



Д. ВАХМИСТРОВ
**РАСТЕНИЯ
БЕЗ ПОЧВЫ**

БИБЛИОТЕЧКА ПИОНЕРА

Знай и умей

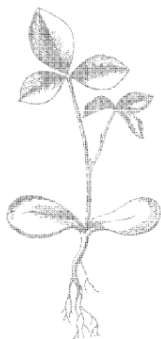
ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»

ШКОЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

БИБЛИОТЕЧКА ПИОНЕРА
«Знай и умей»

Д. ВАХМИСТРОВ

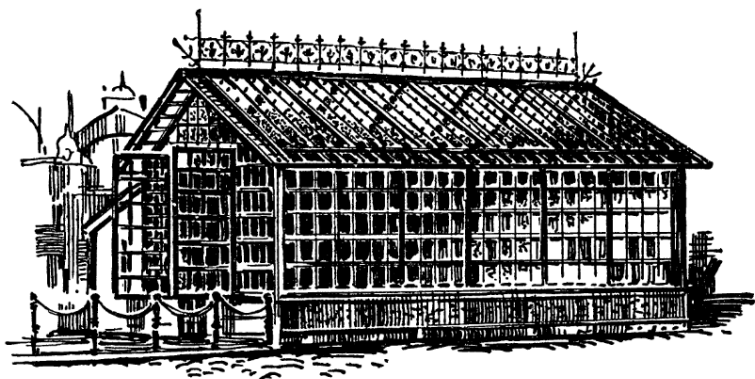
РАСТЕНИЯ БЕЗ ПОЧВЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
МОСКВА 1965

Дорогие ребята, эта книга расскажет вам о гидропонике — новом методе выращивания растений без почвы. Она научит вас получать овощи и витаминные корма для животных, выращивая растения в растворе, песке, гравии и даже в воздухе; научит, как сделать самим простейшее оборудование для этого.

Рисунки и оформление Б. Белова



Это было жарким летом 1896 года в Нижнем Новгороде (теперь город Горький). На большом пустыре на берегу Волги уже несколько недель стучали топоры плотников и скрипели подводы, подвозившие бревна и доски. С каждым днем здесь рос сказочный городок: причудливые терема, украшенные деревянной резьбой, куполами и башенками, — павильоны первой Всероссийской выставки сельского хозяйства и промышленности. Но вот наступил торжественный день открытия, и в расцветенные яркими флагами павильоны хлынули толпы любопытных и просто любопытных посетителей.

Вокруг одного павильона собралось особенно много людей. Павильон выглядел необычно: все в нем — и стены и крыша — было из стекла. Сквозь его прозрачные стены виднелась сочная зелень растений. Но это были не пальмы, не причудливые кактусы, не редкостные орхидеи. В высоких стеклянных банках стояли обычные, всем хорошо знакомые растения: кукуруза, подсолнечник, гречиха. Но росли они на... воде! За стеклянными стенками банок, как в аквариуме, тихо колыхались густые пряди белых корней, и каждый из них можно было отлично рассмотреть сквозь прозрачную воду. Крупная, выше че-

ловеческого роста, кукуруза уже выбросила тяжелые початки наливающегося зерна. И трудно было поверить, что выросла она без почвы. Из этикеток можно было узнать, что в каждой банке растворено немного минеральных солей — две части на тысячу частей воды. Это была так называемая водная культура растений. На Нижегородской ярмарке ее впервые в нашей стране показывал Климент Аркадьевич Тимирязев.

Много позже в одной из лекций Климент Аркадьевич рассказывал:

— С удовольствием вспоминаю я одного скептика, местного нижегородского жителя, поклявшегося мне, что он чуть ли не день за днем следил за нашими водными культурами, сначала со злым намерением уличить нас в шарлатанстве, а затем сам увлекся и уверовал.

Теперь в водной культуре растения выращивают не только в научно-исследовательских институтах, но и в совхозных теплицах. Знакома она и многим юным натуралистам. Но в те времена водная культура была новинкой, она только что начала появляться в лабораториях ученых-ботаников. Люди видели в ней лишь удивительный фокус, забавную выдумку чудаков ученых.

И никто в те времена не мог предполагать, что пройдет немного времени, и водная культура постепенно вытеснит почву из теплиц овощеводов.



ОПЫТ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНОГО ГОЛЛАНДЦА

Люди издавна привыкли к тому, что растения растут в почве. Чем темнее почва, тем она плодороднее, тем лучше и быстрее растут на ней растения. Каждый знает, что наши кубанские или украинские черноземы самые плодородные в мире. А на светлой подзолистой или пещаной почве растения обычно получают хилыми.

Темный цвет почве придает органическое вещество — гумус. Гумус образуется при разложении растительных остатков: отмерших корней, опавших листьев... Поэтому с глубокой древности люди думали, что растения питаются почвой, ее органическим веществом.

Но нашелся человек, решивший проверить эту, казалось бы, бесспорную истину. Это был голландец Ван-Гельмонт, живший более трехсот лет назад. Он поставил опыт, но, к сожалению, не смог сделать правильные выводы.

Ван-Гельмонт посадил ветку ивы весом 2 килограмма в кадку с сухой землей весом 91 килограмм и поливал ее дождевой водой. Ветка укоренилась, прошло пять лет, растение прибавило в весе 74 килограмма, а вес почвы уменьшился только на 62 грамма. Значит, заключил Ван-Гельмонт, основной «строительный материал» растения берут не из почвы. Тогда откуда же? И он решил, что главная пища растений — вода.

В самом деле все растения больше чем наполовину состоят из воды. Но ведь, кроме воды, они содержат и многие другие вещества. Мы с вами можем легко убедиться в этом.

ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ РАСТЕНИЕ

Взвесим какое-нибудь растение, например подсолнечник. Для этого его нужно выкопать вместе с комом земли. Землю осторожно отряхнуть с корней, корни тщательно отмыть, а потом осушить фильтровальной бумагой или ватой. Предположим, растение весит 100 граммов.

Теперь высушим его на солнце. Чтобы растение высохло быстрее,отрежем ножницами листья, а стебель разрежем на несколько частей и расщепим вдоль острым ножом.

Когда кусочки стебля станут хрупкими, можно считать, что растение потеряло всю свою воду.

Взвесим высушенное растение. Теперь его вес не более 10—15 граммов. Значит, на 100 граммов веса приходится 85—90 граммов воды. Растение почти «жидкое»! Однако его листья и особенно стебли упруги и довольно тверды. Как же это может быть? Как «жидкое» растение может сохранять свою форму?

Ничего удивительного в этом нет. Вам, конечно, известны полиэтиленовые мешочки, в которых можно хранить жидкости. Если наполнить такой мешочек водой и крепко завязать его, он хорошо сохраняет свою форму, становится упругим и крепким. Из подобных мешочков-клеток и состоит любое растение. Каждая клетка — это микроскопическая капелька воды, плотно «упакованная» в тонкую оболочку из органических веществ. Эти органические вещества и остались после высушивания нашего растения.

Но только ли органические? Давайте высыплем оставшиеся 10—15 граммов сухого вещества на чистую сковороду и прокалим его на сильном огне (делать это нужно на открытом воздухе). Если время от времени осторожно раздавливать и перемешивать комочки обуглившегося вещества, то через некоторое время на сковороде останется только небольшой налет сероватой золы. Золы очень мало, и нужны точные химические весы, чтобы ее взвесить. Вес золы 0,5—1 грамм, всего 0,5—1 процент от веса целого растения.

Химики уже давно узнали, что зола состоит из минеральных солей фосфорной кислоты, калия, кальция, магния и других элементов. Нужны ли эти соли расте-

нию? Ведь они составляют ничтожную часть его веса. Может быть, минеральные соли — это случайная примесь, которую корни засасывают из почвы вместе с водой?

Где-то в земле пробираются между комочками почвы медленно растущие корни. По дороге они «слизывают» с этих комочков невидимые капли воды, впитывают их и отправляют от одной клетки к другой вверх по стеблю. Гибкий стебель поднимает к солнцу тонкие зеленые пластинки листьев. Листьями, как раскрытыми ладонями, ловит растение солнечные лучи. Вы, наверно, замечали, что если растение освещается только с одной стороны (например, комнатные растения на окне), то его листья поворачиваются в сторону света, тянутся к нему. Свет необходим листьям так же, как любому заводу топливо. На заводах тепловая энергия, получаемая при сжигании топлива, превращается в механическую энергию движения станков и машин. В листьях же световая энергия солнечных лучей поглощается особым зеленым веществом — хлорофиллом и превращается в химическую энергию. Эта химическая энергия и тратится на «производственный процесс» листа — фотосинтез. Ведь лист растения — это тоже завод. В его цехах-клетках из простых молекул углекислого газа и воды изготавливаются сложнейшие молекулы органических веществ: углеводов, жиров, белков. Каждая из этих молекул — длинная цепочка атомов углерода, к которым присоединяются атомы водорода, кислорода и некоторых других элементов. Цепочки свертываются в кольца, ветвятся, переплетаются между собой, образуя основу клетки — прочную ткань протоплазмы.

Если бы растение строило свои клетки только из протоплазмы, ему понадобилось бы очень много строительного материала. Но природа нашла более экономный путь: она наполнила клетку водой. Ведь вода в готовом виде доставляется корнями. А для того чтобы клетка стала прочной, капля воды одета тонким слоем органических веществ — протоплазмой.

Так из воды и органических веществ растение создает клетки — жидкие, но прочные «кирпичи», из которых складываются все части растения — от корня до листьев и цветов.

ОДИН ПРОЦЕНТ, БЕЗ КОТОРОГО НЕВОЗМОЖНА ЖИЗНЬ

Как мы уже убедились, вода и органические вещества составляют 99 процентов от веса растения. Значит, на долю солей приходится всего 1 процент. А не могут ли растения обойтись совсем без солей?

Попробуем насыпать в цветочные горшки белого речного песка, как следует отмытого от ила, и посеять в них семена мака, пшеницы и фасоли. Поставим горшки на свет и будем каждый день поливать появившиеся всходы.

Воздуха и воды растениям достаточно. Но проростки мака погибнут, едва появившись. Всходы пшеницы и фасоли в первые дни выглядят хорошо: они зеленые, свежие и растут прямо на глазах. Но пройдет 5—6 дней, и листья пшеницы начнут желтеть, кончики их засохнут и побуреют, а еще через несколько дней проростки погибнут. Всходы фасоли будут жить дольше, но недели через две погибнут и они. Значит, минеральные соли, как ни мало их содержится в растении, все-таки необходимы для его жизни.

В семенах есть небольшой запас солей, и, чем крупнее семя, тем больше солей оно содержит, тем дольше росток может жить на этом запасе. Семена мака величиной с булавочную головку, и запасом солей они обеспечивают всходы только день-два. В крупных же семенах фасоли солей хватает на 2—3 недели. Но кончится этот запас, и молодые растения погибнут, если появившийся корешок не встретит на своем пути питательных солей.

