne suaveolens*, *Raphanocarpus Welwitschii*, *Siclidium Lindheimeri*, *Sicyos angulata* и *Trichosanthes anguinea vera*.

Все перечисленные виды хорошо росли на тыкве, большинство из них образовывало цветы и плоды. Лиске доказал также возможность прививок у многочисленных бобовых. Напр. на бобах (*Vicia Faba*) росли очень хорошо: *Vicia sativa*, *Pisum sativum*, *Ervum lens*, *Trifolium pratense*, *T. terraneum*, *Medicago sativa* и *Melilotus coerulea*. *Robinia pseudacacia* и *Cytisus laburnum* привитые на *Vicia Faba* росли вначале очень хорошо, но затем они остановились в росте, так как подвой имел только ограниченную продолжительность роста. Из этих опытов с бобовыми ясно, что атмосферный азот, ассимилируемый подвоем, используется привоем, что впрочем и нужно было ожидать.

Лиске пытался также прививать друг на друга однолетние и многолетние растения. Это удалось ему только в одном единственном случае: на побеге томата привился *Solanum arboreum*. Во всех других случаях оказалось, что однолетние растения, привитые на побеги многолетних растений, оказывались недолговечными. Напр., при опытах с *Solanum dulcamara* и *S. lycopersicum* по истечении некоторого времени всегда наступало отмирание привитых однолетних растений.

Весьма употребительны в практике прививки друг на друга различных родов кактусов, главным образом, с целью придать некоторым видам большую прочность или лучшую форму, например в виде кроны деревца. Для этого в качестве подвоев пригоден *Cereus speciosissimus*, а также другие виды *Cereus*, в особенности *Peireskia aculeata*, которая имеет прямостоящий, достаточно одревесневший стебель, с которым срастаются почти все роды кактусов, несмотря на их различный внешний вид.

Из приведенного списка прививок, не претендующего, однако на исчерпывающую полноту, ясно видно, что прививки возможны лишь между родами одного семейства. Способность к срастанию протекает в общем параллельно систематическому родству, но она не всегда совпадает, однако, с половым сродством, напр. в пределах семейства *Solanum* до сих пор неизвестно гибридов между двумя родами, между тем срастание между ними происходит легко.

Дальше, груша часто с трудом прививается на принадлежащий к тому же роду яблоне, и та же груша легко прививается на айву. Длительное срастание между родами различных семейств до сих пор не получено. Старая литература содержит многочисленные указания такого рода, однако, они все не соответствуют действительности и для опровержения их не стоит терять здесь времени.

В последнее время Симон¹ сделал важное наблюдение, что можно путем прививки вегетативно соединить *Solanum melongena* из сем. пасленовых и *Iresine Lindenii* из сем. амарантовых. Ему удалось поддерживать прививки живыми 2½ месяца, и он показал наличие соединения сосудистых лучков подвоя и привоя. Все

¹ Simon, S. V., Transplantationsversuche zwischen *Solanum melongena* u. *Iresine Lindenii*. — Jahrbücher für wiss. Botanik. 1880, Bd. 72, H. 1 B. 167.

же и в этом случае остается сомнительным: действительно ли могли такие прививки оставаться живыми более длительное время.

Из практики известно, что при прививке различных сортов и видов встречаются неожиданные трудности. Хотя сеянцы персиков обычно легко срastaются, однако существуют сорта, которые срastaются с трудом.

Расы *Acer platanoides* хотя и срastaются хорошо с *Acer pseudo-platanus*, образуя сильные деревья, но нередко неожиданно отмирают, если подвой был выбран неправильно. *Acer platanoides* растет лучше всего на сеянцах того же вида.

Также *Azalea indica* хорошо развивается на рододендроне, но это наблюдается не у всех сортов *Azalea*.

Лучшим подвоем для какого-либо сорта плодового дерева служат сеянцы той же расы.¹

Почему часто с трудом срastaются близкие расы, принадлежащие к одному виду, мы еще не знаем. Здесь, быть может, окажут пользу химические исследования. Возможно, что специфические, характерные для расы, вещества препятствуют срастанию и, быть может, даже оказывают ядовитое действие.

Мы можем вместе с Фехтингом называть гармоничными те соединения, которые легко удаются, и дисгармоничными, которые с трудом или совсем не удаются. При дисгармонии привой скоро погибает, а дичок продолжает жить дальше. Между гармоничными и дисгармоничными соединениями имеются переходы: иногда подвой принимает привой, но затем появляются расстройства, которые могут проявляться различным образом. Часто на месте прививки образуется большая опухоль, иногда у основания привоя во влажном воздухе возникают корни — признак того, что данный привой вследствие полярности стремится остаться независимым от подвоя и развивается в качестве самостоятельного индивидуума. Возможно также, что вещества, которые проникают из привоя в подвой и обратно, вызывают нарушение обмена веществ, которое приводит к отравлению и отмиранию места соединения.

Почему одни роды и виды срastaются при прививке, а другие нет — неизвестно; возможно, что уже незначительные различия в составе протопласта делают невозможным срастание. Кроме этого некоторые прививки не удаются по механическим причинам. Автор уже упоминал, что плющ легко может быть привит на *Aralia*. Легко понять, что обратная прививка не может быть долговечной, так как тонкостебельный плющ недостаточно крепок и прочен для того, чтобы быть подвоем для разрастающегося в тощину ствола.

Промежуточная прививка

В плодоводстве часто наблюдается, что некоторые сорта груш плохо растут на айве. В таких случаях применяют так называемую промежуточную прививку, т. е. прививают на айве сначала легко срastaющийся с ней сорт груши, и уже на нем прививают тот сорт, который непосредственно с айвой трудно срastaется.

НОРМАЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ. Для хорошего и длительного срастания нужно, чтобы привой был связан с подвоем в нормаль-

¹ Lobner, M., Grundlage der Pflanzenvermehrung. 2 Aufl. 1915, p. 42.

ном положении, т. е. корневой полюс (основание) привоя должен лежать на стеблевом полюсе (верхушке) подвоя. Если привить глазок или ветку, служащую привоем, в обратном положении, т. е. основанием вверх, то наступают, вероятно под влиянием полярности, нарушения, которые затрудняют срастание и приводят к образованию очень большой опухоли. Фехтинг¹ поставил обстоятельные опыты на эту тему и получил ряд интересных данных. Если, например, привить в нормальном положении друг на друга корни вяза, то срастание наступает с образованием небольшого каллуса, привитые же в обратном положении они дают при срастании мощную опухоль.

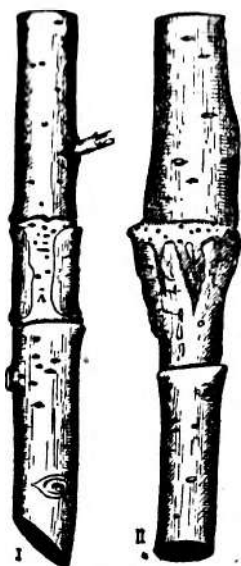


Рис. 109. *Cidonia japonica*. I ветвь с нормально посаженным и II ветвь с обратно посаженным кольцом коры. Срастания наступили в обоих случаях, но во II случае с последующим образованием совершенно ненормального вздутия. Натур. величина. (По Фехтингу)

Если снять у *Cydonia* кольцо коры и затем снова наложить его на то же самое место только перевернув так, чтобы прежде верхний край был теперь обращен вниз, то хотя срастание и наступает легко, но вскоре у верхнего кольца появляется опухоль (рис. 109) и через 4—5 лет ветка или система веток, лежащая выше кольца, отмирает вплоть до самого кольца, если только ветви не удастся установить сквозь болезненный наплыв продольную связь с нормальной, здоровой тканью.

При прививке могут образоваться вздутия не только болезненного, но и нормального характера, например в результате неодинакового роста в толщину привоя и подвоя. У некоторых сортов груши, привитых на айве и у сортов яблони, привитых на дусене и парадизке, появляется часто сильное вздутие. Персики, привитые на миндале, всегда образуют вздутие, но привитые на сливе — вздутия не дают. Если привой растет в толщину сильнее подвоя, то вздутие возникает над местом соединения, если же, напротив, сильнее растет подвой, то вздутие образуется под ним.

Даже при одинаковом росте привоя и подвоя в толщину, все же имеется некоторая склонность к возникновению вздутия у основания привоя: место соединения состоит не совсем из нормальной ткани и срастание не всегда бывает совершенным. В результате этого нисходящие ассимиляты задерживаются в этом месте и вызывают здесь усиленный рост в толщину.

Отношение между привоем и подвоем

Привой и подвой обычно настолько срастаются между собой, что ведут себя как единое целое. Привой берет на себя функции кроны подвоя: листья привоя ассимилируют и снабжают подвой необходимым количеством ассимилятов. Дичок же, поглощая в почве растворенные минеральные соли, снабжает ими привой, но

¹ Vöchtling, H., Über Transplantation usw., 1. c. p. 45.

по отношению к органическому веществу он оказывается паразитом привоя. Здесь мы имеем типичный пример искусственного симбиоза, который обозначают как прививочный симбиоз.

Теперь возникает вопрос: оказывает ли привой влияние на подвой или же подвой на привой и что это за влияние?

Легче всего разрешить эти вопросы, если соединять прививкой возможно более различающиеся между собой растения и затем изучать такие прививки, как поступали Фехтинг¹ и другие.

а) У двудомных растений, как известно, имеются мужские и женские особи. Если взять привой от женской особи, напр. у гинко, и привить его на какой-либо ветви мужской особи, то оба симбионта сохраняют свой пол, и побег не становится, под взаимным влиянием привоя и подвоя, однодомным. Подобные наблюдения можно также производить у *Mercurialis annua*, *Aucuba japonica* и других двудомных растений.

б) При прививке на чисто зеленые экземпляры окрашенных разновидностей *Coleus*, и привой и подвой сохраняют свою собственную окраску. При этом не возникает никаких помесей. Опыты с сортами традесканции на свекле дают такой же результат.

с) Если соединить прививкой различной величины или различной формы сорта свеклы, то каждый из них удерживает при этом свои характерные особенности.²

Gaillard³ соединял прививкой как целые, так и отдельные части плодов тыквы различной формы, и, несмотря на прекрасное срастание, каждая форма сохраняла свои свойства (рис. 110).

д) Культура карликовых деревьев основывается, между прочим, на том, что сильнорастущие формы, например грушу, прививают на подвое, растущем в виде кустарника, например на айве. Здесь влияние наблюдается прстольку, поскольку слабо развитая корневая система айвы, взятая в качестве подвоя, подавляет энергичный рост груши и обуславливает у нее слабое развитие кроны. Такое карликовое дерево начинает плодоносить уже в четырехлетнем возрасте и даже раньше, но оно менее выносливо и не так долговечно как груша, привитая на сеянцах груши. Все новые свойства, появляющиеся в привое под влиянием подвоя, имеют количественный, но не специфический характер.

Подобно груше на айве ведут себя и другие карликовые деревья: яблоня, персик, слива и миндаль. Если желают получить карликовое дерево, всегда берут для подвоя кустовую или низкую форму. Напротив, если желают иметь сильные деревья, то пользуются сильно растущим подвоем.

Под влиянием дичка могут изменяться величина и вкус плодов. По Тузну, плоды вишни имеют весьма различный вкус в зависимости от



Рис. 110. Соединение прививкой плодов трех форм тыквы: а желтый, б зеленый и с белый плод. (По Gaillard)

¹ Vöchting, H., Über Transplantation, I. c. p. 85.

² Vöchting, H., Über Transplantation usw. I c. p. 97.

³ Carrière, E. A. Greffer des Cucurbitacees Revue horticole. Paris 1875.

того, на чем она привита: на *Prunus mahaleb*, *P. Laurocerasus* или *P. avium*.

Подвой может влиять также на долговечность дерева. *Pistazia*, выращенная из семян, достигает максимум 150 лет, привитая на *P. Terebinthus* 200 лет и привитая на *P. lentiscus* только 40 лет.

е) Особый интерес должен представить прививочный симбиоз двух резко различающихся родов. В связи с работами Страсбургера¹ автор произвел в этом направлении многочисленные опыты с различными родами из сем. *Solanaceae*² и получил следующие результаты.

Часто оказывалось, что если картофель привить на *Solanum lycopersicum* и этим лишить возможности откладывать в подземных клубнях вырабатываемые им в большом количестве ассимилянты (крахмал), то в пазухах листьев развиваются маленькие клубеньки, чешуйки (редуцированные листья) которых бывают довольно велики и обнаруживают характер настоящих листьев. На корнях же подвоя клубни никогда не появлялись.

Datura, *Physalis* и табак, будучи привиты на черенках картофеля, развивались хорошо: особенно сильное развитие, так же, как и в опытах Страсбургера, обнаруживала *Datura*. Ее стебель по толщине был в 3—4 раза больше, чем подвой. Во всех этих случаях картофель образовывал клубни, запасные вещества которых состояли исключительно из ассимилятов привоя. Клубни не подвергались существенным изменениям, их форма и окраска оставались нормальными.

Сеггье утверждал, что обыкновенный подсолнечник (*Helianthus annuus*), на котором привита земляная груша (*H. tuberosus*), способен давать клубни. Если бы это было действительно так, то нужно было бы признать огромное влияние привоя на подвой. Однако, Фехтинг³ показал, что наблюдения Сеггье наверно основаны на недоразумении и автор⁴ неоднократно повторял этот опыт и нашел, что подсолнечник, взятый как подвой, никогда не образует клубней, но они всегда образуются, если в качестве подвоя берут земляную грушу.

Рис. 111 показывает, что свилеватость ствола также не передается от подвоя на привой. Автору приходилось наблюдать его у привитой яблони. Подвой имел резко выраженную свилеватость ствола, тогда как на привое не было и следов ее.

Автору никогда не приходилось наблюдать специфический характер влияния подвоя на привой; если случались отклонения, то они вызывались только количественными изменениями в питании. Этот вывод стоит в согласии с опытами Страсбургера, Фехтинга, Винклера и опытом садоводов. Хотя имеются и противоположные утверждения (Даниель), однако всякий, кто прочтет у Винклера⁵ исчерпывающий и критический обзор всех относящихся сюда

¹ Strasburger, S., Über Verwachsungen und deren Folgen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1885, b. XXXIV.

² Molisch, H., Pflanzungen. Naturwissensch. Zeitschr. „Lotos“. Prag. 1896.

³ Vöchting, H. Über die durch Pfropfen herbeigeführte symbiose des *Helianthus tuberosus* und *H. annuus*. Sitzber. d. K. preuss. Akad. d. Wiss. z. Berlin 1874, d. 705.

⁴ Molisch, H. Pflanzungen, I. c.

⁵ Winkler H., Untersuchungen über Pfropfbastarde. I. Teil, Jena 1912.

указаний, должен будет признать, что гибриды, образующиеся путем взаимного влияния привоя на подвой, до сих пор достоверно не установлены.

1) Инфекционная пестролистность. Вышеуказанному выводу, как будто, противоречат данные, полученные при прививке пестролистных мальвовых. Что называют пестролистностью—было уже разъяснено в начале этой книги. В дополнение здесь следует только заметить, что пестролистность листьев может проявляться различным образом; зеленая пластинка может иметь: белые или желтые пятна, или полосы или только пестрые края. Эта пестрота обуславливается, главным образом, частичным или полным отсутствием зеленого пигмента в белых, бледно-зеленых и желтых местах. Пестролистность становится еще сильнее, когда листья содержат также антоциан, особенно при неравномерном его распределении: в виде островков, точек или полосок, как например у видов *Coleus*, *Croton* и *Caladium*.

Пестролистность встречается и в природных условиях у дикорастущих растений; садовники издавна начали разводить такие растения из-за их своеобразной внешности. В любом большом декоративном саду пестролистные формы можно найти у обычных видов многих древесных и травянистых растений.

Пестролистность может обуславливаться двумя различными по существу факторами, которые лишь внешне проявляются сходным образом. С одной стороны пестролистность может вызываться инфекцией.¹ Этот вид пестролистности встречается редко и при прививке передается нормально зеленым, здоровым растениям,



Рис. 111. Привитая яблоня. У подвоя ясная свилеватость, у привоя ее нет.

¹ Lindemuth, H., Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landw. Jahrb. Berlin 1878. H. 6.

Derselbe, Sitzber. d. Ges. naturf. Freunde z. Berlin, 1870 u. 1871 und Gartenflora, 1897, 1899, 1900, 1901, 1902, 1904.

Vöchting, H., Über Transplantation usw., I. c. p. 13, 22 u. 92.

Baur, E., Zur Ätiologie der infektiösen Panaschierung. Ber. p. Deutsch. Bot. Ges. 1904, d. 453.

Derselbe, Über die infektiöse Chlorose der Malvaceen. Sitzber. d. K. preuss. Akad. d. Wiss. 1906. p. 11.

но не передается при размножении семенами. Указанный вид пестролистности должен рассматриваться как результат заболевания. Другой вид пестролистности не обусловлен инфекцией,¹ он более или менее передается потомству при размножении семенами и принадлежит к числу листовых вариаций.²

Этот вид пестролистности зависит от неизвестных, внутренних причин. На него, однако, могут, до известной степени, влиять также и внешние условия,³ например свет и температура. Свет весьма часто благоприятствует пестролистности: у *Sanchezia nobilis* на сильном свете вдоль листовых жилок появляются широкие желтые полосы, в тени же их не бывает. У *Aletris* и *Tradescantia* степень пестролистности бывает тем сильнее, чем больше интенсивность света. То же самое имеет место и при инфекционной пестролистности у *Abutilon* и *Evonymus japonica*, особенно *E. j. aureo-maculata aurea* и *E. j. sulfureo-marginata*. Иногда пестролистность может весьма сильно усиливаться под влиянием низкой температуры, например у одной разновидности капусты⁴ и одной садовой формы *Funkia*⁵.

Во многих случаях развитию пестролистности благоприятствуют также тощие, сухие почвы.

В старой литературе инфекционная пестролистность была отмечена у *Jasminum*, *Fraxinus*, *Castanea* и, особенно, у мальвовых. Достоверно она, однако, установлена до сих пор только у мальвовых и затем Бауэром⁶ у *Laburnum*, *Sorbus*, *Ptelea*, *Fraxinus*, *Evonymus* и *Ligustrum*. Однако, вполне возможно, что в будущем будут найдены еще другие примеры инфекционной пестролистности.

Лучше всего инфекционная пестролистность изучена у *Abutilon*. В 1868 году в одном английском садоводстве в сборах, вывезенных из Вест-Индии, был найден один экземпляр *A. striatum* Dicks., который вместо нормально зеленых листьев имел мраморные листья желтого и зеленого цвета. Это растение, получившее название *Abutilon Thompsonii*, благодаря своей пестролистности усиленно затем размножалось и попало, между прочим, во Францию, где селекционер Lemoine в 1869 г. сделал наблюдение, что пестролистность может передаваться при прививке на нормально зеленые формы других видов *Abutilon*.

Если на зеленый подвой привить побег или даже только один лист пестролистной формы *Abutilon*, восприимчивой к инфекции, то, хотя уже имеющиеся листья у дичка остаются зелеными, но листья, вновь появляющиеся из почек дичка, после срастания с привоем оказываются пестролистными. Заражение передается

¹ Timpe, H. Panaschierung und Transplantation. Jahrb. d. Hamburger wiss. Anstalten. Bd. 24, 1906, 3 Beiheft. Hamburg 1907.

Derselbe. Beitr. z. Kenntnis d. Panaschierung. Diss. Göttingen 1900.

² Küster, E. Pathologische Pflanzenanatomie. 2 Aufl. 1916, p. 9.

³ Lindemuth, H., Vegetative Bastarderzeugung, I. c. p. 9.

⁴ Molisch, H., Über die Panachure des Kohls. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1901, p. 32.

⁵ Figdor, W., Über die panaschierten u. dimorphen Laubblätter einer Kulturform von *Funkia laciniata*. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. I. Wien. Bd. 123 lg. 1904.

⁶ Bau r, E. Pfropfbastarde. Biolog. Zbl. 1910, p. 514.

Derselbe, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, 1907, 1908.

также от пестролистного подвоя к нормально зеленому привою. Интересно отметить, что безлистный привой способен заразить подвой, лишь после того, когда на нем появляются пестрые листья.

По исследованиям Линдемута не все растения сем. мальвовых в одинаковой степени восприимчивы к инфекционной пестролистности. Так например *Lavatera arborea* L. совершенно не заражается, у *Kitabelia vitifolia* Willd. одни экземпляры восприимчивы к этой инфекции, а другие нет; у *Abutilon striatum* Dicks, *A. Sellowianum* Reg. и *A. indicum* (L) Don. и др. все экземпляры восприимчивы.

По исследованию Гертца¹ инфекционная пестролистность у *Abutilon striatum Thompsonii* и *A. Darwinii tessellatum* вызывается двумя совершенно различными заболеваниями, и устойчивость отдельных представителей сем. мальвовых к этим двум заболеваниям весьма различна.

Один вид инфекции, вызывающей пестролистность, не заражает *Lavatera arborea*, между тем как другой вид инфекции поражает ее сильно. Внешнее проявление этих двух, вызывающих пестролистность, инфекционных заболеваний различно.

Инфекция передается только путем прививки, при размножении семенами не передается. Бауэру мы обязаны интересными данными: он показал возможность превращать пестролистные экземпляры *Abutilon* в чисто зеленые.² Если вырезать все желтые пятна на листьях и повторить эту операцию у листьев, которые вновь развились из почек, то в дальнейшем растение начинает давать только нормально зеленые листья, которые остаются постоянно зелеными.

Можно достигнуть того же самого и иным путем: у пестролистного растения затемняют все ассимилирующие листья, так же поступают со всеми вновь появляющимися листьями, прежде чем они начнут ассимилировать, и таким образом получают чисто зеленое растение.

У пестролистного *Abutilon*, который автор зимой держал в теплой оранжерее, где он получал лишь рассеянный свет, молодые вновь развивающиеся листья были нормально зеленые или почти нормальные. Следовательно, выдерживанием растения при слабом освещении можно также устранить у него пестролистность.

В чем же заключается причина инфекционной пестролистности? Опытами Бауэра почти доказано, что болезнь не передается с помощью паразитов. Молиш исследовал в этом отношении *Abutilon Thompsonii* и пришел к тому же выводу.³

У табака наблюдается заболевание, называемое мозаичной болезнью. Это заболевание по внешним проявлениям именно по пятнистости листьев походит на инфекционную пестролистность. Бейеринк⁴ считает вероятным, что причиной мозаичной болезни является вирус, т. е. растворенное ядовитое вещество; Бауэр пы-

¹ Hertzsch, W. Beiträge zur infektiösen Chlorose. Zeitschr. f. Botanik. 20 Jg. Jena 1928, p. 65.

² Baur, E. Pfropfbastarde. Biol. Zbl. 1910, p. 511.

³ Molisch, H. Über Ultramikroorganismen. Bot. Ztg. 1908, Jg. 66. p. 133.

⁴ Beijerinck, M. W., Über das Contagium vivum fluidum als Ursache der Fleckenkrankheit der Tabakblätter. Zbl. f. Bakt. usw. 2 Abt., Bd. 5, 1899. p. 27.

тается этот взгляд применить для объяснения инфекционной пестролистности.¹ Он думает, что у растений с инфекционной пестролистностью получается такой продукт обмена веществ, который под влиянием света приобретает способность: „разрастаться“, т. е. отщеплять от других соединений вещества, которые химически одинаковы с ним, или их созидать“.

Между пестролистностью и мозаичной болезнью табака и других растений имеется различие: пестролистность передается только путем прививки, между тем как мозаичная болезнь может вызываться заражением посредством сока.

Имеющиеся данные не дают, следовательно, основания считать растения с инфекционной пестролистностью прививочными гибридами; по всем данным они поражены инфекционным заболеванием, которое можно излечить простым способом.

г) Химеры. Предыдущее изложение показывает, что обычными способами прививки до сих пор не удалось получить прививочных гибридов. Однако, после того как Винклер² в 1907 году, путем прививки двух различных видов, т. е. не половым размножением получил растение, которое при совершенно гармоничном общем росте имело одновременно свойства обеих исходных форм, тогда вопрос о прививочных гибридах перешел в новую стадию.

Винклер исходил из предположения, что если вообще можно получить между растениями помеси бесполом путем, то нужно обратить внимание на придаточные побеги, которые возникают из тканей, образующихся на месте срастания привоя с подвоем и состоящих из частей обоих родителей. При этом он воспользовался склонностью некоторых пасленовых давать из стеблевого каллуса придаточные побеги. Если у сеянца томата (*Solanum lycopersicum*) срезать верхушку и затем удалять все появляющиеся боковые побеги, то из каллуса, образовавшегося на поверхности среза стебля, возникают придаточные побеги.

Можно непосредственно после обезглавливания привить на поверхность среза такого сеянца, копулировкой или прививкой седлом или клином, побег черного паслена (*Solanum nigrum*) и получить спустя некоторое время хорошее срастание. Если затем отрезать привой в месте срастания так, чтобы поверхность среза состояла частично из ткани подвоя и частично из ткани привоя, то при последующем удалении всех боковых побегов на поверхности среза образуются новые придаточные побеги.

При повторении такого опыта многие сотни раз, иногда случается, что среди многих обычных побегов на границе между привоем и подвоем возникает побег, одна сторона которого состоит из тканей черного паслена, а другая из тканей томата (рис. 112 и 113). По аналогии с известными древними сказочными

¹ Baur, E. Über die infektiöse Chlorose usw., l. c. p. 16.

² Winkler, H. Über Pfropfbastarde und pflanzliche Chimären. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1907, p. 568.

Derselbe. *Solanum tuberosum*, ein echter Pfropfbastard zwischen Tomate und Nachtschatten. Ebenda. 1908, p. 595.

Derselbe. Weitere Untersuchungen über Pfropfbastarde. Ztschr. f. Bot. 1909, p. 315.

Derselbe. Über Pfropfbastarde. Vortrag. Ges. Deutsch. Naturf. usw. 1911. Leipzig.

Derselbe. Untersuchungen über Pfropfbastarde. I Teil. Jena 1912.

существами, которые наполовину были людьми и наполовину животными, Винклер назвал эти двойственные существа химерами.

При дальнейшей разработке этого опыта, когда делались и обратные прививки томата на черный паслен, Винклер получил целый ряд форм, промежуточных между черным пасленом и томатом. Эти формы ясно отличались друг от друга и походили то на одного родителя, то на другого. Между прочим среди них была получена одна форма, которая выглядела так, как должен был выглядеть гибрид, если бы его удалось получить половым путем. Винклер назвал эту форму *Solanum tubigenense*.¹

Она соединяла свойства родителей не только в листьях, но также в цветах и плодах.

Этот поразительный успех снова обратил внимание Винклера на три часто упоминаемые растения: ракитник Адама (*Cytisus Adami*), *Crataegomespilus* и *Bizzarria*. Эти растения давно уже считались прививочными гибридами, однако без достаточного основания.

Ракитник Адама (*Cytisus Adami*) получен в 1825 году в питомнике садовника Адама около Парижа, как придаточный побег одной прививки пурпурового ракитника (*Cytisus purpureus*) на обыкновенный желтоцветный ракитник (*C. laburnum*—золотой



Рис. 112. Химера, полученная прививкой *Solanum nigrum* на *S. lycopersicum*. Ткани *S. nigrum* показаны пунктиром. На месте прививки виден вставленный клином *Sol. nigrum*. (По Винклеру)



Рис. 113. Химера. а—лист *Solanum nigrum*, б—лист *Solanum lycopersicum*, с—лист химеры. (По Винклеру)

дождь), который имеет желтые цветы, пурпуровый же ракитник — пурпурно-красные. Полученная помесь имела окраску, промежуточную между родительскими. Особенно интересно то, что гибрид обнаруживал также возврат к родительским формам. Помимо веток промежуточного характера, он имел также ветви типичные: одни для ракитника желтоцветного, а другие для ракитника пурпурового. Получить ракитник Адама еще раз до сих пор не удалось.

*Crataegomespilus*² представляет промежуточную форму между мушмалой (*Mespilus germanica*) и боярышником (*Crataegus monogina*);

¹ Winkler, H. *Solanum tubigenense*, l. c.

² Noll, F., Die Pflanzbastarde von Bronvaux. Sitzber. d. niederrhein. Ges. f. Naturw. u. Heilkunde. 1905, p. A20—A53.

Daniel, Comptes rend. Paris. T. 149 (1909).

она получена в 1900 году от одной мушмулы, привитой сто лет тому назад на боярышнике в Дардаровском Саду в Бронно около Метца. При осмотре материнского дерева, существующего еще до сих пор, можно с несомненностью установить, что эта промежуточная форма возникла, как придаточный побег в таком месте ствола, где ткани мушмулы и боярышника соприкасались друг с другом. Существуют три промежуточные формы, одна из них показана на рис. 114. Имеется также и у *Crataegomespilus* возврат то к одному, то к другому родителю.

*Bizzaria*¹ получена в 1640 году в одном саду во Флоренции. По словам садовника, она возникла случайно в месте прививки между апельсином и лимоном, когда „из утолщения старой окулировки неожиданно появилась поросль“. Промежуточный характер формы проявляется в листьях, цветах и плодах. Плоды этой промежуточной формы являются лимонами в апельсиновой кожуре и обратно; в небольшом числе встречаются также обычные лимоны и апельсины.

Из сказанного видно, что раки́тник Адама, *Crataegomespilus* и *Bizzaria* по своему поведению чрезвычайно сходны с *Solanum tubigense*, полученным Винклером, и можно с достаточным основанием принять, что и эти растения являются химерами. Они сходны с химерами по своему возникновению, затем они, также как химеры паслена, могут вегетативно расщепляться и возвращаться или к обоим родительским формам или к одной из них, и, наконец, их нельзя размножать семенами. Из семян *S. tubigense* получают лишь сеянцы черного паслена, из

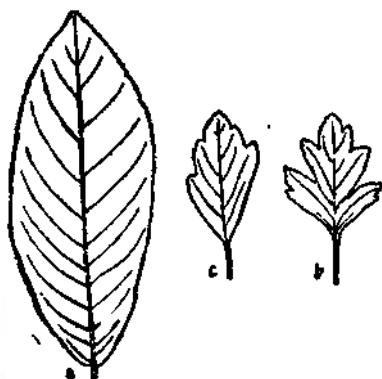


Рис. 114. Листья *Crataegomespilus* и его родителей. а—лист *Mespilus germanica*; б—лист *Crataegus monogyna*; с—лист химеры *Crataegomespilus Asneresi*. (По Будеру.)

семян раки́тника Адама только желтоцветный раки́тник и из семян *Crataegomespilus* только боярышник.

Как же возникают химеры? Обязаны ли они своим возникновением соединению протоплазмы или ядер двух соседних клеток обоим родительским форм, или же клетки двух симбионов просто залегают друг около друга, образуя новый конус нарастания. В первом случае мы действительно имели бы прививочный гибрид, в последнем же случае было бы только вегетативное образование.

Наблюдения, которые Баур² сделал над пестролистными растениями *Pelargonium zonale*, дают ключ к пониманию, так называемых, прививочных гибридов.

¹ Pewzig, O. Studi Botanici sugli Agrumi etc. Annali di Agricoltura. 1887, p. 112.

² Strasburger, E. Über die Individualität der Chromosomen und die Pfropfhybridisation. Jahrb. f. wiss. Bot. 44 Bd., 1907, p. 539.

³ Baur, E., Das Wesen und die Erbliehkeitsverhältnisse „Varietates albomarginate hort“, von Pelargonium zonale. Ztschr. f. Abstammungs u. Vererbungslehre, I, 1909, p. 330.

Baur, E. Pfropfbastarde, Periklinalechimären u. Hyperchimären. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1910, p. 603.

Уже давно в садоводстве выращивается одна раса *Pelargonium zonale*, у которой или края листьев белые или же вся листовая пластинка, а иногда только половина ее белая.

Баур нашел, что у этой пеларгонии одна половина конуса нарастания зеленая, а другая белая, т. е., что эта раса является химерой, аналогичной химерам Винклера. Если листья возникают на зеленой половине (секторе) конуса нарастания, то они оказываются нормально зелеными; если же они возникают на белой половине,

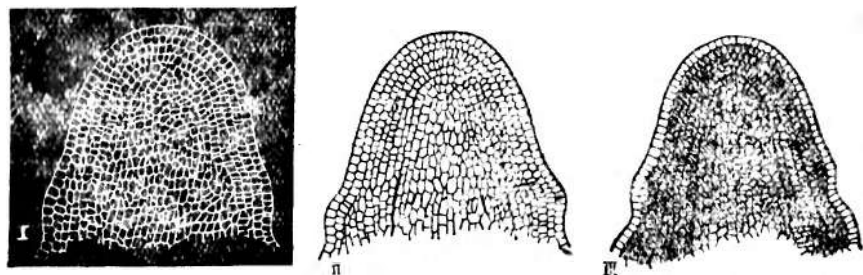


Рис. 116. Конус нарастания *Solanum*. I. черный паслен, II томат. III *Solanum tuberosum*—периклиальная химера, ткань томата (темная часть) находится под кожицей (белая часть) черного паслена. Схематически. (Оригинал)

то они являются чисто белыми; листья же, которые образовались на границе между зеленой и белой половиной, будут бело-зелеными. Баур назвал такие химеры секториальными (рис. 116).