ИСКУССТВЕННАЯ ПОЧВА

О пользе золы для растений люди знали уже много веков назад. Когда-то большая часть древней Руси была покрыта лесами (само слово «древность» происходит от старославянского «древ» — дерево). В те времена крестьяне выкорчевывали участок леса, стволы и сучья сжигали, а золу запахивали в землю. Следовательно, они не только отвоевывали у леса участок под пашню, но и удобряли его. А когда через несколько лет почва истощалась, выжигали новый участок.

Попробуем и мы добавить немного золы в наши гор-

шки с песком. Проходит день за днем, и в горшках, куда мы внесли немного золы, не только фасоль, но и пшеница и даже мак весело зеленеют и разворачивают новые листочки. Но через некоторое время растения начинают желтеть и в конце концов засыхают. Оказывается, не все соли золы растворяются в воде. А главное, в золе нет азота — одного из важнейших элементов минерального питания. Он улетучивается при сжигании.

Ученые много поработали, прежде чем вырастили растения без почвы от всходов до созревания (или, как говорят, «от семени до семени»).

Прежде всего ученым следовало установить, какие соли и в каком количестве нужны растениям. Впервые это выяснил немецкий агрохимик Кноп около ста лет назад. Пытаясь вырастить пшеницу на воде, он добавлял к ней то одну, то другую соль, то различные смеси солей. После долгих поисков и неудач он наконец нашел рецепт первой искусственной почвы.

Азотнокислый кальций	1	г/л
Азотнокислый калий	0,25	»
Фосфорнокислый калий	0,25	»
Хлористый калий	0,25	»
Сернокислый магний	0,25	»
Хлористое железо	0,01	»

Этот раствор содержит все необходимые растениям питательные элементы: азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу и железо. Поэтому высаженные на него проростки пшеницы дали нормальные растения, которые заколосились и принесли полноценное, зрелое зерно.

В честь создателя раствор был назван питательной смесью Кнопа. Этот раствор К. А. Тимирязев использовал для показа водной культуры растений на Нижегородской ярмарке.

ГУЛЛИВЕР И ХИМИЯ

Вы все, конечно, читали в детстве книжку о путешествиях Гулливера. И если вы читали ее внимательно, то, наверно, заметили, что ее автор, английский писатель

и философ Джонатан Свифт, вложил в нее много серьезных мыслей о судьбах человеческого общества. Например, в одной из своих бесед не по росту мудрый король лилипутов говорит Гулливеру:

— Тот, кто сумел бы вырастить два колоса там, где раньше рос один, две былинки травы, где росла одна, заслужил бы благодарность всего человечества.

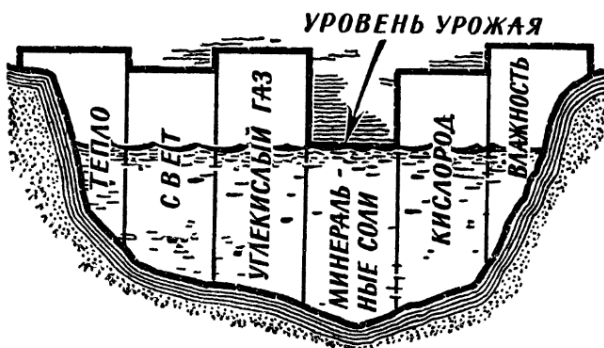
Теперь мы знаем, что урожай на любом поле можно не только удвоить, но и утроить. Эту возможность дает нам современная химия. Но во времена Свифта, в XVIII веке, люди еще не умели вмешиваться в жизнь природы.

Что нужно для того, чтобы растение дало ранний и высокий урожай? Конечно, создать наилучшие (или, как говорят, оптимальные) условия для его роста и развития. Главные из них: свет и содержание углекислого газа в воздухе, вода, кислород и питательные соли в почве. Оптимальную освещенность создать нетрудно. Хотя еще не изобретен реостат, которым можно было бы регулировать яркость солнца, но это и не нужно. Достаточно высеять семена на таком расстоянии, чтобы ни один луч света не пропал даром и при этом растения не слишком затеняли друг друга. Об углекислом газе можно не заботиться: в атмосфере всегда содержится около 0,03 процента CO_2 , как раз столько, сколько нужно для фотосинтеза. Правда, растения непрерывно поглощают его, но эта убыль автоматически пополняется за счет дыхания почвенных микроорганизмов. Ведь этих ничтожно малых существ на 1 гектаре содержатся тысячи килограммов! Кроме того, приземный слой воздуха удобряется углекислотой при внесении в почву навоза.

Значительно труднее создать оптимальные условия для корневой системы. Почву рыхлят, чтобы обогатить ее воздухом, проводят снегозадержание, а иногда и орошение полей для снабжения растений влагой.

Все эти приемы известны давно. Они, конечно, повышают урожай, но вырастить два и три колоса там, где раньше рос один, удвоить и утроить урожай с их помощью нельзя.

Представьте себе плотину, состоящую из бетонных щитов. Уровень воды в водохранилище — это урожай. Бетонные щиты — факторы внешней среды. Уровень



воды в водохранилище определяется высотой плотины. Что будет с урожаем, если мы улучшим какой-нибудь один фактор среды, например освещенность, то есть увеличим высоту одного из щитов? Только, прежде чем ответить, подумайте хорошенько. Верно, урожай останется тем же самым. А если увеличим высоту двух щитов? Трех? Четырех? Понятно, что уровень воды от этого тоже не повысится. Он не повысится даже в том случае, если мы наростим все щиты, кроме одного: вода будет уходить через этот, самый низкий, щит. О таком факторе внешней среды говорят, что он лимитирует, ограничивает урожай.

В природе никогда не бывает, чтобы растения были одинаково обеспечены всем необходимым. Обычно одни условия находятся в избытке, другие — в недостатке. Так вот, если мы создали растениям наилучшие условия освещения, влажности и аэрации почвы, установили достаточную концентрацию CO_2 в воздухе, выпололи все сорняки — словом, позаботились обо всех щитах нашей плотины, кроме одного — содержания в почве элементов минерального питания, — урожай будет поддерживаться на каком-то определенном уровне. И если мы будем дальше улучшать любое из условий — освещенность, влажность или аэрацию, — урожай не сможет подняться выше этого уровня. Больше того, год от года он будет снижаться. Ведь вместе с урожаем мы ежегодно выносим с поля минеральные соли,

Знаете ли вы, что одно растение пшеницы за лето поглощает из почвы 1,98 миллиграмма азота, 0,31 миллиграмма фосфора и 1,03 миллиграмма калия? Не так уж много, правда? Тем более, что часть этих веществ вместе с корнями остается в почве. Но на каждом гектаре растет 50 миллионов растений пшеницы. Поэтому с урожаем (в зерне и соломе) мы ежегодно вывозим с гектара 99 килограммов азота, 15 килограммов фосфора и 51 килограмм калия. Если пересчитать на соли (например, на натриевую селитру, хлористый калий и суперфосфат), то получится, что почва теряет ежегодно 1370 килограммов питательных солей с каждого гектара. А это уже внушительная цифра.

Правда, потери отчасти возобновляются. В этом нам помогают наши друзья — микроорганизмы. Одни из них, силикатные бактерии, разрушают глинные минералы, освобождая для растений калий. Другие, клубеньковые бактерии, живущие на корнях бобовых растений, связывают свободный азот воздуха (N_2) в доступные растению формы (нитраты и аммиак). Поэтому после бобовых культур (клевера, люцерны, бобов, гороха) почва бывает богаче азотом, даже если ее не удобряют азотом. Ту же задачу выполняют и другие виды бактерий, так называемые свободно живущие азотофиксаторы. Они связывают (фиксируют) азот воздуха без помощи бобовых растений, питаясь мертвыми растительными остатками.

К тому же люди издавна научились возвращать на поле по крайней мере часть выносимых с него питательных веществ, удобряя почву навозом.

Но растениям нужны не просто питательные соли, а определенные соотношения их. Например, пшеница на 100 частей азота поглощает 15 частей фосфора и 51 часть калия. А в навозе на каждые 100 частей азота приходится 20 частей фосфора и 95 частей калия. Поэтому при внесении в почву только органических удобрений соотношения между питательными солями могут быть нарушены. Часть щитов в нашей плотине опять окажется ниже остальных.

Вот почему управлять урожаем — не только поддерживать его на определенном уровне, но и повышать по своему усмотрению — человек научился только с помощью искусственных минеральных удобрений. Но для это-

го нужно было прежде всего знать, чем и как питаются растения. Вот тут-то и пригодился агрохимикам метод беспочвенного выращивания растений.

ОТКРЫТИЕ СЕДЬМОГО КОНТИНЕНТА

— А почему этого нельзя узнать в поле? — спросите вы.— Ведь можно сделать химический анализ растения, выращенного в почве, и узнать, какие соли оно содержит.

Но оказалось, что это не так просто. Сделать анализ растения, конечно, можно, но как узнать, все ли соли, которые оно содержит, необходимы для его жизни? У нас в Средней Азии много засоленных почв. В этих почвах содержится хлористый натрий — обычная поваренная соль. Натрий большинству сельскохозяйственных растений не нужен, даже вреден, если его много. Но растения все равно поглощают его, засасывая вместе с водой.

Злаки — пшеница, рожь, овес,— где бы ни росли, всегда содержат довольно много кремния. Но если выращивать пшеницу на питательном растворе без кремния, она будет отлично развиваться и даст полноценное зерно. Следовательно, кремний не нужен растениям в таком большом количестве. Поглощают они этот элемент просто потому, что его много в почве.

Значит, если мы хотим узнать, нужен или нет тот или иной элемент растению, мы должны вырастить это растение в среде, не содержащей этого элемента.

В почве всегда имеются самые разные соли — и нужные и ненужные растениям. Следовательно, для такого опыта почва не подходит. Опыт следует ставить в совершенно бесплодной среде, например в песке или на воде. В такую среду можно внести смесь любых минеральных солей и включить или не включить в нее изучаемый элемент.

Перед нами ряд одинаковых стеклянных банок — вегетационных сосудов. В них на растворах питательных солей выращивают кукурузу. Почему же так по-разному выглядят растения?

В первом сосуде — полная питательная смесь. Она содержит все необходимые для питания растений элементы: азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу,



1 — кукуруза, выращенная на полной питательной среде; 2 — на питательной среде без железа; 3 — без магния; 4 — без фосфора; 5 — без азота; 6 — без кальция; 7 — без калия; 8 — на дистиллированной воде.

железо. А в остальных сосудах — та же смесь, за исключением какого-нибудь одного элемента минерального питания.

На рисунке вы видите, как выглядит растение, если из раствора исключить какой-нибудь один элемент питания: рост культуры прекратится, и растение в конце концов погибнет. Исключенный элемент нельзя заменить никаким другим. Ведь если в плотине вынуть один из щитов и наращивать другие, водохранилище все равно останется пустым.