В результате такого своеобразного строения конуса нарастания, из которого, как известно, развиваются все ткани и органы, и получается оригинальная пестролистность листьев пеларгонии: чистобелые, бело-зеленые и белоокаймленные. Периклиальные химеры у пеларгонии не всегда одинаковы. Встречаются химеры, у которых только один наружный слой клеток белый, все остальное зеленое. То есть зеленые пеларгонии сидят в белой кожице. Наблюдаются также и такие химеры, у которых наружные два слоя зеленые, а вся остальная часть—белая. Или же два внешних слоя клеток зеленые, остальное все белое.

Эти два вида тканей не всегда находятся рядом, они могут также залегать друг над другом подобно перчатке на руке. Последнего рода химеры Баур назвал периклиальными¹ (рис. 115).

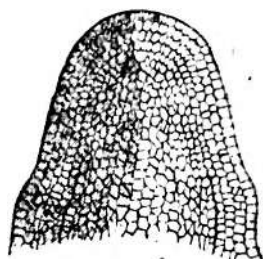


Рис. 115. Конус нарастания одной секториальной химеры. Темная и светлая части означают ткани различных родителей. Схематически. (Оригинал)

¹ Провести резкую границу между секториальными и периклиальными химерами нельзя, напр., по Лакону *Eschenahorn* представляет весьма сложную химеру, которая в одном индивидууме показывает почти все мыслимые комбинации секториального и периклиального распределения зеленой и белой окраски* L a k o n, G. Die Weissrandpanaschierung von *Acer negundo* L. Zeitschr. f. induktive Abstammungs- u. Vererbungslehre, 1921, 26, p. 271—284.

Если в конусе нарастания произойдут какие-либо нарушения в распределении слоев, хотя бы в результате поранения, то внутренние ткани могут выйти наружу. Внутреннее зеленое растение выглядывает из отверстия, образовавшегося в белой коже, а если случайно над таким отверстием возникнет боковой конус нарастания, то может возникнуть чисто зеленый побег и произойдет вегетативное расщепление химеры.

По Бауру, из зеленых клеток получают всегда только зеленые клетки, а из белых только белые клетки и пеларгонии с белыми краями он считает периклинальными химерами. Однако Ноак¹ в результате обстоятельных исследований развития конуса нарастания у пеларгоний с белыми краями приходит к другому представлению, которое он выражает следующими словами: „Из хода деления клеток при развитии листа следует, что пеларгонии с белыми краями нельзя считать периклинальными химерами в понимании Баура, по которому у них все неокрашенные части взрослых органов возникают из одного субэпидермального слоя определенных бесцветных клеток точки роста, скорее есть основание думать, что во всех клетках верхушки побега имеются в одинаковой мере задатки как зеленой, так и белой окраски. Предлагается называть „мантийными химерами“ те формы, у которых внутренняя часть (ядро) и внешний покров взрослых органов происходят из различного рода клеток, которые, однако, получили свое начало от общих клеток точки роста“.

Если ракитник Адама и кизиломушмала (*Crataegomespilus*) имеют подобным образом построенную точку роста, то это должно проявиться также в анатомии растения. Действительно, ракитник Адама по анатомии листа представляет *Cytisus laburnum* с одним покровом *Cytisus purpureus*, а лист *Crataegomespilus Dardari* есть лист *Crataegus* с двумя внешними слоями *Mespilus*.²

В результате своих исследований химер и пеларгоний Баур считает, что до сих пор казавшиеся загадочными так называемые прививочные гибриды: ракитник Адама, *Crataegomespilus* и *Solanum tubingenense* представляют не что иное как периклинальную химеру родительских форм, и одновременно показывает, что все наблюдаемые у химер явления могут быть удовлетворительно объясненными этой гипотезой.

Доказательство правильности этого взгляда Винклер дал³ в своем детальном исследовании клеточного ядра. Известно, что каждое растение в клеточном ядре имеет определенное число хромосом, в половых клетках x и в соматических клетках $2x$. Хромосомы представляют петле- и подкововидные образования клеточного ядра, которые особенно ясно выступают при делении ядра. Хромосомы присутствуют в клеточном ядре всегда в определенном для каждого вида растения числе и играют важную роль в наследственности. Черный паслен имеет в соматических

¹ Noack, K. L. Entwicklungsmechanische Studien an panaschierten Pelargonien. Jahrb. f. wiss. Botanik. 61 Bd. Jg. 1922, p. 532.

² Baur, E. Pfropfbastarde. Biol. Zbl. 1910, p. 504.

Bader, I., Ebenda, p. 505. См. также сводный реф. Buders in „Die Naturwissenschaft“, 1915, p. 6.

³ Winkler, H., Über Pfropfbastarde. I. c.

клетках 72, а томат 24 хромозомы. Поэтому, если точка роста химеры построена из различных родительских клеток, то клеточные ядра в них должны иметь различное число хромозом. Действительно, точка роста *Solanum tubingenense* построена из клеток с 24 и 72 хромозомами: в наружном слое число хромозом всегда равно 24, во всех внутренних слоях 72. Следовательно, точка роста состоит снаружи из ткани томата, а внутри из тканей черного паслена (рис. 116). У других пасленовых химер (*Solanum Koelreuterianum*) может быть наоборот, могут встретиться и другие комбинации. Расположение, однако, всегда соответствовало требованиям периклинальной химеры.

Следовательно, поскольку можно судить по произведенным до сих пор исследованиям, химеры Винклера возникли не путем слияния двух соматических клеток родителей, так как тогда клетки должны были бы содержать $72 + 24 = 96$ хромозом, но они состояли, частично, из тканей томата и, частично, из тканей черного паслена, причем одни ткани покрывают другие, подобно тому как это наблюдается у периклинальных химер пеларгоний.

По новейшим исследованиям Винклера,¹ весьма вероятно, что новые формы растений могут возникнуть также и путем слияния, двух соматических клеток одного и того же вида или различных видов. Винклер называл такие формы, в отличие от химер, бурдонами.

При соединении содержимого двух клеток одного и того же рода происходит удвоение числа хромозом, а это обуславливает появление особых свойств. Бурдоны, которые Винклер получил от черного паслена и томатов, были более темнозеленого цвета и все части их развивались более энергично. Он называет их поэтому исполинскими или гигантскими формами.

Если называть бастардами или гибридами помеси, возникшие в результате слияния двух половых клеток, то название прививочный гибрид или прививочный бастард не подходит ни к химерам, ни к бурдонам.

Если бы в будущем удалось получить по способу, указанному Винклером, химеры и бурдоны еще и у других родов, то это имело бы большое значение для теории и практики, так как в обоих направлениях рисуются весьма заманчивые перспективы.

Винклер² указывает, что садоводству была бы оказана ценная услуга, если бы удалось получить химеры между важнейшими садовыми растениями. Необходимо поставить создание химер на службу селекции полезных растений. Быть может удалось бы получить плоды, которые, подобно *Bizzarria*, состояли бы из отдельных слоев плода груши и яблока.

Изучение химер показывает, что растение можно снабдить внешним покровом (кожицей) другого вида растения и этим может быть защищать растения от грибных и животных вреди-

¹ Winkler, H., Über die experimentelle Erzeugung von Pflanzen mit abweichenden Chromosomenzahlen — Zeitschr. f. Bot. 1916, p. 417—531.

² Winkler, H. Die Chimärenforschung als Methode der experimentellen Biologie. Sitzber. d. physik. mediz. Ges. z. Würzburg, Jg. 1913.

тедей, если новая кожица будет более устойчива, чем старая. Это имело бы большое значение для картофеля, табака, томата, виноградной лозы и других культурных растений, которые сильно поражаются грибами и животными. Какое важное приобретение мы имели бы, если бы научились получать химеры, например между нашими местными и американскими, устойчивыми к филлоксеру, виноградными лозами, т. е. если бы удалось получить химеру, устойчивую к филлоксеру! Это еще звучит как музыка будущего, но и теперь является несомненным, что изучение химер может быть весьма полезным для практики.

Преимущества размножения черенками и прививками

Уже было отмечено, что при бесполом размножении свойства материнского растения передаются потомству неизменными.

Это уже давно было использовано садовниками. Если они находили у какого-либо растения новое свойство, которое им казалось ценным, например характер роста, окраска, форма листьев, строение цветка или качество плода, то они стремились закрепить его. Для этого они размножали такое растение черенками или прививкой. Это имеет в садоводстве огромное значение, и это настолько общеизвестно, что нет нужды много говорить об этом. Следует только обратить внимание на то, что при заготовке черенков и подвоев далеко не безразлично, с какого места одного и того же индивидуума был взят черенок или подвой; опыт показывает, что место взятия оказывает влияние на свойства потомства. Вот несколько примеров.

Индивидуальность побегов или сохранение свойств побегов

Плющ (*Hedera helix*) сначала образует побеги, растущие горизонтально или наклонно, с 3—5-лопастными листьями, а затем у него возникают цветоносные прямостоящие побеги с заостренными яйцевидными листьями. Если нарезать черенки с этих побегов, то получим из них растения, которые сохраняют характер этих побегов, т. е. они будут расти прямо, в виде деревца, скоро зацветут и удержат присущую им форму листьев. Только изредка на таких растениях, которые, не будучи особой разновидностью, все же получили специальное название *Hedera helix* var. *arborea*, появляются побеги, имеющие юношеский характер роста.

Другой интересный пример в этом отношении представляют юношеские формы кипарисовых, которые можно, при размножении черенками, легко закреплять. Эти формы дали повод для многих ошибок. Известно, что молодые сеянцы *Biota*, *Chamaecyparis* и *Thuja* имеют иную форму листьев и побегов, чем старые растения (рис. 117). Срезая черенки с соответствующих побегов, можно эту юношескую форму сохранить навсегда или на продолжительное время. Для этого пользуются самими первыми боковыми побегами проростка, выходящими из пазух семянной и ближайших к ним листьев. Эти боковые ветви отличаются от материнского растения наследственными внешними признаками и, будучи взяты в качестве черенков, дают растения совершенно иного вида, что приводило ботаников и садовников долгое время к ошибочным представлениям относительно происхождения этих

форм. Эти юношеские формы встречаются везде в садоводстве; многие из этих форм были под особыми названиями привезены из Японии, некоторые получены в Европе; в торговле все они были известны как особые виды и роды. Таким образом возник крайне нежелательный хаос в обозначении этих форм. Большая заслуга Бейсснера¹ в том, что он в эту путаницу внес ясность и показал, что спорные виды и роды являются не чем иным, как юношескими формами некоторых хвойных.



рис. 117. 1. *Thuja occidentalis ericoides*—юношеская форма; 2. *Thuja occidentalis Ellwangeriana*—переходная форма, имеющая одновременно и ветви юношеской формы с чешуевидными листьями. (По Бейсснеру)

Thuja occidentalis, *Biota orientalis*, *Chamaecyparis pisifera* и *Ch. sphaeroidea* встречаются в питомниках и садах каждая в трех различных формах: основной, переходной и юношеской. Они известны в настоящее время под следующими названиями:

Основная форма	Переходная форма	Юношеская форма
<i>Thuja occidentalis</i> <i>Biota orientalis</i> <i>Chamaecyparis pisifera</i> <i>Chamaecyparis sphaeroidea</i>	<i>Th. occ. Ellwangeriana</i> <i>B. or. meldonensis</i> <i>Ch. pisif. plumosa</i> <i>Ch. sph. Andelyensis</i>	<i>Th. occ. ericoides</i> <i>B. or. decussata</i> <i>Ch. pisif. squarrosa</i> <i>Ch. sph. ericoides</i>

¹ Beissner, L. über Jugendformen von Pflanzen, speziell von Koniferen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1888, Bd. VI, p. LXXXIII.
Derselbe, Handbuch der Nadelholzkunde, Berlin 1909, 2 Aufl.
Derselbe, Handbuch der Koniferenbenennung, Leipzig, 1887.
Jäger u. Beissner, L., Die Ziergehölze. 3 Aufl. 1889.

До исследования Бейсснера приведенные в таблице юношеские формы были известны под названиями: *Retinospora* и *Chamaecyparis*; кто интересуется этим, может найти подробности в работах Бейсснера.

Удивительно, что эти юношеские формы обычно не дают семян. Поэтому их происхождение можно доказать лишь путем нового получения их из черенков. Для этого Бейсснер делал посевы многих кипарисовых и брал в качестве черенков боковые побеги, появляющиеся непосредственно над семядолями и из них он получал различные, так называемые, ретиноспоры. При этом для каждой юношеской формы он мог найти также переходные формы, имеющие двойного рода ветви: ветви, свойственные

молодому сеянцу, и ветви взрослого растения. Если переходная форма дает семена, то из них получается основная форма, т. е. нормальное растение.

Юношеские формы делаются через 5—8 лет малопривлекательными и затем отмирают. Так как они только в первые годы красивы, то обычно приходится по истечении нескольких лет заменять их новыми экземплярами, выращенными из черенков.

Araucaria excelsa является в настоящее время любимейшим комнатным растением вследствие ее в высшей степени симметрического роста. У араукарии, так же, как и у ели, главный побег стоит прямо как свеча; от него отходят, располагаясь му-

товками, боковые ветви первого порядка; в нижней части молодой оси число ветвей в мутовке от трех до четырех, несколько выше — от четырех до шести и даже больше. От боковых осей отходят вправо и влево боковые оси второго порядка (рисунок 118).

Если у ели и пихты срезать верхушку, то, как известно, у них начинает расти вверх самая верхняя боковая ветвь первого порядка, которая принимает вскоре на себя роль удаленного главного побега. У *Araucaria excelsa* этого не бывает. У нее после удаления верхушки боковые оси не в состоянии заменить верхушку.

У араукарии после удаления верхушки из листовых пазух на главной оси появляются побеги, которые, будучи взяты в качестве черенков, дают так же как и верхушечный черенок, нормальное растение. Если же у нее взять для черенков боковые ветви первого или второго порядка, то хотя они и укореняются, однако, они никогда не развиваются в нормальное растение; они могут годами расти и сохранять свою форму роста, как это ясно



Рис. 118. *Araucaria excelsa*. (Оригинал.)

видно из рисунков 119 и 120.¹ По этой причине, когда садовники хотят размножить араукарию, они никогда не берут в качестве черенков боковые ветви первого и второго порядка, а берут исключительно верхушку, и таким путем получают нормальное растение с 4—6-осевой мутовкой внизу, чего нельзя получить у растений, выращенных из семян и густо покрытых в нижней части листьями.

Верхушечными черенками размножается *Agathis* (*Dammara*), так как у нее боковые побеги также остаются долгое время односторонними и растут подобно боковой ветви, не образуя главной оси.



Рис. 119. *Araucaria excelsa*. В качестве черенка взят боковой побег первого порядка, который всегда сохраняет характер своего роста. (По Фехтингу)



Рис. 120. *Araucaria excelsa*. В качестве черенка взят боковой побег второго порядка, который продолжительное время сохраняет характер своего роста. (По Фехтингу)

При размножении *Taxus baccata* черенками, нарезанными из боковых ветвей, получаются ветвящиеся у почвы кусты со многими одинаково развитыми побегами, растущими вертикально вверх друг около друга.

Туя при размножении боковыми ветвями дает „плоские“ деревья с параллельными слоями листьев; такие деревья являются декоративными только с одной стороны, в направлении же перпендикулярном к этой стороне они почти не дают тени.²

По Гохштеттеру³ черенки, взятые у *Pinus canariensis* и *P. pinea* с 2-и 3-летних

¹ Vöchting, H., Über die Regeneration der *Araucaria excelsa*. Jahrb. f. wiss. Bot. 1904, Bd. 40, p. 144.

² Beijerinck, M. W., L. Beissners Untersuchungen bezüglich der Retinosporafage. Bot. Ztg. 1890, Jg. 48, p. 519.

³ Hochstetter, W., Die sog. Retinospora-Arten der Gärten. Regels Gart.-flora, 1880, p. 367.

сеянцев, легко принимаются, но остаются в юношеской форме, образуя нарядные голубовато-зеленые кусты с расположенными по спирали одиночными хвоинками. Растения *Cupressus funebris* и других видов, полученные из сеянцев, а затем размножаемые черенками, вырастают обычно в очень красивые кусты с светло-зеленой листвой, с супротивно сидящими иглами 1—2 см длиной; эти растения часто ошибочно принимались за виды *Fraxino*. *Cryptomeria elegans* есть не что иное, как закрепленная форма сеянца *Cryptomeria japonica*. В тесной связи со сказанным стоят также некоторые другие приемы в садоводстве,¹ которые применяются при окулировке роз и других растений.

Если взять при окулировке роз глазки с очень длинных, не цветущих веток, то привитые растения будут давать лишь небольшое количество цветов. Напротив, если взять для прививки почки с коротких, цветущих веток, то получают обычно индивидуумы с короткими обильно цветущими побегами.² Из цветочных побегов комнатной липы, *Sparmannia africana*, развиваются низкорослые, почти карликовые, но сильно цветущие растения, между тем как эти же растения, полученные из черенков, взятых с энергично растущих листовых побегов, сильно растут, но мало дают цветов.

Если у растений, которые легко дают корневые побеги, как напр. у сливы, вырастить растение из корневого отпрыска, то оно в противоположность тем же растениям, полученным из сеянцев, обнаруживает особенную склонность давать корневые отпрыски. Если при прививке взять привой с так называемых водяных побегов (см. выше), то полученные деревья сохраняют характер этих побегов, т. е. они сильно растут, плохо цветут и мало плодоносят.

При знакомстве с приемами садовников, которыми они пользуются при вегетативном размножении растений, напрашивается вывод, что сохранение свойств побега, а это в приведенных примерах показано достаточно ясно, представляет широко распространенное явление, которое то очень сильно, то слабо, то почти незаметно проявляется у большинства растений.

Следовательно, листовые побеги у многих растений не все одинаковы и в зависимости от места своего нахождения более или менее индивидуализированы; будучи взяты в качестве черенков или привоев, они длительное время сохраняют свои особенности, сохраняют свою природу. Это очень важное в теоретическом и практическом отношении явление следует для удобства назвать особым термином. Автор предлагает название: топофизис (от греческого слова τόπος — место и φύσις — природа).

Черенок из цветущей зоны весьма склонен к обильному цветению; верхушечный черенок дает по внешнему виду иные растения, чем черенок боковой оси высшего порядка; корневой отпрыск развивается в растение, склонное легче образовывать корневые отпрыски, чем растение, полученное из сеянцев. Поэтому

¹ Carrière E., Production et fixation des variétés. 1865, p. 60.

² Соответствующие примеры у Stringfellow, H. M., Der neue Gartenbau, I. c. p. 121.

садовник при размножении растений черенками и прививкой всегда должен обращать внимание на место на материнском растении, откуда нужно взять черенок или привой.

Главное преимущество размножения растений черенками и прививкой состоит в том, что с помощью этих приемов можно скорее получить взрослое растение, чем из семян. Если одновременно выращивать из семян и из черенков пеларгонию, фуксию, азалию, виноград и другие растения, то можно легко убедиться, что растения из черенков быстрее достигают стадии рыночных растений и часто скорее цветут и плодоносят, чем растения из семян. Уже в момент отделения от материнского растения черенок по своим размерам превосходит сеянец; нужно принять также во внимание, что для прорастания семян часто требуется продолжительный срок, кроме того сеянцу нужно весьма продолжительное время, чтобы достигнуть величины черенка; отсюда понятно, что сеянец не в состоянии догнать в развитии укоренившийся черенок.

Это еще более верно по отношению к размножению с помощью прививок, так как при этом привою дается сильный, иногда древовидный подвой, в результате скоро получается большое растение, а у древесных даже дерево. Кроме того привой, в особенности если он взят с обильно плодоносящей материнской ветви, через более короткое время начинает приносить цветы и плоды. Все это в высшей степени соответствует желаниям садовода.

Однако, не следует думать, что растения из семян вообще не могут догнать в росте растения из черенков. Наблюдения показывают, что растения из семян дают часто более сильный рост, чем растения из черенков, и преимущество, бывшее вначале у первых, с возрастом переходит к растениям из семян.

Существуют растения, которые совершенно не дают всхожих семян, или они у них в нашей зоне не вызревают. В таких случаях бесполое размножение оказывается особенно ценным.

Ведет ли продолжительное бесполое размножение черенками и прививкой к старению?

На юге вдоль улиц часто растет пирамидальный тополь, для которого характерна пирамидальная форма роста. Этот тополь, быть может, следует считать разновидностью черного тополя (*Populus nigra*). Пирамидальный тополь очень часто без видимой причины отмирает, начиная с вершины. В Англии между 1820 и 1840 годами погибла большая часть этих тополей, в Америке в 1840 году была опасность полного их вымирания, с 1880 года в северной и средней Германии они повсеместно болеют, в то время как в южной Германии они продолжают расти сравнительно хорошо.

Так как никакой несомненной внешней причины слабости этих тополей не было найдено, то начали склоняться к мнению, что вследствие постоянного вегетативного размножения у них обнаруживается старческая дряхлость, и потому они отмирают. Это дерево, по всей вероятности, происходит из Средней Азии, откуда оно пришло сначала в Италию, а затем распространилось по другим областям. Оно разводится повсюду исключительно черенками и это продол-

жительное, бесполое размножение возможно, привело, его к вымиранию.

Некоторые исследователи считают за один индивидуум или один „сорт“, все черенки, полученные от одного экземпляра и размножаемые в нескольких поколениях, а так как индивидуум в обычном понимании имеет ограниченную продолжительность жизни, то это представление привело к признанию старения „сорта“.

Некоторые другие культурные растения: картофель, сахарный тростник, виноград и наши плодовые деревья также сильно страдают от болезней, и это дало основание распространить вышеуказанный взгляд и на эти растения.

Мебиус¹ в своем обстоятельном исследовании критически рассмотрел различные наблюдения и доводы за и против этого взгляда и пришел к заключению, что нет достаточного основания признать названные вегетативно размножаемые культурные растения пришедшими в состояние одряхлений.

Мы знаем, что в природных условиях многие растения всегда или почти всегда размножаются не семенами, а почками: напр. виды: *Poa*, *Festuca*, *Lysimachia nummularia*, *Vinca minor*, *Ranunculus ficaria*, *Acorus calamus*, *Arundo phragmites*, *Oncidium Lemonianum*, *Elodea canadensis*, *Cochlearia armoracia* и др.

Имеется также много культурных растений: бананы, финиковая пальма, *Dioscorea batata*, *Colocasia antiquorum*, которые постоянно размножаются бесполом путем, однако, у этих растений не наблюдалось признаков старения.

Болезни и даже эпидемии наших культурных растений: картофеля, винограда и плодовых деревьев вызываются в большинстве случаев вредителями. Некоторые старые сорта плодовых деревьев не обнаруживают никакого ослабления, между тем как некоторые молодые сорта часто болеют. Можно также часто наблюдать, что сеянцы и дикорастущие растения страдают от болезней в одинаковой степени с растениями, полученными из черенков. Большинство болезней растений вызываются грибными паразитами, однако, не доказано, что для такого рода заболеваний требуется особое предрасположение. На основании этих и других данных, Мебиус приходит к заключению: „что старение растений, размножаемых бесполом путем, существует только в воображении некоторых авторов и селекционеров, оно не обуславливается свойствами частей растения, служащих для вегетативного размножения“.

Таково мнение Мебиуса. Автору кажется, что последнее слово относительно этой интересной проблемы еще не сказано. Напрашивается вопрос: не следует ли делать различие между природным бесполом размножением, которое является нормальным способом размножения, например у картофеля, хрена, и лютика, и искусственным бесполом размножением, когда размножение с помощью черенков и прививки нормально не свойственно растению. В первом случае бесполое размножение соответствует природе растения,

¹ Mebius, M. Beiträge zur Lehre von der Fortpflanzung der Gewächse. Jena, 1897, p. 23.

во втором случае оно основывается на искусственном воздействии на растение.

Привой, взятый со старого дерева, обнаруживает слабый рост, но дает в скором времени цветы и плоды; напротив, привой, взятый с молодого сеянца, быстро растет, но образует цветы и плоды спустя продолжительное время, т. е. все происходит именно так, как можно было ожидать на основании учения об индивидуальности побегов (о топофизисе). Это указывает на то, что ткань конуса нарастания, происходящего от старого дерева, обладает иными свойствами, чем происходящего от молодого дерева; другими словами: со старением индивидуума и в тканях точки роста могут в некоторых случаях происходить изменения.

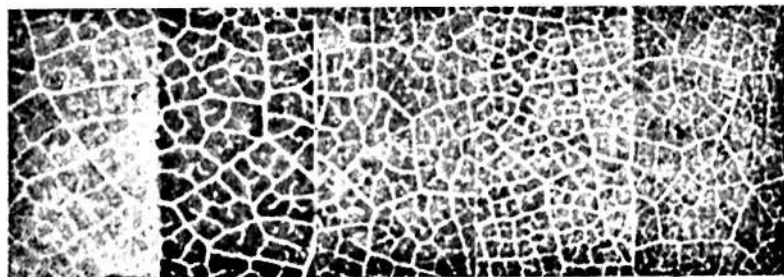


Рис. 121. *Vitis vulpina*. Петли нерватуры на листьях 3, 6, 14, 28 и 60-летнего виноградного куста. Петли нерватуры у молодых листьев крупнее, у старых мельче. (По Бенедикту)

Поддержкой высказанному взгляду может служить недавно появившаяся работа Бенедикта,¹ откуда приводится следующее:

На основании многочисленных наблюдений и измерений можно установить, что у винограда и других древесных растений нервация листа с возрастом материнского растения изменяется определенным образом: петли, образуемые мельчайшими разветвлениями нерватуры, становятся мельче. На рис. 121 можно это наглядно видеть.

В одном случае были найдены у *Vitis vulpina* следующие величины.

Средняя площадь петель нерватуры листа винограда в зависимости от возраста.

Число годовых колец	3—5	6—11	14—25	28—35	50—70
Площадь петли в кв. мм . . .	0,4941	0,3727	0,2969	0,2211	0,16382

¹ Benedict, H. M. Senile changes in leaves of *Vitis vulpina* L. and certain other plants. Cornell university agric. experim. station, June 1915, p. 281—365.

См. также критические замечания А. Р. С. Blijhouver. Landbouwhoogeschool te Wageningen (Nederland), Nr 12, 1930.

То же самое наблюдалось в нерватуре *Tecoma radicans*, *Salix nigra*, *Castanea dentata*, *Quercus alba* и других деревьев, у них также с возрастом происходило уменьшение петель нерватуры.

Бенедикт также нашел, что с увеличением возраста уменьшается интенсивность ассимиляции, дыхания, уменьшается и число устьиц.

Изменение нервации листа с возрастом растения, по Бенедикту, нельзя объяснить уменьшением проводящей способности корня и ствола, или накоплением ядовитых веществ, так как черенки и привои, взятые со старых деревьев, заново укореняются и вообще заново строятся и все же сохраняют малые размеры петель нерватуры. Поэтому Бенедикт приходит к заключению, что сама меристема изменяется с возрастом растения, что и приводит к старческой слабости. За это говорит прежде всего сходство проявлений старения у растения и животного: 1. Кривая уменьшения петель нерватуры у виноградной лозы с увеличением возраста имеет такой же самый ход, как и кривая уменьшения роста морской свинки. 2. Ход кривой интенсивности дыхания изменяется с возрастом у растений и животных одинаковым образом. 3. И у животных и у растений происходят при старении структурные изменения в тканях и клетках.

Уже в 1795 году Т. А. Найт, известный садовник и физиолог, объяснял старением постепенное вымирание некоторых сортов яблонь и груш. Он нашел, что каждый привой яблони частично сохраняет и после срастания жизненное состояние материнского ствола: „Если последний слишком молод, чтобы плодоносить, то привой будет сильно расти, не давая цветов; если же он слишком стар, то он будет тотчас же плодоносить, но никогда не будет иметь здоровой кроны, что также невыгодно для садоводов”.¹ По Найту, хотя и можно путем прививки и с помощью других благоприятных условий продлить существование какого-либо сорта сверх срока обычного для тех же растений, но выращенных из семян, однако энергичный рост вскоре уменьшается, старение становится все сильнее и сильнее, в результате получается слабый рост и неустойчивость против неблагоприятных условий погоды и почвы.²

Примерно в том же духе высказывается также Иессен в своем известном труде.³

Из предыдущего видно, что Бенедикт в результате новых исследований примкнул к взгляду Найта и Иессена и признал, что продолжительное бесполое размножение приводит к старению. Хотя читатель может принять тот или иной взгляд, однако, несомненно одно: нельзя при обсуждении проблемы старения пройти мимо новейших исследований, которые доказывают, с одной стороны, наступление с возрастом анатомических изменений и, с другой стороны, сохранение индивидуальности побегов. Подробнее об этом смотри в книге Молиша.⁴

¹ Цитируется по Jessen, C. F. W. Über die Lebensdauer der Gewächse. Gekrönte Preisschrift 1854, p. 207.

² Derselbe, l. c. p. 209.

³ Derselbe, l. c.

⁴ Molisch, H. Die Lebensdauer der Pflanze. Jena 1929, p. 145—158.

2. Половое размножение

Как уже было отмечено, половое размножение отличается тем, что при нем две различные клетки, которые мы называем половыми клетками, и которые сами по себе не способны к дальнейшему развитию, дают после слияния их содержимого друг с другом начало новому индивидууму. Половое размножение свойственно как низшим, так и высшим растениям. Хотя внешний вид половых клеток, их возникновение и строение вместилищ, где они образуются, представляет большое разнообразие, однако существенным всегда является лишь слияние двух половых клеток,—процесс, называемый оплодотворением.

В задачу этой книги не входит подробно рассмотреть интересный во многих отношениях процесс оплодотворения у тайнобрачных, знанием которого мы обязаны кропотливым исследованиям многочисленных исследователей; для нашей цели вполне достаточно сообщить об этом процессе лишь в объеме, необходимом для понимания изложенного в дальнейшем.

Размножение папоротника (*Aspidium filix mas*) (рис. 122)

На нижней стороне многих листьев папоротника находятся бурные пятна (рис. 122, I), обычно в форме кучек или полос (сорусы) S, здесь находятся многочисленные вместилища спор (спорангии) (II sp). Эти спорангии растрескиваются и освобождают находящиеся в них одноклеточные споры, которые, попадая на благоприятный субстрат, прорастают. Удивительно, однако, то, что после прорастания не образуется сразу новый папоротник, но развивается сначала маленькое, не больше 1 см величиной, зеленое, лопастное образование, которое известно под названием заростка или проталия (рис. 122, IV).

Теперь рассмотрим какой-либо определенный папоротник, напр., распространенный в наших лесах *Aspidium filix mas*. У него сердцевидной формы заросток прикреплен к почве с помощью корневых волосков. На заростке образуются мужские половые органы (антеридии) и женские (архегонии), устройство которых видно на рис. 122. Внутри антеридия возникают многочисленные, винтообразно изогнутые клетки со многими ресничками; эти клетки представляют мужские половые клетки и называются сперматозоидами.

Архегоний, бутылкообразный орган, состоит из брюшной части, содержащей яйцеклетку, и шейки, через которую проходит канал, ведущий к яйцеклетке.

Когда живущий на влажных местах заросток смачивается дождем или росой, то сперматозоиды оставляют антеридий, плывут к архегониям и проникают до яйцеклетки, чтобы слиться с ней.

После оплодотворения деление яйцеклетки приводит к образованию зародыша папоротника, который затем превращается во взрослое растение. Полученное взрослое растение будет снова образовывать споры бесполым путем на нижней стороне своих листьев.

Из сказанного видно, что в ходе развития отдельного папоротника половое поколение (заросток) всегда сменяется бесполом

(изрослое растение). То же спмое имеется у мхов, хвощей, плаунов и селаншелл. Такой цикл развития известен под названием смены поколений.