Немного позже, когда научитесь выращивать растения без почвы, вы сами сможете поставить такой опыт.

При помощи вегетационного метода агрохимии не только узнали, какие элементы нужны растениям. Они подробно изучили потребности разных сельскохозяйственных культур в питании и научились удовлетворять их. Ученые нашли так называемые критические периоды питания каждой сельскохозяйственной культуры. Они определили, на каком этапе жизни — при прорастании, во время бутонизации, цветения или плодообразования —

данная культура особенно нуждается в азоте, фосфоре или калии. При помощи удобрений — минеральных солей — агрохимии научились не только улучшать развитие растений, но направлять его в нужную человеку сторону. Если, например, хотят получить больше листьев (при выращивании капусты, кормовых трав, кукурузы на силос), в почву следует внести больше азотных удобрений. Если основной частью урожая является стебель (у лубяных культур — льна, конопли), в почву вносят больше калия. А для развития плодов растения особенно нуждаются в фосфоре.

На современных заводах у пульта управления сложных и умных машин стоят инженеры-операторы. Нажмуг кнопку — и машина послушно выполняет нужную операцию. Поле — тоже машина, но своеобразная. Она состоит из живых «деталей» — растений — и поэтому во много раз сложнее и капризнее. Она вырабатывает продукты питания и сырье для многих отраслей промышленности. И этой машиной тоже необходимо управлять. У «пульта управления» ростом и развитием сельскохозяйственных растений стоит агроном, хорошо изучивший потребности растений и свойства минеральных удобрений.

Если он хочет получить урожай как можно раньше, то во время бутонизации растений он «нажимает» кнопку «фосфор» — подкармливает их суперфосфатом. Если, наоборот, хочет растянуть созревание, чтобы растения успели образовать побольше плодов, «нажимает» кнопку «азот» — вносит в почву селитру. Если агроном видит, что в конце лета помидоры еще не начали краснеть, он «нажимает» кнопку «калий» — этот элемент усиливает отток питательных веществ из листьев и ускоряет налив плодов. В дождливые и пасмурные годы, чтобы растения не «израстали» в ботву, дозу калийных удобрений тоже увеличивают.

Основатель советской агрохимии академик Дмитрий Николаевич Прянишников сравнивал применение минеральных удобрений с открытием нового континента. Действительно, с их помощью люди дополнительно получают теперь столько сельскохозяйственных продуктов, как будто освоены новые земельные площади, равные обеим Америкам — Северной и Южной.

А ЧТО, ЕСЛИ ЗАМЕНИТЬ ПОЧВУ?

Но управлять минеральным питанием растений в почве намного труднее, чем в чистом питательном растворе, — ведь в вегетационном сосуде все соли легко доступны растению, и потери их исключены. В почве же часть удобрений (иногда довольно большая) вымывается водой вглубь, в так называемую подстилающую породу, и уносится грунтовыми водами. Другая часть удобрений связывается почвой физически (адсорбируется на поверхности почвенных комочков) или химически (превращаясь в труднорастворимые соединения) и становится менее доступной растениям. Кроме того, на пути к корню питательные соли перехватывают огромные армии почвенных микроорганизмов и превращают их в органические вещества своих клеток. Эта часть солей полностью выбывает из «питательного фонда» растений до тех пор, пока микробная клетка не погибнет и ее органическое вещество не минерализуется снова.

Поэтому, внося минеральные удобрения в почву, мы никогда не можем сказать наверняка, какая часть их поступит в распоряжение растений. Это зависит и от количества осадков, и от активности микроорганизмов, и от поглотительной способности почвы, и от многих других причин.

А что, если заменить почву чистым питательным раствором в производственных условиях? Почему бы не попробовать выращивать растения в водной культуре не только для научных, но и для производственных целей? Не несколько десятков растений в лаборатории, а тысячи и десятки тысяч в большой теплице!

Эта смелая мысль пришла американскому ученому, профессору Калифорнийского университета Герике.

На опытной станции Монтебелло выделили огромную теплицу. Грунт под ее стеклянной крышей тщательно утрамбовали и вместо удаленной бульдозером почвы установили 116 рядов водонепроницаемых деревянных ящиков — резервуаров с питательным раствором. Высокие и узкие, они по форме напоминали поставленные боком школьные пеналы. Над резервуарами укрепили неглубокие подносы из проволочной сетки. Их нужно было наполнить каким-нибудь рыхлым материалом,

чтобы в нем укрепить рассаду помидоров. В это время на опытной станции шел обмолот риса и в распоряжении Герике оказалось много рисовой мякины. Ею-то он и наполнил проволочные подносы.

Первые дни слой мякины с высаженной в нее рассадой помидоров увлажняли водой. Вскоре корни проросли в теплую воду, насыщенную питательными солями. Растения развивались стремительно, и для каждого из них пришлось натянуть проволочную опору. Корни помидоров энергично поглощали питательные соли. Поэтому раз в 1—2 недели раствор заменяли свежим. Уже через 60 дней необычная теплица дала первый урожай зрелых плодов.

Результаты опыта превзошли самые смелые ожидания. В пересчете на гектар получили до 500 тонн зрелых плодов — в 5 раз больше обычных урожаев в грунтовых теплицах и рекордных урожаев в поле!

Такие же опыты провели и с другими культурами: с табаком и картофелем. Результаты были отличные.

ГИДРОПОНИКА

Так назвал Герике свой новый способ выращивания овощей. Это греческое слово означает «действие воды» («*hýdor*» — вода, «*rónos*» — действие).

Выращивание овощей и других культур на водных растворах минеральных солей оказалось очень выгодным. И гидропоника за несколько лет распространилась по всему миру. Во многих странах Америки и Европы, Азии и Африки появились сначала небольшие опытные гидропонники, а затем и крупные хозяйства, специально оборудованные для выращивания овощей и ценных технических культур без почвы.

Все больше тепличных хозяйств на гидропонике, находящихся фабрик овощей, возникает и в нашей стране — в Латвии и на Сахалине, в Крыму и в Заполярье. В десятках научных учреждений продолжают поиски наиболее простых и выгодных способов беспочвенного выращивания овощей.

Хотя со времени опыта в теплице Монтебелло прошло более тридцати лет, современная установка для водной

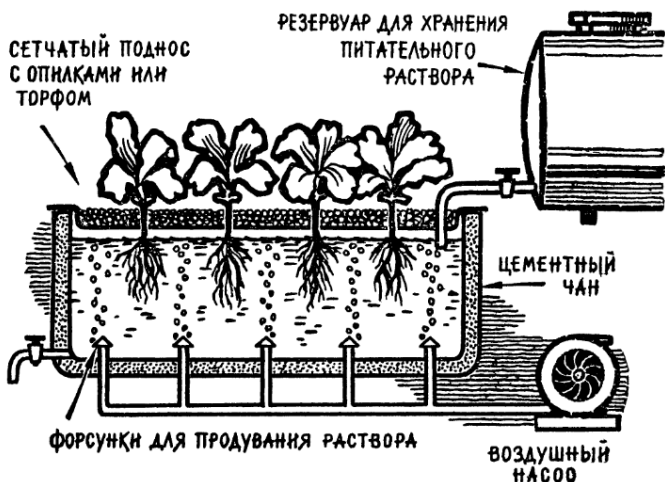


Схема водной гидропоники.

культуры овощей выглядит примерно так же, как и первая гидропоника Герике. Правда, теперь резервуары делают более широкими: 150—200 сантиметров вместо 30. Ведь нужно продуктивно использовать каждый квадратный метр тепличной площади. Сами резервуары обычно изготавливают не из дерева, а из цемента или бетона. Иногда их делают и деревянными, выстлывая внутри прочной полиэтиленовой пленкой. Растения укрепляют при помощи металлической сетки, на которую насыпают тонкий слой бесплодного субстрата — торфа или опилок. Но корням нужен кислород. Они, как и все другие части растения, дышат. Помните, мы говорили, что в образующихся при фотосинтезе сахарах и других органических соединениях запасается, как бы консервируется, энергия солнечного света? Часть этих веществ оттекает из листьев в корневую систему. Здесь они окисляются поглощенным из почвы кислородом, и законсервированная в них энергия выделяется. Она тратится на поглощение солей, на поднятие их по стеблю к листьям и плодам и на рост самого корня. Если доступ кислорода к корням прекратится, они не только не смогут погло-

щать питательные вещества, но и погибнут. А с ними погибнет и все растение.

Так бывает иногда на поле в небольших понижениях — «блюдцах». Весной талая вода здесь застаивается, заполняя все промежутки между почвенными комочками. И растения, корни которых лишены воздуха, гибнут, «вымокают».

А в гидропонике? Ведь там нет воздушных промежутков. Корни целиком погружены в воду. Правда, в воде растворено некоторое количество кислорода. Но если этот запас не пополнять, его хватит ненадолго.

Поэтому через питательный раствор по нескольку часов в день приходится продувать воздух. От воздушного насоса — компрессора — сжатый воздух поступает в трубчатую распределительную гребенку. Концы трубок вделаны в дно резервуара и снабжены специальными форсунками, выпускающими воздух мелкими пузырьками. Чем мельче пузырьки, тем больше поверхность соприкосновения их с раствором, а значит, тем больше кислорода растворится в воде.

ГРЯДКИ ИЗ ГРАВИЯ

Корни растений выполняют две задачи: во-первых, они прочно закрепляют надземную часть в вертикальном положении и, во-вторых, снабжают ее водой и питательными солями. Поэтому для выращивания растений нужны субстрат и питательная среда. Почва является одновременно и тем и другим. Прорастая между ее комочками, корни надежно удерживают стебель вертикально и с этих же комочков «слизывают» питательные соли и воду. А воздух, заполняющий промежутки между комочками, служит для дыхания корней.

В водной культуре растения находятся в совершенно иных условиях. Здесь субстрат (слой опилок или торфа на сетке) отделен от питательной среды — раствора. Слой субстрата тонок, и для закрепления растений используются не все корни, а только их верхняя часть. Такое закрепление не очень надежно. Кроме того, в растворе нет воздушных промежутков. Корню приходится поглощать не газообразный кислород, а растворенный в воде. К этому корень мало приспособлен.

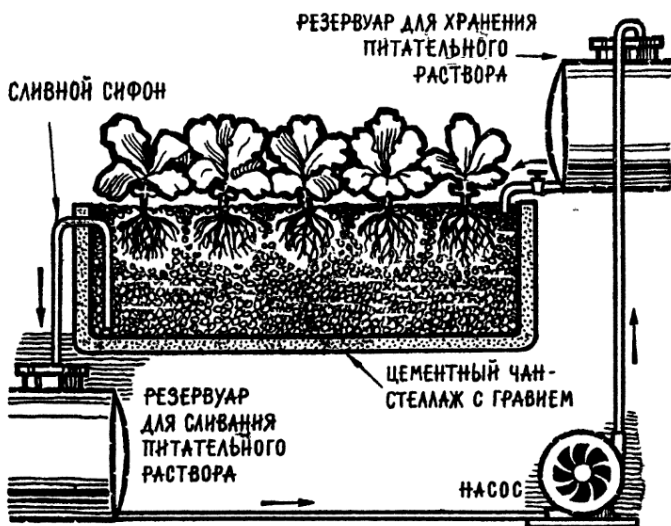


Схема гравийной гидропоники.