Бросается в глаза то, что сперматозоиды так уверенно находят путь к яйцеклетке через канал архегония. Объяснение этому явлению дают исследования Пфедфера.¹ Он показал, что спермато-

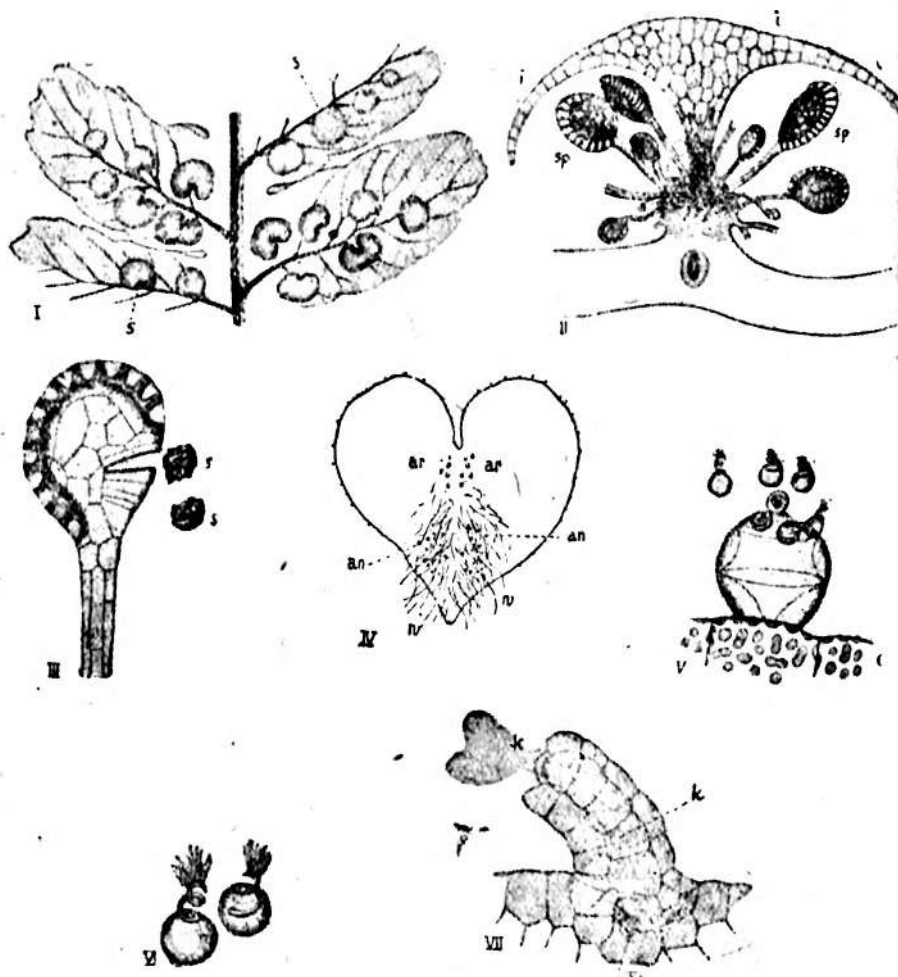


Рис. 122. Органы размножения папоротника (*Aspidium filix mas*). I—нижняя сторона перистого листа со спорочучками или сорусами, состоящими из спорангиев (вместилищ спор). S—(Увел. 5). II—поперечный разрез через часть листової пластинки, несущей сорус. На выступающей листової жилке находятся несколько спорангиев sp, сорус покрыт сверху особым покрывалом (индузиум) i. (Увел. 15). III—отдельный лопнувший спорангий с высыпавшимися спорами s (Увел. 30). IV. Заросток с нижней стороны. Схематически. w—корневые волоски, ar—архегоний, an—антеридии. (Увел. около 7 раз). V. Антеридий с выходящими сперматозоидами. VI. Два сперматозоида. VII. Архегоний: ei—яйцеклетка, k—канал со слизью. V—VII сильно увеличено. (Оригинал)

¹ Pfeffer, W. Lokomotorische Richtungsbeuегungen durch chemische Reize. Untersuchungen a. d. botan. Institute z. Tübingen. Leipzig 1884, Bd. I p. 363.

зоиды папоротника привлекаются определенным веществом, именно яблочной кислотой, которая выделяется из архегония. Это явление, названное хемотаксисом, встречается не только у папоротников, но наблюдается также у споровидных мхов, плаунов, селлагинелл, а также у бактерий и пыльцевых трубок; оно может вызываться различными веществами. Бактериальный метод Энгельманна, аэротропизм корней (см. выше) основаны также на хемотаксисе.

Размножение покрытосемянного цветкового растения

Если мы вскроем завязь гиацинта, лилии, нарцисса или подснежника, то найдем в ней многочисленные округлые образования, представляющие зачатки семян или семязачатки, из которых после оплодотворения развиваются семена. Подобный зачаток семени состоит: 1) из семязачатка (фуникулус) *f*, которая несет семязачаток, 2) из покрова (2 оболочки) *I* и *i*, 3) из ядра семязачатка (нуцеллуса) *n* и 4) из зародышевого мешка *E*. На верхушке семязачатка покровы оставляют отверстие, называемое семязачатком или микропиле (*m*). В зародышевом мешке вблизи микропиле лежит яйцеклетка *Eiz* с двумя синергидами *S*; напротив этих трех клеток находятся еще другие три клетки: антиподы (*A*). Кроме того в середине зародышевого мешка видно два клеточных ядра *rk*, которые могут слиться и образовать вторичное ядро зародышевого мешка. Яйцеклетка представляет женскую, пыльника—мужскую половую клетку (см. рис. 123).

Пыльца образуется в пыльниковых мешках. Каждая пыльника покрыта двумя оболочками, под ними находятся две клетки, не резко отграниченные друг от друга: одна большая—вегетативная, другая малая—генеративная. Когда пыльца попадает, с помощью насекомых или ветра, на рыльце завязи, то она вытягивается в трубку, которая растет по направлению к семязачатку, проходя рыльце, столбик и микропиле. В это время генеративное ядро делится на два. Вегетативное ядро передвигается в пыльцевой трубке впереди, за ним следуют два генеративных ядра. Генеративные ядра переходят в зародышевый мешок и одно из них проникает в яйцеклетку, сливаясь с ядром, другое соединяется с одним ядром зародышевого мешка или со вторичным ядром, возникшим в результате слияния двух ядер зародышевого мешка. Следовательно, у покрытосемянных растений (однако еще не выяснено, у всех ли) происходит двойное оплодотворение: ¹ оплодотворяется яйцеклетка и ядро зародышевого мешка. Оплодотворенная яйцеклетка образует зародыш, а ядро зародышевого мешка, после ряда делений, приводит к возникновению особой ткани, называемой эндоспермом. Эндосперм является вместилищем запасных веществ.

Значение синергид и антиподов до сих пор еще с достоверностью неизвестно.

¹ Nawaschin, S. Resultate einer Revision des Befruchtungsvorganges bei *Lilium maritimum* u. *Fritillaria tenella*. Bull. Akad. de St. Pétersbourg.

Guignard, L. Sur les anthéroides et la double copulation chez les végétaux angiospermes. Compt. rend. Paris 1889.

Результаты оплодотворения делаются вскоре заметными: семяпочка развивается в семя, а стенки завязи принимают участие в образовании плода.

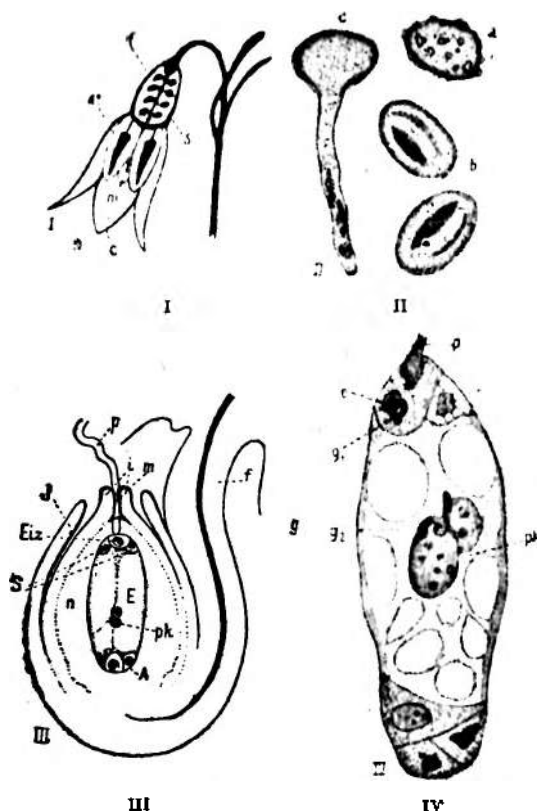


Рис. 123. (I, II, III, IV). I. Цветок подснежника (*Galanthus nivalis*): *c*—околоцветник, *st*—пыльнички, *m*—столбик с рыльцем, *f*—завязь, *s*—семяпочки. II. Пыльца *Galanthus nivalis*: *a*—живая, *b*—после фиксации, видны два ядра: одно вегетативное, другое генеративное; *c*—после прорастания; в пыльцевой трубке вегетативное ядро находится впереди; генеративное ядро уже разделилось на два. (Увел. 350). III. Семяпочка *Galanthus nivalis*: *f*—семянница (фуникулус); *i*—внешний и *n*—внутренний покров; *E*—зародышевый мешок, в нем находится (*Eiz*)—яйцеклетка с прилегающими синергидами *S*, *pk*—ядро зародышевого мешка и *A*—3 антипода. Пыльничковая трубка *p* проникает через канал микропиле *m* и касается сверху яйцеклетки. IV. Процесс оплодотворения в зародышевом мешке *Lilium martagon*. Одно генеративное ядро *g*₁ соединяется с ядром яйцеклетки *e*, другое *g*₂ с двумя ядрами зародышевого мешка. Вверху виден конец пыльцевой трубки *p*. (Рис. IV по Guignard. рис. I—III оригиналы.)

ПАРТЕНОГЕНЕЗ.¹ У некоторых растений яйцеклетка может развиваться в зародыш даже без оплодотворения. Такой вид размножения известен под названием партеногенеза. Партеногенез встречается, например, у широко распространенной в Балтийском море водоросли *Chara crinita* и у грибка из рода *Saprolegnia*, живущего на мертвых мухах, попавших в воду.

Настоящим партеногенезом следует называть такой вид размножения, когда зародыш возникает из неоплодотворенной яйцеклетки с $2x$ хромосомами; если же зародыш развивается из неоплодотворенной яйцеклетки с $2x$ хромосомами, то это будет апогамия. Большинство случаев, раньше рассматриваемых как партеногенез, оказывались при более детальном рассмотрении апогамией, например, апогамия у *Hieracium*, *Taraxacum*, *Alchemilla*, *Thalictrum*, *Marsilia* и др.

У некоторых растений зародыш возникает без оплодотворения даже не из яйцеклетки, но из соседних тканей семяпочки; к таким растениям относятся *Funkia ovata*, *Eonymus latifolia*, апельсин, безвременник, а также

¹ Winkler, H. Über Parthenogenesis und Apogamie im Pflanzenreiche. *Progressus rei botanicae*. 2 Bd. p. 293. Jena 1908; затем его же *Verbreitung und Ursache der Parthenogenesis im Pflanzen- und Tierreiche*. Jena 1920.

выращиваемая в оранжереях в виде женских особей *Cuculobogunc ilicifolia*. Эти случаи также относятся к апогамии. К этому явлению стоит близко другое явление, так называемая партенокарпия. Цветы, оставшиеся неоплодотворенными, обычно скоро опадают. Однако, у некоторых растений, как например у огурцов, банана, некоторых сортов крыжовника, груш, яблок, у многих бегоний завязь может развиваться в плод без оплодотворения и даже без опыления. Партенокарпические плоды или совсем не содержат семян, или же они у них недоразвиты.

У некоторых сортов огурцов женские цветы способны дать плоды и при удалении всех мужских цветов в стадии цветочных почек, но такие плоды не содержат семян. Этот давно известный

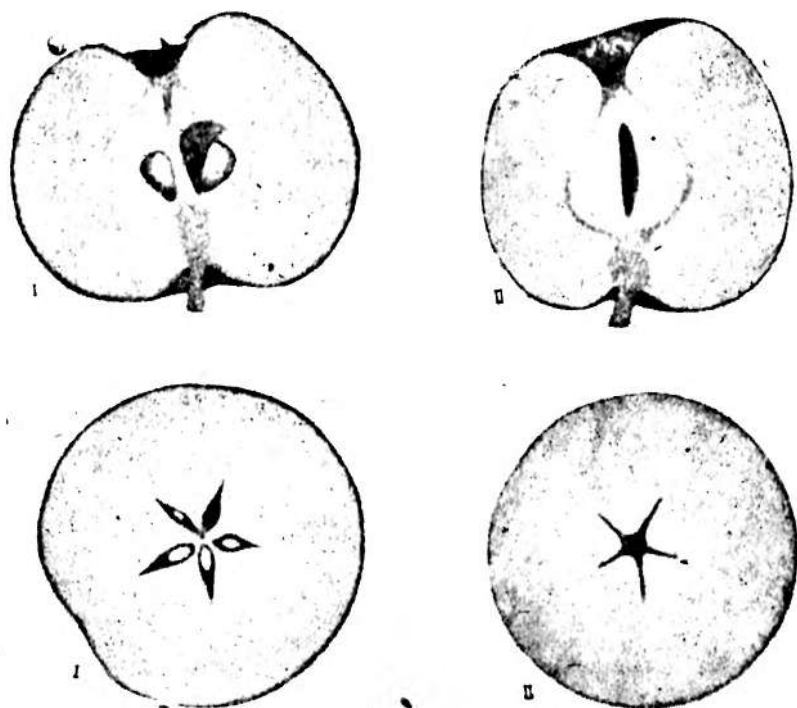


Рис. 124. Яблоки сорта Cellini. I. Нормальный плод, полученный в результате перекрестного опыления. Семенные гнезда и самые семена в нем хорошо развиты; II. Партенокарпический плод, возникший без оплодотворения. Семенное гнездо развито плохо, семян нет. (По Эверту)

садовникам факт был подробно изучен и бесспорно доказан Ноллем.¹ Следовательно, плоды у огурцов могут возникать вегетативно не только без оплодотворения, но даже без какого-либо воздействия опыления, причем такие плоды способны также „созревать“.

¹ No 11, P. Über Fruchtbildung ohne voreausgegangene Bestäubung (Partenokarpie bei der Gurke. Sitzber. d. Niederrhein. Ges. f. Natur. u. Heilkunde i. Bonn. 1902.

Наши знания относительно партенокарпии были значительно расширены исследованиями Мюллер-Тургау¹ и, в особенности, ценными опытами Эверта.² Эверт первый доказал широкое распространение партенокарпии у различных сортов яблонь и груш. Партенокарпию у яблонь и груш он доказал тем, что, убивая с помощью одной жидкости рыльца и препятствуя этим проникнуть к семяпочке пыльцевым трубкам, он все же во многих случаях получал хорошо развитые, но бессемянные плоды.

Сорт яблони: Cellini и сорт груши Clairgeau проявили особую склонность к партенокарпии.

Рис. 124 показывает партенокарпический и нормальный (при перекрестном опылении) плоды яблоки сорта Cellini.

При сравнении бессемянных зрелых плодов яблоки сорта Cellini с такими же плодами, содержащими семена видно, что первые лучше сформированы, имеют более значительное углубление на верхушке плода и более суженное семенное гнездо.

В семяпочке после ее оплодотворения создаются условия для усиленного притока к ней питательных веществ, чего обычно не бывает у неоплодотворенной семяпочки. Поэтому если оставить на одной ветке в одинаковых условиях неоплодотворенные и оплодо-

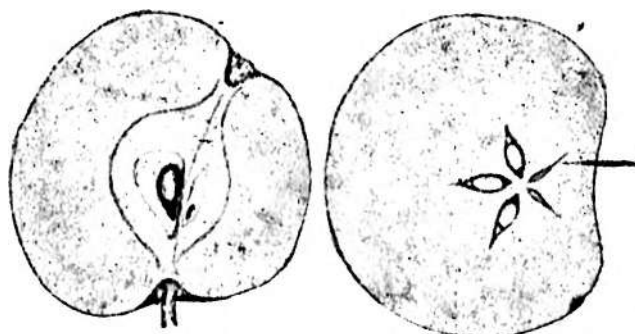


Рис. 125. Яблоко, у которого половинки развиты неодинаково. Слева продольный, справа поперечный разрез. Половинка, содержащая развитые семена, имеет более значительные размеры. Немного уменьшено. (Оригинал)

творенные цветы, то последние всегда развиваются сильнее. На такую зависимость обратил внимание в своих опытах Эверт. Поэтому для получения в большом количестве хороших партенокарпических плодов рекомендуется устранить у всех цветов данного дерева оплодотворение как чужой, так и собственной пыльцей.

Благодаря тому, что к оплодотворенной семяпочке идет усиленный приток питательных веществ, то плод получается тем больше, чем больше он содержит оплодотворенных семяпочек. „Чем больше семян, тем больше мякоти плода“ (Мюллер-Тургау). Влияние

¹ Müller-Thurgau, H. Kernlose Traubenbeeren und Obstfrüchte. Landwirtschaft. Jahrb. d. Schweiz 1908.

² Ewert, R. Die Parthenokarpie oder Jungfernfruchtigkeit d. Obstbäume usw. Berlin 1907.

развивающихся семян на рост плода ясно можно видеть у винограда. „Чем больше общий вес семян в ягоде, тем тяжелее также и мякоть ягоды“.¹ То же, хотя и не так ясно, можно наблюдать у плодов семечковых. Если, например, разрезать вдоль или поперек какое-либо асимметрическое яблоко или грушу, то можно обычно видеть, что в более сильно развитой половине такого плода семян больше и они крупнее, чем в другой половине (рис. 125). У *Cercis* и *Staphylea trifoliata* имеется такая же зависимость между числом семян и длиной плода: чем больше семян, тем длиннее плод.²

Сорта семечковых плодовых растений ведут себя в отношении партенокарпии весьма различно: среди них встречаются переходы от одной крайности к другой. Эверт делит сорта груш и яблок по их поведению, когда предотвращено оплодотворение, на следующие четыре группы:

1. Молодые зачатки плодов опадают вскоре после цветения:

а) яблоки: Ренетт Бауманна и Кайзер Александр;

б) груши: *Esperens Bergamotte* и *Williams Christ*.

2. Хотя склонность к партенокарпии имеется, однако большинство плодов, достигая размера ореха, опадает. Груши: *Pastorenbirne*, *Zepherine Gregoire*.

3. Партенокарпические плоды в большинстве случаев не опадают, развиваются дальше, но получаются очень мелкие яблоки: Зимний золотой пармен.

4. Партенокарпические плоды получают нормальной величины, хотя в большинстве случаев иной формы, чем плоды, развившиеся из оплодотворенных цветков:

а) яблоки: Харламовское, *Cellini*.

б) груши: *Clairgeau*, *Gute Louise von Avranches*, а также коричневые маслянистые груши: *Nina*, *König Karl von Württemberg*, *Abbé Fétel* (предотвращено только опыление чужой пылью).³

Из опытов Эверта видно, что партенокарпия имеет место не только при отсутствии оплодотворения, но также и при отсутствии опыления. На основании различных данных³ предполагали, что пыльца своими выделениями или же проникающая в завязь пыльцевая трубка могут создавать ростовое раздражение. Если бы это было так, то тогда нельзя было бы объяснить появление партенокарпии в тех случаях, когда опыление было совершенно исключено и пыльца не могла попасть на рыльце. Конечно, на основании одного этого нельзя отрицать возможность у других растений явления раздражения под влиянием пыльцы.

По Мюллер-Тургау, некоторые сорта винограда могут также давать партенокарпические ягоды при отсутствии какого-либо влияния пыльцы. Если в таких ягодах встречаются развитые до известной степени семена, то они всегда пустые и не содержат ни зародыша ни питательной ткани.

¹ Müller-Thurgau, H. l. c. p. 33.

² Harris, I. A. The influence of the seed upon the size of the fruit in *Staphylea*. *Botan. Gazette* 1912, p. 412—414.

³ Fitting, H. Folgen der Bestäubung und Befruchtung. *Handwörterbuch d. Naturwissenschaft*. 4 Bd. 1913, p. 261.

Все, что способствует улучшению питания завязи, особенно притоку сахара, благоприятствует также и партенокарпии. Например, у некоторых сортов винограда при отсутствии опыления, партенокарпию можно вызвать путем кольцевания. То же самое можно получить и у плодовых деревьев.

Мнения о практическом значении партенокарпии расходятся. Мюллер-Тургау придает партенокарпии мало значения, напротив, Эверт придает ей большое значение. — Нет сомнения, что человек очень радостно приветствовал бы получение плодов без косточек и без семян у вишни, винограда, яблок, груши и др. Само собою разумеется, бессемянные плоды должны сохранить все те хорошие свойства, которые присущи тем же плодам, содержащим семена. Это было бы триумфом в плодоводстве. У бананов этот идеал достигнут: за исключением кожуры у него весь плод съедобен и он буквально тает во рту. Плоды яблок и груш еще далеки от этого идеала.

Американцы пытались распространить потребление бессемянных яблок „Spencer“, однако желаемого успеха они не достигли, так как у этих яблок сохранились неприятные на вкус, похожие на пергамент семенные гнезда. Груша представляет в этом отношении более благоприятный объект: стенки семенных гнезд у нее мягче, меньше чувствуются при еде, а в партенокарпических плодах семенные гнезда иногда даже почти совершенно отсутствуют. Систематической селекцией Эверт надеется получить плоды груш не только без семян, но и без семенных гнезд, а скрещиванием с расами, склонными к партенокарпии, окончательно зафиксировать эти качества.

Конечно, еще более важно было бы получить плоды без косточек и семян у косточковых. Осуществление этого пока еще не предвидится в ближайшем будущем. Выведенная американцем Бербенком так называемая бессемянная слива содержит еще, к сожалению, мягкую косточку с хорошо развитым семенем.

Обычно яблоки и груши при пасмурной и дождливой погоде, когда нет лёта пчел и отсутствует опыление, не завязывают плодов. Сорта, склонные к партенокарпии, и при этих условиях, т. е. без оплодотворения, дадут плоды. В этом отношении партенокарпия представляет для плодоводства несомненное преимущество.

Влияние различных условий на образование цветов и плодов

Одной из главных задач современного садоводства является доведение растений в возможно короткий срок до обильного цветения и плодоношения.

При обычных условиях высшие растения цветут лишь по достижении известной стадии своего развития. Однолетние растения цветут уже в течение первого года, многолетние в первом или в один из следующих годов, а деревья обычно только по прошествии многих лет. Возраст, в котором растение начинает впервые цвести, зависит прежде всего от природы растения.

Одиночно стоящий бук начинает цвести в возрасте 40—59 лет, в сомкнутом насаждении в возрасте 60—80 лет. Дуб в первом слу-

чие и возрасте 40, во втором в возрасте 80—100 лет. Приведем еще несколько примеров: ¹

<i>Castanea vesca</i>	в возрасте 40—60 лет	поросль в 6-летнем.
Лещина	10 "	черенки . 3 "
Грлеб	20—30 "	отпрыски . 10 "
Ольха	12—20 "	в насажд . 40 "
Береза	10—12 "	" около 30 "
Вяз	в возрасте около 40 лет	
Липа	" " " 25 "	
Клен полевой	" " " 25 "	
Клен явор	" " " 30—40 "	
Ива	" " " 30—40 "	(в насаждениях
Пихта	" " " 30—50 "	в 60—70-летнем)
Каш	" " " 60—70 "	
Листовенница	" " " 20 "	(начинает цвести с 10-летнего возраста, не давая, однако, семян).
Осина	" " " 15 "	(в насаждении в 30—40-летнем возрасте)

Переход растения к цветению сильно зависит от внешних условий, что давно было замечено как практиками, так и физиологами.

Выше было уже указано, что такие практические приемы садоводов, как кольцевание, сдавливание, применение плодового пояса, скручивание и надламывание веток, прививка на карликовых подвоях, т. е. все воздействия, которые вызывают или задержку оттока ассимилятов или усиливают приток органических веществ, способствуют цветению и плодоношению растений. Нами также рассмотрено влияние на цветение и плодоношение: наклона, изгиба и положения веток, а также обрезки деревьев.

СВЕТ. Практики давно уже заметили, что сильный свет, особенно прямой солнечный, а также относительная сухость способствуют переходу растений к цветению. Напротив, слабый свет, большая влажность, обильное минеральное питание благоприятствуют вегетативному росту.

На основании своего многолетнего опыта автор рекомендует *Primula sinensis* и *Primula obconica* в качестве классического объекта для выяснения зависимости цветения от наличия определенной интенсивности света. Если цветущие экземпляры этих примул перенести зимой из оранжереи, где они пользовались полным прямым солнечным светом, в другую оранжерею, где они имели бы, при прочих равных условиях, только рассеянный свет, то там вполне развитые бутоны не раскрываются и цветение прекращается. Если же это растение снова поставить на прежнее место, т. е. на прямой солнечный свет, то цветочные почки будут опять нормально раскрываться.

Фехтинг ² экспериментально доказал огромное значение света для образования цветов у растений. Он держал различные растения *Mimulus*, *Tilingi*, *Linaria spuria*, *Lamium amplexicaule*, *Lobelia erinus* и др. на различном расстоянии от окна, т. е. давал растениям различную интенсивность света и нашел, что число развившихся цве-

¹ Büsgen, M. Bau und Leben unserer Waldbäume. 2. Aufl. Jena 1917, p. 297.

² Vöchting, H. Über den Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage der Blüten. Jahrb. f. wiss. Bot. 1893, Bd. 25, p. 149.

тов уменьшалось с уменьшением интенсивности освещения. При этом уменьшалась также величина цветка, изменялась его форма, а у растений, имеющих как открытые, так и закрытые (клеистогамные) цветы, развивались преимущественно последние.

Из приведенных данных видно, что растения нуждаются для развития цветов в определенной интенсивности света. Если интенсивность света падает ниже известного уровня, число и величина цветов уменьшается, а затем цветение совершенно прекращается. Необходимая для развития цветов интенсивность света для различных растений весьма различна: для световых растений требуется одна, для теневых другая. Например, при той интенсивности света, при которой теневое растение — *Impatiens parviflora* — нормально цветет, *Malva vulgaris* едва в состоянии давать почки.

Полутно следует остановиться на воззрениях, которые можно часто встретить в новой и новейшей литературе. Многие считают, что для световых растений нужен рассеянный свет, прямой же свет имеет для них второстепенное значение и даже нежелателен (Визнер). Это утверждение, однако, для большинства световых растений нельзя признать правильным, оно стоит в противоречии с действительностью. Деревья, пользующиеся сильным рассеянным светом, но мало или почти не получающие прямого солнечного света, хотя и могут долго расти, достигая преклонного возраста, но они обычно не только никогда не плодоносят, но даже и не цветут.

Автор наблюдал этот факт у плодовых и лесных деревьев уже в течение 40 лет. Все это можно легко понять, если с помощью иодной пробы сравнить образование крахмала в одинаковых листьях на прямом и рассеянном свете. На первом ассимиляция углекислоты идет обычно значительно интенсивнее, чем на последнем. Что получили бы садовники, если бы они начали выращивать на рассеянном свету: примулы, хризантемы, азалии, пеларгонии, цинерарии, огурцы, дыни, плодовые деревья, вообще растения, у которых нужно получить цветы и плоды? Конечно, они потерпели бы большую неудачу. По моему мнению, нельзя лишать световые растения полного, прямого солнечного света, так как только при этом условии они будут обильно цвести и плодоносить.

Большинство древесных растений дает семена ежегодно, и некоторые породы способны ежегодно приносить высокие урожаи. Другие древесные растения дают полный сбор семян только через известный промежуток времени, в течение которого у них будут накоплены необходимые запасные вещества.

Семенные года, по Тюбефу,¹ регулярно повторяются:

у тополя, ивы, граба и др.	через каждые	1—2 года.
у настоящего каштана, лещины, плодовых деревьев	"	2—3 "
у сосны, дуба	"	3—5 лет
у пихты	"	5—7 "
у бука	"	10—15 "

Правильное чередование семенных лет может в известных пределах нарушаться в зависимости от местообитания и климата. Эти

¹ Tubeuf, F. Samen, Früchte und Keimlinge der . . . forstlichen Kulturpflanzen. Berlin 1891, p. 139.

интервалы обуславливаются, несомненно, внутренними и внешними причинами, между которыми не последнюю роль играет интенсивность освещения, т. е. полученная за год сумма света. Если годовая сумма света очень велика, то в растении образуется большое количество углеводов; запасенные в стволе, они через относительно короткое время будут использованы на образование семян. При меньшем годовом количестве света углеводов получается меньше и требуется больше времени на ожидание наступления семенного года.

Когда сумма света в течение какого-либо года оказывается значительно больше нормы и все остальные условия благоприятны, тогда, по наблюдениям автора, можно предсказывать обильное заложение цветочных почек и год, урожайный плодами, если конечно, прочие условия окажутся нормальными.

В полном согласии с этим взглядом стоят наблюдения лесоводов. Мы обязаны Зеегеру¹ поучительными данными относительно зависимости урожая семян важнейших лесных пород от внешних условий. Характер погоды в отдельные годы оказывает определенное влияние на урожай семян, причем в этом отношении все древесные породы, по Зеегеру, реагируют одинаковым образом на изменения внешних условий. Сырая, холодная погода в период вегетации неблагоприятно действует на цветение и урожай семян в следующем году; напротив, теплая, сухая погода при большом количестве солнечных дней способствует цветению и плодоношению. Конечно, при этом предполагается, что цветочные почки не будут убиты или повреждены морозами.

Так как условия погоды в отдельные годы складываются различным образом, то семенные годы повторяются обычно не через одинаковые промежутки времени.

Недостаток света, подавляя цветение, усиливает вегетативное развитие растений. Особенно хорошо это можно наблюдать у *Mimulus Tiliagi*. В опытах Фехтинга цветочные побеги этого растения превращались при недостатке света в побеги вегетативные. При слабом освещении это растение и другие годами остаются на стадии только вегетативного развития.

С описанными опытами, как будто, стоит в противоречии поведение луковиц и клубней: тюльпана, крокуса и др., которые развивают цветы даже в полной темноте. Не нужно, однако, забывать, что в луковицах уже имеются готовые цветочные почки, кроме того клубни и луковицы содержат запасные органические вещества в количествах, достаточных для полного развития соцветия.

Бесхлорофильные паразитные двудольные растения (*Orobanche*, *Lathraea* др.) в состоянии все свои органы развивать в темноте; им нужно только, чтобы растение-хозяин находилось на свету и создавало для них питательные вещества.²

Насколько процесс размножения у низших и высших растений зависит от внешних условий, ясно видно из исследований Клебса.³

¹ Seeger, Ein Beitrag zur Samenproduktion der Waldbäume im Großherzogtum Baden. Naturw. f. Forst. u. Landwirtschaft. 11 Jg. 1913, p. 529.

² Goebel, K. Organographie der Pflanzen. 1 Aufl. 1898, p. 221.

³ Klebs, G. Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896. Derselbe. Willkürliche Entwicklungsänderungen, 1. c. p. 35.

Клебс показал, что изменением внешних условий у растений можно произвольно вызвать процесс размножения, а затем снова сменить его вегетативным ростом. Выращивая *Glechoma hederacea* в теплой оранжерее при высокой температуре и влажности воздуха Клебсу удалось не допустить это растение до цветения.

Беря летом с указанных оранжерейных растений черенки, он сажал их в маленькие горшки и выдерживал полученные растения зимой на холоду. Таким путем Клебс мог заставить это растение цвести. Еще скорее можно было вызвать цветение, если брать от оранжерейных растений отводки и выращивать их на сильном свете в малых горшках при недостатке питательных веществ в почве и малой влажности.¹

Давая сильное освещение, много воды и питательных веществ, Клебс² мог заставить *Sempervivum Funkii* неограниченно долго оставаться на стадии вегетативного роста. Напротив, при длительном и интенсивном освещении, умеренной даче воды и питательных веществ эти растения легко зацветали; лучше всего они цвели осенью при пониженных температурах. Помещая эти растения затем при высокой температуре, можно было снова устранить у них цветение. На красном свете заложение цветов происходило на синем — не происходило.

Прекрасным анализом всех до сих пор известных условий влияющих на цветение, мы обязаны Мебиусу.³ Он рассматривает влияние на цветение возраста растения, света, тепла, влажности питательных веществ, местообитания и др. У него также можно найти многочисленные доказательства о большом значении света для развития цветов.

ТЕПЛО. Влияние на цветение температуры может проявляться весьма различным образом. Она может ускорять, замедлять и даже прекращать заложение цветов. Растения, которые у нас цветут летом, на юге развивают свои цветы весной.

Некоторые растения, напр. клубника, фиалки и незабудки в тропическом и субтропическом климате цветут почти на протяжении всего года. В Синапе (Венецуэла) и в Chartum (Египет) даже виноград цветет и плодоносит в течение всего года.

У некоторых растений избыток тепла может подавлять цветение. Так, Фритц Мюллер заметил, что в Бразилии многие двулетние растения умеренных стран хотя и образуют много листьев, однако, никогда не цветут. Он выращивал, между прочим, в Бразилии из семян туземное для Европы растение *Echium vulgare* и в течение 10 лет не мог довести его до цветения. Тмин, капуста, свекла, петрушка и др., повидимому, там никогда не цветут.⁴ Эти растения для заложения цветов нуждаются, вероятно, в более низкой температуре. Многие сорняки не удерживаются в тропической полосе, вероятно, вследствие подавления у них генеративных процессов слишком высокой температурой и влажностью.

¹ Klebs, G. Willkürliche Entwicklungsänderungen, 1. c. p. 35.

² Klebs, G. Über die Blütenbildung von *Sempervivum*. Flora, Neue Folge: 11. u. 12. Bd. 1918, p. 128.

³ Meebius, M. Beitr. z. Lehre von der Fortpflanzung, 1. c.

⁴ Meebius, 1. c. p. 109.

ВЛАЖНОСТЬ. По имеющимся данным, недостаточное водоснабжение и сухость воздуха способствуют цветению, обильная поливка и большая влажность воздуха, напротив, ослабляют цветение. Само собой разумеется, что сухость не должна переходить известных границ, иначе растение будет повреждено.

В практике это наблюдение часто находит применение, особенно по отношению к южным растениям, семена которых в наших обычных условиях плохо вызревают. Ставя их в сухую атмосферу при недостаточном водоснабжении, можно ускорить у них цветение и созревание семян.

Луговые растения при хорошем увлажнении образуют значительно больше листьев, чем при недостаточном. На сухих лугах маки бывают, обычно, низкорослы, но дают много колосьев. Культурные растения, у которых ценна листва, нужно выращивать во влажных условиях; культурные же растения, дающие семена и плоды, нужно держать в более сухих условиях. Само собой разумеется, нужно при этом избегать крайности, иначе цветы и плоды легко могут опасть.