Поэтому сейчас чаще всего растения выращивают не в растворе, а во влажном гравии. К тому же условия выращивания на гравии более близки к почвенным. И вот почему.

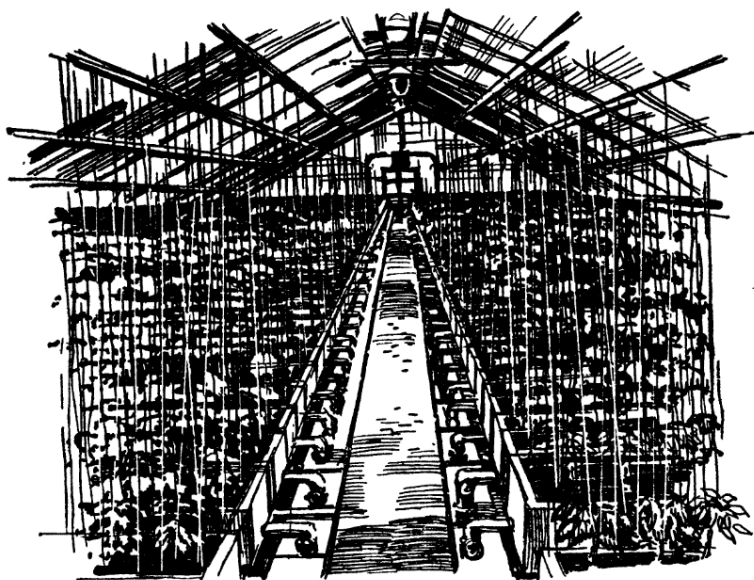
Растения выращивают на толстом слое мелкого гравия. Чем больше они вырастают, чем тяжелее становится их надземная часть, тем глубже корни уходят в гравий, тем прочнее укореняются растения. Так же как и в почве.

А питание? Из специального резервуара, расположенного выше уровня стеллажей, питательный раствор самоотеком подается в гравийную грядку. Когда грядка заполнена раствором почти доверху, он тут же сливается в другой резервуар, расположенный ниже пола теплицы. Таким образом, гравий не заполняется раствором, а только смачивается им. Такие циклы повторяют 4—5 раз в день. Откуда же растения берут воду и питательные соли в промежутках между циклами? С поверхности влажных камешков. Корни «слизывают» с них тонкую пленку воды и растворенных солей и дышат возду-

хом, заполняющим промежутки между гравием. Так же как и в почве. При следующем цикле эта пленка обновляется. Кроме того, поступающим раствором из гравия вытесняется старый, «отработанный» воздух, а когда раствор сливается, в гравий поступает свежий воздух.

Поверхность листьев овощных растений, помидоров или огурцов, очень велика. В жаркий летний день они испаряют в теплице 1 литр воды с каждого квадратного метра гравийной грядки. А в открытом грунте — в 5 раз больше. Неужели тонкой пленки раствора на поверхности камней достаточно, чтобы обеспечить растения питанием и водой? Не беспокойтесь, вполне достаточно. Нужно только, чтобы камешки гравия были не мельче 2 и не крупнее 5 миллиметров. В каждом кубическом метре такого гравия задерживается около 70 литров раствора. Немало, правда?

Когда вы входите в гидропоническую теплицу, то вместо ровной поверхности почвы видите ряды продолго-



Теплица для выращивания растений на гравии.



Поперечный разрез гравийной гидропоники.

ватых цементных чанов-стеллажей, наполненных гравием. Вдоль них протянулись длинные ряды железных труб. Эти трубы ответвляются от конца каждого стеллажа и уходят сквозь стену теплицы. А с другой стороны стеллажей выходят короткие изогнутые трубки — сифоны. Они нависают над длинным бетонным желобом, протянувшимся вдоль всей теплицы. Вы не встретите здесь рабочих, рыхлящих почву, выпалывающих сорняки или вносящих удобрения. Но если постоите некоторое время в этом безлюдном стеклянном цехе, то поймете, что здесь непрерывно идет скрытая от глаз работа. Вот щелкнуло реле, и на щите загорелась зеленая лампа. Это автомат включил специальные электромоторы. Они открыли краны, и питательный раствор начал вытекать из верхнего резервуара. Ожили трубы — по ним с журчанием течет к цементным грядкам питательный раствор. Через полчаса раствор с плеском хлынет из сифонов с другого конца стеллажей и по желобу потечет в нижний резервуар. Зеленая лампочка на щите погасла: поступление раствора в чаны с гравием закончено. А когда из сифонов упадут в желоб последние капли, на щите загорается желтая лампа. Это заработал насос, перекачивающий раствор из нижнего резервуара в верхний. Цикл работы гидропоники завершен. Растения получили новую порцию воды и растворенных в ней минеральных солей.

При заполнении гравия раствором нужно соблюдать два обязательных условия: во-первых, корни не должны быть затоплены дольше 30—40 минут — они могут «задохнуться»; во-вторых, поверхность гравия не должна смачиваться раствором — иначе на поверхности будут

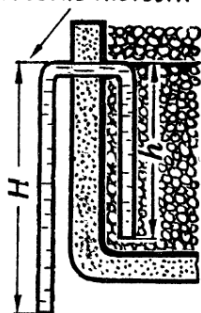
развиваться зеленые водоросли и другие микроорганизмы, мешающие растениям.

Оба эти условия и выполняет простейшее автоматическое приспособление — сифон. По мере наполнения стеллажа раствор по закону сообщающихся сосудов поднимается по внутреннему, короткому колену сифона. Как только внутреннее колено заполнится доверху, раствор перейдет во внешнее, более длинное колено. Поскольку столб жидкости во внешнем колене, а значит, и ее вес больше столба жидкости во внутреннем колене, раствор начинает вытекать в расположенный под сифоном желоб. Он будет вытекать до тех пор, пока не опорожнится весь стеллаж. Таким образом, сифон автоматически сливает раствор сразу же по наполнении стеллажа и корни ни одной лишней минуты не остаются затопленными.

Кроме того, сифон не дает раствору выйти на поверхность гравия. Верхнюю, изогнутую часть его устанавливают на 5 сантиметров ниже поверхности. Мы уже знаем, что раствор сливается сразу же после заполнения сифона. Поэтому выше раствор уже не может подняться.

Стеллаж для гравийной культуры обычно устанавливают с небольшим уклоном в сторону сифона. Вдоль дна стеллажа делают углубление — канавку. Ее прикрывают черепицей, которую сначала засыпают дренажем — крупной галькой диаметром 2—3 сантиметра, а уже потом мелким гравием. Концы обеих труб — входной (подающей раствор) и выходной (сифона) — опускают в эту канавку. Все это нужно для того, чтобы раствор поднимался одновременно во всем стеллаже. Если сделать гравийную гидропонику без дренажа, то около подающей трубы раствор будет выливаться через край, тогда как в другом конце стеллажа он еще не достигнет верха сифона.

УРОВЕНЬ РАСТВОРА



Когда весь сифон заполнен раствором, столб жидкости во внешнем колене (H) перевешивает столб жидкости во внутреннем колене (h), и раствор вытекает из стеллажа.

Самый распространенный, но далеко не единственный субстрат, применяемый в гидропонике,— г р а н и т н ы й г р а в и й. Но гранит не везде есть. А перевозить его за сотни и тысячи километров слишком дорого. Поэтому его часто заменяют самыми различными материалами.

Вулканические туфы применяют там, где есть месторождения этих горных пород, например в Италии и в Армении. Благодаря своей пористости туфы легки и имеют большую влагоемкость.

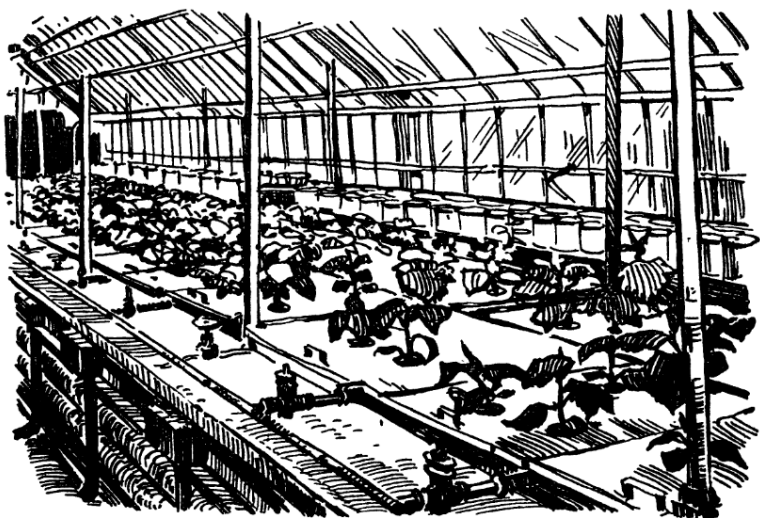
В е р м и к у л и т — слюда; большие залежи ее имеются на Кольском полуострове. Этот минерал обладает замечательным свойством: при нагревании он сильно увеличивается в объеме. Такой вспученный вермикулит — очень легкий и еще более влагоемкий субстрат, чем туф.

Торфом богаты республики Прибалтики. Хотя он и состоит почти целиком из органических остатков, сам по себе торф так же бесплоден, как и гравий. Поэтому сфанговый торф широко используется в гидропониках прибалтийских республик. В Латвии, например, каждая четвертая теплица переоборудована в торфяную гидропоннику. Урожай томатов на этом субстрате получают на 30—45 процентов выше, чем в почве.

К е р а м з и т — это широко распространенный строительный материал. Он представляет собой легкие пористые шарики из обожженной глины. Самые мелкие из них — величиной с горошину, самые крупные — с грецкий орех. Керамзит очень дешев и легок и поэтому с успехом применяется в гидропонике как заменитель гравия.

Угольный шлак, кокс, битый кирпич также могут служить субстратами для гидропоники, хотя они иногда требуют специальной очистки. Вообще в гидропонике можно использовать разнообразные материалы с достаточной влагоемкостью. Главное, чтобы они были дешевы и совершенно инертны — не поглощали бы питательные соли и не выделяли бы в раствор вредные для растений вещества.

Немецкие ученые в качестве субстрата пробуют использовать специальную пластмассу б и о л о с т о н в в и-



Так выглядит современная водная гидропоника.

де тонких черных полосок, по форме и размеру напоминающих сосновую хвою.

Не забыта и «родоначальница» гидропоники — водная культура. После снятия очередного урожая в гравии остается часть корневых остатков. На них развиваются гнилостные бактерии и грибки — возбудители болезней растений. И, хотя их бывает значительно меньше, чем в почве, субстрат приходится раз в год дезинфицировать — промывать соляной кислотой и хлороформом. Кроме того, не существует совершенно инертных субстратов. Все субстраты постепенно «стареют». На их поверхности с годами образуется пленка каких-то веществ, снижающих урожай. Природа этих веществ еще не разгадана.

Вот почему многие ученые снова начинают обращаться к водной гидропонике. Только для укрепления растений служит уже не сетка с опилками или торфом, а фанерные или текстолитовые щиты с отверстиями. В эти отверстия вставляют специальные металлические или пластмассовые патроны, в них и укрепляют растения.

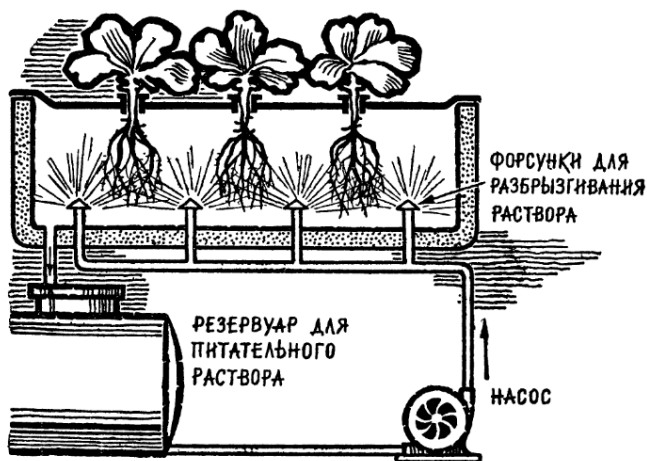
В тропических лесах Южной Америки есть необычные растения: они живут высоко над землей. Некоторые виды красавиц орхидей как бы сидят верхом на сучьях больших деревьев и в развилках ветвей, свешивая прямо в воздух густые пряди белых корней. Но они не паразиты, сосущие соки деревьев. Орхидеи питаются самостоятельно. Им вполне достаточно питательных солей, содержащихся в пыли и в разлагающихся органических остатках, которые накапливаются в неровностях коры их гостеприимных хозяев. А воду они поглощают... прямо из воздуха — во время дождей, которые так часты в этих краях. Воздушным корням этих растений не грозит опасность пересохнуть — ведь воздух в тропических лесах всегда очень влажный.

Русский ученый В. М. Арциховский использовал возможность воздушного питания корней. Он предложил новый способ выращивания растений — аэропонику. Внешне аэропоника напоминает обычную водную культуру. Растения закреплены в отверстиях пластмассового щита, закрывающего объемистый чан-резервуар. Но приподнимите щит, и вы с удивлением увидите, что в чане нет питательного раствора. Корни висят прямо в воздухе. А из дна резервуара рядами торчат вверх короткие форсунки, похожие на те, что устанавливаются в водной гидропонике для продувания раствора.

— Что же здесь продувать? — удивитесь вы. — Не воздух же, в самом деле!

Нет, эти форсунки предназначены для другой цели. Время от времени они подают в чан тонко распыленный питательный раствор. В виде тумана мельчайшие капельки раствора оседают на корнях и стекают на дно чана, а затем обратно в бак. Форсунки работают всего несколько минут, а затем насос, подающий из бака питательный раствор, снова выключается, и смоченные корни остаются в «пустом» чане. Теперь их окружает только влажный воздух.

Таким образом, воздушная культура растений — это «водная культура наоборот». Действительно, в водной культуре корни растений находятся в питательном раст-



Установка для воздушной культуры растений (аэропоника).

воре, через который время от времени пропускают воздух. В воздушной культуре корни находятся в воздухе, через который время от времени пропускают питательный раствор.

Форсунки включаются на несколько минут через каждые полчаса. Этого оказалось вполне достаточно для питания растений. Однако важно не только дать растениям достаточное количество питательных солей, но и создать условия для их усвоения. Первое из таких условий — аэрация корней. А снабжение корней воздухом в аэропонике неизмеримо лучше, чем при любом другом способе выращивания. Вероятно, поэтому в воздушной культуре растения иногда обнаруживают неожиданные, совершенно новые свойства.

Известно, например, что рост и урожай снижаются при концентрации питательных солей в растворе выше 1,5—2 граммов на литр. Если же увеличить в растворе содержание вредных солей, например хлористого натрия, растения гибнут. 9 граммов хлористого натрия на литр убивает растения. Это так называемая токсическая, то есть отравляющая, доза. А в аэропонике растения отлич-

но переносят огромные концентрации не только питательных, но и вредных солей. Так, капуста в воздушной культуре прекрасно росла при содержании в растворе 45 граммов поваренной соли на литр. Эта доза в 5 раз превышает токсическую. Листья были солеными на вкус, но растения выглядели обычно.

Пока еще аэропонику можно встретить лишь в научно-исследовательских институтах. Ученые только начинают проникать в неожиданные возможности, которые она открывает. Но и сейчас уже можно предположить, что аэропоника — это гидропоника будущего. Впрочем, воздушная культура уже делает первые шаги в практику. В Останкинском комбинате цветоводства третий год с успехом выращивают таким способом розы и гвоздики.

ТЕПЛИЦЫ МЕНЯЮТ АДРЕС

Основную массу овощей, которые мы покупаем в магазинах летом и осенью, выращивают в так называемом открытом грунте — в поле или на огороде.

В середине мая, когда почва как следует прогреется на солнце и уже нет угрозы ночных заморозков, в поле высаживают рассаду — маленькие растеньица, выращенные из семян под надежной защитой теплиц и парников. Из нее вырастают высокие растения помидоров и длинные плети огурцов. А когда лето подходит к концу, на них наливаются и зреют плоды.

Но первые овощи появляются на прилавках наших магазинов значительно раньше. На улице еще весна, с полей только что сошел снег, а мы уже можем отведать плотных крепышей — огурцов и даже красных помидоров. Эти ранние овощи выращивают в так называемом закрытом или защищенном грунте — в теплицах. На небольшом участке земли, покрытом стеклянной крышей, сохраняется тепло печей или батарей водяного отопления, и весна приходит сюда раньше. Люди не ждут, пока весеннее солнце поднимется выше над горизонтом, они научились заменять тепло и свет солнца.

Однако до самого последнего времени ничем не могли заменить почву.

В городах тысячи фабрик и заводов «отапливали

атмосферу». Горячий воздух и раскаленные газы из заводских печей шли прямо в трубы, и миллиарды миллиардов калорий тепла «вылетали в трубу». А ведь это даровое тепло, тепловые отходы, можно было бы по дороге к вытяжным трубам пропустить через стеклянные купола теплиц и получить дополнительно тысячи тонн свежих овощей ранней весной.

Но теплицы были привязаны к земле, а в городах нет плодородной почвы. Конечно, можно было бы привезти ее с полей. Однако почва в теплицах постепенно заражается вредителями и возбудителями болезней растений, и со временем урожай снижается. Поэтому через каждые 2—3 года почву в теплице нужно заменять новой. А возить ее за десятки километров, вы сами понимаете, слишком дорого.

Вот и получалось, что в городах огромное количество дарового тепла бесполезно улетало в небо, а в сельской местности, где достаточно плодородной почвы, приходилось сжигать массу топлива, для того чтобы получать ранние овощи для городов.

Так было до появления гидропоники. Но когда люди научились заменять почву, теплицы стали появляться в городах, на крупных заводах и фабриках. На Московском нефтеперегонном заводе, например, построен первый в нашей стране огромный теплоцентр. Его тепловые отходы (горячая вода от охлаждения агрегатов, отработанный пар, дымовые газы) обогревают не только собственное тепличное хозяйство завода, но и гидропонические теплицы соседнего совхоза «Белая дача» и колхоза имени Ф. Э. Дзержинского.

— Но ведь гравий тоже нужно привозить за многие десятки километров, — возразите вы.

Да, но гравий не нужно заменять новым. Он значительно меньше заражается болезнями, и бороться с ними куда легче, чем в почве. Достаточно после уборки очередного урожая спустить из чанов раствор, пропустить через них 5-процентный раствор формалина и промыть гравий водой. А дезинфекция чанов для водной или воздушной культуры еще проще.

Так сельская отрасль народного хозяйства — овощеводство — получила городскую «прописку». Но крупные города — это не единственный новый адрес гидропоники.

Огромные пространства занимают песчаные пустыни. Здесь очень мало плодородной земли, зато сколько угодно бесплодного песчаного субстрата.

Здесь щедрое солнце, а вода на вес золота. С огромным трудом люди добывают воду для орошения полей. Но большая часть этой воды просачивается сквозь почву или испаряется с ее поверхности. А в гидропонике вода расходуется очень экономно. Хотя на первый взгляд это может показаться и не так. Ведь растения выращивают прямо на воде. Но один и тот же питательный раствор можно использовать многократно. Для этого нужно только время от времени «поправлять» его состав: делать химический анализ раствора и добавлять в него недостающие элементы — столько, сколько их поглощено растениями.

Сейчас гидропоника получает широкое распространение в сухих и песчаных местах нашей страны.

А теперь мысленно перенесемся за тысячи километров к северу от песчаных пустынь — на каменистые берега Ледовитого океана. Для людей, которые живут и трудятся здесь, свежие овощи — это праздник. Ведь их привозят издалека — по железной дороге, по воде и даже по воздуху. Но овощи на 90 процентов состоят из воды. Значит, в железнодорожном составе из 50 вагонов 45 занято водой. Не дешевле ли привозить на Север питательные соли, а овощи выращивать на месте? С появлением гидропоники это стало возможным. Далеко за Полярным кругом под лампами дневного света зреют в гидропонических теплицах редис, помидоры и огурцы, зеленеет лук и салат. И, может быть, скоро благодаря гидропонике появятся свои овощи и на противоположном конце земного шара — у отважных исследователей Антарктиды.

ПОД ОТКРЫТЫМ НЕБОМ

До сих пор мы говорили только о закрытом грунте — о теплицах. Действительно, на первый взгляд могло бы показаться странным, если, вместо того чтобы пахать и удобрять почву, в поле начнут устанавливать цементные чаны и наполнять их бесплодным гравием.

А между тем преимущества беспочвенного выращи-

вания растений так велики, что во многих странах гидропонику устраивают и под открытым небом. В земле выкапывают неглубокие траншеи, которые и заполняют гравием или каким-нибудь другим субстратом. Чтобы питательный раствор не просачивался в грунт, дно и стенки траншей цементируют.

Гидропоника под открытым небом применяется в странах с теплым климатом: в Алжире, Италии, Индии. Применяется она и на юге нашей страны, например в Армении.

На питательном растворе растения дают не только более высокий, но и более ранний урожай, чем в почве. Многие из нас любят стручковый перец, фаршированный морковью. Эти вкусные консервы вырабатывают на овощных заводах Армянской ССР. Но в условиях Армении морковь поспевает на несколько недель позже перца. Для того чтобы ускорить рост моркови, профессор Давтян предложил выращивать ее в мелком вулканическом туфе. Первые же опыты дали отличный результат, и теперь морковь, растущую на «каменных» плантациях, можно убирать одновременно с перцем.