НЕДОСТАТОК ПИТАТЕЛЬНЫХ СОЛЕЙ. С недостаточным водоснабжением, обычно, бывает связано недостаточное поглощение минеральных солей. В известных пределах недостаточное минеральное питание действует подобно недостатку воды, обильное питание благоприятствует вегетативному развитию, в частности, образованию древесины и листьев. Ослабление минерального питания и одновременное повышение ассимиляции углекислоты способствуют цветению.

Когда здесь говорится о недостатке минеральных солей, то это не следует понимать в том смысле, что поглощение солей падает значительно ниже нормального. Здесь имеется лишь в виду случай, когда неорганические соединения поглощаются не в такой мере, в какой накапливаются пластические (сахар, крахмал) вещества.

Нередко случается, что растения против желания садовника начинают слишком рано цвести: например, салат, капуста, свекла, сельдерей. До известного времени они не должны выходить в стрелку. Салат и капуста должны сначала образовать кочны, а сахарная свекла в первый год должна дать крупный и богатый сахаром корнеплод, и только на второй год они должны цвести и давать семена. Если же свекла будет цвести в первом году, то корень у нее будет очень деревенистый с малым содержанием сахара.

Римпау показал, что замедление и временное прекращение роста у свеклы, например вследствие холодной и морозной погоды, способствует переходу к стадии цветения. Де-Фриз,¹ на основании своих опытов с одним из двухлетников *Oenothera Lamarkiana* утверждал обратное: при лучших условиях развития (хорошее питание, удобрение, значительное расстояние растений друг от друга) это растение зацветает уже в первом году. Густое стояние, затенение, недостаток удобрения и песчаная почва, напротив, благоприятствовали двухлетнему циклу развития этого растения.

¹ De-Vries, H. Die Mutationstheorie, 1901, I Bd., p. 616 ff.

Попутно следует отметить, что в некоторых случаях однолетние растения можно прервать в двух- и даже трехлетние, если у них очень рано начать удалять цветочные почки. Таким путем автор мог заставить легкие левкои цвести зимой, а однолетнюю резеду мог даже прервать в 2—3-летнее дерево (см. выше).

Различные минеральные соли имеют для цветения и плодоношения отнюдь не одинаковое значение. Наблюдения показывают, что недостаток азотистых солей способствует цветению, их избыток благоприятствует образованию листьев и побегов; фосфаты способствуют цветению и плодоношению.

Теория цветения

До сих пор рассматривались благоприятные и угнетающие цветение внешние условия, теперь нужно перейти к другому вопросу: как можно, на основании имеющихся наблюдений, объяснить наступление у растений стадии цветения.

Сакс¹ высказал предположение, что в растении, наряду с различными пластическими веществами, напр. крахмалом, сахаром, должны быть еще особые органообразующие вещества, которые являются причиной возникновения того или иного органа. При этом Сакс говорит о „корнеобразующих“ и „цветообразующих“ веществах, которые побуждают точку роста из имеющихся пластических ассимилятов образовывать тот или иной орган. Эта выставленная Саксом теория представляет собой собственно перефразировку имеющейся загадки, так как эта теория не говорит нам, что эта за органообразующие вещества и почему они скопляются в определенных местах.

По имеющимся данным, формообразующим началом в растении является протоплазма, а она не передвигается и всегда остается на месте. Поэтому можно предполагать, что, для того чтобы растение перешло к цветению, в нем должно появиться нечто, что побудило бы протоплазму точки роста давать не листовые побеги, а цветы. Но что же представляет собой это нечто?

Гебель² и Клебс³ считали, что решающим для образования того или иного органа, в том числе и цветка, является качество и количество имеющихся питательных веществ. За это предположение говорят многие факты; например все приемы, которые повышают плодоношение у плодовых деревьев, основаны на накоплении пластических веществ, особенно углеводов в форме сахара и крахмала. Поэтому автор вместе с Левом,⁴ Фишером,⁵ Бенеке⁶ и Дильсом⁷ думает, что у высших растений переход к цветению связан с определенной концентрацией сахара, которая вызывает раздражение точки роста.

¹ Sachs, I., Stoff und Form der Pflanzenorgane. Arb. d. bot. Instit. z. Wu zburg. II, 1880, p. 452; 1882, p. 689.

² Goebel, K., Einleitung in die exper. Morphologie der Pflanzen, I. c. p. 16, 17, 117.

³ Klebs, G., Ueber die Rhythmik usw. I. c. p. 55.

⁴ Loew, O., Zur Theorie der Blütenbildenden Stoffe. Flora 1905, p. 124 und Ergänzungs- und hieran p. 324.

⁵ Fischer, H., Ueber die Blütenbildung in ihrer Abhängigkeit vom Licht usw. Flora 1905, p. 478.

⁶ Benecke, W., Bot. Ztg. 1906, Jg. 64, p. 97.

⁷ Diels, L., Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich. Berlin 1908.

Для максимального роста нужно, чтобы содержание сахара и других органических веществ было в растении в известном гармоническом соотношении с содержанием минеральных питательных веществ. При изменении этого состояния в пользу органических питательных веществ вегетативный рост ослабевает, а склонность к цветению и плодоношению увеличивается. Для перехода растения к генеративной деятельности имеет большое значение не только количество, но и качество питательных веществ. Чем благоприятнее условия для ассимиляции углекислоты, тем больше образуется сахара и крахмала, тем сильнее становится предрасположение растения к образованию цветов.

По мнению автора едва ли требуется отмечать, что процесс в действительности является значительно более сложным, чем мы его себе представляем, и что обобщения будут верны не для каждого отдельного случая. Как только мы поймем комплекс явлений, вызывающий цветение растения, мы, вероятно, сможем заставить растение цвести на значительно более ранней стадии развития, и тогда для нас станут ясными также причины „преждевременного цветения“, ¹ наблюдающегося у различных растений.

Как уже указывалось, у многолетних растений цветение обычно наступает только в определенном возрасте. Вместе с тем известны также случаи, когда они, вопреки обыкновению, начинали цвести в очень молодом возрасте. Приведем несколько примеров такого преждевременного цветения. ² Например, многократно наблюдалось цветение сеянцев бузины (*Sambucus racemosa*) и клена (*Acer rubrum*) уже в двухлетнем возрасте. *Colutea arborescens*, *Cydonia Maulei* и *Ceanothus americanus* иногда цветут в питомниках на втором году жизни. Сирень, описанная Андре как *Syringa vulgaris chamae-thyrus*, дает корневые побеги, цветущие уже в 2—3-летнем возрасте. В одном садоводстве в Шалоне на Марне эти побеги цвели даже в первую весну; они начали цвести, едва выйдя на поверхность почвы. Преждевременное цветение встречается кроме того у *Rosa indica*, *R. polyantha* (*multiflora*), *Swietenia Mahagoni*, *Cotinus Coggryia*, *Pinus canariensis*, *Podocarpus totara* и др. Самым поразительным, однако, является случай формирования соцветия у прорастающего кокосового ореха, который имел всего лишь три простых двухлопастных листа.

Махровые цветы

В садоводстве большое значение приобрела селекция растений с ненормальными и болезненными явлениями. Когда у растения появляется какой-либо ненормальный орган, какое-либо уродство, какая-либо необычная окраска, исполинский или карликовый рост, ненормальное направление растущих частей, бросающиеся в глаза отклонения в строении цветка или плода, то в садоводстве не считаются с тем: будет ли такое изменение полезно или вредно для растения; размножается все, что обещает привлечь внимание потребителей, все, что отвечает эстетическому вкусу или практическим потребностям, а также всякого рода новинки. Центифоль-

¹ Diels, L. l. c. p. 9.

² Goeze, E., Praecocifloren. Beihefte z. Botan. Zbl. 30. Bd. 114.

ная роза, капуста *Broccoli*, кочанная капуста и кочанный салат с листьями, плотно перекрывающими друг друга и образующими кочан, сорта овощей с бледнозелеными листьями, пестролистные растения, плакучие деревья и махровые цветы издавна разводятся практиками, хотя все перечисленные свойства не только не полезны самим растениям, но даже вредны. Культурные растения, выделенные человеком во многих случаях, не только не улучшены в направлении, полезном для самого растения, но, напротив, изуродованы и приближены к вымиранию¹.

К этим уродствам, из-за которых садоводы разводят в значительном количестве многие растения, принадлежат также махровые цветы.

Что понимают под названием „махровый цветок?“ Гильдебранд² пишет: „Можно спорить о том, не правильнее ли было называть махровыми цветами лишь те, у которых цветочные покровы, чаще всего лепестки, умножились и увеличились в размерах, но не те, которые, хотя и называются махровыми в общежитии, например цветы сложноцветных, так как бросающийся в глаза вид целого соцветия является результатом изменения отдельных его цветков. Правильнее было бы называть цветы махровыми лишь в первом случае. Однако, изменения в обоих случаях направлены к одной цели, поэтому можно применять этот термин“. Следовательно, Гильдебранд предлагает называть махровыми все те цветы, у которых каким-либо образом умножены те части цветка, которые служат для привлечения насекомых.

Чаще всего махровость получается в результате увеличения числа лепестков. Это может происходить, по Гильдебранду, различным образом: 1. Расщеплением каждого нормального лепестка на несколько (фуксия). 2. Превращением каждой тычинки в отдельный лепесток (многие лютиковые). 3. То же, что и во втором случае, но с последующим расщеплением лепестков (гвоздичные). 4. Возникновением новых лепестков из основания тычинок, превратившихся в лепестки (*Clarkia*) и 5. Возникновением дополнительных лепестков в промежутке между обычными лепестками и тычинками (*Campanula*³). Иногда обычная зеленая чашечка, как например у *Primula elatior*, *Campanula medium* и *Mimulus luteus*, превращается в венчикообразное образование.

У сложноцветных: цветы, находящиеся по краю корзинки, превращаются в язычковые, часто бесплодные лучистые цветы (*Helianthus*, *Aster*) или трубчатые цветы вытягиваются в длину (напр. у некоторых *Aster*) или они увеличиваются в размере, как напр. у *Scabiosa*. У многих сложноцветных махровость основана преимущественно на том, что вместо невзрачных околоцветников у трубчатых цветов, находящихся в центре корзинки, развиваются бросающиеся в глаза крупные околоцветники (*Bellis*, *Dahlia*, *Achillea*, *Cineraria*, *Chrysanthemum* и др.).

¹ Molisch, H. Die Verwertung des Abnormen und Pathologischen in der Pflanzenkultur. Populäre biologische Vorträge. 2 Aufl. Jena 1922, p. 194.

² Hildebrand, F., Ueber die Zunahme des Schausapparates (Füllung) bei den Blüten. Jahrb. f. wiss. Bot. 1886, Bd. 17, p. 622.

³ Coebel, K., Beiträge zur Kenntnis gefüllter Blüten. Jahrb. f. wiss. Bot. 1886, Bd. 17, p. 207.

Склонность к развитию махровых цветов у растений различных семейств развита в различной степени. Анемофильные растения, у которых перенос пыльцы производится ветром, не нуждаются в развитии приспособлений для привлечения насекомых, поэтому околоцветник у них обычно недоразвивается, и махровые цветы никогда не встречаются.

У растений, опыляемых насекомыми, хотя и имеется аппарат для привлечения насекомых, однако, махровость проявляется у них далеко не в одинаковой степени: у одних она развита очень сильно, у других умеренно, у третьих совершенно отсутствует.¹

Растения с зигоморфными цветами (губоцветные, норичниковые) не имеют заметной склонности к махровости. То же и в отношении некоторых семейств с актиноморфными (правильными) цветами, напр. у бурачников.

Значительное развитие махровости встречается у лютиковых, розовых, *Philadelphae*, бегониевых, крестоцветных, лилейных, *Amaryllideae* и др.

Относительно причин махровости имеется очень мало надежных данных, почти все, что мы знаем об этом, основывается на некоторых, еще ждущих детального анализа, наблюдениях практиков. Точное экспериментальное изучение причин махровости цветов является благодарной задачей для садоводственных опытных учреждений и ботанических садов. Сводку имеющихся в литературе по этому вопросу данных дали Гебель² и Мастерс.³

Наблюдения практиков говорят за то, что обильное питание, которое часто дается садовым растениям, чаще всего способствует появлению махровых цветов. В согласии с этим стоят также многочисленные указания, что тюльпаны теряют махровость при пересадке в бедную почву. По данным Гебеля, у одиннадцати махровых тюльпанов, пересаженных в бедную почву, число лепестков, тычинок и промежуточных образований в течение одного года упало с 390 до 279.

Махровые сорта нарцисса и *Anthemis nobilis*, посаженные в очень бедную почву, превратились в простые. Вполне махровая белая примула превратилась в простую, после того, что ее разделили и во время цветения пересадили.⁴

Моррен утверждает, что пестролистность несовместима с махровыми цветами. Пестролистность является показателем слабости, а слабость не благоприятствует махровости. В пользу этого взгляда говорит как будто следующий факт: пестролистная японская *Kerria* дает всегда простые цветы, а обычная европейская с нормальными листьями обладает махровыми цветами. Однако, найдены многочисленные исключения (*Dianthus*, *Pelargonium* и др.), которые говорят против положения Моррена.⁵

¹ Hildebrand, F., l. c. p. 634.

² Goebel, K., l. c.

³ Masters, M. G. Pflanzeneratologie. Переведено на немецкий язык V. Dammmer. Leipzig 1886.

⁴ Darwin, C., Das Variieren der Tiere und Pflanzen usw. Übersetzt von Carus. II Bd., Stuttgart 1868, p. 226.

⁵ Masters, M. T., l. c. p. 564.

Не следует, однако, обойти молчанием того, что иногда, хотя и редко, махровость появляется при выращивании растений на истощенных почвах. Так, Дарвин наблюдал махровость у *Gentiana amarella*, росшей на чисто известковой почве. Он также заметил склонность к махровости у *Ranunculus repens*, *Aesculus pavia* и *Staphylea* при неблагоприятных условиях роста.¹

Уже давно в садоводстве имеет большое значение выращивание левкоев, цветущих махровыми цветами (*Mathiola*).

Ф. А. Тилле еще в начале прошлого столетия пытался выяснить, „как получить семена левкоя, которые бы обильно давали растения с махровыми цветами и как можно такие семена узнать“.

Указания Тилле, подтвержденные в значительной части позднейшими сообщениями садовников, Гебель² формулирует следующим образом.

1. Путем селекции можно от растений с простыми цветами получить семена, которые постепенно все больше и больше будут давать растений с махровыми цветами, напр. из 100 семян только 10 будут цвести простыми цветами или таковых не будет совсем.

2. Для того чтобы достигнуть этого, нужно всегда брать семена от таких растений с простыми цветами, которые получены из стручков, давших большее количество растений с махровыми цветами. Повидимому, в растениях, цветущих простыми цветами, но полученных из указанных стручков, имеется более значительное „побуждение“ к образованию семян, дающих растения с махровыми цветами, чем у других. Очевидно, зачаток махровости присутствует в таких растениях в скрытом виде.

3. Оставленные на семена растения должны быть отделены от „плохо цветущих“ растений, т. е. дающих много растений с немахровыми цветами, иначе вследствие опыления пылью последних качество семян понизится.

4. Семена, дающие растения с махровыми цветами, можно уже по внешнему виду отличить от семян, из которых получают растения с простыми цветами. Эти семена меньше нормальных, невзрачны, „большая часть из них имеет вид удлинённого четырехугольника, некоторые в виде призмы или какой-либо иной необычной формы, меньшая часть имеет обычную для семян левкоев округлую форму“.

5. Нормально растущие и роскошно развитые растения редко дают подходящие семена: лучшие семена образуются, напротив, у растений необычного, отклоняющегося и даже уродливого вида. Плоды на таких растениях тоже неправильной формы, они малы и искривлены. Однако, такие растения встречаются не часто (около 5%). Отдельные же неправильные цветы, с небольшими вниз изогнутыми лепестками можно найти почти на всех растениях. Чем больше находится на растении таких неправильных или необычных цветов, тем больше такое растение имеет шансов дать семена махровых растений. Однако, не все семена из указанных стручков дают махровые растения.

Chatè,³ который располагал данными 50-летнего опыта и кото-

¹ Darwin, C., l. c. p. 227.

² Goebel, K., l. c. p. 285.

³ Chatè, E. Traité des Giroflées. Zitiert nach Masters, l. c.

рий написал специальную книгу об искусстве получать левкои с махровыми цветами, говорит: „Уже давно эрфуртские садовники почти монополизировали торговлю семенами этих растений. Для получения семян они выращивают растения в горшках в больших оранжереях на стеллажах. Свои растения они поливают очень мало, только для предохранения их от засыхания. Растения при этом получаются слабыми, стручки на них более короткими с небольшим числом хорошо вызревших семян. Такие семена дают 60—70% растений с махровыми цветами“. Семена махровых растений имеют совсем необычный вид, и опытный садовник может отделить семена, дающие растения с махровыми, от семян, из которых получаются растения с простыми цветами.¹

Есть также указания, что семена, прорастающие в первую очередь, дают в большинстве случаев растения с махровыми цветами, прорастающие же позже, хотя и дают роскошно развивающиеся растения, но цветут только простыми цветами.²

Так как органы размножения у махровых цветов иногда так изменены, что они уже не могут служить прямому своему назначению, то махровые цветы совершенно или частично бесплодны. Однако, и в махровых цветах чисто нестик остается неизменным, и такие цветы могут давать вполне развитые семена. В махровых цветах можно нередко найти также тычинки с пылью. Последней можно оплодотворять как махровые, так и простые цветы, в обоих случаях махровость в потомстве повышается (маки, роза, петуния и др.).

При селекции махровых левкоев пользуются только простыми цветами, так как у левкоя в махровых цветах органы размножения обычно отсутствуют. Левкои с простыми цветами, оставленные на семена, однако, обладают скрытой способностью давать известный процент растений с махровыми цветами. Напротив, у родственного левкоям лакфиоля в махровых цветах сохранились нормальные органы размножения.

Rigamonti³ указал, что сеянцы гвоздик и *Primula sinensis*, имеющие, вместо обычных двух, три семядоли в одной мутовке, дают махровые цветы. Так как эти указания еще не подтверждены, то желательно их проверить. Повидимому, на махровость цветов оказывает значительное влияние изменение климата. В этом можно убедиться на поведении *Kerria japonica*. Этот кустарник цветет на своей родине простыми цветами, перенесенный же в Европу он начинает вскоре давать махровые цветы. Действительно ли это изменение происходит под влиянием климата, экспериментально еще не доказано.

У дикорастущих растений: у видов *Ranunculus*, у *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Anemone alpina*, *Convolvulus arvensis*, *Linaria vulgaris*, *Rosa lutea*, *Lychnis* и др.⁴ махровые цветы встречаются очень редко. Мы не знаем, почему это происходит; вообще

¹ Masters, M. T., l. c. p. 557.

² Lobner, M., Leitfaden für gärtnerische Pflanzenzüchtung, Jena 1909, p. 29.

³ Masters, M. T., l. c. p. 557.

⁴ Korschinsky, S., Heterogenesis und Evolution. Flora 1901, Bd. 89, Дополн. т. м, p. 322

исчерпывающий анализ причин появления махровых цветов едва только начат. Когда утверждают напр., что махровые цветы получаются при выращивании растений в богатой или бедной почве, то это утверждение еще мало что говорит, так как в понятие почвы входит целый комплекс факторов, значение отдельных из них можно выяснить лишь специальными опытами. В литературе¹ автор находил, между прочим, указания, что молодые сеянцы *Primula sinensis*, поливаемые очень разбавленной навозной жижей, дают все больше и больше махровых цветов, напротив при удобрении этих растений настоем из роговых стружек получаются только простые цветы. Если это утверждение правильно, то научное ис-

следование должно выяснить, какие именно органические вещества и минеральные соли (азотные или фосфорнокислые), содержащиеся в навозной жиже, имеют значение в этом отношении.

Если просмотреть все имеющиеся данные, то можно в настоящее время сделать лишь самый общий вывод, что изменения в климатических условиях (*Kerria*) и в условиях питания дают возможность обнаружиться склонности растений давать махровые цветы, особенно в культурных условиях при избыточном питании.

В заключение остается еще упомянуть о предположении, которое было высказано Кернером.² По его мнению, махровость цветов у многих растений (левкои, гвоздики, маки и др.) появилась первоначально под влиянием галлообразующих клещей. Когда в будущем физиология начнет изу-



Рис. 126. *Arabis alpina* var. *flore pleno*. Цветочный побег с проросшими цветами: а) трехкратное, б) двухкратное прорастание цветов. Естества, величина. (Оригинал)

чать махровость цветов, то нужно будет вспомнить и об этом предположении, так как по данным Пейрича³ переносом листовых вшей на некоторые крестоцветные (виды *Arabis*) можно вызвать у последних ненормальности в цветке, напр. превращение частей цветка в зеленые листья.

С махровостью цветов иногда бывает связано другое явление, состоящее в том, что из середины цветка вырастает еще другой цветок. Это дальнейшее развитие цветочной оси известно под

¹ Gartenflora (Regel), 1867, p. 82 и p. 133.

² Kerner, S. Pflanzenleben, 11, 1891, p. 546.

³ Peyritsch, I., Zur Atiologie der Chloranthien einiger Arabis Arten. — Jahrb. f. wiss. Bot. 1882, Bd. 13, p. 1.

названием прорастания цветов или пролификации. Известно, что уже Гете в своей „Метаморфозе растения“ указал на проросшие цветы розы.

Особенно сильно это явление выражено у часто выращиваемого в садах растения: *Arabis alpina flore pleno*.¹ У этого растения один и тот же цветок может прорасти 2-3 раза так, что у него два-три цветка являются связанными в одну цепочку (рис. 126.)

В еще более резко выраженной форме встречается пролификация у одного сорта *Reseda odorata*, которую Генслоу² описывает так:

„У нее прорастает каждый цветок, давая на верхушке оси все новые и новые цветы; в результате получается значительное число цветов, нанизанных, подобно жемчугу, на одну общую ось. Часто изнутри цветка появляется два побега, такой цветок несет тогда разветвленную метелку. В этом случае, увеличиваясь в своих размерах, он окружает многочисленные благоухающие отдельные цветы“.³

Махровые цветы *Ranunculus acer* склонны к пролификации. У одного, часто разводимого в садах махрового вида *Prunus* это явление наследственно.

Причина прорастания цветов неизвестна; вероятно, прорастанию цветов благоприятствует избыточное питание, которое часто применяется в садоводстве.

¹ Gartenflora, 1902, p. 210.

² Henslow, G., Note on a Proliferous Mignonette. The Journ. of the Lin. Society Botany. Vol. XIX, 1882, p. 214, 216.

³ Solms Laubach, H. Zierpflanzen. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. X Bd. 1915, p. 933.

ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН¹

Развитие молодого растения из семени или иначе говоря, прорастание семени играет столь крупную роль в садоводстве, земледелии и лесоводстве, что мы считаем необходимым отвести этому физиологическому процессу специальную главу, так как, если число выводимых черенками растений велико, то число растений, выращиваемых из семян, во много раз больше.

1. Условия прорастания семян

Для того чтобы семя проросло, необходимо наличие известных внутренних и внешних условий. К ним относятся вода, кислород, соответствующая температура, свет, промораживание и определенные химические воздействия.

ВОДА. Пока семя остается сухим, оно не прорастает, но как только ему представляется возможность всосать известное количество воды, оно набухает и прорастает, разумеется, при наличии прочих, необходимых для прорастания, внешних и внутренних условий.

Хотя вообще, как показывает опыт, для того чтобы семена возможно дольше не теряли всхожести, их нужно хранить сухими, однако семена некоторых водяных растений, как напр. виды *Nuphar*, *Nymphaea* и *Aponogeton*, не следует вынимать из воды на продолжительное время, так как они при этом быстро теряют свою всхожесть.

Семена *Victoria regia* пересылают всегда в воде, поэтому надс думать, что высушивание для них вредно. Но с другой стороны, — вот что пишет автору опытный практик, инспектор садоводства

¹ Nobbe F. Handbuch der Samenkunde. Berlin 1876.

Dörmur. W. Vergleichende Physiologie des Keimungsprozesses der Samen. Jena 1880.

Tubensch. K. v. Samen, Früchte und Keimlinge der... forstlichen Kulturpflanzen. Berlin 1891 p. 139.

Kiebs. G. Beiträge z. Morphologie u. Biologie der Keimung Untersuch. a. d. bot. Ins't. z. Tübingen 1885 IV Hft, p. 536.

Benary, E. Die Erziehung der Pflanzen aus Samen. 2 Aufl. Berlin 1911.

Kinzel, W. Frost u. Licht als beeinflussend. Kräfte bei der Samenkeimung. Stuttgart 1913.

Gkon. d. Die neuen Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der Samenkeimung. Die Naturwiss. 1914. 2 Jg. p. 966.

в Геттингене, Бонстедт: „В течение многих лет я сохраняю семена тропических *Nymphaeae* исключительно только в сухом виде, и они не теряют всхожести в течение долгих лет. Как обстоит дело с семенами *Nuphar* и *Victoria*—я сообщить не могу. Семена *Victoria* у меня часто прорастают и после того как они пролежали в открытом грунте и даже подвергались действию мороза“.

Для проращивания семена помещаются или непосредственно в сырую почву, причем заботятся о поддержании ее влажности, или же в целях ускорения прорастания семенам предварительно дают набухнуть в обыкновенной воде в течение 6—24 часов и затем переносят их на какую-нибудь подстилку: песок, землю, пропускную бумагу, фланель, толченый кирпич или опилки. Замечательно, что есть семена, которые не могут набухнуть, а следовательно и прорасти даже после долгой лежки, или же постепенно набухает только известный процент их.

1 марта 1915 года автор положил в водопроводную воду 50 семян *Gleditschia japonica*. В целях предотвращения загнивания вода каждые 3 дня сменялась.

Из положенных в воду семян набухло

через	1 день	4	через	255 дней	29
„	5 дней	5	„	289 „	30
„	6 „	7	„	330 „	31
„	7 „	8	„	371 „	32
„	9 „	9	„	475 „	34
„	18 „	10	„	522 „	35
„	43 „	11	„	619 „	36
„	51 „	12	„	645 „	37
„	60 „	15	„	749 „	38
„	61 „	16	„	787 „	39
„	65 „	17	„	791 „	40
„	118 „	24	„	838 „	42
„	156 „	25	„	913 „	43
„	158 „	26	„	1028 „	44
„	162 „	27	„	1289 „	46
„	245 „	28	„	1825 „	47

Через 2555 дней набухло всего 49 зерен. Одно семя затерялось.

Таким образом потребовалось целых 7 лет, пока не набухли и не начали прорасти все 49 семян.

Такие семена, отличающиеся чрезвычайно твердой оболочкой, имеются у видов: *Trifolium*, *Medicago*, *Acacia*, *Spergula*, *Poligonum*, *Cordyline*, особенно же у *Trigonella*, *Genista*, *Ulex*, *Tetragonobolus*, *Gleditschia*, *Robinia* и других бобовых. Твердость оболочки является следствием анатомического строения, а также вероятно и химического состава семени.

Некоторые семена могут пролежать в воде до 20 лет и более не настолько набухнув при этом, чтобы прорасти. Ноббе¹ положил много лет тому назад семена различных трудно прорастающих бобовых в сосуды с водой и наблюдал, сколько из них набухнет и прорастет. В результате оказалось, что на 2-е и 3-е десятилетие прорастало всего по одному - по два семени в год.

¹ Neger, I. W. Biologie der Pflanzen. Stuttgart 1913. p. 127.

Если осторожно надрезать или надпилить такие семена, или же нарушить целостность оболочки, подобно тому как это делается при обработке машинными с семенами клевера или других мелких бобовых, то тем самым устраняется препятствие к набуханию; вода проникает через трещины в оболочки, и семя набухает и прорастает.

Для устранения препятствий к набуханию можно также погрузить семена на более или менее продолжительное время в концентрированный раствор серной кислоты или обработать их горячей водой. Семена красного клевера должны подвергаться действию кислоты в течение 15 минут, а *Albizzia lophanta*—в течение 8 часов, после чего они должны быть промыты водой.

Де-Фриз¹ показал, что семена *Oenothera*, которые в обыкновенных условиях прорастают лишь в незначительном проценте, дают почти 100% всхожести, если дать им набухнуть в воде в течение 2-3 дней при давлении в 6-8 атмосфер. Весьма вероятно, что вода в этом случае проникает в мелкие трещины твердой оболочки, благодаря чему набухание ускоряется.

Семена канн и пальм также очень тверды. Для того чтобы ускорить их прорастание—рекомендуется облить их горячей водой в 75—80°C и затем оставить медленно остывать в ней в течение 24 часов. Твердость оболочки иногда связана с поразительной устойчивостью семян к высокой температуре, некоторые семена выдерживают даже кипящую воду.

Шнейдер-Орелли показал, что единичные неповрежденные семена *Medicago*, например *Medicago denticulata* и *Medicago Arabica*, могут выдержать в течение 7½ часов пребывание в воде, нагретой до 98°C или получасовое пребывание в воде, нагретой под давлением до 120°C, не теряя при этом всхожести.²

Для облегчения прорастания семян с твердой оболочкой, особенно таких, которые при высеве в обычных условиях весной всходят только на следующий год (розы, косточковые плодовые и др.), в садоводстве применяется, так называемая, стратификация. Она заключается в том, что семена уже с осени (т. е. тотчас после сбора) помещаются в горшки или ящики слоями между влажным песком и затем в хорошо закрытых вместилищах закапываются в открытом грунте или подвалах. Весной семена вынимаются и высеваются вместе с прилипшим песком, после чего они быстро прорастают.

Стратификация способствует более продолжительному сохранению и усилению всхожести семян многих растений.

Согласно опытам Крокера³ рекомендуется смешивать семена с песком, навозом, землей или лучше всего с торфом и заботиться о хорошем проветривании их. Наиболее благоприятными оказываются температуры несколько выше нуля (от 0° до 10°C), повторные и продолжительные морозы, напротив, вредны.

¹ De Vries, H. Ueber künstliche Beschleunigung der Wasseraufnahme in Samen durch Druck. Biol. Zbl. 1915. p. 161.

² Schneider-Orelli, O. Versuche über die Widerstandsfähigkeit gewisser *Medicagosamen* (Wollkletten) gegen hohe Temperaturen. Flora 1910. Bd. 100. p. 305.

³ Crocker, W. Harvesting, storage and stratification of seeds in relation to nursery practice, Florists' Review Vol. LXV № 1664, 1930. p. 43—46.

Продолжительность стратификации и необходимая для нее температура должны быть определены для каждого отдельного вида растения: например, семена яблони для полной подготовки к непосредственному прорастанию требуют свои определенные условия стратификации в течение 60—70 дней при температуре $+4,4^{\circ}\text{C}$.

Бартон¹ с своей стороны доказал чрезвычайно благоприятное влияние стратификации на быстроту прорастания семян хвойных,

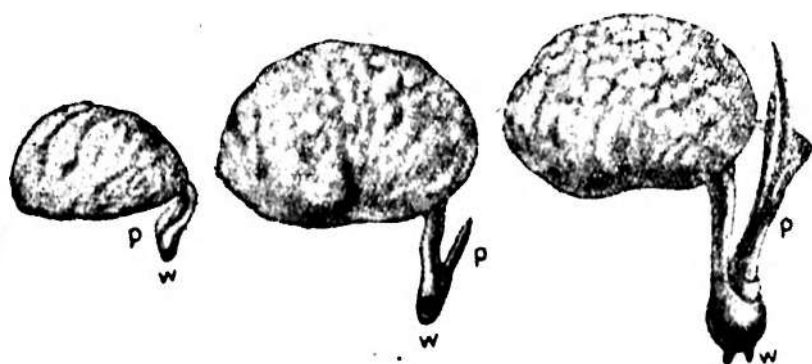


Рис. 127. *Crinum asiaticum*. Семена прорастают лежа на воздухе. w—корешок, p—перышко. Натуральная величина (Оригинал автора)

как-то *Pinus contorta*, *Pinus densiflora*, *Thuja occidentalis* и др. в том случае, когда они подвергаются ей в течение 2 месяцев при температуре в 5°C .

Есть однако один случай, когда семена прорастают и без притока воды извне. Это наблюдается на семенах *Crinum asiaticum*, которые прорастают даже лежа на столе. Корешок, когда он пробивает семенную оболочку, имеет около 3 мм толщины, он темно-зеленого цвета и необычайно устойчив к сухости.

Необходимую для прорастания воду проросток берет из запасов, имеющихся в семени² (рис. 127).

КИСЛОРОД. Существенным фактором прорастания является кислород. Большинство погруженных в воду семян наземных растений вовсе не прорастают из-за недостатка кислорода. Прорастанию же некоторых семян, как например *Phaseolus multiflorus* Wild. вредит даже погружение их наполовину в воду.

Так как по мере углубления в почву, содержание в ней кислорода становится все меньше и меньше, то для прорастания семян должна иметь значение глубина их заделки. Этим между прочим и объясняется, почему при посеве не следует слишком глубоко заделывать семена. Для важнейших с.-х. растений установлены известные пределы глубины заделки семян, которых и следует придерживаться.

¹ Barton Lela, V. Hastening the germination of some coniferous seeds. Contributions from Boyce Thomson Institute for Plant Research, Inc. Vol. 2. February 1930, № 5.