ЧЕМ ВЫГОДНА ГИДРОПОНИКА

Беспочвенное выращивание овощей выгоднее и продуктивнее обычного выращивания в почве не только в крупных городах, пустынях или в Заполярье. Гидропоника вытесняет почву и из обычных сельских теплиц. В чем же ее преимущества?

В гидропонике не нужно периодически менять почву, на что тратилось много труда и времени.

Облегчается борьба с вредителями и болезнями растений. Вредитель овощных культур — галловая нематода была раньше бичом всех теплиц. Единственная мера борьбы с ней — полная смена почвы. Но и это помогало лишь на время — личинки нематоды заносили в теплицу с новой почвой. В гравийной же культуре этот вредитель исчез совершенно.

Более экономно расходуется вода, что особенно важно для засушливых районов.

Нет сорняков. В обычные теплицы семена сорняков заносятся вместе с почвой. А в гравий они могут попасть только случайно.

Экономнее используются удобрения. При внесении удобрений в почву только небольшая часть их достается растениям. Много солей просачивается с водой сквозь почву. Немало их связывается самой почвой в недоступные растениям соединения или поглощается микроорганизмами. А в искусственном питательном растворе все соли доступны корням, и большая часть их идет на построение урожая.

Уменьшаются холостые простои теплиц. Промежуток времени между снятием урожая и посадкой новых растений (или, как говорят, между ротациями) резко сокращается; отпадает необходимость предпосевной обработки почвы.

Уменьшается площадь питания растений. Поэтому на каждом квадратном метре гравия можно выращивать в 2—3 раза больше растений, чем на почве. А это очень важно. Содержание каждого квадратного метра теплиц стоит дорого.

И, наконец, два самых главных плюса гидропоники.

Питательный раствор можно в любой момент заменить другим, повысить содержание в нем одного элемента и снизить содержание другого. Это позволяет гибко и точно управлять ростом растений, что невозможно в почве. В гидропонике можно достигнуть такой скорости роста, какой никогда не удастся получить при выращивании растений в почве. При этом повышается урожай, а плоды созревают раньше.

Гравийная культура не требует ни пахоты, ни рыхления междурядий, ни прополки. А это дает возможность почти целиком автоматизировать выращивание овощей.

ЗА РАСТЕНИЯМИ УХАЖИВАЮТ АВТОМАТЫ

Часто говорят, что гидропоника — это индустриальный метод растениеводства. Это очень верно, и не только потому, что теплицы овощеводов появляются на промышленных предприятиях.

Чем отличается сельское хозяйство от промышленно-

сти, земледелие от индустрии? Одно расположено в сельской местности, а другое в городах, скажете вы. Правильно, но главное в другом. Земледелие зависит от природы: от плодородия почвы, от климата, от погоды. А промышленность целиком создана умом и руками человека.

Поэтому в промышленности более высокий уровень механизации.

Здесь возможна автоматизация всего производственного процесса. С созданием гидропоники такая возможность появилась и в земледелии. Вернее, в растениеводстве: какое же это земледелие без земли!

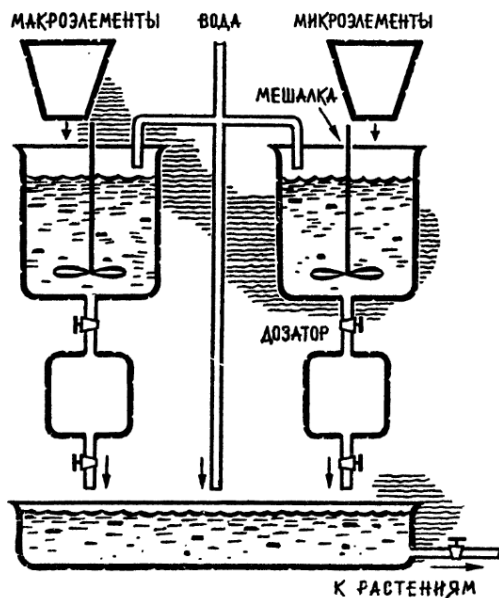
Простейшую автоматику применил уже профессор Герике в своей первой гидропонике: теплица была оборудована электрическими нагревателями, которые включались, когда температура питательного раствора падала ниже +20 градусов. С тех пор прошло больше тридцати лет, и сейчас мы уже можем думать о полностью автоматизированных «зеленых цехах», которые в недалеком будущем появятся на каждом большом заводе и будут выглядеть приблизительно так.

...В примыкающем к теплице подсобном помещении расположена смесительная установка для приготовления искусственной почвы — питательного раствора. В одном баке растворяют основные питательные соли — азотные, фосфорные, калийные. В другом — минеральные «витамины»: бор, марганец, цинк, медь, нужные растениям в очень небольших количествах. По мере надобности специальные дозаторы выливают необходимое количество (дозу) этих растворов в общий смесительный резервуар. Здесь исходные растворы разбавляют водой до нужной концентрации.

Раз в несколько часов командное устройство, снабженное реле времени, включает насос, и раствор по сети распределительных труб поступает в стеллажи, чтобы, смочив гравий, возвратиться обратно. Принцип действия реле времени тот же, что и у контактных часов. Такие же реле времени включают и выключают форсунки, распыляющие питательный раствор в воздушной культуре — аэропонике.

Корни растущих в гравии растений постепенно изменяют питательный раствор: снижается его концентрация,

изменяется кислотность. Поэтому состав раствора нужно время от времени исправлять — корректировать. Для этого в смешительный резервуар погружены электроды двух приборов. Один из них по электропроводности раствора измеряет его концентрацию и дает сигнал дозирующим устройствам, которые прибавляют нужное количество исходной смеси солей. Другой измеряет кислотность раствора и по мере надобности добавляет кислоту или щелочь.



Смесительная установка для приготовления питательных растворов.

Кроме того, на дне резервуара устроен трубчатый змеевик — по нему пропускают горячий пар. Когда раствор нагреется до нужной температуры, термореле замкнет сигнальную цепь и выключит подачу пара. Таким образом, температура питательного раствора все время поддерживается постоянной.

Автоматы регулируют и «климат» теплицы. При перегреве воздуха солнечными лучами термореле включает гидропривод, открывающий форточки, или открывает установленные на коньке теплицы краны, поливающие ее крышу холодной водой. Если воздух в теплице становится слишком сухим, «сами собой» включаются пульверизаторы, увлажняющие его тонко распыленной водой. Их включают и выключают приборы для измерения влажности воздуха — гигрометры.

Впрочем, большинство этих автоматических приспособлений уже применяется во многих гидропонических хозяйствах — на Киевской овощной фабрике, Московском нефтеперерабатывающем заводе, в совхозах «Тепличный», «Белая дача» и других.

„ЗИМНИЙ ЛУГ“

Наиболее легко автоматизировать производство зеленого корма для животных. На искусственных средах выращивают не только овощи, но и корм для скота. Летом в лугах достаточно сочной свежей травы. Но зимой, когда сельскохозяйственные животные питаются только сеном и силосом, им не хватает витаминов. А гидропоника может обеспечить сельскохозяйственных животных витаминными кормами круглый год.

Производство зеленого корма очень просто. В плоские металлические противни, напоминающие кюветы для проявления фотоснимков, наливают тонкий слой питательного раствора и засыпают семена овса, гороха или кукурузы. Кюветы устанавливают в несколько ярусов в теплом помещении и освещают лампами дневного света. Питательный раствор в них раз в 1—2 дня заменяют свежим. Через 8—12 дней образуется сплошная зеленая щетка молодых, очень богатых витаминами проростков. Корни так тесно переплетаются между собой, что их нельзя разделить, и проростки вынимают из кюветы сплошным «ковриком». Такие «коврики» после промывания их водой целиком, вместе с корнями, скармливают животным. Из 1 килограмма зерна получается 4—5 килограммов питательной зеленой массы.

Для круглогодичного выращивания витаминного корма («зеленого конвейера») применяют специальные авто-

матические установки. Одна из них так и называется — «Зимний луг». Она занимает немного места и по форме напоминает шкаф, в котором автоматы поддерживают определенную влажность и температуру воздуха. В этот шкаф загружают кюветы с зерном. Они передвигаются по медленно движущейся конвейерной ленте и выдают уже готовые «коврики» проростков.

Советские инженеры сконструировали другую, полностью автоматизированную установку для выращивания зеленого корма — «карусель». Кюветы для зерна устанавливаются на медленно вращающийся круг, который совершает полный оборот за 10 дней. В центре круга установлены датчики и реле — автоматы, сменяющие раствор и поддерживающие в разных частях круга (зонах) различные условия. В зону посева ежедневно загружают кюветы с зерном, замоченным в воде. Затем кюветы перемещаются в зону проращивания. Здесь нет ламп и семена находятся в ежедневно сменяемой воде. Зону проращивания кюветы проходят за 4 дня. За это время семена прорастают, и кюветы переходят в зону выращивания. Здесь уже горят люминесцентные лампы, и автоматы заменяют воду в кюветах питательным раствором. Через 6—7 суток кюветы проходят эту зону и перемещаются в зону уборки: в них уже образовались «коврики» зеленого корма.

Такая установка работает непрерывно. Рабочий ежедневно убирает кюветы с готовыми проростками и ставит на их место кюветы со свежим зерном. Благодаря разделению на зоны здесь экономно расходуется и питательный раствор, и свет. Обслуживает установку один человек.



ЧЕМ И КАК ПИТАЮТСЯ РАСТЕНИЯ

„ТРИ КИТА“ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Вы уже знаете, что большая часть сухой массы растений состоит из органических веществ.

Однако жизнь растений была бы невозможна без участия скромных неорганических соединений, хотя они и составляют лишь десятую часть сухого веса организма.

Если углерод, водород и кислород — основа всех органических веществ растений, то азот, фосфор и калий (N, P, K) — это основа их минерального или корневого питания. Вместо громоздкого выражения «основные элементы минерального питания растений» агрохимики и агрономы говорят коротко — «NPK».

Азот (N_2) — неперенная часть молекулы любых белков, основа всего живого. Все белки состоят из цепочек аминокислот, а аминокислоты — это не что иное, как органические кислоты, содержащие аминогруппы (NH_2).

Аминогруппа (NH_2) образуется из аммиака (NH_3). Источником его для растений служат так называемые аммонийные соли. Другой источник азота для растений — соли азотной кислоты (HNO_3), нитраты.

Как видите, азотные питательные соли неодинаковы. При приготовлении питательных смесей нужно помнить, что большие концентрации аммонийных солей могут отравить растение, особенно при недостаточном освещении. Лучше всего, если в питательном растворе будут находиться обе формы азота — аммонийная и нитратная.