² Molisch, H. Pflanzenbiologie in Japan. Jena 1926 p. 232.

Сказанное однако вовсе не значит, что единственным мериллом для определения глубины посева является содержание кислорода, несомненно должны приниматься во внимание и другие условия, как-то: плотность почвы, теплота, влажность, механические препятствия, свет и количество запасного вещества семени. Если семя для прорастания нуждается в свете, то оно или вовсе не должно покрываться землею или покрываться лишь очень тонким слоем. Если семя содержит только незначительное количество запасных веществ, то при слишком глубокой заделке оно хотя и прорастет, но не будет в состоянии образовать достаточно длинный проросток, чтобы достигнуть поверхности почвы.

Посаженные Иенсеном¹ на различную глубину по 100 семян нижеуказанных растений проросли в процентах при глубине:

В см	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	11	12	13	14	15	17	20
<i>Phleum pratense</i> . . .	100	90	96	92	71	42	56	38	31	46	50	31	—	—	—	—	—
<i>Secale cereale</i> . . .	50	56	50	50	40	52	38	38	38	27	21	13	20	19	8	10	4
<i>Zea mals</i>	46	65	67	50	90	98	100	71	77	79	69	60	52	54	38	—	—
<i>Trifolium repens</i> . .	44	35	31	17	19	13	15	10	6	4	4	8	—	—	—	—	—

В практике принято соразмерять глубину посева с величиной семян. „Крупные семена выдерживают глубокую заделку, например некоторые сорта бобов 5—6 см, для мелких семян, напротив, нужна мелкая заделка; а самые мелкие даже вовсе не заделываются, разве только их прикрывают стеклом, чтобы предохранить от высыхания. Некоторые особенно трудно прорастающие семена многолетних мелкосемянных растений, как генциана, альпийские примулы и др., прикрывают измельченным мхом, чтобы помешать высыханию.

Не мешает попутно заметить, что некоторые альпийские растения полезно, для хорошего прорастания семян, сеять по снегу или покрывать снегом. Как общее правило, толщина покрывающего семя слоя должна равняться приблизительно диаметру семени².

При посевах в саду или в поле по различным причинам (опасность высыхания, выклевывания птицами и т. п.) применяется более глубокая заделка.

ТЕМПЕРАТУРА. Уже было отмечено выше (глава о росте), что рост растения происходит только в границах температурного минимума и максимума и притом в этих пределах с различной интенсивностью, лучше всего при температурном оптимуме. То же самое относится и к прорастанию, которое в сущности является тем же ростом.

Вообще можно сказать, что растения холодного альпийского или арктического климата обыкновенно характеризуются более низко лежащей кардинальной температурной точкой, чем тропи-

¹ Detmer, W. l. c. p. 548.

² Venary, E. l. c. p. 45.

ческие. Следующая таблица Ф. Габерланда показывает кардинальные точки прорастания для различных культурных растений.

Название растений	Минимум между °С	Оптимум между °С	Максимум между °С
Пшеница	0—4,8	25—31	31—37
Рожь	0—4,8	25—31	31—37
Ячмень	0—4,8	25—31	31—37
Овес	0—4,8	25—31	31—37
Кукуруза	4,8—10,5	37—44	44—50
Просо	4,8—10,5	37—44	44—50
Индийское просо	4,8—10,5	37—44	44—50
Могар	0—4,8	—	44—50
Конопля	0—4,8	37—44	44—50
Гречиха	0—4,8	25—31	37—44
Подсолнух	4,8—10,5	31—37	37—44
Дыня сахарная	15,6—18,5	31—37	44—50
Рапс	0—4,8	—	37—44
Кочанная капуста	—	25—31	31—37
Лен	0—4,8	25—31	31—37
Красный клевер	0—4,8	31—37	37—44
Люцерна	0—4,8	31—37	37—44
Горох	0—4,8	25—31	31—37
Кориандр	—	16—25	25—31
Майоран	—	16—25	25—31
Тыква	10,5—15,6	37—44	44—50
Огурцы	15,6—18,5	31—37	44—50

СВЕТ И МОРОЗ. Еще недавно господствовало мнение, что свет для прорастания семян за некоторыми исключениями не является необходимым. В виде исключения обыкновенно указывалось на *Viscum album*.¹ В последнее же время были установлены многие случаи, с несомненностью указывающие на большое значение света для прорастания семян.² Действие света не одинаково в отношении семян различных растений.

Семена *Gesneriaceae*,³ *Pinguicula vulgaris*, *Ficus aurea*, *Ranunculus Sceleratus* прорастают только на свету, тогда как, напротив, у *Nigella sativa* свет в обычных условиях совершенно задерживает прорастание семян (Kinzel). (По наблюдениям автора небольшой процент семян *Nigella damascena flore pleno* прорастает при обыкновенной комнатной температуре и на свету.)

Свет ускоряет прорастание семян *Veronica peregrina* (Гейнрихер) *Saracenia flava*, *Darlingtonia californica* и большинства видов *Allium*.

Самого кратковременного освещения иногда достаточно, чтобы воздействовать на всхожесть. По Рациборскому⁴ для прорастания

¹ Wiesner, J. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Abt. I 1894.

Heinricher, E. Там же 1912 p. 586.

² Kinzel, W. Frost und Licht I. c.

Lehmann, E. Neuere Untersuchungen über Lichtkeimung Ztschr. f. Bot. 1909 I Jg. p. 22.

Там же автора там же 1913, V. Jg. p. 365.

Gössner, g. Beitr. z. Frage der Lichtkeimung Z'schr. f. Bot. 1915. p. 609.

³ Figdor W. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1907. p. 582.

⁴ Raciborski, M. Über die Keimung der Tabaksamen Extrait. du Bull. de L'Institut bot. de Buitenzorg 1900. № 6.

семян *Nicotiana* достаточно уже часового освещения. А семена *Nigella* снижают процент всхожести даже при 3-минутном освещении (Кинцель).

Действие света сильно зависит от температуры. Семена *Nigella sativa*, которые при 20°C месяцами не прорастают на свету, при понижении температуры до 10°—15°C прорастают, хотя и значительно медленней, чем нормально оставленные в темноте.

Совершенно исключительные результаты получил Лемани с семенами *Lythrum salicaria*. Набухшие семена, освещенные в течение 1 минуты при температуре 30°, уже по истечении 11 часов проросли на 25%, тогда как неосвещенные обыкновенно не дают проростков даже в течение 10 дней или дают их только в очень ограниченном проценте. В другом случае при температуре в 30° достаточно было уже $\frac{1}{10}$ секунды освещения силою в 750 Н-свечей, для того чтобы через 24 часа получить до 50% пророщенных семян.

Прорастанию вообще способствуют главным образом лучи слабого преломления — красные и желтые. Зеленые, голубые и фиолетовые, напротив, вредят не только светолюбивым семенам, но и тем, которые для прорастания требуют темноты.

Впрочем бывают и исключения; когда синие лучи благоприятствуют прорастанию некоторых семян, причем даже у одного и того же вида растений при разных условиях могут получиться совершенно различные результаты.

В вопросе об отношении прорастания к свету надо быть особенно осторожным и не обобщать поспешно выводов, полученных на основании единичных опытов. Влияние света на прорастание у отдельных родов одного и того же семейства может быть очень различно.

Согласно Фигдору семена разных родов *Gesneriaceae*, — *Streptocarpus Naegelia*, *Saintpaulia* и *Sinningia* имеют одинаковое отношение к свету, а по Кинцелю так же и все виды *Verbascum*. С другой стороны отдельные виды родов *Viscum*, *Soldanella* и *Allium* проявляют в отношении света весьма разнообразное поведение. На прорастание семян нескольких видов *Amaranthus*, *Celosia* и *Bitum* при комнатной температуре согласно Баару, свет действовал отрицательно; напротив, затемнение способствовало прорастанию.¹

При учете влияния света на прорастание необходимо принимать во внимание температуру. Семена, прорастающие при известной температуре только на свету, при повышении ее прорастают и в темноте, и вообще прорастание некоторых семян на свету может ускоряться или задерживаться в зависимости от температуры. Но в общем, чем ниже температура, тем сильнее требуется освещение.²

Из изложенного следует, что действие света на прорастание может быть заменено и другими факторами.

В течение зимнего периода покоя многие семена лежат разбухшими в почве, или неразбухшими в плодах, подвергаясь действию

¹ Baar H. Über den Einfluss des Lichtes auf die Samenkeimung usw. Sitzber. d. Kais. Akad. Wiss. I. Wien 1912 Bd. C XXI Abt. 1 p. 667.

² Ottenwälder, A. Lichtintensität und Substrat bei der Lichtkeimung. Ztschr. Bot. 1914. Jg 6.

температур иногда значительно ниже нуля. Принимая во внимание благоприятное действие холода на сокращение периода покоя наших деревьев вполне возможно, что то же самое происходит и в отношении семян. Это доказано фактически опытами Кинцеля, Рострупа, Дорфа, Петерсена и др. Кинцель наблюдал, что понижение температуры до $+2$ и даже только до $+5^{\circ}$ уже было достаточно, чтобы вызвать прорастание семян *Stachys silvaticus*, *Teucrium chamaedrys* и *Anthericum ramosum*. У *Gentiana germanica* — только продолжительное охлаждение от -5° до -10° вызывало прорастание семян.

К семенам, прорастающим только при длительном промораживании, относятся также виды *Androsace*, *Aretia vitaliana*, *Primula villosa* и др.

Можно думать, что в этом отношении известную роль играет приспособление семян к местным условиям своей родины, так например согласно Рострупу, для прорастания семян северной *Primula elatior* нужно почти две зимы с морозами, тогда как, по данным Кинцеля, семена того же вида из предгорий Тельца (Бавария) при длительном пребывании на влажном субстрате прорастают на 10% уже при понижении температуры до $+2^{\circ}$.

Не всегда легко установить, что именно благоприятствует или вредит прорастанию, так как различные факторы: свет, мороз, субстрат и прочее оказывают частью тождественное, частью противоположное действие, почему бывает трудно уловить значение отдельных факторов.

ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ. Многие семена прорастают еще до созревания, причем некоторые даже еще находясь в плоде (см. рис. 128), другие непосредственно после созревания, наконец имеются и такие, которые прорастают только через продолжительное время после отделения от материнского растения. Визнер назвал запаздывающее прорастание вполне готовых к этому семян выражением „задержки прорастания“. Выяснение причин этой задержки прорастания относится к важнейшим проблемам физиологии прорастания.

От задержки прорастания необходимо отличать послеуборочное дозревание, которое заключается в том, что семена становятся способными к прорастанию не тотчас после уборки, а лишь после более или менее продолжительного пребывания на соответствующем субстрате, где зародыш нередко еще заканчивает свое развитие. Такой случай мы имеем при прорастании семян *Anemone hepatica*, *Corydalis cava*, *Paris quadrifolia*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Clematis vitalba*, *Caltha palustris*, *Fumaria capreolata*, *Chelidonium majus* и *Fraxinus excelsior*. Время, необходимое для роста зародыша внутри семени до момента собственно прорастания, далеко не одинаково. Для *Corydalis* он определяется 10 месяцами, для

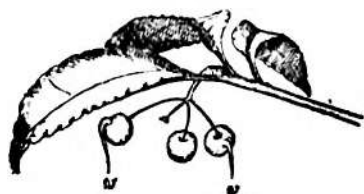


Рис. 128. *Ardisia crenulata*. Проростки семян в ягодах, находящихся еще на материнском растении. ш — корешки.

Fraxinus — четырьмя, для *Anemone* — двумя, а для *Caltha* — 10 днями.¹

Упомянутые выше семена с твердой кожурой, препятствующей их набуханию, часто долго лежат в земле, не потому, что их зародыш находится в стадии произвольного покоя, но потому, что вода не может попасть в утробу семени. Эти семена обнаруживают явление задержки прорастания.

Подобно тому как были найдены средства для пробуждения находящихся в состоянии покоя зимних почек, точно так же этого удалось достигнуть в некоторых случаях при помощи химических воздействий и в отношении семян.

Старых мало обоснованных данных по этому вопросу мы здесь касаться не будем, обратимся к более новым.

По наблюдению Фишера хорошо созревшие семена водяных растений *Sagittaria Sagittifolia*, *Alisma plantago*, видов *Potamogeton*, *Hippuris vulgaris*, *Polygonum amphibium*, *Scirpus lacustris*, *Sc. maritimus*, *Sparganium ramosum* и *Sparganium Simplex*, не прорастают в чистой воде.

Из 1400 собранных осенью 1905 г. семян *Sagittaria sagittifolia* до 14 августа 1916 г. не проросло ни одного семени, хотя они были вполне здоровы. В тех же случаях, когда эти семена помещались в загрязненную воду и находились в соприкосновении с многочисленными микроорганизмами, прорастание наступало. В виду этого возникло предположение, что известные вещества, выделяемые бактериями, спо обустают прорастанию.

Действительно Фишер² показал, что на прорастание семян названных выше растений весьма благоприятное влияние оказывают различные кислоты, как-то: молочная, яблочная, щавелевая, соляная, азотная, серная и др., а также некоторые щелочи, как едкое кали или натрий.

Данные Фишера требуют однако некоторых исправлений, как это выяснено одной из работ Шаумана. Согласно его исследованиям выводы Фишера верны по отношению к соляной, азотной, серной, фосфорной и щавелевой кислотам, но неправильны в отношении, гликолевой (оксисукусной), молочной, янтарной, яблочной, вишневой, масляной и лимонной кислот.

Прорастание семян водяных растений помимо прочего может быть вызвано также повреждением оболочки семян.

Реакция субстрата по Шауману³ в противоположность мнению Фишера не играет в естественных условиях никакой роли.

Согласно Оттенвельдеру⁴ слабые кислоты способствуют прорастанию семян также многих наземных растений, прорастанию которых благоприятствует свет. Сюда относятся семена видов *Epilobium*, *Lythrum salicaria*, *Scrophularia nodosa*, *Verbascum thapsi-*

¹ Findeis, Marie, Über das Wachstum des Embryos im ausgesäten Samen vor der Keimung. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. i. Wien. Mathem.-naturw. Kl. Abt. 1917. Bd. 126 p. 77—102.

² Fischer, A. Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1907. Bd. XXV p. 108.

³ Schaumann, K. Über die Keimungsbeeinflussungen von *Alisma Plantago* und anderen Wasserpflanzen, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 65. 1926 p. 851.

⁴ Ottenwälder, A. l. c. p. 61.

forme, *Digitalis purpurea* и *Oenothera biennis*. Лучшие всего действуют соляная и азотная кислоты.

Многочисленными опытами доказано, что большое значение для прорастания имеет также и субстрат. Свежесобранные семена *Ranunculus sceleratus* и *Chloris ciliata* прорастают на смоченной дистиллированной водой фильтровальной бумаге только на свету. Если же бумага смочена кноповским раствором, то они прорастают как на свету, так и в темноте, и даже лучше в темноте.¹ Почва в качестве субстрата действует сходно с кноповским раствором.

Баар², го орит, что семена *Amarantus*, обладающие совершенно противоположной чувствительностью по сравнению с семенами *Ranunculus sceleratus*, обнаруживают также и совершенно противоположное поведение по отношению к качеству субстрата, а именно: они дают высокий процент прорастания в садовой почве и песке на свету.

Леман нашел, что различные растворяющие белки ферменты (папайотин, трипсин) также способствуют прорастанию светолюбивых семян в темноте. Эти ферменты своим присутствием действуют возбуждающе (каталитически) на процесс прорастания, вероятно таким же образом действует и свет.³

К воздействию субстрата на прорастание следует отнести также установленный Кохом⁴ факт, что семена *Orobanche* прорастают только под влиянием корневых выделений хозяина. То же самое установил Гейнрихер для семян *Lathraea* и *Tozzia*. Очевидно здесь также имеются известные вещества, которые выделяются корнями хозяина и содействуют прорастанию этих семян. Также состоит дело и с семенами орхидей, которые как мы уже указывали, возбуждаются к прорастанию при помощи некоторых грибов.

Наравне с веществами, способствующими прорастанию, имеются также и такие, которые препятствуют прорастанию спор, почек и семян. Так Негер⁵ считает, что жидкость, в которой споры некоторых видов *Pestalozzia* отделяются от мицелия материнского растения, является причиной задержки их прорастания, а Магнус⁶ даже сумел выделить из семян *Phacelia tanacetifolia* вещество, задерживающее прорастание.

Такие препятствующие прорастанию вещества гораздо более распространены в растительном мире, чем предполагалось до сих пор.

Автор наблюдал, что выводковые почки *Marchantia* и *Lunularia* очень плохо или даже совсем не прорастают, пока они находятся на материнском растении, но стоит их снять и положить на фильтровальную бумагу или в землю, чтобы они тотчас же проросли. Чем можно объяснить, что семена обыкновенно не прорастают

¹ Lehmann, E. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1909.

² Baar, H. l. c. p. 687.

³ Lehmann, E. и Ottenwälder, A. Katalytische Wirkung des Lichtes bei der Keimung lichtempfindlicher Samen. Ztschr. f. Bot. 1913. V. Jg. p. 337.

⁴ Koch, L. Entwicklungsgeschichte der *Orobanche*. 1887.

⁵ Neger, Fr. W. Keimungshemmende und Keimungsfördernde Stoffwechselprodukte. Naturw. Wochenschrift. Neue Folge XVII, p. 141—142.

⁶ Magnus, W. Hemmungstoffe und falsche Keimung. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1920, p. 19—26.

в мясистых плодах, но стоит их только вынуть из плодов, чтобы они тотчас же стали прорастать? Высказанное автором предположение, что вероятно здесь играют роль особые препятствующие прорастанию вещества, нашло блестящее подтверждение в работах его ученика Оппенгеймера.¹

2. Последовательность созревания семян

Замечательно также и то, что семена одной и той же особи даже при совершенно равных условиях прорастают в весьма разный срок. Так согласно Гейнрихеру семена *Alectrolophus* частью прорастают в первый же год, частью на второй и частью только на третий.

Причины этого явления, т. е. почему одни семена прорастают раньше, а другие позже и наконец некоторые совсем не прорастают, выяснил Шперлих.² Он нашел, что семена, появляющиеся первыми на какой-нибудь особи, раньше и лучше прорастают и более жизнеспособны чем те, которые образуются позже. „Чем позже время происхождения особи, тем потомство ее слабее и тем раньше погибают происшедшие от нее линии“.

Хотя это интересное явление пока установлено только в отношении *Alectrolophus*, но оно должно распространяться и на другие растения, поэтому желательно было бы в семеноводстве обратить на него особое внимание в целях получения более сильного доброкачественного посевного материала.

Необходимо тщательно наблюдать за последовательностью появления цветов и плодов.

Когда зацветание на главной ветке идет снизу вверх, то семена нижних плодов дают более сильное, а семена верхних или находящихся на боковых ветках плодов — более слабое потомство. Они с внешней стороны часто вовсе не представляются слабыми, но их потомство всегда слабее, дает более позднеспелые или вовсе неспелые семена, потомство которых склонно к вырождению или вымиранию.

На практике давно уже замечено, что впервые появляющиеся на растении цветы бывают крупнее, чем распускающиеся позже, и что семена первых цветов дают более крупные плоды и лучшие семена.

Лебнер в 1908 г. собрал с 6 маточных огуречных растений сорта „Вейгелта лучший“ по одному семенному огурцу средним весом в 1285 г. Семена одного из этих огурцов послужили для дальнейшего разведения, причем ежегодно в 1909, 1910 и 1911 гг. для последующих семенных огурцов отбирались первые появляющиеся женские цветы на каждом из 6 растений. Результат получился блестящий: в 1911 году средний вес собранных шести огурцов выразился в 1817 г., т. е. они оказались значительно крупнее и тяжелее.

¹ Oppenheimer, H. Eine Keimungshemmende Substanz in der Frucht von *Solanum lycopersicum* L. Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien. Mathem.-naturw. Kl. 1922.

² Sperlich, A. Die Fähigkeit der Linienerhaltung (Phyletische Potenz) usw. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. in Wien 128 Bd.

Из первых появляющихся цистов персика образуются обыкновенно крупные плоды, из последних — мелкие. Косточки крупных плодов дают значительно более сильные сеянцы, чем косточки мелких. То же самое по утверждению Лебнера¹ замечается и в отношении груш и яблок.

Таким образом, когда сеют семена без отбора, как это обыкновенно делается в древесных питомниках, то получаются очень неровные сеянцы.

Помимо указанного выше Шперлих² нашел еще, что не все семена *Alectrolophus* прорастают в тот же самый год, и что их прорастание наступает в определенное время года, несмотря на предоставление им все время самых благоприятных для этого условий. Если семя в данный год не проросло, то оно остается в покое еще 8 месяцев, а затем прорастает, хотя бы в условиях прорастания никакого изменения и не произошло.

3. Продолжительность сохранения всхожести семян

Продолжительность сохранения всхожести семян для всякого растения ограничена известными пределами, однако у различных видов она далеко не одинакова.

Семена *Oxalis rubella*, *O. pentaphylla* и др. по Гильдебранду³ прорастают тотчас после их выпадения из плода, при высыхании же они умирают. Таким образом для сохранения всхожести семян этих растений не должны высыхать. Семена ивы всхожи лишь в течение нескольких дней. Однако, согласно Накаджима⁴ можно и дольше сохранить всхожесть семян различных видов ивы, если их хранить при умеренной сухости и при температуре в 12—13° С. При таких условиях семена ивы сохраняют всхожесть на 60% еще через 150 дней, а отдельные семена прорастают даже через 320 дней.

За исключением указанных и некоторых других случаев, семена большей частью сохраняют всхожесть в течение нескольких лет. Так по Бургерштейну⁵ семена ячменя и пшеницы после десятилетнего хранения завернутыми в бумагу в ящике стола, еще сохраняют всхожесть приблизительно на 70—90%, тогда как рожь уже через десять лет теряет всхожесть. Некоторые другие семена сохраняют всхожесть на еще более продолжительное время.

Исчерпывающими исследованиями по этому вопросу мы обязаны Бекерелю и Юарту.⁶ Бекерель отбирал из коллекций и гербариев наиболее старые семена (возраст которых можно было точно установить). В общем он получил в свое распоряжение таким образом семена 500 видов, принадлежащих к 30 семействам.

¹ Löbner, M. Grundzüge der Pflanzenvermehrung, 2. Aufl. Berlin 1915. p. 6

² Sperlich, A. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Kl. I Bd. 128. p. 177.

³ Hildebrand, Ff. Ueber die Zeit des Keimens des Samens. Gartenflora 1908, 57 Jg. p. 86.

⁴ Nakajima, Y. Über die Lebensdauer der Gattung Salix. Japanese journal of Bot. Vol. I. Transactions and Abstracts Tokio 1923 p. 12.

⁵ Bürgerstein, A. Beobachtungen über die Keimkraftdauer von ein bis zehnjährigen Getreidesamen. Verhandl. d. R. R. Zool.-bot. Ges. in Wien Jg. 1895.

⁶ Becquerel, P. Recherches sur la vie latente des grains. Annales des sciences naturelles bot. 1907 IX. p. 193.

Ewart, E. On the longevity of seeds. Proceedings Roy. Soc. Victoria, 1—120, 1908.*

Возраст семян колеблется между 25 и 135 годами. Из этих семян, поставленных в наиболее благоприятные условия для прорастания, только семена 4 семейств обнаружили еще всхожесть, а именно семена сложноцветных, кувшинковых, мальвовых, губоцветных. Из бобовых всхожими оказались семена следующих видов:

<i>Cassia bicapsularis</i>	(3 из 10)	в возрасте	87 лет
<i>Cytisus biflorus</i>	(2 " 10)	"	84 "
<i>Leucaena leucocephala</i>	(2 " 10)	"	71 "
<i>Trifolium arvense</i>	(2 " 10)	"	68 "
<i>Ervum lens</i>	(1 " 10)	"	65 "
<i>Dioclea pauciflora</i>	(4 " 10)	"	65 "
<i>Cytisus austriacus</i>	(1 " 10)	"	63 "
<i>Medicago luteus</i>	(3 " 10)	"	15 "
<i>Acacia distachya</i>	(5 " 10)	"	53 "
<i>Mimosa glomerata</i>	(5 " 10)	"	53 "
<i>Chrotolaria ramosissima</i>	(1 " 10)	"	39 "
<i>Dolichos fusarius</i>	(2 " 10)	"	38 "
<i>Astragalus brachyceras</i>	(2 " 10)	"	38 "
<i>Nomismia nummularis</i>	(2 " 10)	"	37 "
<i>Acacia cornigera</i>	(5 " 10)	"	37 "
<i>Trifolium caespitosum</i>	(2 " 10)	"	28 "

Из семейства *Nelumbieae* дали всхожесть семена трех видов:

<i>Nelumbium codophyllum</i>	(4 из 5)	в возрасте	56 лет
" <i>asperifolium</i>	(4 " 5)	"	48 "
" <i>speciosum</i>	(9 " 10)	"	18 "

Из 15 видов семейства *Malvaceae* оказались всхожими семена *Lavatera pseudo-Olbia* (2 из 10) в возрасте 64 лет и из 14 видов семейства *Labiatae*, *Stachys nepetaefolia* (1 из 10) в возрасте 77 лет. Обширными исследованиями Бекереля установлен интересный факт, что существуют семена (*Cassia bicapsularis*), всхожесть которых сохраняется в течение 87 лет.

Семена сохраняющие всхожесть в течение очень продолжительного времени (50—80 лет), обыкновенно покрыты толстой оболочкой, непроницаемой для воды и воздуха.

Согласно наблюдениям Юарта, указанная выше продолжительность сохранения всхожести семян была еще превзойдена *Howea heterophylla*. Из 12 семян этой пальмы, возраст которых достигал 105 лет, проросли еще 2 семени.

На основании опытов, проведенных с 2500 видами, Юарт пришел к убеждению, что наиболее продолжительное сохранение всхожести семян вероятно должно определяться 150—250 годами (для бобовых). Для *Malvaceae* же она ограничивается пределами 50—150 лет. Опыты Юарта проводились преимущественно с семенами, сохранявшимися в течение многих лет на сухом воздухе, и он полагает, что твердые семена могли бы еще дольше сохранить всхожесть, если бы они находились в земле.

Особый интерес представляют также наблюдения Ога¹ относительно всхожести семян *Nelumbo nucifera*, индийского лотуса, которые были найдены в Манчжурии в торфе.

¹ Oh g a. J. On The longevity of seeds of *Nelumbo nucifera*. The botanical Magazine • Vol. XXXVII Tokio 1923. p. 87.

В южной Манчжурии около северной границы Квантунской провинции находится деревня Пу-лап-тсиен, а недалеко от нее деревня Лю-тап-тунг, и вот на равнине, расположенной на севере от последней, и находится то место, где на глубине $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ метра в слое торфа толщиной от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ м были найдены семена *Nelumbo*. Основываясь на разных соображениях Ога предположил, что эти семена находились в торфе не менее 120 лет, а вероятно им даже 200—400 лет. Местные жители пользуются торфом в качестве топлива, а дети выбирают и едят семена. Несмотря на такую древность семян, зародыш оставался у них еще зеленым, а эндосперм желтовато-белым. С выкопанными семенами, положенными в воду и оставленными в ней в течение 8 месяцев при температуре в 15—20°, не произошло никаких заметных изменений, так как через твердую наружную оболочку вода не проникала. Но когда они были подпилены с одного или с обоих концов, то они стали поглощать воду, набухли и проросли все без исключения, причем некоторые уже через 4 дня.

Дальнейшие исследования Ога показали, что эти семена лотуса по всей вероятности достигали 160—250 лет и, несмотря на это, все же прорастали на 100%.

То обстоятельство что семена *Nelumbo* сохраняют в торфе всхожесть в течение столь продолжительного времени, несомненно говорит за то, что торф оказывает консервирующее влияние на семена этого растения. Принимая во внимание указанное действие торфа, было бы очень желательно соответствующими опытами установить, проявляет ли торф такие же консервирующие свойства по отношению к семенам и органам других растений.

В современной литературе встречаются иногда и до сих пор указания, что найденные в древне-египетских саркофагах зерна пшеницы оказываются всхожими, несмотря на то, что возраст их достигает нескольких тысяч лет, однако такие указания фактически не обоснованы и давно опровергнуты точными опытами. Случаи же удачи с зернами такой найденной будто бы в пирамидах пшеницы основаны на обмане, так как путешественникам подсовывались за хорошую плату семена свежей пшеницы вместо подлинных семян времен древнего Египта.

Известно, что при резких изменениях почвы на определенных местах резко изменяется и состав растительного покрова. Когда в лесу, в поле или на лугу производится глубокое перекапывание, то часто появляются такие растения, которые ранее там не встречались или если и встречались, то лишь в незначительном количестве. Откуда же они берутся?

Можно предположить, что они занесены сюда ветром, водой, животными и человеком, или что они находились в состоянии покоя в земле, где затем, благодаря перекапыванию, создались условия, благоприятные для их прорастания.

Точные исследования Петера¹ показали правильность последнего предположения. Он взял, со всеми необходимыми предосторожностями, из середины леса с лишенной растительности пло-

¹ Peter, A. Kulturversuche mit ruhenden Samen. Nachricht. Von d. K. Ges. d. Wiss. z. Göttingen 1893 p. 671.

щадки три пробы почвы величиною 30×30 см. первую — до глубины в 8 см, вторую — с глубины от 8 до 16 см и, наконец, третью с глубины от 16 до 24 см и затем наблюдал в оранжерее, появятся ли и какие именно растения на почвах из трех разных глубин.

Все исследованные пробы лесной почвы содержали живые, находящиеся в состоянии покоя, семена, которые после разрыхления, увлажнения и освещения почвы — прорастали. При этом пробы почвы, взятые из леса, который и раньше был лесом, давали только лесные породы (землянику, малину, белену и т. п.), пробы же из лесов саженных, бывших раньше на землях полями или лугами, за исключением единичных лесных растений, давали преимущественно полевые и луговые растения.

Такие результаты были получены с почвами, взятыми из саженных лесов, которые были заложены 20—40 лет тому назад. Петер вывел отсюда заключение, что семена, сохранившие всхожесть, приблизительно столько же лет находились в почве в покое, не теряя при этом жизнеспособности.

Относительно причины столь длительного покоя названный лесовод не высказался, по мнению же автора прорастанию семян в данном случае препятствовала слишком глубокая заделка при одновременном консервирующем влиянии почвы. Этот вопрос однако требует еще специального исследования.

Возраст семян имеет несомненное влияние и на развитие некоторых растений. Огурцы, выведенные из старых семян, плодоносят раньше и большей частью обильнее, чем выведенные из свежих семян, хотя последние дают очень сильно растущие растения. Поэтому старые огуречные семена садоводами очень ценятся и предпочитают свежим.

МНИМАЯ СМЕРТЬ. Семена, находящиеся в покое, но сохраняющие способность к прорастанию, являются как бы мнимо умершими. В действительности они умирают только тогда, когда потеряют способность к прорастанию. В связи с этим возникает вопрос, прерываются ли совершенно жизненные явления во время мнимой смерти семени или споры, или все же хоть сколько-нибудь сохраняются процессы обмена веществ.

Многочисленные исследования, произведенные Кохом и Беке-релем, в которых семена в течение нескольких месяцев подвергались охлаждению от -180° до -235° в безвоздушном пространстве, показали, что даже при таких ненормальных условиях, в которых жизненные явления должны были бы совсем или почти совсем остановиться, семена все же остаются жизнеспособными.

Если бы когда-нибудь удалось охладить семена, бактерии или споры до абсолютного нуля, т. е. до -273° , когда прекращаются все химические процессы и если бы при этом сохранилась способность к прорастанию, то можно было бы сказать, что удалось фактически приостановить жизнь. Это была бы действительно мнимая смерть.

От активной жизни, от самых интенсивных жизненных проявлений до мнимой смерти имеется бесконечный ряд переходных ступеней. Растущее, цветущее и плодоносящее дерево представляется нам полным жизни, но, когда оно теряет осенью свою листву и остается зимою голым, оно производит впечатление окоченного,

как бы умершего; однако в данном случае поддерживающий жизнь обмен веществ не прекращается, а только замедляется. Только искусственным вмешательством, как указывалось выше, можно совершенно задержать обмен веществ, семян и спор и как бы остановить жизнь.

В природе, в кажущихся нам мертвыми семенах, все же происходят небольшие химические изменения, которые с течением времени суммируются, вызывают длительные расстройства и в конечном результате приводят от кажущейся смерти к настоящей.

Какого рода эти изменения — пока неизвестно. Однако едва ли мы ошибемся, утверждая, что здесь имеет место химический процесс и что белковые вещества и ферменты, играющие такую важную роль в жизни, с возрастом семян претерпевают такие физико-химические изменения, которые в конечном результате приводят семена к смерти.¹

Если мы остановимся на рассмотрении изложенных выше фактов, то окажется, что прорастание представляет собой весьма сложный физиологический процесс, связанный с внешними и внутренними факторами, которые могут действовать то в одном, то в другом направлении. Как различно может, например, влиять свет на процесс прорастания, в связи с одновременным воздействием различных других факторов!

Достижения науки последних десятилетий с успехом могут быть использованы на практике. Семенным контрольным станциям и садоводствам при испытании всхожести семян необходимо считаться с действием на прорастание семян света, субстрата и пр.