Фосфор (P) поглощается клетками корня в виде солей ортофосфорной кислоты (H_3PO_4). Остатки фосфорной кислоты, не изменяясь, включаются в молекулы

многих органических соединений: растительных жиров — липидов, из которых вместе с белками строится основная часть протоплазмы; нуклеопротеидов, из которых состоит «диспетчерский центр» клетки — ядро; нуклеиновых кислот, в которых специальным биохимическим «кодом» зашифрованы и передаются из поколения в поколение наследственные признаки.

Кроме того (и это очень важно), фосфорная кислота способна соединяться с органическими веществами при помощи так называемых макроэргических связей, в которых запасается, как бы консервируется энергия. Если обычная химическая связь между атомами в молекуле содержит 2—3 килокалории, то макроэргическая связь содержит 10—16 килокалорий энергии.

Фосфор своего рода аккумулятор. В нем запасается химическая энергия, которая по мере надобности расходуется. Если в питательной среде не хватает фосфора, растение не может удержать и использовать образующуюся при дыхании энергию — она теряется в виде тепла в окружающий воздух. Дыхание становится непродуктивным, работает как бы на холостом ходу.

От обеспеченности растений фосфором сильно зависит образование плодов и семян.

Калий (K) — самый загадочный из элементов минерального питания. Он не входит в состав ни одного органического вещества и тем не менее оказывает большое влияние на многие физиологические процессы растения. Он концентрируется в самых деятельных частях растений: в точках роста, где идет постройка новых клеток; вокруг сосудистых пучков стебля, по которым передвигаются питательные вещества; в плодах, где закладываются зачатки будущих растений, везде, где идет энергичный обмен веществ. Но каким образом участвует этот элемент в обмене веществ, не входя ни в одно из них, до сих пор неизвестно.

Особенно большую роль калий играет в передвижении веществ в растении. При недостатке калия отток образующихся при фотосинтезе органических соединений из листьев в плоды замедляется, созревание плодов затягивается. И наоборот, усиленное калийное питание в период, когда плоды наливаются, ускоряет их созревание.

ДРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Другие элементы минерального питания тоже играют важную роль в жизнедеятельности растений. Но почвы, а тем более искусственные питательные смеси, как правило, бывают с избытком обеспечены этими элементами. Поэтому растения менее чутко реагируют на их содержание.

Кальций (Ca) необходим для поддержания прочной структуры протоплазмы. При отсутствии его разрушаются протоплазматические мембраны. А поскольку на их поверхности происходят многие ферментные реакции, нарушается и весь обмен веществ в растении.

Магний (Mg) входит в состав зеленого вещества листьев — хлорофилла. Недостаток его вызывает светлую пятнистость листьев. Кроме того, свободный магний является спутником некоторых ферментов, которые ведут запасом энергии дыхания в макроэргических связях фосфорной кислоты и сахаров.

Сера (S) входит в состав некоторых белков и аминокислот. Она также участвует в образовании эфирных масел, от которых, например, зависит резкий запах чеснока и горчицы. Сера необходима всем растениям, но в значительно меньших количествах, чем предыдущие элементы. Поэтому растения и в почве, и в искусственных средах очень редко страдают от ее недостатка.

Железо (Fe) нужно растениям в еще меньших количествах. Но оно играет в их жизнедеятельности важнейшую роль, катализируя дыхание и образование хлорофилла. Поэтому недостаток железа сразу же сказывается на росте и в первую очередь — на окраске листьев (они светлеют). При щелочной реакции раствора железа переходит в нерастворимую форму. И тогда растения страдают от недостатка его.

МИНЕРАЛЬНЫЕ „ВИТАМИНЫ“

Долгое время ученые считали, что для корневого питания растений нужны только семь элементов (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe). Так было до тех пор, пока вегетационные опыты ставили в недостаточно чистых условиях (стеклянные сосуды, водопроводная или недостаточно очищенная дистиллированная вода, обычные соли).

Но шли годы. Химики стали получать очень чистые — химически чистые — препараты. Совершенствовалась и методика опытов. Растворы стали готовить не на обычной, а на дважды перегнанной — бидистиллированной — воде. Для того чтобы избавиться от выщелачивания (вымывания) веществ из стеклянных стенок вегетационных сосудов, их стали покрывать очищенным белым парафином или даже пользоваться сосудами из чистой платины.

И вот оказалось, что растения, выращенные на полной питательной смеси в таких химически чистых условиях, получались недоразвитыми, с явными признаками голодания: они имели бледно-зеленую окраску, на листьях появлялись бурые пятна, верхушка стебля (точка роста) отмирала, и рост прекращался. Злаки или вообще не колосились, или образовывали белый пустозерный колос.

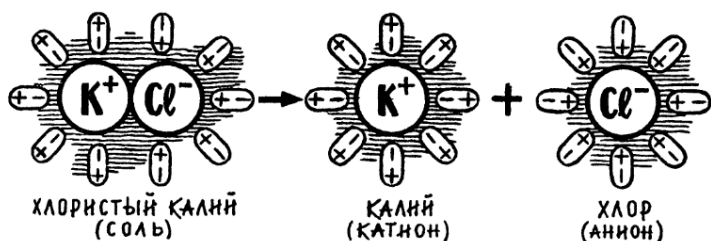
Позже ученые установили, что, кроме семи основных элементов минерального питания, растениям необходимы еще бор, марганец, цинк, медь, молибден, алюминий и другие. Эти элементы нужны растениям в очень небольших количествах — 1 часть на 10 миллионов частей воды. Поэтому их назвали микроэлементами. В отличие от них, азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу и железо назвали макроэлементами.

Несмотря на ничтожные количества, микроэлементы играют огромную роль в жизнедеятельности растительных клеток — они обязательные участники многих ферментных реакций.

Песок, стекло и даже дистиллированная, а тем более водопроводная вода обычно содержат очень небольшие, но вполне достаточные для развития растений количества микроэлементов. Поэтому сначала эти элементы и не привлекли внимания исследователей.

ИОНЫ — ПИЩА КОРНЕЙ

Ни один из химических элементов растение не может использовать в чистом виде. Так, например, растения «купаются» в чистом газообразном азоте (N_2), из которого на $\frac{3}{4}$ состоит воздух. Но, если почва содержит мало азотнокислых или аммонийных солей, растения



страдают и даже гибнут от азотного голода. Точно так же чистый (элементарный) фосфор (P) не только не может использоваться в питании растений, но является для них сильным ядом.

Все элементы корневого питания растения могут усваивать только в форме минеральных солей. Но в корнях поступают не целые молекулы солей, а их «половинки» — ионы. Соль состоит из двух частиц: положительно заряженного катиона (металла) и отрицательно заряженного аниона (кислотного остатка). Молекулы воды также несут электрические заряды: положительный на одном своем конце (полюсе) и отрицательный — на другом. Поэтому они называются диполями, то есть двухполюсными. Диполи воды окружают молекулу соли и как бы растягивают ее электростатическими силами на две части: катион и анион.

Все металлы (калий, кальций, магний, железо) поступают в корневую систему в виде катионов; фосфор и сера — в виде анионов соответствующих кислот (фосфорной и серной). Азот поглощается растением как в форме катиона аммония, так и в форме аниона азотной кислоты.

Протоплазма всех растительных клеток, в том числе и клеток корня, тоже несет на себе электрические заряды — положительные и отрицательные. Ведь «кирпичики», из которых строится белковая молекула, — аминокислоты — имеют в своем составе кислотную группу — карбоксил (COOH) и основную аминогруппу (NH₂). Первая при гидролитической диссоциации отщепляет атом водорода, приобретая отрицательный заряд, а вторая может присоединять к себе лишний водород, заряжаясь положительно.

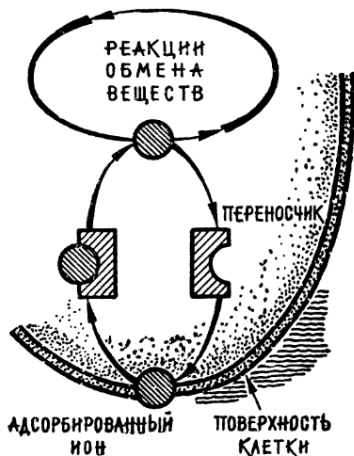
Питательный элемент	Катион	Анион
Азот	NH_4^+	NO_3^-
Фосфор	—	H_2PO_4^-
Калий	K^+	—
Кальций	Ca^{++}	—
Магний	Mg^{++}	—
Сера	—	SO_4^{--}

Ионы растворенных в питательной среде солей притягиваются к заряженным участкам протоплазмы, адсорбируются на них. Положительно заряженные катионы адсорбируются на отрицательных, а отрицательно заряженные анионы — на положительных участках поверхности клеток кор-

ня. Но внутрь протоплазмы ионы не могут проникнуть сами: она покрыта тонкой, но плотной пленкой — плазмалеммой. Здесь им на помощь приходят специальные ферменты — переносчики ионов.

МОЛЕКУЛЫ — „ТАКСИ“

При адсорбции ионы питательных солей как бы сгущаются, плотно упаковываются на поверхности клеток корня. Это увеличивает вероятность их встречи с молекулами ферментов-переносчиков, которые соединяются с этими ионами на поверхности и «перевозят» их в



глубь протоплазмы. Здесь переносчики сдают питательный ион «с рук на руки» молекулам различных органических соединений, и он включается в общий обмен веществ растения. А освободившийся переносчик возвращается к поверхности клетки за новым «пассажиrom». Одна молекула фермента может за короткое время «обслужить» сотни ионов питательных солей.

Молекула фермента-переносчика захватывает ион на поверхности клеток корня и переносит его в глубь протоплазмы.

Для каждого вида ионов существует свой вид фер-

мента-переносчика. Они должны подходить друг к другу, как ключ подходит к замку. Это свойство, природа которого еще не разгадана, называется химическим средством. «Шоферы такси» как бы узнают своих «пассажиров». Например, переносчик фосфора не станет перевозить ион азота или калия — он просто не сможет соединиться ни с каким другим ионом, кроме фосфатного.



Ион должен «подходить» к молекуле переносчика, как ключ к замку.

Такая избирательность очень важна для растений. Например, если увеличивается потребность организма в азоте, клетки корней синтезируют дополнительное количество переносчиков азота, и этот элемент начинает поглощаться сильнее.

„ЦАРЬ“ — ИОН

Есть в любом водном растворе один вид ионов, который сам по себе не является питательным, но оказывает огромное влияние на поглощение всех других — как катионов, так и анионов. Это катион водорода H^+ . Самый мелкий по размерам, он состоит из голого атомного ядра — протона, совершенно лишённого электронов. И тем не менее (вернее, именно поэтому) он подвижнее и активнее всех своих собратьев. Химическая активность его в десятки раз больше, чем любого другого катиона.

Вспомним, что любая кислота — минеральная или органическая — при диссоциации выделяет в раствор ионы водорода. Чем выше их концентрация, тем выше кислотность раствора. А кислотность, или, как говорят, реакция питательной среды, тесно связана с корневым питанием растений.