Необходимо иметь например в виду, что семена *Gesneriaceae* прорастают только на свету. А, когда нужно установить процент всхожести семенного материала, то не следует, как прежде, без разбора проращивать все семена одинаково на фильтровальной бумаге в отсутствии света, а необходимо считаться с воздействием на прорастание света, температуры и субстрата.

Так на семенной контрольной станции в Вене в качестве субстрата для проращивания семян употребляется не фильтровальная бумага, а чистый кварцевый песок и глиняные чашки.

Семена репы проращиваются в песке, семена лютика, эспарцета, гороха, фасоли и овощей проращиваются на фильтровальной бумаге, но испытываются одновременно для контроля также и в песке. Семена *Agrostis alba*, *Agrostis vulgaris*, *Aira caespitosa*, *Alnus*, *Alopecurus*, *Anthoxanthum*, *Avena flavescens*, *Dactylis*, *Beta*, *Betula*, *Daucus*, *Glyceria*, *Holcus*, *Nicotiana*, *Phalaris arund.*, *Pinus strobus*, виды — *Poa* и *Lea* ввиду установленного благотворного влияния температурных колебаний на их прорастание, проращиваются при переменной температуре, а именно ежедневно — 10 часов при температуре в 18°, 14 часов при температуре в 28° С.

Наконец семена видов *Poa*, а также *Dactylis*, *Phalacea*, *Larix europaea*, *Pinus silvestris*, *Pinus maritima*, *Pinus Strobus*, видов — *Alnus* и *Betula* подвергаются еще параллельному исследованию на рассеянном свету.²

¹ Molisch, H. Der Scheintod der Pflanze. Populäre biologische Vorträge. Jena 1922. 2 Auflage p. 181.

² Neinzierl T. R. v.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ, НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И СЕЛЕКЦИЯ¹

Кто внимательно присматривался к растениям на цветочных выставках, в садоводствах, в цветочных магазинах, тот несомненно поражался богатству и красоте форм, красок, роста и запаха, сосредоточенных на столь незначительном пространстве. Но еще более удивительно то, что большинства этих растений каких-нибудь 50—100 лет тому назад совершенно не существовало в этом разнообразии и что они выведены садоводами лишь в течение последнего столетия.

Какое огромное разнообразие в окраске, величине и форме цветов получено руками селекционеров из дикого *Cyclamen persicum* за последний десяток лет!.. Как велика разница между исходными формами и цикламенами типа рококо или мотылек! Не на наших ли глазах в течение последних лет, шаг за шагом происходит переформировка *Primula obconica* в самые разнообразные сорта?

В огромном разнообразии, точно в калейдоскопе, появляются все новые и новые формы пеларгоний, америллисов, орхидей, сиреней, роз, азалий, рододендронов, и все более и более обога-

¹ Bateson, W. Mendels principles of heredity Cambridge Universal Press. 1914.

Baur, E. Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. 2 Aufl. Berlin 1914.

Correns, C. Die neuen Vererbungsgesetze. 2 Aufl. Berlin 1912.

Darwin, C. Собрание сочинений.

Frühwirth, C. Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung. Bd. 1—V

Berlin. P. Parey. Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1910.

Goldschmidt, R. Die Lehre von der Vererbung Berlin 1927.

Johannsen, W. Über Erblichkeit in Populationen u. in reinen Linien. Jena 1903.

Elemente der exakten Erblichkeitslehre. 2 Aufl. Jena 1903.

Experim. Grundlagen der Deszendenzlehre. Variabilität, Vererbung usw.

In Kultur der Gegenwart. Allg. Biologie 1915.

Korschinsky, S. Heterogenesis und Evolution. Flora 1901 p. 240.

Löbner, M. Leitfaden für gärtnerische Pflanzenzüchtung. Jena 1909.

Lotsy, J. P. Vorlesungen über Deszendenztheorien usw. 2. Teile Jena 1906, 1908.

Punnett, R. C. Mendelismus deutsch von W. v. Proskowetz u. H. Illis. Brunn 1910.

Rümker, v. Anleitung zur Getreidezüchtung. 1889.

Tschermak, v. E. Der moderne Stand des Vererbungsproblems.

Archiv. f. Rass- und Gesellsch.-Biologie 1908 p. 305.

De Vries, H. Die Mutationstheorie I. u. II. Bd. Leipzig 1901 u. 1903.

Pflanzenzüchtung, ins Deutsche übersetzt von A. Steffen Berlin 1908.

щают селекционеры ассортименты наших огородных плодовых и полевых культур. Какими же средствами пользуются для выведения всех этих новинок?

1. Изменчивость

Чтобы получить правильный ответ на поставленный вопрос мы должны обратиться к рассмотрению явления, присущего как растениям, так и животным, от самых низших до высших форм, а именно к изменчивости. Это явление говорит нам, что потомство живого организма не является вполне тождественным ни по отношению к родительским формам, ни между собою. Для оценки явлений наследственности и учения о происхождении необходимо помнить, что изменчивость, обнаруживаемая потомством, по существу различна.

Можно различить три типа изменчивости: 1) модификации, 2) комбинации и 3) мутации.

Модификации

Под модификациями понимаются изменения, происходящие под влиянием условий питания, местообитания, климата, т.е. под влиянием внешних условий, которые не унаследуются.

Мы знаем, что культивируемая в садах гортензия (*Hydrangia hortensis*) обычно цветет розовыми цветами; если же в почву прибавить квасцов, то у выращенных в ней гортензий цветы становятся фиолетовыми или голубыми. Если от цветущего голубыми цветами растения взять черенки и вырастить в обыкновенной земле, то они вновь будут цвести розовыми цветами, так как голубой цвет не унаследуется, передается по наследству только способность производить голубые цветы в известных условиях, напр. в почве, содержащей квасцы. Цветущая в такой почве голубыми цветами гортензия представляет собой лишь модификацию.

Если обыкновенная лиловая сирень выгоняется в очень высокой температуре, цветы у нее получаются совсем или почти белыми. Если растения долины переносятся на высокие горы, то габитус их изменяется, междоузлия становятся короткими, листья уменьшаются и утолщаются, цветы увеличиваются и окрашиваются более интенсивно. Если от этих видоизмененных растений собрать семена и высеять их вновь в долине, то они теряют свой альпийский, высокогорный характер и вновь приобретают долинный облик.

Садоводам хорошо известно, что при обильном удобрении можно получить очень мощные растения, но им так же хорошо известно, что такой мощный рост не передается по наследству. Все эти изменения представляют лишь модификации и не наследуются.

Комбинации

Под комбинациями Баур¹ понимает „наследственные различия между родственными индивидами, а также между потомками одних родителей, обусловленные расщеплением и новыми комбинациями наследственных признаков“. Детальное обследование одной

¹ Baug, E. I. с. р. 280.

цветов и плодов часто возникают неожиданно и передаются по наследству.

До сих пор еще нет точных данных, действительно ли во всех этих случаях имеются мутации, как это с уверенностью признают Коржинский и де-Фриз; но если это так, то мы имеем все основания думать, что за мутацией, наряду со скрещиванием нужно признать громадное значение в происхождении новых форм в культуре.

Хотя все три указанные вида вариаций резко разграничены между собой, тем не менее нередко бывает трудно или даже невозможно отличить, имеем ли мы дело в отдельном случае с модификацией, комбинацией или мутацией. Окончательный ответ могут дать только тщательно проведенные опыты по наследственности, что станет еще понятней из изложенного ниже.

Популяции и чистые линии

Уже Линней знал, что объединяемые им в один вид индивиды отличаются мелкими различиями, поэтому наряду с видами он установил подвиды, сорта и расы.

Исходя из этой точки зрения, были произведены более точные обследования различных видов, напр. *Viola tricolor* и *Draba verna*, и было установлено, что особи, выращенные в совершенно одинаковых условиях, тем не менее обнаруживают постоянные различия, которые передаются по наследству. То, что мы называем *Draba verna*, состоит из многочисленных элементарных видов, которые однако распознаются только при ближайшем рассмотрении. *Draba verna* обнимает на европейском континенте около 300 элементарных видов — константных и отличающихся друг от друга.

Эти так называемые элементарные виды играют выдающуюся роль в селекции культурных растений. Если мы кажущийся с виду однородный посевной материал, напр. какого-нибудь зернового злака, разделим путем отбора на элементарные виды и будем продолжать дальше тщательный отбор, то при дальнейшем разведении окажется, что этот исходный посевной материал далеко не однороден, а представляет смесь различных элементарных видов, которые могут отличаться по величине колоса и зерна, по высоте соломы и по ряду других признаков. В таком случае селекционер отберет для выведения потомства те формы, которые наиболее ему подходят.

Йогансен в своих фундаментальных работах показал, что, в большинстве случаев, наш посевной материал представляет такие смеси (популяции) различных элементарных видов, из которых можно последовательным отбором выделить так наз. чистые линии. Он понимает под чистой линией „совокупность всех потомков отдельного абсолютно самооплодотворяющегося индивидуума, который при этом сам не является продуктом скрещивания“.¹

Если рассмотреть семена культурной формы *Phaseolus vulgaris* и разложить их по размеру зерен, то получится последовательный ряд от самых мелких до очень крупных. Среднее из всех единичных измерений представит среднюю точку, вокруг которой так

¹ Johannsen, W. Experimentelle Grundlagen usw I. c. p. 606.

семьи обнаруживает между индивидами многочисленные мелкие, часто едва уловимые различия, которые передаются по наследству как таковые или в новых комбинациях.

Мутации

Как в природных условиях, так и в культуре среди тысяч индивидов одного вида часто внезапно возникают, отклонения не как следствие скрещивания или расщепления, а вызванные неизвестными причинами и передающиеся затем по наследству. На рис. 129 представлена ветка нормального бука (*Fagus sylvatica*) и возникшего от него мутанта (*Fagus sylvatica* var. *laciniata*) с разрезными листьями.

Эта форма по неизвестным причинам возникла внезапно, новая форма листьев стала передаваться по наследству, а потому ее нужно рассматривать как мутацию. Такого типа отклонений мы

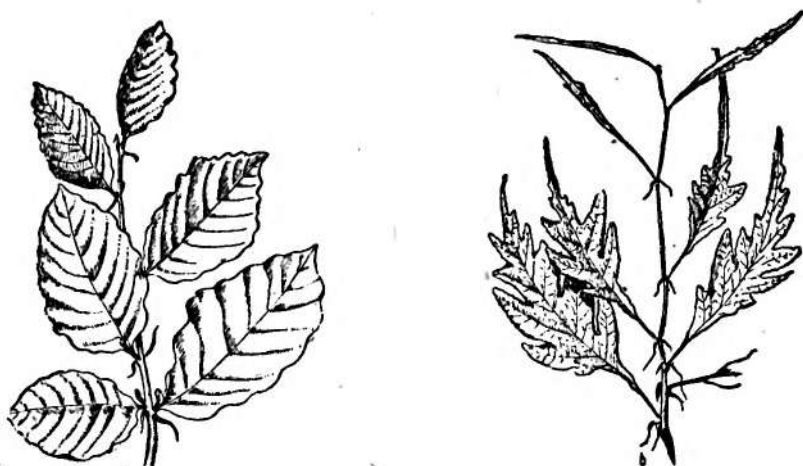


Рис. 129. Пример мутации у *Fagus sylvatica*: а—нормальная ветка, б—мутация с разрезными листьями.

имеем много среди наших древесных пород: у ильма, ольхи, липы, клена и др. Эти отклонения, или вариации, были известны еще Дарвину.

Коржинский¹ собрал данные о всех тех случаях, которые могут быть рассматриваемы как мутации в растительном мире, и указал на их большое значение для садоводства.

De Vries² назвал такие вариации „мутациями“ и попытался в своем капитальном труде „Теория мутаций“ обосновать их значение в происхождении видов.

Из истории культуры наших растений видно, что многие отклонения в росте, как напр. гигантизм или карликовость, плакучесть и пирамидальность, а также вариации в форме и окраске листьев,

¹ С. Коржинский. I. с.

² De Vries, H. I. с.

Различные размеры зерен фасоли чистой линии являются следствием различий в питании, которое бывает не одинаковым не только у отдельных особей, растущих на одном и том же месте, но и даже на отдельных ветках одной и той же особи. Эти модификации, вызванные различиями в питании или, выражаясь шире, — различиями во внешних условиях, не передаются по наследству.

Это положение явилось одним из важнейших моментов современного учения о наследственности, тем более что Дарвин при построении своей теории отбора находился в ложном убеждении, что и модификации передаются по наследству.

2. Наследственность

Первоначально понятие о наследственности не носило научного характера, но уже с древних времен было известно, что свойства родителей проявляются в детях, что дети похожи на своих родителей. Особь содержит в себе сумму наклонностей или признаков, которые содержатся и в клетках зародыша и которые соответственно развиваются в потомках. Эти наклонности или признаки носят название генов, наследственных единиц или наследственных факторов, а все вместе — наследственной массы.

Если мы рассмотрим яйцеклетки различных растений, даже хорошо вооруженным глазом, то мы не заметим между ними никаких существенных различий, между тем мы никогда не получим из яйца клетки лилии — гиацинт, или из куриного яйца — гуся. А это кроется именно в том, что признаки, заложенные в яйцах и пыльце различных растений, различны. Они образуют то самое „нечто“, наследственную массу, или идиоплазму, которая передается потомкам как путем вегетативного, так и генеративного размножения, иначе говоря, наследуется ими.

Что такое наследственная масса? Чем далее продвигается учение о наследственности, тем становится очевидней, что носителем наследственности является клеточное ядро. В ядре имеются, как уже указывалось выше, круглые, палочкообразные или подковообразные образования, так называемые хромозомы, которые и следует рассматривать, как носителей наследственных признаков. Они встречаются в ядре, в определенном количестве от 8 до 132.

Покрытосемянные чаще всего имеют около 24 хромозом, лилейные — 16—24. Ядро человека — 48 хромозом, ядро аскариды — 2. Число хромозом во всех клетках у всех особей одного вида одинаково.

При образовании половых клеток происходит редукция числа хромозом наполовину; таким образом при оплодотворении, т. е. при слиянии яйцеклетки с мужской половой клеткой предотвращается удвоение числа хромозом.

При каждом делении клеток происходит и деление хромозом, так что каждая дочерняя клетка, получает ту же самую наследственную массу.

Все эти явления, так же, как и многие другие, на которых мы не можем сейчас останавливаться, указывают определенно на то, что хромозомы являются носителями признаков (ген) и передают их по наследству.

расположатся все остальные варианты, что чем меньше их численно, тем больше отстоят они от средней.

В одном приведенном Бауром ¹ случае при определении веса безвыборочно взятых 2162 семян фасоли одной популяции получился следующий вариационный ряд.

Вес бобов в цг	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Число бобов с этим ве- сом . . .	4	27	65	179	364	587	533	418	230	132	52	24	9	2	

Самые мелкие семена — минусварианты колебались между 20—25 цг, самые крупные — плюсоварианты — между 85—90 цг, наиболее часто встречаемый вес лежал между 45—50 цг.

Если мы выберем самое крупное и самое мелкое зерно и возьмем их исходными для выведения нового посевного материала, то окажется, что потомки большего зерна будут в среднем крупнее, чем потомки меньшего зерна. Но средняя потомков большего зерна будет меньше этого зерна, так же, как средняя потомков меньшего зерна будет больше последнего. Потомства плюс- и минус-вариантов приближаются опять к средней исходной популяции — явление, которое в честь английского ученого Гальтона названо Гальтоновской регрессией.

Вариации держатся в известных границах.

Из того факта, что более крупные бобы производят в среднем более крупное потомство, чем мелкие бобы, сделали ложный вывод, что вариации роста передаются по наследству и что вследствие этого можно увеличить среднюю величину.

Иогансен показал ошибочность такого вывода, так как если исходить не из популяции, а из чистой линии и полученные при строгом самооплодотворении семена распределить по размерам и высеять, то получится действительно ряд вариантов, совершенно сходных с указанными выше. Однако, если из них отобрать крайние по величине и высеять и вырастить при одинаковых условиях, то не получится сдвига в средней величине. Таким образом отбор плюс- и минусвариантов не имеет последствий в потомстве.

Кажущееся противоречие, которое получается в зависимости от того, берем ли мы за исходное популяцию или чистую линию, Иогансен объясняет тем, что популяция представляет смесь многочисленных чистых линий, каждая из которых имеет несколько отличающийся вариационный ряд, все же вместе дают суммарный вариационный ряд чистых линий.

Если же из такой популяции выбирают крайнее по величине зерно и в потомстве обнаруживается сдвиг средней в сторону плюсоварианта, то это происходит от того, что случайно выбрали представителя той чистой линии, средняя которой довольно сильно уклоняется от средней исходной популяции. В пределах чистой линии дальнейший отбор не дает никаких результатов.

¹ Baug, E. l. c. I Aufl. p. 27.

Как общее правило, половое слияние легче всего происходит между индивидами одного и того же вида, затем между разновидностями и расами одного вида, совершенно так же, как прививка, которая лучше всего удается между близко родственными растениями.

Но бывают случаи, когда и различные виды одного и того же рода или даже близко стоящие роды могут дать половым путем потомство. Потомство родителей, различающихся между собой, называют бастардами, убудками, помесями или гибридами. Под гибридизацией таким образом нужно понимать слияние двух половых клеток, отличающихся по своей наследственной массе (по генотипу согласно Иогансену).

Особь, или гибриды, получившиеся вследствие слияния двух разнородных половых клеток, называют также гетерозиготами в противоположность гомозиготам — продуктам слияния однородных половых клеток. Мул является убудком, или гибридом, лошади и осла.

Кольрейтер в 1760 году скрестил два вида табака *Nicotiana rustica* и *Nicotiana paniculata* и получил помесь — первого „б о т а н и ч е с к о г о м у л а“. С тех пор выведено бесчисленное множество гибридов и тем самым получено много новых форм растений.¹

Чем более возрастало число гибридов, тем более запутывались в их разнообразии. Довольствовались описаниями, отдельными разрозненными фактами, но никто не находил никаких правил, никаких закономерностей.

Крупным научным событием явилось поэтому открытие законов наследственности аббатом монастыря в Брюнне в Мэрен Григорием Менделем² в результате его многолетних опытов по скрещиванию главным образом гороха.

Мендель опубликовал результаты своих опытов в 1865 году в трудах общества естествоиспытателей в Брюнне,³ но сообщение его осталось в то время совершенно незамеченным. Лишь 35 лет спустя три ботаника: Корренс,⁴ Чермак⁵ и де-Фриз,⁶ совершенно независимо друг от друга, вновь открыли те же законы и, подтвержденные их данными, работы Менделя были извлечены из архивов.

Законы Менделя

Для того чтобы познакомиться с законами Менделя, остановимся на двух скрещиваниях, изученных Корренсом,⁷ в первую очередь на *Mirabilis*.

¹ Focke, W. O. Die Pflanzenmischlinge. Berlin 1881.

² Itt's H. J. G. Mendel als Forscher und Mensch. Brünn 1908.

³ Mendel, G. Versuche über Pflanzenhybriden. Verhandl. d. naturw. Ver. i. Brünn 1865. (Напечатано также в „Flora“ 1901, 89. Bd., Ergänzb. u. in. Ostwalds Klassiker d. exakt. Wissensch. № 121).

⁴ Correns, C., G. Mendels Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1900 Bd. 17, p. 158.

⁵ Tschermak, E. v. Über Künstliche Kreuzung von *Pisum sativum*. Zschr. f. d. landw. Versuchsw. i. Österr. 1900.

⁶ De-Vries, H. Sur la loi de disjonction des hybrides. Comptes rend. Acad. d. sciences. Paris 1900 T. 130.

Ero же, Das Spaltungsgesetz der Bastarde. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1900, p. 83.

⁷ Correns, C. Die neuen Vererbungsgesetze. 2 Aufl. Berlin 1912.

Mirabilis. Исходными родительскими формами были избраны 2 сорта *Mirabilis Jalapa alba* с чисто-белыми цветами и *Mirabilis Jalapa rosea* с интенсивно розово-красными цветами. Предварительно строгим инбридом убедились, что белоцветная раса даст только белые, а красноцветная только красные цветы, являясь таким образом совершенно константными.

При дальнейшем скрещивании этих двух рас, т. е. при перенесении пыльцы красной расы на рыльце белой или обратно, по предварительной кастрации цветов и исключении возможности доступа насекомых, получились семена, давшие в следующем году первую генерацию. Все цветы первой генерации цвели розовыми цветами, но значительно болеесветлыми, чем красноцветная родительская форма (рис. 130).

От гибридов первой генерации, защищенных марлевыми мешками от опыления насекомыми, получилась вторая генерация семян путем самоопыления. Можно было ожидать, что гибриды этой второй генерации будут сходны по окраске с первой, однако здесь

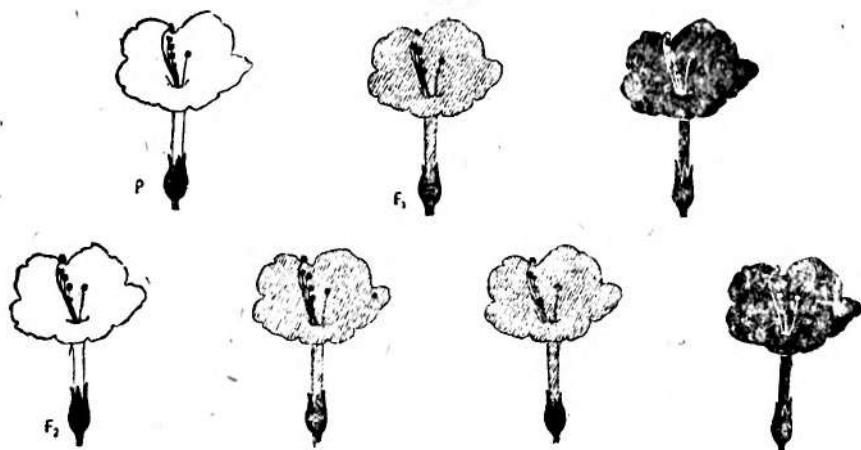


Рис. 130. *Mirabilis Jalapa alba* $\times$ *rosea*. Поведение цветов при скрещивании — родительские формы — белая и красная — гибрид первой генерации с светлорозовыми цветами — вторая генерация, сходная частью с исходными родительскими формами (правый и левый цветки), частью с первой генерацией (средние цветы). Первые два производят в дальнейшем себе подобных, последние дают в следующих поколениях представителей всех трех форм второй генерации. (По Корренсу)

получились три различных формы окраски: чисто белые, красные и светлорозовые, первые две сходные с родительскими формами, третья форма, сходная с гибридом первой генерации (см. выше рис. 130).

Таким образом у части гибридов вновь возникают признаки исходных родителей, гибриды, как говорят, расщепляются или „менделируют“.

Если подсчитать сумму белых, красных и светлорозовых особей, то получится определенное цифровое соотношение: а именно на каждые две светлорозовые особи приходится по одной белой и по одной красной, т. е. вторая генерация состоит из 50% светлоро-

раши, и светлорозовые цветы должны возникать в количестве, удвоенном против белых или красных цветов. Выяснение этого соотношения позволяет предсказать, какими будут гибридные потомки, если скрестить гибрид с одной из родительских форм. В этом заключается одно из ценнейших достижений закона расщепления Менделя.

Urtica. В изложенном опыте с *Mirabilis* обе исходные родительские формы отличались одним физиологическим признаком, а именно окраской цветов. Далее мы приведем еще другой случай, изученный Корренсом, в котором родители также различались по одному признаку, но который интересен тем, что гибрид первого поколения оказался совершенно сходным с одной из родительских форм, ничуть не обнаруживая по внешним признакам гибрида.

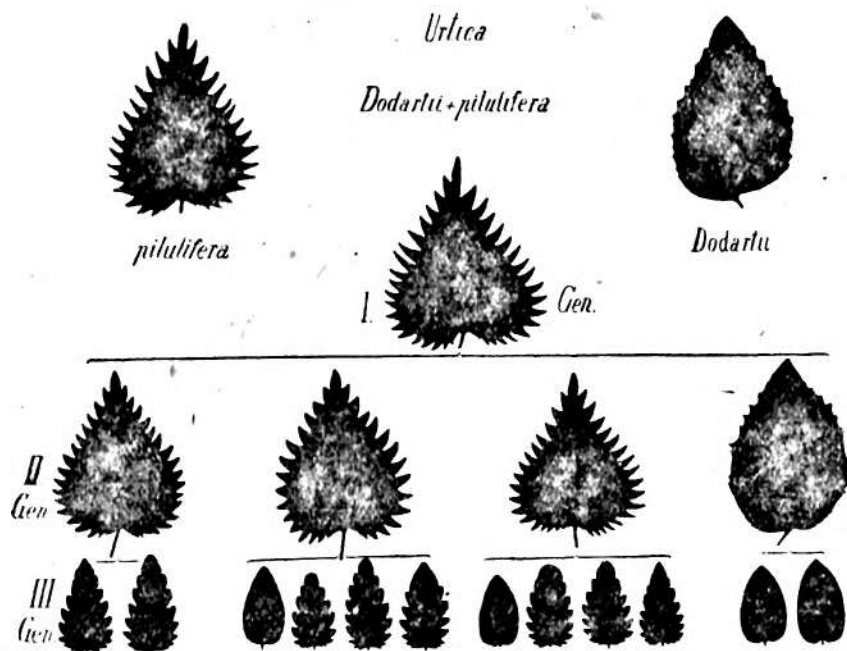


Рис. 131. Скрещивание между *Urtica pilulifera* (наверху слева) и *Urtica Dodartii*. P—исходные родительские формы, F₁—1-я генерация. Гибрид сходен с *U. pilulifera*, форма его листа доминирует, F₂—вторая генерация, состоит из чистых *U. pilulifera* (слева), чистых *U. Dodartii* (справа) и гибридов (в середине) в соотношении 1:2:1. F₂—третья генерация. Потомки справа и слева константны, средние продолжают менделировать. (По Корренсу)

Мы говорим здесь о двух крапивах, существующих в двух совершенно константных формах и отличающихся только по одному признаку: одна из них *Urtica pilulifera* имеет зубчатые листья, другая *Urtica Dodartii*—цельнокрайние листья (рис. 131).

Гибрид первого поколения (F₁), настолько сходен по внешнему виду с родительской формой, имеющей зубчатые листья *Urtica pilulifera*, что совершенно ничем не отличается от нее. Мендель сказал бы, что в данном случае, признак зубчатости настолько доминирует над признаком цельнокрайности, что последний

обных, из 25% белых и из 25% красных экземпляров. Если вслед за этим обследовать полученную путем самоопыления третью генерацию, то окажется, что белые и красные особи производят только себе подобных, т. е. белые и красные экземпляры, тогда как розовые особи опять расщепляются и дают снова потомков трех различных цветов в соотношении 1:2:1, причем, если таким образом продолжать выводить и 4-ю и 5-ю и т. д. генерации, то будут все время получаться тождественные результаты. Белые и красные цветы будут давать себе подобных, а розовые будут расщепляться на три формы в прежнем соотношении 1:2:1.

Принято исходные родительские формы обозначать латинской буквой — Р (*parentes* — родители), а происходящих от них потомков первой, второй, третьей и т. д. генерацией буквами F₁, F₂, F₃ и т. д. (от слова *filii* — дети).

Упомянутые числовые соотношения показывают, что при условии самоопыления потомки гибридов возвращаются постепенно к родительским формам. Уже во второй генерации число розовых особей составляет всего $\frac{1}{2}$, в третьей генерации — $\frac{1}{4}$, в четвертой — $\frac{1}{8}$ и т. д., из этого ясно, что число их все время убывает и так сказать приближается к нулю.

Таким образом мы видим, что гибридизация происходит вовсе не случайно, как думали раньше, а совершенно закономерно.

Крупной заслугой Менделя является то, что он не ограничился в своих опытах наблюдениями за первым поколением, а продолжал точнейшие исследования и последующих генераций, ведя математически точный учет различающихся потомков.

В объяснение полученных числовых соотношений и появления трех различных форм потомков Мендель предложил следующую гипотезу, которая затем блестяще подтвердилась в последующих исследованиях.

При скрещивании обеих родительских форм, разделенные ранее признаки белого и красного цвета при оплодотворении яйцеклеток сливаются и обуславливают розовый цвет — F₁. Полученный гибрид производит половые клетки (яйцеклетки и пыльцевые клетки), которые содержат оба признака раздельно (расщепленно), а именно 50% содержат белый признак и 50% — красный признак. Возможны четыре следующие комбинации признаков:

- | | | | | | | |
|----|---------|---------|---|---------|---------|--|
| 1. | Женский | белый | с | мужским | белым | |
| 2. | " | " | " | " | красным | |
| 3. | " | красный | " | " | белым | |
| 4. | " | " | " | " | красным | |

В первом случае получаются белые цветы, в четвертом случае — красные, а во втором и третьем — розовые, которые при выработке новых клеток опять расщепляются. Отсюда становится понятным, почему при гибридизации получаются растения трех видов.

Если принять гипотезу Менделя, что гибриды образуют и те и другие половые клетки в одинаковом числе, становится понятным и получаемое соотношение 1:2:1, так как шансы для образования всех четырех указанных комбинаций в таком случае

остается в совершенно скрытом состоянии. Зубчатость — доминирующий, цельнокрайность — рецессивный признак.

Вторая генерация дает двойного рода потомство — зубчатое и цельнокрайнее, при этом в соотношении 3:1 или 75:25. Но на самом деле эти 75% не тождественны, из них только 50% являются гибридами, а 25% чистой линией, через расщепление вернувшейся к исходной зубчатой родительской форме. Таким образом, и здесь мы имеем прежнее соотношение как у *Mirabilis*, т. е. 25:50:25, или 1:2:1.

В F_2 и в последующих генерациях, получается то же самое, как и в F_2 . Потомки, возвратившиеся к исходной родительской форме (рис. 131 слева и справа), производят при самоопылении только себе подобных, гибриды же расщепляются в отношении 3:1.

В своих опытах с горохом Мендель также обнаружил доминирование одних признаков над другими. Высокий рост доминирует над низким, желтая окраска семян над зеленой, гладкая поверхность семян над морщинистой и т. д. Между этими крайними формами от гибридов, сходных с родителями, и до тех, которые занимают промежуточное положение в растительном мире имеется целый ряд переходных форм.

Из указанных выше опытов по гибридизации можно вывести следующие три правила:

1. Гибриды двух действительно чистых семей, при равенстве всех прочих условий, в первой генерации все одинаковы (закон однородности первого поколения).

2. Соединяющиеся при оплодотворении яйцеклетки признаки обоих родителей, при развитии половых клеток гибрида, вновь разъединяются, так что 50% половых клеток содержат один признак, а остальные 50% другой признак (закон расщепления). — Мы говорим, что растение расщепляется в потомстве или „менделирует“.

3. Закон независимости зачатков. До сих пор мы рассматривали гибридизацию, полученную от двух родителей, отличающихся только одним признаком, они дают — моногибриды. Но что получится, если родительские формы отличаются двумя, тремя или несколькими признаками и если гибридизация будет давать дигибриды, тригибриды, полигибриды.

Подробно останавливаться на этом вопросе мы не имеем возможности, ограничимся только следующими краткими указаниями. Отдельные признаки родителей унаследуются не вместе, а совершенно независимо друг от друга и могут давать новые комбинации. Например, если мы скрестим два сорта кукурузы один с гладкими белыми, другой с синими морщинистыми зернами, то мы получим в первом поколении гибриды с синими гладкими зернами, а во второй генерации потомство с четырьмя видами зерен:

гладкими синими
гладкими белыми
морщинистыми синими
морщинистыми белыми.

Таким образом признаки родителей разделились и дали новые комбинации. Из этого можно сделать вывод, что зачатки (единицы

и факторы наследственности, гены) существуют самостоятельно, независимо в зародышной плазме, и что последняя, подобно мозаике, построена из частичек, соответствующих отдельным признакам.

То огромное значение, которое приобрели законы Менделя, объясняется тем, что они распространяются не только на какие-нибудь отдельные растения, а чуть ли не на весь растительный мир, а также на животных и человека.

С увеличением числа расщепляющихся признаков очень быстро возрастает и число возможных комбинаций. При наличии десяти пар признаков может быть более миллиона комбинаций зародышевых клеток, которые могут дать свыше тысячи совершенно различных потомков.

Возникновение новых признаков при скрещивании имеет большое значение для теории и практики. Если скрестить два определенных сорта белоцветных вики (*Lathyrus odoratus*), то получается растение с пурпурово-красными цветами. Это странное на первый взгляд явление находит себе объяснение в следующем предположении: два различных зачатка, дающих пурпуровую окраску, встречаются в обеих родительских формах раздельно; будучи при этом изолированными друг от друга, они бездейственны. Когда же они соединяются в гибриде, они дают красную окраску.

3. Наследственность и селекция

При изучении настоящего вопроса, как и во многих других научных областях, первоначально исходили из накопленного в значительном количестве эмпирического материала, который использовался практически. Дарвин при построении своей теории отбора основывался почти исключительно на опыте селекционеров растений и животных, точные же научные данные по наследственности составляют принадлежность новейшего времени.

Выведение новых форм опирается на две основы—отбор и скрещивание.

Отбор

Отбор основывается на изменчивости, причем принимаются во внимание только комбинации и мутации, так как модификации не наследуются.

Если садовод подметит среди многочисленных экземпляров какого-нибудь вида достойные внимания отклонения—в плодах, в форме или окраске цветов и листьев, или в росте, то он изолирует такое растение и предохраняет его от постороннего опыления. Если затем таким же образом будут изолированы и потомки, то в конце концов путем отбора получится раса, семена которой будут давать потомство, в 100%, или около этого, обладающее данными отклонениями.

Раньше, когда селекционер желал выделить какую-нибудь хорошую расу, напр. ржи, то он выделял среди ржаного поля те экземпляры, которые ему казались наиболее ценными и высевал затем все собранные из колосьев зерна.

При повторении отбора среди потомков этих отобранных растений селекционеру в конце концов удавалось получить более высококачественные культурные расы.

В настоящее время на основании опытов Г. Нильсона и Свалёфе (Швеция) при селекции исходит из индивидуализирования, т. е. зерна каждого отдельного растения (ржи) с ценными качествами убираются и высеваются отдельно; таким путем удастся получить константные расы уже в ближайшем поколении. Выяснилось, что на ржаных полях имеется большое число элементарных видов или чистых линий, которые могут быть выделены путем индивидуального отбора и сохранены в чистоте при условии ограждения их от скрещивания с другими расами. Таким образом основное положение Нильсона заключается в том, что для любых целей селекции следует исходить из одного материнского растения. Только такая селекция дает чистые сорта.

В Свалёфе, кроме того, было установлено, что наши культурные растения чрезвычайно богаты элементарными видами. Многие из культивируемых растений содержат часто до сотни элементарных видов, а наиболее старые виды наших хлебных злаков—даже несколько сот, причем различия между этими элементарными видами настолько значительны, что они отвечают почти всем запросам сельского хозяйства.

Иными словами, при тщательном просмотре мы можем почти всегда найти в пределах разводимого вида такое растение, которое отвечает нашим требованиям. От такого растения можно без особых затруднений получить чистое потомство путем изоляции и размножения. Никакого повторного отбора не требуется, нужно только, чтобы растение было защищено от перекрестного опыления.¹

Однако в поле имеются и гибриды, и если при однократном отборе случится исходить от гибрида, то потомство не будет сразу константным; но так как при дальнейшей селекции оно менделирует, то и в этом случае представляется возможным тотчас же выделить константные расы.

Что касается процесса отбора, то он несколько различен в зависимости от того, имеем ли мы дело с самоопылителями, т. е. растениями, которые размножаются самоопылением, как напр. фасоль, ячмень и др., или с такими растениями, которые при случае являются перекрестно опылителями, но могут искусственно размножаться и при самоопылении, или наконец с облигатными перекрестно-распылителями, т. е. с такими, у которых самоопыление невозможно, вследствие того, что они являются раздельно-полыми или что пыльца их не способна оплодотворить своего цветка.

Не имея возможности остановиться здесь на деталях того, каким образом пойдет отбор в каждом из указанных случаев, мы отсылаем интересующихся этим вопросом к работам Baur², Fruhwirth,³ Löbner,⁴ V. Rümker,⁵ Tschermak,⁶ и de-Vries.⁷

¹ De-Vries, H. Pflanzenzüchtung I. c. p. 90.

² Baur, E. I. c.

³ Fruhwirth, C. I. c.

⁴ Löbner, M. I. c.

⁵ Rümker, K. I. c.

⁶ V. Tschermak, K. in Fruhwirths „Die Züchtung der landw. Kulturpflanzen“ Berlin I—IV Bd.

⁷ de Vries, H.—Pflanzenzüchtung I. c.

Если новое появившееся отклонение не передается по наследству, т. е. половым путем, то садоводы прибегают к бесполому или вегетативному размножению черенками или прививками. Как известно, при таком размножении отклонения передаются весьма стойко. Такой способ применяется в случаях, когда возникают внезапные резкие изменения в почках на материнских ветках, так называемые почечные вариации (спорты). Многочисленные пестролистные хвойные и лиственные породы и также вариации в окраске цветов азалий, роз, бегоний и хризантем обязаны своим происхождением появлению таких почечных вариаций.

Скрещивание

Еще большее значение в садоводстве имеет скрещивание как само по себе, так и в комбинации с отбором.

В цветах встречаются различные приспособления, не допускающие пыльцу попасть на рыльце того же цветка, т. е. предотвращающие самоопыление и напротив облегчающие проникновение чужой пыльцы, т. е. содействующие перекрестному опылению. Последнее в природе обычно находится в зависимости от случайности—пыльца попадает с цветка одного индивида на другой, благодаря случайному току воздуха или случайному перелету насекомого.

В условиях культуры, напротив, выбор и скрещивание родительских форм зависят от воли селекционера. Этим путем было получено бесчисленное множество форм роз, орхидей, фуксий, бегоний, хризантем, астр, канн, георгий, скабиоз и хлебных злаков. При отборе вариаций мы находимся всецело в зависимости от того, когда случайно возникнет та или другая вариация, при гибридизации же мы можем действовать планомерно. Если, например, мы будем скрещивать розы, восприимчивые к мучнистой росе, с сортами иммунными или розы с различными запахами, то в конце концов мы можем получить формы, с точки зрения селекции заметно улучшенные против исходных рас.

Удачным подбором родительских форм можно достигнуть значительных результатов. Известный американский селекционер Бэрбенк (Barbark) ¹ получил путем отбора и скрещивания целый ряд ценнейших форм культурных растений, как-то: лишенные колючек кактусы, белую лишенную колючек ежевику, улучшенный душистый колосок (*Anthoxanthum odoratum*), бескосточковые сливы и т. п.

Если гибриды происходят от родителей константных и отличающихся только одним признаком, то разнообразие получаемых гибридов не велико, но если родительские формы сильно варьируют и притом отличаются многочисленными признаками, то возможно возникновение большого числа различных форм, из которых селекционер может отбирать то, что ему требуется.

Особое внимание обращают на себя полученные практически межродовые скрещивания. Так например, известны гибриды между орхидеями, *Laelia* и *Cattleya*, *Laelia* и *Epidendron*, *Epidendron* и *Sophronites*, *Odontoglossum* и *Cochlioda*.

¹ Vgl. de Vries—Pflanzenzüchtung, I. c.

растении под влиянием оплодотворения чужой пылью при гибридизации.

Вполне доказано появление ксений у кукурузы, ржи, ленкор и гороха, не вполне достоверно — у земляники и других растений. Недавно экспериментально установлено появление ксений у яблонь,¹ а именно при скрещивании золотого зимнего пармена (женский) с белым зимним кальвилем (мужской), причем влияние пыльцы сказывается в развитии характерной для отцовской формы ребристости плодов.

Одна из наиболее основательных работ по ксениям принадлежит Корренсу.² Он изучал это явление на различных сортах кукурузы, у которых оно проявляется резко заметными признаками. Согласно его сообщению при опылении чистой расы желтозерной кукурузы — *alba* (a) с расой *cyanea* (b) с темносиними зернами уже на материнском растении получают смешанные початки — (x) содержащие значительное число светлосиних зерен — ксений (рис. 132).

Причину того, что не все зерна смешанного початка оказались синими, автор видит в том, что *Zea Cyanea* не являлась чистой расой, а содержала в себе и признаки — *alba*. Если работать с чистотинейными родительскими формами, то смешанные початки должны содержать только одни ксении.

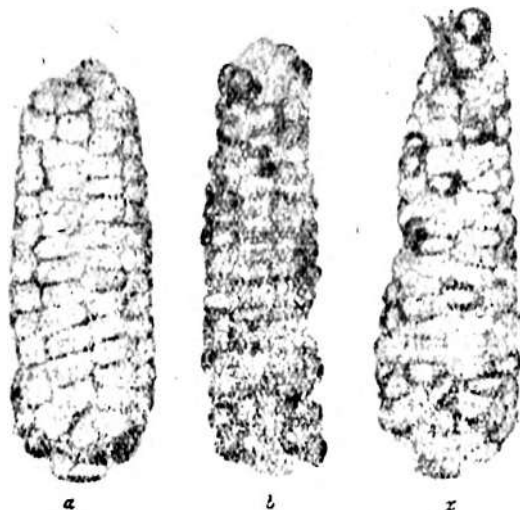


Рис. 132. Ксении у кукурузы, а—початок расы *Zea alba*, зерна светлосжелтые, б—початок расы *Zea cyanea* — зерна темносиние, а опыленный, б дает смешанный початок х. На нем имеются многочисленные зерна светлосинего цвета — ксении 2,3 натур. величины. (По Корренсу)

Явление ксений становится понятным, если вспомнить, что у покрытосемянных имеется двойное оплодотворение. Мы знаем, что генеративное ядро пыльцевой трубки перед оплодотворением разделяется на два ядра, из которых одно соединяется с яйцевой клеткой, а другое с ядром зародышевого мешка. Таким образом при гибридизации мы получаем как бы два гибрида: 1) зародыш, который возникает из яйцеклетки и 2) эндосперм, развивающийся из ядра зародышевого мешка. Вполне понятно, что влияние отца (пыльцы) может уже сказаться на семени материнского растения.

¹ Bach, F. Kreuzungsversuche mit Welsem Winterkalvill. Eine neue Apfelzente. Die Gartenbauwissenschaft 1929, 1 Bd. 6 Heft p. 615.

² Correns, C. Bastarde zwischen Maisrassen mit besond. Berücksichtigung der Xenien. Bibliotheca botanica. Heft 53 Stuttgart 1901.

Giltay, E. Über den direkten Einfluss des Pollens auf Frucht- und Samenbildung. Kungshelms Jahrb. f. wiss. Bot. 1893. Bd. 25, p. 489.

Лемуни в Панси добился получения гибрида трех родов, скрестив *Scalodocalyx* с гибридом между *Tydaea* и *Isoloma*. Впрочем следует заметить, что роды представляют только условное деление и не являются абсолютным мерилом степени родства, и что то, что одни считают родом, может другими быть отнесено к виду.

С другой стороны удивительно, что такие, кажущиеся близкими, виды, как *Primula sinensis* и *Primula obconica*, не скрещиваются между собой.

Известным препятствием в селекции является то обстоятельство, что многие гибриды оказываются бесплодными, так как не развивают семян.

Мулы и гибриды канареек не дают потомства и потому для получения их нужно каждый раз вновь прибегать к скрещиванию. Точно также обстоит дело и со многими растительными гибридами, *Ribes Gordianum* (*R. aureum* × *R. sanguineum*), *Forsythia intermedia* (*F. suspensa* × *F. veridissima*) и продукт скрещивания японской сливы с персиком — бесплодны. Многие гибриды орхидей, хотя и не являются совершенно бесплодными, но все же размножаются с трудом. Чем отдаленнее родительские формы, тем более подвержено бесплодию их потомство. Половое и систематическое сродство обычно совпадают, но и здесь имеется целый ряд отклонений.

Внешним образом бесплодие проявляется даже в неполном нормальном развитии тычинок столбика и пыльцевых зерен. Однако нужно заметить, что бесплодие только в редких случаях абсолютно. При тщательном обследовании бесплодного гибрида бывает все же возможно обнаружить отдельные хорошо развитые тычинки, пыльца которых может служить для оплодотворения.

Очень важно для селекционера, что бесплодие размноженных бесполом путем потомков гибридов может постепенно уменьшаться. *Primula Kewensis*, первоначально не дававшая семян, в настоящее время их образует, бегония Глуар де Лоррен, долгое время дававшая только мужские цветы и при том бесплодные, сейчас образует одиночные женские цветы, для оплодотворения которых иногда удается обнаружить пыльники с деятельными пыльцевыми зернами.¹

Ветштейн² наблюдал, что первоначально стерильные или почти стерильные гибриды *Sempervivum* со временем, скачками, увеличивали свою плодovitость.

Ксении

В заключение остается еще упомянуть об одном явлении, не нашедшем, правда, до сих пор практического применения, но теоретически чрезвычайно важном, а именно о ксениях.³

Под ксениями понимают изменения в плодах, семенах и других частях растения, появляющиеся уже на материнском

¹ Löbner, M. l. c. p. 47.

² Wettstein, R. Über sprungweise Zunahme der Fertilität bei Bastarden Wiesner-Festschrift, Wien 1908 p. 368.

³ Focke, W. O. Die Pflanzenmischlinge. Berlin 1881 p. 510.

Скоро выяснилось, что кукуруза показала, что влияние пыльца у ксений не выходит за пределы эндосперма. Дальнейшие опыты должны показать, всегда ли ее влияние и у других ксений ограничивается эндоспермом.

По мнению автора ксении гораздо более распространены в природе, чем это может показаться с первого взгляда. Учитывая, что двойное оплодотворение составляет всеобщее явление у покрытосемянных и что многие виды в природе существуют в своих элементарных видах, нужно думать — ксении нередко встречаются, их только не замечают, так как признаки, различающие родительские формы, часто очень мало заметны.

Еще не так давно, когда многое казалось зависящим от простого случая, селекция без разбора испытывала разные комбинации для получения новых рас. Правда, что и этим путем было получено не мало ценных результатов, но они потребовали окольных путей и затраты большого количества материала. Теперь, пользуясь законами расщепления Менделя, можно перейти к планомерной работе, на основании опыта предсказывать особенности гибридов, комбинировать признаки и таким образом соединять в гибридах наиболее совершенные стороны родительских форм. Это имеет громадное значение для практики, и потому учение о наследственности должно явиться важнейшей основой селекции.

Уже сейчас имеются и вновь основываются институты, занимающиеся всесторонним изучением вопросов наследственности и селекции. Среди них можно отметить: Институт садоводства Джон Иннес (John Innes) в Уимблдон близ Лондона в свое время во главе с Бэтсоном, Институт Менделя в Эйзенгрубе (Мэрен), Биологический Институт в Берлине, Институт исследования наследственности в Потсдаме, Государственный Институт селекции в Вейенстефане (Бавария), знаменитая селекционная станция в Свалёфе в Швеции, руководимая Нилльсон-Эле и др.

Нужно надеяться, что уже не так далеко то время, когда и в высших школах садоводства будет больше уделено внимания учению о наследственности, чем это было до сих пор, так как только при этих условиях работа практиков-селекционеров пойдет действительно по верному пути.

66 лет тому назад Кернер¹ писал: „Характерной особенностью прошедшего периода являлось то, что, с одной стороны, садоводы пренебрегали результатами научных исследований, а, с другой, лица, занимавшиеся наукой и любившие называть себя учеными, считали ниже своего достоинства проводить в жизнь достижения теоретических исследований“. С тех пор многое изменилось к лучшему и если эта книга хоть сколько-нибудь поспособствует тому, чтобы прежнее неправильная точка зрения была отброшена и чтобы наступило сближение работников теории и практики для общей плодотворной работы, то этим будет достигнута одна из основных задач настоящей работы.

¹ Kerper, A. v. Die Kultur der Alpenpflanzen. Innsbruck 1864.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абсолютное светлюбие.** 149
Абсорбционный спектр. 46
Адсорбция. 27
Агава. 68, 225
• добывание сахарного сока из нее. 68
Азот. 5. 14—23. 31—35
— свободный. 18—23
— связанный. 18—23
— связывающие его растения. 19—23
Азотистая кислота. 18
Азотная кислота. 18
Азотнокислый кальций. 5
Азотнокислый винцец. 37
Азотобактер и. 19
Азотосвязывающие бактерии. 19
Азотособиратель. 21
Актиномицет. 23
Альпийские растения. 9
— их культура. 9—10
Алюминий. 16
Аминные кислоты. 82
Аммиак. 18. 193
Аммиачные кислоты—применение к искусственной окраске гортензий. 16—17
Аммиачные соли. 18—19
Антеридий. 273
Антиподы. 375
Антоциан. 17—20
• резкое повышение образования и изменение окраски растений. 90—93
• изменение цвета его раствора под влиянием температуры. 91
• повышение образования при помощи искусственной прибавки сахара. 93
Апогамия. 276
Аргон. 18
Археоний. 273—274
Аспарагги. 82
Ассимиляты. 81—93
• входящий ток. 82—83
• не движение. 81
• превращение. 81
Ассимиляция свободного азота. 19—24
• углекислоты и искусственные источники света. 43—47
Атмосферный воздух, состав его. 18
Ауксанограф Визьера. 127
Ауксанометр. 126
Ацилен. 132
• и выгонка. 193
Ацетоген. 22
Ацетон. 196
А. рогрозизм. 157
• отрицательный, пылевых трубок. 157
Бактерии клубеньковые. 19—23
• нитрофицирующие. 18
• денитрофицирующие. 30
Бактерии почвенные. 19. 20
• термофильные. 120
Бастард. 316. 324.
Бациллы столбняка. 114
Бенные гибриды. 324
Бесплодное размножение. 229
Бессемянные плоды. 276. 280
Белок. 81—82.
Белый гриб. 97
Бензол. 30
Береза—плач ее. 65
Березовое вино. 65
Бобовые—связывание свободного азота 19—23
Большой период роста. 128
Бор. 15
Борьба с заморозками при помощи искусственного отопления воздуха. 222
Бурдоны. 263
Вакуоли. 45
Варианты. 311
Вариации скачкообразные. 140
Вариационные движения. 135
Вегетативное размножение. 229
• листьев. 236
Ветвление—система под влиянием внутренних и внешних сил. 118
Бзлудия при прививке. 252
Визьера метод измерения интенсивности света. 149—150.
Визьера ручной инсолятор. 150
Влажность и цветение. 290
Влияние мороза на прорастание семян. 299
Влияние почвы на окраску гортензий. 16
Влияние сета и силы тяжести на возникновение корней и зачатков почек. 168
Влияние света на покоящиеся почки. 194
Влияние света на прорастание семян. 299
Влияние температуры на прорастание семян. 298—300
• центробежной силы на растение. 136
Внешние условия для роста. 129
Вода—ее передвижение. 59
• и прорастание семян. 294
Водные культуры. 5—7
Водные культуры—методика. 6—7
• —неприменимость к орхидеям. 7
Водород свободный. 18
Воды недостаток. 202
Водяные побегов. 183
Возбудители. 37
Воздух атмосферный. 18
• разреженный в сосудах. 69
Возраст семян. 306—308
Возрождение. 228

Восковой налет. 72
 Время презентации. 146
 Всестороннее равномерное освещение. 144
 Впрыскивание воды. 193
 " спирта. 193
 " эфира. 193
 Всхожесть семян. 305
 " быстрая потеря. 305
 " исключительное долгое сохранение. 306—307
 Выбор почвы для растений. 29
 " стекла для оранжерей. 154
 Выбрасывание капельно-жидкой воды. 63
 Выветривание почвы. 24
 Выгонка. 185
 " теория. 196—200
 " различные способы. 186—197
 " растений при помощи газообразной синильной кислоты. 196
 Выделение кислорода. 46
 Вымерзание. 211—293
 " замерзших растений. 214
 " при температуре несколько выше 0° С. 213
 " причины. 219
 Выращивание растений. 158

Галлы. 19, 228.
 Гальтона регрессия. 314
 Гелиотропизм-положительный. 143
 " отрицательный. 143
 " поперечный. 143
 Гелиотропическая чувствительность растений. 145
 Генеративное размножение. 229
 " ядро. 275, 325
 Генотип. 316
 Геотропизм. 135.
 " положительный. 137
 " отрицательный. 137
 " поперечный. 137
 " узла злаков. 139
 Геотропический изгиб корня. 138
 Гетерозиготия. 316
 Гиацинт. 239—240
 Гиацинтов сидение. 131—132, 185.
 Гибриды. 316
 Гибридов бесплодие. 324
 Гигантские формы. 263
 Гидротропизм. 155—157
 Гидрогелиотропическая воронка. 155.
 Гинко. 253
 Гифы грибов. 87
 Глазковые черенки. 241
 Глинозем—аморфный. 16
 " сернокислый. 16
 Глубина заделки семян. 298
 Глубина псков. 189
 Головые кольца древесины. 69
 Гомозиготия. 316
 Гортензия—влияние почвы на окраску цветов. 16

Гортензия—искусственная окраска цветов. 16—17
 Горшечная культура. 181
 Горшечные растения. 182
 Грескограф Боде. 127
 Гречиха. 54
 Грибница. 96
 Грибов питание. 93—98
 " чистые культуры. 25
 Гумус. 28
 Гуттация. 62
 Гуттера сверло. 36

Давление

" корневое. 62
 " осмотическое. 60
 " отрицательное. 69
 Движение роста. 137
 " органов у высших растений. 135
 Движения, обусловленные набуханием. 135
 Двуплечный кордон. 178
 Деллазмозирование клеток. 61
 Диагносты. 49, 81
 Диффузия. 60
 Дычек. 244
 Длины дня для растений. 54
 Длинные ветви. 169
 Добровольный покой. 185
 Дождевые черви. 61
 Древесина. 67—69
 Дыма влияние на растение. 206—208
 Дым как защита от заморозков. 221—222
 " средство выгонки. 192, 195—196
 Дыхание. 113—123
 " процесс. 113
 " обыкновенное. 114
 " интрамолекулярное. 114
 " и развитие тепла. 115
 " влияние света на. 115
 " температуры на. 116
 Дюровский сосуд. 119

Естественное родство—248

Железная охра. 16

Железные опилки. 16
 Железный купорос. 13, 16
 " порошок. 16
 " шлак. 16

Железо. 10

" его необходимость для грибов. 95
 " хлорное. 16
 " и хлороз. 10—11

Железы насекомых растительных. 108—112

Живые растения и выветривание почвы. 26

Жилкование. 211

Жир. 82

Жирянки. 73

Заболонь. 69

- Завядание** отрезанных побегов. 80
 . растений при низких температурах. 212
- Задержка роста** вследствие положения. 172—174
 . тока ассимилятов. 83
- Задержка тока ассимилятов** в целях повышения плодоношения. 81—87
- Загрязнение воздуха.** 206—208
- Закаливание.** 78—79
 . оранжерейных растений 78
 . растений после пересадки. 79
- Закон Вебера.** 139
- Закон Менделя.** 316—321
 . минимума питательных веществ. 7
 . независимых зачатков. 320
 . однородности. 320
- Закручивание веток.** 89
- Замерзание и вымерзание растений.** 211
 . как оно происходит.—216
 . водоросли спирогиры. 215
 . желатина. 214
 . клеистера. 215
 . мертвых объектов, клеток и тканей. 214
 . и оттаивание. 217
 . и обезвоживание. 219
- Заразиха.** 29
- Зародышевый мешок.** 275
- Заросток (папоротника).** 273
- Застойная сырость почвы.** 204
- Засуха.** 203
- Защита от излишней транспирации.** 72
- Защитные от мороза средства.** 221
- Зерна пылевые.** 275
- Зольные элементы.** 8—15.
 . необходимые для растений. 8
 . не . . . 15
- Идиоплазма.** 315
- Известковые соединения** — вредное влияние. 9
- Известь** — различная потребность в ней растений. 8—9. 34
 . в качестве удобрения. 34.
- Изменение направления листа с возрастом растения.** 270—271
 . окраски цветов. 16—17. 90—93
 . положения листьев при температуре ниже. 0° 223
- Изменчивость.** 311
- Измерение интенсивности света** методом Визнера. 119—150
 . света и культуре растений. 152
- Изоаблочная кислота.** 115
- Имбибационные движения растения.** 135
- Инвертазы.** 81
- Индивид физиологический.** 166
- Индивидуальность побегов.** 264
- Индузиум.** 214.
- Иньекция** — воды. 193
 . спирта. 193
- Иньекция эфира.** 193
- Инсолятор ручной Визнера.** 150
- Интенсивность роста** — определение ее. 126
- Интенсивность света и ассимиляция углекислоты.** 50
- Интенсивность света и гелиотропизм.** 146—147
- Интенсивность света** — измерение методом Визнера. 149
- Интрамолекулярное дыхание.** 114
- Институты по изучению наследственности и селекции.** 326
- Инфекционная пестролистность.** 255
- Инфильтрации метод.** 74
- Иод.** 15. 48—49
- Иодная проба Сакса.** 48
- Искусственная окраска цветов гортензии.** 16—17.
- Искусственное повышение плодоношения путем задержки тока ассимилятов.** 84—90
- Искусственные источники света и ассимиляция кислоты.** 51—55.
- Испанский камыш.** 70.
- Калинит.** 34
- Кактусовые.** 73
- Калий.** 15. 32.
- Калийная соль.** 33
- Каллус.** 84
 . образование после повреждения. 193.
- Каллус** — процесс образования. 235
- Кальций.** 5
- Камбий.** 67. 69
- Камфора.** 196
- Камыш испанский.** 70
- Капеллярность.** 59. 70—71
- Кардинальные пункты прорастания семян различных растений.** 269
- Кардинальные температурные точки для роста.** 129
- Карликовые культуры.** 38—42
 . плодовых деревьев 43
- Карликовые подвои.** 88
- Карналит.** 34
- Каротин.** 45
- Картофель** — развитие надземных клубней. 233
 . — сладкий вкус. 187
- Каталитическое действие ферментов на прорастание семян.** 303
- Квасцы.** 16—17
- Кислород.** 5. 18. 113
 . и прорастание семян. 297
 . опыты с выделением. 47
- Кислый фосфорный калий.** 5
- Клиновыи сахар.** 65
- Клетка.** 44
 . паренхимы. 61
 . листьев. 61
 . коры. 62
 . корней. 61

Клетка палломологизированная. 61
 Клеточная оболочка. 61
 Клеточная сетка. 44
 Клеточное ядро. 45
 Клеточный сок. 45
 Клиностат Визвара. 137
 Клубеньковые бактерии. 20
 " " чистые культуры их. 22
 Клубеньные растения—летний период покоя. 185
 Клубни. 231—233
 " стеблевые. 231
 " корневые. 231
 " развитие на надземных органах. 233
 Кноповский питательный раствор. 5
 Кобальтовая бумага. 75
 Кобальтовый желатин. 75
 " метод. 75
 Когда отмирает замерзшее растение. 217
 Кольцевание. 85—86
 " виноградной лозы. 85
 " древесных пород. 86
 " травянистых растений. 86
 Комбинации. 311
 Конус нарастания. 125
 " у химер. 261—262
 Концентрация сахара и переход к цветению. 287
 Копулировка. 246
 Кора. 67. 68.
 Кордон. 177—179
 " одноплечий. 177
 " двухплечий. 178
 " У-образный. 179
 Корневища. 231
 Корневое давление. 62
 Корневые волоски. 62
 " клубеньки у бобовых. 19—22
 " " у небобовых. 23
 " черенки. 236
 Корни—отрицательный гелиотропизм. 143
 " гидротропизм. 155—156
 " выгонка их. 182
 Короткие ветви. 169
 Короткого дня растения. 54
 Ко розия. 25
 Кочанная капуста. 134
 Кочанный салат. 134
 Крахмал. 48. 55. 81—82
 " удаление его ночью. 49
 Крахмальные зерна. 45
 Кремневая кислота. 15
 Кремневый скелет. 15
 Крона—поведение в ней прямостоящих и наклонных ветвей. 173
 Круговая нутац.:я. 158
 Ксантофила. 45
 Ксении. 324
 " яблонь. 325.
 " у кукурузы. 325
 " и двойное оплодотворение. 325—326

Кутикула. 73
 Лабораторный воздух. 207
 Левкои махровые. 290
 Летняя засуха. 203
 Летний период покоя клубневых и луковичных растений. 185
 Линия чистая. 313
 Липазы. 81
 Листовые побеги. 169
 " черенки. 236
 Листопад. 200—210
 " под влиянием застоя воды в почве. 204
 " под влиянием недостатка света. 205
 " под влиянием табачного дыма. 206
 " " " транспирации и недостатка водоснабжения. 207
 " " " вследствие мороза и поражения. 208
 " " " вследствие жары. 203
 Листопад и недостаток света. 205
 " и задержка его электрическим светом. 205
 Листопад осенний. 200
 " биологическое значение, причины. 201
 Листья — изменение химического состава. 49
 Листья — как органы питания. 50
 Лук вицы. 231
 Луковичные растения — летний период покоя. 185
 Лучей направление и гелиотропизм. 14.
 Магний. 15
 М. к. 291
 Мальтоза. 82
 Мамон ое дерево. 70
 Манометр. 64
 Мантичные химеры. 262
 Марганец. 18. 37
 Махровость. 288—293
 " гемифильных растений. 289
 " зигоморфных " 289
 " актиноморфных " 289
 " лютиковых " 289
 " дикора туших " 291
 " в зависимости от изменения условий климата и питания. 291—292
 Махровость — несовместимость с пестролистностью. 289
 Махровость — образование под влиянием галлообразующих клещей. 292
 Махровость — причины. 289
 Махровые левони — способы выращивать семенники, дающие махровые цветы. 288
 Махровые цветы. 287—293
 Медь. 18
 Междовое скрещивание. 324
 Мелкозем. 26.

Менделеевское. 316—319
 Менделеевский закон. 316
 Меристема. 236
 Местное давление ствола. 66
 „ явление плеча. 67
 Метод инфильтрации. 74
 „ Фергюсона для культуры шам-
 пиньонов. 97
 Методы выгонки. 192
 Микорриза. 99
 „ эктотрофия. 99
 „ эндотрофия. 99
 „ орхидей. 101

Микропила. 275
 Минимум специфический. 220
 Модификация. 311
 Мозанковая болезнь табака. 257
 Мороз и листопад. 208
 „ и прорастание семян. 301
 Морозостойкость растений, повышение
 ее при введении некоторых органиче-
 ских и неорганических соединений. 221
 Мотыльковые — связывание свободного
 азота. 19—22
 Мутации. 312
 Мучнистая роса — лечение серой. 37

Набухание. 59, 135
 „ семян. 295
 Навозная жижа — изготовление. 35
 Надлом веток. 90
 Надрезы для регулирования роста. 179
 Найта опыт. 136
 Наклон и изгиб веток. 171
 „ остекления оранжерей. 154
 Напылов о раование при прививке. 251
 Направление лучей и гелиotropизм. 144
 Насекомоядные растения. 108
 Нследственная масса. 315
 Наследственность. 315—320
 Наследственные факторы. 315
 Нафталин. 196
 Начало образования цветов в зависимо-
 сти от природы растения. 280
 Недостаток питательных солей — влияние
 на цветение. 285
 Необходимые составные части золь. 8—14
 Необходимые „ „ 15—46
 Неомовый свет — культура растений на
 нем. 55
 Непентес. 110
 „ культура в оранжерее. 112
 Нервация. 271
 Никтинастические движения. 162
 Нисходящий ток ассимилятов. 82
 Нитратолюбивые растения. 19
 Нитраты. 18
 Нитриты. 18
 Нитрифицирующие бактерии. 18
 Норичниковые. 105
 Нормальное положение при прививке. 251
 Носители красящего вещества. 45
 Нуцелус. 275

Обесшоживание и замерзание. 216
 „ и период покоя. 186
 Обескряживание листьев. 48
 Облагораживание растений. 243
 „ сближением. 245
 Образование органов растения. 161
 „ плодов — причины. 280
 „ „ „ 281
 „ „ „ 280
 „ „ и влажность. 285
 „ „ и недостаток пита-
 тельных солей. 285
 Образование цветов и теплота. 284
 „ „ „ свет. 281
 „ „ „ сахар. 286—287
 „ „ „ теория. 286
 „ „ „ преждевремен-
 ное. 287
 „ „ „ влияние различ-
 ных условий. 280—287
 Обрезка деревьев. 175
 „ „ для формирования
 кроны. 176
 „ „ корней в целях усиления пло-
 доношения. 181
 Одноклеточные организмы. 224
 Одностороннее освещение. 144
 Озон. 18
 Оксидазы. 81
 Окулировка. 246
 Окуривание серой. 37
 Оляха — корневые клубеньки. 23
 Омела. 105—107
 Омоложение. 182, 228
 Опадение цветочных почек. 209
 „ плодов. 209
 „ веток. 210
 Опенж. 94—97
 Оплодотворение двойное. 275
 Оптимум — температурный. 50
 „ — углекислоты. 60
 Опухляк. 174
 Опухоли. 229
 Опыт Найта. 136
 Оранжерей — пр. ветривание. 58
 „ с цветными стеклами. 53
 Органические кислоты. 115
 Органообразование. 164
 Органообразующие вещества. 286
 Орланди — разведение из семян. 101
 Освещение — влияние продолжительности
 его на развитие растения. 54
 Освещение в оранжереях. 152
 Осмос. 60
 Осмотическая сосущая сила. 62
 „ клетка Пфеффера. 60
 „ давление. 60, 67
 Остекление оранжерей. 155
 Осязательная чувствительность расте-
 ний. 160
 Отбор. 321
 Отводки. 233
 Отделяющий слой. 200

- Отапливание оранжерей отбросами хлоп-
 ка. 121
 Отапливание паровых гряд при помощи
 грибов. 120
 Отклонение корней глазами. 157
 Относительное световое довольствие. 149
 Отрицательное давление воздуха сосу-
 дов. 69
 Отскакивание веток. 210
- Пальметты.** 181
 Пальмовое вино. 67
 Папакотин. 303
 Папоротника размножение. 273
 Паразитно живущие растения. 105—107
 Паразиты. 94
 Паратнические тургорные движения. 161
 Паренхимная ткань. 235
 Партеогенез. 276
 Партеокарпия. 277
 Пепсин. 108
 Пептон. 94
 Переваривающе насекомых растения
 108—112.
 Передача раздражения. 148
 Передвижение ассимилятов. 81
 Перекрестное опыление. 323
 Переохлаждение. 216
 Перепонка провицаемая. 60
 полупроницаемая. 60
 Пересадка. 182
 Перетяжка ствола. 86
 Переувлажнение почвы. 122
 Период покоя. 184
 произвольный. 185
 вынужденный. 185
 Периодичность. 184
 Пестролистность. 14, 255
 капусты. 256
 Петров - крест. 94—105
 Пикировка. 182
 Пинцировка. 176
 Пирамидальные деревья. 142
 Пирамидальный дуб. 142
 тополь. 142
 вымирание, вслед-
 ствие постоянного вегетативного раз-
 множения. 269
 Пирамиды. 175
 Питание грибов. 93
 Питательная соль Вагнера. 35
 Питательные вещества — возмещение
 их. 32
 Питательный раствор Бургефа для чистых
 культур гриба орхидей. 103
 Питательный раствор для грибов. 94
 Кнопс. 5
 Плазма. 45
 Плазматическая перепонка. 61
 Плазмолиз. 61
 Плакучие деревья. 140
 Плач. 63
 измерение силы его. 64
 Плесневый гриб. 94
- Плетни. 231
 Плодов опадение. 209
 Плодовой древесины надрез. 90, 179
 Плодовый пояс. 87
 Плодоношение — искусственное повы-
 шение его. 43, 84—90
 Плодушки. 169
 Плоды бескосточковые. 277
 Плооядные растения. 108
 Побледнение листьев. 14
 Поваренная соль. 9
 Повиванка. 94, 105
 Повреждение корней. 181
 Подвой. 244
 Подвязка ветвей. 178
 Поглощение веществ. 59
 Подбельник. 105
 Покой вынужденный. 185
 Покоя период. 184
 глубина. 189
 Покраснение листьев. 92
 Поливка. 79
 теплой водой. 79—80
 Полежание хлеба в. 131
 Полный сбор семян. 282
 Половое размножение. 230
 Положение листьев. 223
 Полупаразитные растения. 105
 Полупроницаемая перепонка. 60
 Полярность. 165, 236
 и черенок. 243
 Помесь. 316
 Полуляция. 313
 Поражение и выгонка. 193
 и дыхание. 115
 Последовательность созревания семян —
 влияние на прорастание их и жизне-
 способность потомства. 304
 Постоянное световое положение листь-
 ев. 147
 Почва. 24
 образование. 24
 строение. 26
 свойства. 27
 теплота. 27
 цвет. 27
 выбор ее для растений. 29
 микроорганизмы. 30
 влияние на окраску цветов гор-
 тензии. 16
 Почвенные бактерии. 30
 Почки листовые. 238
 Предельный плазмолизирующий раст-
 вор. 62
 Преждевременное цветение. 287
 Прививка. 243
 в расщеп. 245
 под кору. 246
 сбоку. 246
 языком. 246
 глазком. 246—247
 кляном (козья ножка). 245
 нормальное положение — кри-
 вое по отношению к подвою. 251

Прививка пром-жуточная. 251
 условия успешности. 248
 Прививочный бастард. 263
 гибрид. 263
 симбиоз резко различаю-
 щихся родов. 254
 Привой. 244
 влияние на подвой. 252
 и подвой. 253
 отношения между ними
 у двудомных. 253
 Придаточные образования. 182
 Причины вымерзания. 219
 Принципка. 176
 Пробуждение почек. 177
 Продолжительность всхожести семян. 305
 жизни растения. 224
 события удлинения ее. 225—228
 Продолжительность теплой ванны. 188
 Промежуточная прививка. 251
 ткань. 247
 Прорастание семян, влияние воды. 294
 кислоро-
 да. 297
 Прорастание семян, влияние света. 299
 мороза. 299
 темпера-
 туры. 298
 Прорастание семян—влияние химических
 воздействий. 301
 Прорастание семян—влияние субстрата.
 303
 —температурных ко-
 лебаний. 309
 Прорастание семян—каталитическое дей-
 ствие ферментов. 303
 Прорастание семян—вещества, препят-
 ствующие ему. 303
 Проталий. 273
 Протезы. 81
 Протоплазма. 45
 Профилиация. 293
 Пфелфера осмотическая клетка. 60
 Пыль. 18
 Пылинки. 275
 Пыльца. 275
 Пыльцевые зерна. 275
 трубки, отрицательный аэро-
 тропизм. 157
 Пыльцевый мешок. 275
 Радия эманация и период покоя. 193
 Разнотелость у растений. 115—120
 Раздражение. 138
 Различия между растениями и живот-
 ными. 134
 Различная требовательность растений к
 свету. 151
 Размножение. 224—293
 бесполое или вегетатив-
 ное. 229, 230
 Размножение половое или генератив-
 ное. 273

Размножение покрытосемянных. 275
 папоротника. 273
 черенками и отводками. 231
 прививками. 243
 и внешние условия. 280
 Разрастание чечевичек на коре. 206
 Раннее цветение. 287
 Раны—эжживание. 228
 и плач. 63
 образование наплывов. 229
 Распускание. 285
 после опадения листьев. 186
 Растения длин ого дня. 54
 короткого дня. 54
 размножаемые листовыми че-
 ренками. 236
 Растения, связывающие свободный
 азот. 19
 Растительная зона. 128
 Расщепления закон. 320
 Регенерация. 228
 Резеда как многолетнее растение. 225
 Рентгеновские лучи и прекращение по-
 коя. 194
 Респирация. 223
 Реинноспора. 266
 Рецессивные аллели. 320
 Ризома (корневище). 231
 Роговые стружки. 35
 Родительские формы. 318
 Рост. 137—210
 общее понятие. 124
 фаза эмбрионального роста. 124
 растяжения. 125
 внутренней дифференциации. 129
 большой период. 125
 задержка вследствие положения.
 171—174
 сильный. 126
 и внешние условия. 129
 в зависимости от наклона и изгиба
 веток. 171
 Ростовое скручивание. 254
 движения. 134
 Росляк. 110
 Рыльце. 275
 Салат Ромей. 132
 эпизивный. 132
 Сальвия. 54
 Самонагревание листьев и цветов. 116
 сырых листьев. 120
 сен. 120—121
 хлопка. 120
 навоза. 121
 дубильной коры. 120
 Сапрофиты. 94
 Сапрофитно-живущие растения. 105
 Сахар. 49, 81
 защитное средство от вымерза-
 ния. 221
 Сахар и образование цветов. 286
 Сахарный клещ. 65
 Сверло Гуттера. 36

Свет и образование органов. 168

- и мороз. 299
- и период покоя. 194
- и ро-т. 130, 175
- и образование цветков и плодов. 281
- в орлянке. 153

Светильный газ. 196, 202, 207

Световые лучи — влияние их цвета на ассимиляцию углекислоты. 51

Световые лучи — влияние различных лучей на развитие растений. 53

Светолюбивые растения. 148

Связывающие азот растения. 19

Сгибание побегов. 180

Сейсмонастия. 163

Секториальные химеры. 261

Селекция растений. 321

Селитра. 18

Селитренные бактерии. 30

Селитролюбивые растения. 19

Сельдерей. 132

Семена, прорастающие в темноте. 300

- с твердыми оболочками. 295

Семенная почка. 275

Семенные года — регулярное повторение их. 282

Семян возраст. 305

- минимальная смертность. 308
- прорастание. 294—309

Семяножка. 275

Семяпочка. 275

Сено — самонагревание. 121

Сераделла. 21

Сера. 15, 37

Сердцевина. 68

Сердцевинные лучи. 69

Сернокислый аммиак. 33

- магний. 5

Сероуглерод. 30, 37.

Сидение гиацинтов. 132, 185

Сила тяжести и геотропизм. 135

Сильвинит. 34

Симбиоз. 100

- искусственный. 253

Синегриды. 275

Синильная кислота. 196

Ситовидные трубки. 84

Скелетообразные варианты. 140

Скелет почвы. 26

Скисывание. 323

Сладкий вкус у клубной картошки. 186

Скопление бактерий на воздушном пути. 47

Слизетечение. 67

Смена поколений. 274

Сморчок. 97

Соединения — гармонические. 251

- — дисгармонические. 251

Созревание — искусственное. 132—133

Сон растений. 162

Сорус. 273

Сосудистые тайнобрачные. 238

Сосущая сила. 61

- живых клеток. 77

Сосущая сила — измерение ее. 77

Сохранение свежести, срезаемыми под водой ветками. 80

Сохранение свойств побегов. 264

Соцветие. 161

Спража. 132

Сперматозоиды. 273

Специфический минимум. 221

Спирогира. 215, 237

Спонтанные тургорные движения. 161

Спор прорастания. 97

Спорангии. 273

Споры. 273

Срез — короткий. 180

- — длинный. 180

Срезание веток под водой. 80

Срастания привоя и подвоя. 247

Старение растений, как следствие бесполого размножения. 269

Стасфуртские калийные соли. 34

Статолиты. 140

Столбик. 274

Стратификация. 296

Суккуленты — выработчики органических кислот. 115

Суперфосфат. 33

Суперфосфат. 33

Суперфосфат. 33

Сырость почвы застойная. 202, 204

Табачная мозаичная болезнь. 257

Табачный дым — вредное влияние. 206

Табачный дым и листопад. 207

Тайнобрачные — процесс оплодотворения. 273

Телеграф — растение. 161

Температура почвы. 27

• и ассимиляция углекислоты. 50

Температура и дыхание. 115

• и рост. 129

• земли в цветочном горшке. 28

• теплой ванны. 189

• и прорастание семян. 298

• переменная. 309

Температурный максимум. 50, 129

• минимум. 50, 129

• оптимальный. 50, 129

Теория выгонки. 196

• спелости Аскенаси. 77

• цветения. 286

Тепло и образование цветов. 284

• развитие его у растений. 115

• определение его. 117

Теплая ванна — средство выгонки. 188

• продолжительность выдерживания растений. 188

Теплая ванна — температура ее. 189

• — практическое устройство. 191

Теплолюбивые организмы. 211

Теплота почвы. 27

Термос. 117

Термофильные бактерии. 120

• плесневые грибы. 120

• водоросли. 212

Тимол. 196
 Тирозин. 82
 Томас плак. 34
 Топофизис. 268
 Торф—консервирующее влияние его на семена. 307
 Точка заморозания. 216
 • роста. 125
 Транспирация. 71
 • методы измерения. 72
 • количество отдаваемой воды. 75
 Транспирация как сосущая сила. 76
 • и листопад. 202
 Трипсин. 303
 Трубки пальцевые — отрицательный аэротропизм. 157
 Трюфель. 97
 Тургесценция. 61
 Тургор. 61
 • изменения. 135
 Тургорное давление. 61
 Тургорные движения. 135, 161
 • паратонические. 161
 • спонтанные. 161
 Тычинки. 275
Уборка с. х. растений в связи с изменением химического состава листьев. 50
Увеличение: цветения и образование плодов при помощи обрезки деревьев. 180
Удлинение жизни растения. 225
 • отдельных частей растений. 227
Удлиненные побеги. 169
Удобрение. 32
 • горшечных растений. 35
 • плодовых деревьев. 36
 • воздуха углекислотой. 55—58
Удобрительная смесь Вагнера. 35
Углекислота. 18
 • содержание в воздухе. 43
Углекислоты ассимиляция. 43—50
Углерод. 43
Узел злаков, геотропизм. 139
Укороченные побеги. 169
Уксусный алдегид (ацетальдегид). 197
Уличный пирамидальный тополь. 142
Усики. 159
 • с присосками. 160
 • чувствительность. 160
Усиление цветения и плодоношения. 180
Условия освещения в оранжерее. 153
 • прорастания семян. 294—303
Устьица. 74
Факторы органообразования. 164
Фасоль. 138
Ферменты. 81
 • и прорастание семян. 309
Флора мусорных свалок. 19
Формы дерева и обрезка 176.—180
Формальдегид. 193

Фосфор. 16
 • восполнение недостатка его в почве. 34
 Фосфорная кислота. 32
 Фотография на листьях растений. 48, 49
 Фототропизм. 143
 Фуникулус. 275
Хемотаксис. 275
Химеры. 258—264
 • переключательные. 261
 • секториальные. 271
Химические воздействия на прорастание семян. 301
Хлор. 15, 16
Хлоралгидрат. 196
Хлористый калий. 5
Хлорное железо. 16
Хлороз. 10
 • причины его. 11
 • наиболее подвергающиеся растения. 11
Хлороз леченный. 12—13
Хлоротичные растения, действие на них железа. 11—12
Хлорофилл. 45
 • флуоресценция его. 45
 • перепроизводство на электрическом свете. 52
Хлорофилловые зерна. 45
Хло. оформ. 30
Холод и выгонка. 186
 • средства защиты. 221
 • и устранение периода покоя. 187
Хроматофоры. 45
Хромозома. 262, 315
Цвет светлых лучей, влияние на ассимиляцию углекислоты. 51
Цвет световых лучей и интенсивность. 144
Цвет и прорастание семян. 300
Цветение в зависимости от интенсивности света. 281
Цветение, влияние температуры. 284
Цветобразующие вещества. 286
Цветочная пыльца. 275
Цветочные горшки, дренаж их. 121
 • для орхидей. 123
Цветочные почки, опадение. 209
Цветы махровые. 287
Целлюлазы. 81
Целлюлоза. 44
Центробежная сила, влияние на растение. 136
Цивик. 18
Черенки. 233
 • стеблевые. 235
 • корневые. 236
 • листовые. 236
 • преимущество разведения ими. 264

Черенки условия выращивания. 240—243
 . . . время заготовки. 240
 . . . место среза. 240, 241
 . . . обрезка листьев. 241
 . . . вода. 242
 . . . температура. 242
 . . . почва. 243
 . . . свет. 243
 . . . полярность. 243

Чистые культуры грибов. 95

Чистые линии. 313

Чувствительность гелитропическая. 145

Шампиньон. 96, 97

• культура. 96

• мицелий. 96

Шчи-таке, гриб, культура его в Японии. 98

Шкала тонов Визнера. 150

Шляпные грибы. 97

Шпалеры. 175

Шрепфен ветки. 180

Щавелевая кислота. 115

Щиток. 246

Эйфорбии. 242

Электрический свет, культура на нем растений. 51

Элементарные виды. 313, 322

Элементы, необходимые для растений. 8

• не необходимые. 15

Эмалация разра и прекращение периода

покоя. 193

Эмбрион (зародыш). 275

Эмбриональное ядро. 275

Эмбриональный мешок. 275

Эндивий с лат. 132

Эндосперм. 325

• и ксении. 325

Этилен. 195

• применение к искусственной от-

белке сель-терия. 132

Этилен, применение к искусственному

ускорению созревания зеленых плодов.

132—133

Этиология. 14, 130

• на практике. 131

Эфир. 30

Эфиризация и выгонка. 187

Юношеские формы. 264

Яблочная кислота. 115

Явнобрачные. 105, 234

• однодольные. 238

• двудольные. 238

Ядро древесины. 69

• зародышевого мешка. 275, 325

Яйцеклетка. 275

Японские карликовые деревья. 38—43

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ, УПОМИНАЕМЫХ В НАСТОЯЩЕЙ КНИГЕ

Akermann, A. — 218

Arrhenius, O. u. Söderberg — 222

Arthur, J. M. — 53

Askenasy — 77, 187

Baar, H. — 300, 303

Bach, F. — 325

Barton Lela, V. — 297

de Bary — 100

Batison, W. — 310

Baur, E. — 255, 256, 257, 258, 260, 262, 310, 311, 314, 322

Becquerel, P. — 305

Belferlinck, M. W. — 257, 267

Beinling, E. — 240

Beßner, L. — 265

Benary, E. — 194, 298

Benecke, W. — 286

Benedict, H. M. — 271

Bernard, N. — 101

Bijhouwer, A. P. C. — 271

Bla A. H. — 144

Boehm, J. — 66

Bonnier, G. — 51

Boresch, K. — 197

Bornemann, F. — 58

Boulanger, E. — 97

Boijsen-Jensen — 148

Buder, J. — 144, 262

Burgeff, H. — 101, 102

Burgerstein, A. — 72, 192, 305

Bursgen, W. — 281

de Candolle, A. P. — 85

Carrière, E. A. — 253, 258

Chsté, E. — 290

Clark, O. L. — 147

Cohn, F. — 120

Correns, C. — 9, 310, 316, 325

Courtiu, A. — 239

Crocker, W. — 53, 296

Crüger, H. — 233, 242

Czapek, F. — 25

Dammier, U. — 222

Daniel — 259

Дарвин, Ч. — 31, 108, 289, 290, 310

Davis — 212

Demoussy — 56

Detmer, W. — 294, 298

Diels, L. — 28, 286, 287

Dingler, H. — 208, 209

Drude, D. — 108

Duchartre, P. — 238

Dugger, B. — 97
Dutrochet, H. — 141

Ehrenberg, P. — 37
Engelmann, T. F. W. — 47, 52
Ewart, E. — 305
Ewertr R. — 278

Faber, F. C. — 24, 66
Ferguson, M. C. A. — 97
Figdor, W. — 67, 247, 256, 299
Findels, M. — 302
Fischer, A. — 57, 302
Fischer, H. — 56, 286
Fitting, G. — 91, 143, 227, 279
Focke, W. O. — 318, 324
Frank, A. B. — 222
Fruhworth, C. — 310, 322

Gakon — 284
Garner, W. W. — 54
Gassner, G. — 196, 197
Gaucher, N. — 176
Gillay, E. — 325
Godlewsky, E. — 55
Goebel, K. — 108, 162, 164, 174, 231, 241,
283, 286, 288, 289, 290.
Goepfert, H. R. — 183, 211, 247
Goetze, E. — 287
Goldschmidt, R. — 310
Gramberg, E. — 97
Gris, E. — 10
Guignard, L. — 275

Haberlandt, G. — 140
Hagem, O. — 146
Hales, St. — 59
Hansen, A. — 57, 236, 237
Hantsteen Cranner, B. — 197
Harris, J. A. — 279
Harschberger — 223
Hartwich, C. — 65
Harvey, R. B. — 132, 133
Hecht, W. — 151
Hefka, A. — 104
Heinricher, E. — 105, 106, 107, 198, 299.
Heinze, B. — 37
Henslow, G. — 293
Hering, G. — 174
Hertzsch, W. — 257
Hildebrand, F. — 91, 288, 289, 305
Hillner, — 21, 23
Hochstetter, W. — 267
Hofmeister, W. — 141
Höhnel, Fr. v. — 75, 80, 210
Höstermann, G. — 55, 88
Howard, W. L. — 187
Huber, B. — 76, 77

Ilitis, H. J. G. — 316

Jäger u. Beissner — 265
Janse — 78
Jessen, C. F. — 272
Jesenko, F. — 193

Johannsen, W. — 187, 310, 313
Jost, L. — 123, 193, 194

Kerner, A. v. — 8, 292, 326
Kinzel, W. — 294, 299
Kiebs, G. — 164, 165, 194, 198, 283, 284,
286, 294.
Knlep, H. — 184
Knight, Th. A. — 136
Knight, J. u. Crocker, W. — 207
Knudson, L. — 100
Koch, L. — 303
Korschelt, E. — 228
Korschinsky, S. — 140, 291, 310, 312
Kratzmann, E. — 16
Kraus, G. — 119, 120, 131
Kreusler — 56
Küster, E. — 14, 193, 228, 243, 256

Lakon, G. — 181
Ledien, F. — 104
Lehmann, E. — 299, 303
Lehmann, E. u. Ottenwälder, A. — 303
Lidforss, B. — 221
Lieske, R. — 249
Lindemuth, H. — 232, 236, 255, 256
Lobner, M. — 237, 251, 291, 305, 310, 322,
324
Loew, O. — 286
Lönis, F. — 23
Loisy, J. P. — 310
Lucas, E. — 85, 176
Lukasch, J. — 239

Magnus — 303
Максимов, М. А. — 221
Masters, M. T. — 289, 291
Mayer, A. — 24
Mayr, H. — 38
Mendel, G. — 316
Mewius, W. — 9
Mez, C. — 220
Miche, H. — 24, 121
Miyoshi — 17
Moebius, M. — 222, 270, 284
Moswes, F. — 107
Mohl, v. H. — 208
Mollisch, H. — 15, 19, 20, 25, 38, 48, 64,
65, 66, 71, 74, 91, 92, 93, 95, 98, 99, 116,
117, 122, 133, 155, 157, 160, 161, 175,
187, 188, 191, 192, 193, 194, 195, 196,
200, 201, 202, 203, 205, 206, 211, 212,
213, 214, 219, 221, 223, 224, 225, 228,
254, 256, 257, 272, 288, 297, 309
Molz, E. — 12
Müller-Thurgau, H. — 85, 186, 211, 216,
278, 279
Myoshi, M. — 17

Nakajima, Y. — 305
Nawaschin, S. — 275
Neer, F. W. — 295, 303
Nemec, B. — 140
Neumann — 237
Nobbe, F. — 294

Noisette, L. — 244

Noll, F. — 259, 277

Ohga, J. — 306

Oltmanns, E. — 146

Oppenheimer, H. — 304

Oltenwälder, A. — 300, 302

Ollo, R. — 36

Overton, E. — 93

Paul, A. — 148

Paul, H. — 9

Peklo, J. — 23

Peter, A. — 307

Petit, A. — 37

Pewzig, O. — 260

Peyritsch, J. — 292

Pfeffer, W. — 187, 221, 274

Pfeifer, Th. u. Blanck, E. — 37

Poenicke, W. — 86, 87

Pringsheim, E. O. — 143, 147

Purnet, R. C. — 310

Raciborsky, M. — 174, 299

Ramann, E. — 24, 30

Regel, F. — 236, 237, 238, 292

Rein, J. J. — 38

Reinart, R. — 57

Reinart, R. u. Klein, R. — 57

Richter, O. — 15, 43, 95, 208

Römker, v. — 310, 322

Russel, E. J. — 24, 37

Sachs, J. — 9, 124, 213, 286

Schaffnit, S. — 220

Schaumann, K. — 302

Schimper, A. F. W. — 9, 201

Schlechter, R. — 102

Schneider-Orelli, O. — 296

Schroeder, H. — 93

Schubert, O. — 239, 248

Seeger — 283

Siemens, C. W. — 51

Simon, S. — 250

Smith, E. P. — 229, 238

Solms-Laubach — 293

Sorauer, P. — 38, 67, 89, 204, 210, 222,

223, 247

Späth, H. L. — 186

Sperlich, A. — 304, 305

Stahl, E. — 63, 75, 100

Stark, P. — 139, 148, 160

Stoklasa, J. — 16

Stone, E. G. — 153

Strasburger, E. — 249, 254, 260

Stringfellow, H. M. — 183, 268

Teichert, O. — 245, 249

Thouin, A. — 244

Timpe, H. — 256

Tittmann — 243

Treviranus, L. C. — 85

Tschermak, E. v. — 97, 210, 316, 322

Tschirch, A. — 65

Tubeuf, C. v. — 107, 108, 204, 282, 294

Ursprung, A. — 77

Ursprung, A. u. Blum, G. — 77

Vöchting, H. — 141, 164, 167, 168, 171,

173, 174, 206, 233, 243, 244, 247, 252,

253, 254, 255, 267, 281

Volken, G. — 198, 199, 301

Vouk, V. — 17

den Vries, H. — 227, 285, 296, 310, 312,

316, 322, 323

Wagner, A. — 135, 108

Weber, F. — 192, 194, 199

Wehnelt, B. — 228

Weismann, A. — 224

Wettstein, R. v. — 103, 324

Wiegner, G. — 24

Wiesner, J. — 71, 143, 149, 151, 152, 202,

203, 299

Willstätter, R. u. Stoll, A. — 58

Winkler, H. — 227, 247, 254, 258, 259, 262,

263, 276

Winter, E. — 57

Wolf, E. — 5

Wollny, E. — 31

Woronin, M. — 20

Wright, H. — 201

Zimmermann, A. — 24

Zinstow, O. v. — 5

УКАЗАТЕЛЬ ЛАТИНСКИХ НАЗВАНИЙ

Abies 11, 42, 249.

Abutilon 14, 48, 203, 256, 267.

Acacia 22, 295.

Acer 14, 251, 287.

Achillea 118, 289.

Achimenes 214, 239.

Achyranthes 47.

Acorus 270.

Adoxa 137.

Aeschinanthus 240.

Aesculus 67, 183, 194, 195, 208, 290.

хлоропс его 11.

Agaricus 96, 97.

Agathus 67.

Agave 68, 225.

Agepatum 213, 218.

Agrostis 309.

Alantus 152.

Aira 309.

Akibia 11.

Albizia 296.

Alchemilla 276.

Aldrovandia 112.

Alectorolophus. 105, 304, 305.

Pistum 21, 250.
Plectranthus 249.
Poa 270.
Podocarpus 205, 210, 249, 287.
Podostemon 236.
Polygonum 38, 295, 302.
Populus 142, 192, 209, 236, 269.
Portulaca 240.
Potamogeton 302.
Primula 17, 281, 283, 291, 292, 301, 310.
Prinos 249.
Prunus 8, 194, 210, 254.
Ptelea 256.
Pteris 238.
Pulmonaria 9.).
Q
Quercus 11, 41, 98, 142, 210.
Quinaria 160.
R
Ranunculus 238, 270, 290, 291, 299.
Raphanocarpus 250.
Reseda 225.
 пролификация 293.
Retinospora 266.
Rhamnus 188.
Rhizoctonia 101.
Rhododendron 205, 223, 249.
Rhus 195.
Ribes 188, 189.
Richardia 204.
Robinia 11, 13, 22, 69, 83, 142, 147, 161,
 164, 183, 207, 250, 295.
Rochea 239.
Rosa 247, 287, 291.
Rubus 231.
Rumex 8.

S
Sagittaria 302.
Saintpaulia 300.
Salix 141, 165, 188, 191, 192, 236.
Salvia 108.
Sambucus 287.
Sanchezia 214.
Sansevieria 239.
Sarothamnus 8.
Sarracenia 112, 299.
Sauromatum 120.
Saxifragaceae 23.).
Scabiosa 288.
Schizolobium 67.
Sciadocalyx 324.
Sciadophyllum 249.
Scilla 119, 185.
Scirpus 302.
Scleranthus 8.
Scrophularia 302.
Scrophulariaceae 289.
Secale 293.
Sedum 239.
Selaginella 206, 239.
Sequoia 70, 225.
Selaria 148.
Shitake 98.
Scleridium 250.
Sicyos 250.
Silene 108.

Sinapis 19, 145.
Sinningia 300.
Solanum 19, 119, 238, 248, 250, 258, 260,
 263.
Soldanella 300.
Sonneratia 122.
Sophranites 323.
Sorbus 256.
Sparganium 302.
Sparmannia 164, 268.
Spergula 295.
Sphagnum 8.
Spiraea 11, 192, 195.
Spiranthes 101.
Stachys 301, 306.
Stapelia 242.
Staphylea 279, 290.
Stellaria 19, 184.
Streptocarpus 240, 300.
Swietenia 287.
Symplocos 16.
Syringa 74, 188, 189, 194, 195, 249, 287.

T
Taraxacum 276.
Taxodium 210.
Taxus 205, 224, 249, 267.
Tellima 238.
Tetragonobolus 295.
Teucrium 8, 301.
Thalictrum 276, 301.
Theophrasta 239.
Thesium 105.
Thladiantha 249.
Thuja 210, 265, 297.
Tilia 67, 184, 190.
Tolmilla 62, 206, 23.).
Torenia 227, 239.
Torreya 249.
Tozzia 105.
Tradescantia 206, 222, 236.
Trichosanthes 250.
Trifolium 250, 295, 298.
Trigonilla 295.
Tropaeolum 44, 159.
Tuga 249.
Tuber 97.
Tydea 324.
Typha 56.

U
Ulex 295.
Ulmus 142, 210.
Urtica 19, 319.
Utricularia 112, 239.
V
Vanda 101, 103.
Veitheimia 119.
Verbascum 300, 302.
Veronica 299.
Viburnum 192, 219.
Vicia 206, 250.
Victoria regia 119, 212, 294.
Vinca 231, 270.
Viola 29, 223, 313.
Viscum 94, 105, 107, 299, 300.
 физиологические
 рассы 106.

Viburnum состояние покоя
семян 198
Vitis 62, 271.
Wistaria 11.
Woodwardia 288.

Xeranthemum искусственная окраска 91.
Yucca 231, 234.
Zea 11, 298.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ПИТАНИЕ.

	Стр.
Предисловие	3
1. Водные культуры	5
2. Зольные элементы, необходимые для растений	8
Известь	—
Железо и хлороз растений	10
Сера, фосфор, калий и магний	15
3. Зольные элементы не являющиеся необходимыми для растений	—
Кремний	—
Хлор	16
Алюминий	—
Влияние почвы на окраску цветов гортензии	—
Марганец, цинк и медь	18
4. Азот	—
Растения, связывающие азот	19
5. Почва	24
Образование почвы	—
Строение	26
Свойства	27
Гумус	28
6. Удобрение	32
Стимуляторы	37
Карликовые культуры	38
7. Ассимиляция углекислоты	43
О культуре растений на электрическом свете	51
О культуре растений на неоновом свете	55
Удобрение воздуха углекислотой	—
8. Вода и ее передвижение	59
Поглощение веществ	—
Корневое давление	62
Гуттация	—
Плач	63
Местное давление ствола	66
Слизетечение	67
Пальмовое вино	—
Древесина как водопроводящий путь	68
Отрицательное давление воздуха в сосудах	69
Капиллярность	70
Транспирация	71
Устьица	74
Метод инфильтрации	—

	Стр.
Кобальтовый метод	75
Транспирация как сосущая сила	76
Живая клетка	77
9. Значение транспирации и транспирационного тока в садовых работах	78
Закаливание	—
Поливка	79
О завядании отрезанных побегов	80
10. Передвижение ассимилятов	81
Крахмал; сахар, жир и белок	—
Нисходящий ток ассимилятов	82
Искусственное повышение плодоношения при помощи задержки тока ассимилятов	84
Кольцевание - перетяжка ствола петлей, карликовой подвой, закручивание и надлом веток и надрез древесины	85
О случаях резкого повышения образования антоциана (покраснение листьев)	90
11. Питание грибов	93
Чистые культуры	95
Культура шампинионов	96
12. Особые виды питания	99
а) Микорриза	—
б) Микорриза орхидей и разведение орхидей из семян	101
в) Различные сапрофитно-или паразитно-живущие цветковые растения	105
г) Насекомоядные или плотоядные растения	108

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ДЫХАНИЕ.

1. Развитие тепла при дыхании	115
2. К вопросу об отоплении паровых гряд при помощи грибов	120
3. Дыхание, дренаж и цветочные горшки	121

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. РОСТ

1. Общее понятие	124
2. Рост и внешние условия	129
а) Температура	—
б) Свет	130

	Стр.		Стр.
3. Ростовые движения	134	Условия успешной прививки	248
а) Геотропизм	135	Промежуточная прививка	251
б) Гелиотропизм	142	Отношение между привоем и под- воем	252
в) Гидротропизм	155	Преимущества размножения че- ренками и прививками	264
г) Аэротропизм	157	Индивидуальность побегов и их со- хранение свойств побегов	—
д) Выющиеся растения	158	Ведет ли продолжительное беспло- е размножение черенками и прививкой к старению	269
е) Усики	159		
4. Тургорные движения	161	2. Половое размножение	273
Образование органов	164	Размножение папоротника	—
Полярность	165	" покрытосемянного	
Сила земного притяжения и свет	168	цветкового растения	275
Ветвление под влиянием внутрен- них и внешних воздействий	—	Влияние различных условий на образование цветов и плодов	280
Значение для роста наклона и из- гиба побега	171	Теория цветения	286
Поведение в корне прямостоящих и наклонных систем побегов	173	Махровые цветы	287
Обрезка деревьев	175		
5. Период покоя выгонки и ли- стопад	184		
а) Период покоя	—		
б) Выгонка	185		
в) Листопад	200		
г) Опадение цветочных почек, пло- дов и ветвей	209		
ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ. ЗАМЕРЗАНИЕ И ВЫМЕРЗАНИЕ РАСТЕНИЙ		ЧАСТЬ ШЕСТАЯ. ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯМ	
1. Вымерзание растений при тем- пературе немного выше 0°С	212	1. Условия прорастания	294
Завядание растений при низких температурах	213	2. Последовательность созрева- ния семян	304
Вымерзание растений при темпе- ратуре выше 0° при понижен- ной транспирации	—	3. Продолжительность сохране- ния всхожести семян	306
2. Вымерзание замерзших растений	214	ЧАСТЬ СЕДЬМАЯ. ИЗМЕНЧИВОСТЬ, НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И СЕЛЕКЦИЯ.	
Замерзание неживых объектов, клеток и тканей	—	1. Изменчивость	311
3. Когда отмирает замерзшее рас- тение — при оттаивании или раньше	217	Модификации	—
4. Причины вымерзания	219	Комбинации	—
5. Положение некоторых листьев при температурах ниже нуля	223	Мутации	312
ЧАСТЬ ПЯТАЯ. РАЗМНОЖЕНИЕ		Популяции и чистые линии	313
1. Бесполое размножение	230	2. Наследственность	315
Плети и усы, корневища, клубни и луковичы	231	Законы Менделя	316
Отводки и черенки	232	3. Наследственность и селекция	321
Условия выращивания черенков	240	Отбор	—
Облагораживание или прививка	243	Скрещивание	323
		Ксении	324
		Указатели.	
		Предметный указатель	327
		Указатель авторов, упомина- емых в настоящей книге	336
		Указатель латинских названий	338