Ведь водород, как и любой другой катион, адсорбируется на отрицательных участках протоплазмы. Следовательно, он конкурирует с катионами питательных солей за эти участки. Кроме того, адсорбируясь на прото-

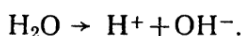
плазме, он нейтрализует ее отрицательные заряды, тем самым не только затрудняя поглощение других катионов, но и облегчая поглощение анионов. Таким образом, в кислой среде легче поглощаются анионы, а в щелочной — катионы.

От кислотности питательного раствора зависит и растворимость некоторых солей. Например, соли фосфорной кислоты или железа в щелочной среде выпадают в осадок, становясь недоступными для корней. Поэтому лучшая реакция питательной среды для большинства растений — слабокислая.

ЧТО ТАКОЕ pH

Кислотность раствора (или концентрация водородных ионов) измеряется в единицах так называемого водородного показателя, обозначаемого символом pH (читается «пэ аш»). Попробуем разобраться, что это такое.

Известно, что диссоциируют не только соли, но и сама вода. Часть ее молекул, хотя и очень небольшая, находится в виде водородного (H^+) и гидроксильного (OH^-) ионов:



В чистой дистиллированной воде содержится одна десятимиллионная иона H^+ на литр. Реакция дистиллированной воды нейтральная, и ее $pH=7$. Если к воде приливать кислоту, то концентрация водородных ионов в ней будет повышаться, а pH снижаться. При концентрации H^+ -ионов:

$$\frac{1}{10\,000\,000} \text{ грамм-иона на литр } pH = 7,$$

$$\frac{1}{1\,000\,000} \text{ грамм-иона на литр } pH = 6,$$

$$\frac{1}{100\,000} \text{ грамм-иона на литр } pH = 5 \text{ и т. д.}$$

Отсюда видно, что величина pH показывает число нулей в знаменателе концентрации водородных ионов. Поэтому при увеличении в 10 раз концентрации H^+ -ионов pH уменьшается на единицу.

Если же к воде приливать щелочь, то концентрация H^+ -ионов будет снижаться, а pH повышаться.

Растворы, в которых, как в дистиллированной воде, концентрация H^+ -ионов равна одной десятиллионной ($pH=7$), называются нейтральными. Растворы, в которых концентрация H^+ -ионов больше одной десятиллионной (pH меньше 7), называются кислотными. И наоборот, если концентрация H^+ -ионов меньше одной десятиллионной (pH больше 7), растворы называются щелочными.

Запомните: чем меньше pH раствора, тем больше его кислотность. Большинство растений может расти при нейтральной или слабокислой реакции среды. Наилучшая реакция питательного раствора для культурных растений при $pH=5,0-5,5$.

ЧЕЛОВЕК УЧИТСЯ У ЦВЕТОВ

Величину pH обычно определяют при помощи специальных реактивов — индикаторов. Эти вещества обладают интересным свойством: они изменяют свою окраску в зависимости от реакции раствора. С одним из них, лакмусом, вы хорошо знакомы. Каждому приходилось наблюдать, как бумажка, пропитанная этим реактивом, в слабом растворе кислоты краснеет, а в растворе щелочи синет.

Но в опытах с растениями важно не просто установить кислую или щелочную реакцию питательного раствора, а создать вполне определенную величину pH . Ведь при изменении pH только на единицу концентрация H^+ -ионов изменяется в 10 раз! А вы уже знаете, какую большую роль играют эти вездесущие ионы в питании корней. Как же определить точную величину pH ?

Этому искусству химики научились у растений. Вспомните скромные цветы анютиных глазок. Они и голубовато-белые и бархатно-коричневые, желтые и фиолетовые, розовые и синие — каких только оттенков здесь нет! Но мало кому известно, что вся эта радуга цветов создается одним красящим веществом — пигментом антоцианом. Это вещество-хамелеон приобретает разную окраску при разном pH клеточного сока лепестков.

Химики научились синтезировать десятки таких реактивов-индикаторов. Каждый из них меняет свою окраску при какой-нибудь одной величине pH . Полоска про-

стой фильтровальной бумаги, пропитанной тем или иным индикатором, становится как бы искусственным лепестком аютиных глазок.

Для точного определения рН служит специальная индикаторная бумага «Рифан», которую можно приобрести в магазинах химреактивов. На кусочке такой бумаги нанесено несколько поперечных полосок разного цвета. Одна из них, более широкая,— контрольная. При погружении в раствор она не меняет своей окраски. Другие, более узкие, нанесены разными индикаторами. На каждой из этих индикаторных полосок напечатана цифра — величина рН, при которой изменяется цвет данного индикатора. Для того чтобы измерить рН раствора (например, питательной смеси), достаточно опустить в него такую бумажку. Одна из индикаторных полосок приобретает тот же цвет, что и контрольная. Цифра, обозначенная на этой полоске, и есть рН нашего раствора. Одной коробки индикаторной бумаги хватает на 100 определений. Для экономии каждую полоску можно разрезать вдоль на две части.



Как приготовить искусственную почву

ЧЕТЫРЕСТА ПЯТЬДЕСЯТ РЕЦЕПТОВ

Питательная смесь для выращивания растений без почвы должна не только удовлетворять все потребности растений, но и быть удобной в приготовлении. При составлении и выборе искусственной почвы нужно стремиться выполнить следующие условия:

питательная смесь должна содержать все необходимые растениям элементы (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe и микроэлементы);

главные элементы минерального питания (азот, фосфор и калий) должны находиться в соотношении, близком к оптимальному;

реакция смеси должна быть слабокислой ($\text{pH} = 5-6$). Смесь должна, по возможности, состоять из хорошо растворимых минеральных солей;

для выращивания растений в искусственной почве нужно стараться подобрать смесь, состоящую из широко распространенных, наиболее доступных солей.

Со времени создания первой искусственной почвы прошло сто лет. За это время разработано огромное количество различных смесей. Сейчас их насчитывается около четырехсот пятидесяти.

Есть универсальные питательные смеси. Они могут с одинаковым успехом использоваться для различных растений. Есть специализированные, приспособленные к потребностям какого-нибудь одного вида растений. Одни имеют pH , близкий к оптимальному. Другие отличаются слишком щелочной или слишком кислой реакцией, и после приготовления их нужно довести до нужного pH сер-

ной кислотой или щелочью. Одни состоят только из растворимых солей, другие включают и слабо растворимые. Различаются питательные смеси и по общей концентрации солей (в граммах на литр), и по соотношению между различными элементами минерального питания: одни содержат больше азота, другие — фосфора или калия.

Какую же смесь выбрать для выращивания растений в школе или дома? Это зависит от того, какие соли есть в вашем распоряжении. Мы приводим здесь рецепты нескольких питательных смесей. Все они универсальны и состоят в основном из хорошо растворимых солей. Большинство из них имеет оптимальный pH. Это очень облегчает их приготовление, ведь подкислить или подщелочить раствор до нужной реакции не так-то просто.

КЛАССИЧЕСКИЕ ПИТАТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ

Классическими называют смеси, разработанные основоположниками вегетационного метода. Из них мы приводим состав трех наиболее употребительных смесей.

Название соли	Химическая формула	Содержание в г/л	Соотношение между N, P и K
Смесь Кюппера			
Кальций азотнокислый	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,572	65 : 8 : 27
Калий азотнокислый	KNO_3	0,143	
Калий хлористый	KCl	0,071	
Калий фосфорнокислый	KH_2PO_4	0,143	
Смесь Гельригеля			
Кальций азотнокислый	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,492	67 : 11 : 22
Калий хлористый	KCl	0,075	
Калий фосфорнокислый	KH_2PO_4	0,136	
Смесь Прянишникова			
Аммоний азотнокислый	NH_4NO_3	0,240	60 : 20 : 20
Калий хлористый	KCl	0,160	
Кальций фосфорнокислый	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0,172	

Пусть вас не смущает, что состав смеси Кнопа в этой таблице отличается от приведенного на стр. 9. За столетие, прошедшее с создания этой смеси, многие исследователи уточняли ее состав, и здесь мы приводим его в современном виде.

Кроме концентрации солей, в этой таблице даны соотношения между тремя главнейшими элементами минерального питания: азотом, фосфором и калием. Например, в смеси Кнопа это соотношение равно 65:8:27. Это значит, что на каждые 100 ионов основных элементов приходится 65 ионов азота (NH_4^+ или NO_3^-), 8 ионов фосфора (H_2PO_4^-) и 27 ионов калия (K^+). Сравнивая эти соотношения в различных растворах, вы легко можете увидеть, какой из них богаче азотом, фосфором или калием. При этом нужно иметь в виду, что большинство культурных растений нуждается в следующих соотношениях:

ионов азота	60—65	процентов
ионов фосфора	10—15	»
ионов калия	20—25	»

Реакция смесей Кнопа ($\text{pH}=5,5$) и Прянишникова ($\text{pH}=6,5$) подходит для всех растений. В смеси Прянишникова pH мало изменяется за время выращивания. Смесь Гельригеля имеет слишком кислую реакцию ($\text{pH}=3,5$). Ее не следует использовать для выращивания растений, чувствительных к кислотности среды (горох, фасоль, кукуруза).

СМЕСИ ДЛЯ ГИДРОПОНИКИ

Классические питательные смеси применяют сейчас главным образом в научных институтах для изучения растений. А для производственного выращивания растений ученые и агрономы изменяют эти смеси и часто создают новые.

Профессор Ленинградского университета В. А. Чесноков предложил две питательные смеси для помидоров: одну из чистых химических солей, другую — из более распространенных и дешевых технических солей и минеральных удобрений. Эти смеси наиболее распространены в наших гидропонических хозяйствах.

Смесь из чистых солей

(N : P : K = 72 : 5 : 23)

Название соли	Химической формула	Концентрация в г/л
Кальций азотнокислый	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,470
Аммоний азотнокислый	NH_4NO_3	0,160
Калий азотнокислый	KNO_3	0,400
Магний сернокислый	MgSO_4	0,280
Калий фосфорнокислый	KH_2PO_4	0,140
Аммоний сернокислый	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,130

**Смесь из минеральных удобрений
и технических солей**

Удобрение	Концентрация в г/л
Калийная селитра	0,500
Суперфосфат	0,350
Сернокислый магний	0,300
Аммонийная селитра	0,200

Из соотношения между N, P и K видно, что питательная смесь Чеснокова содержит несколько меньше, чем нужно растениям, фосфора и несколько больше азота. Однако благодаря своей избирательной способности растения отлично справляются с этой неуравновешенностью питательной среды и дают на смеси Чеснокова высокие урожаи.

Потребности растений в различных элементах минерального питания изменяются по мере их роста, при переходе от одной фазы развития к другой. Например, помидоры или огурцы в самом начале своей жизни (до цветения) должны развернуть как можно больше листьев. Ведь чем больше листьев, тем сильнее фотосинтез, тем больше накопится в растении органических веществ, которые позже понадобятся для налива плодов. поэто-

му в начале своего роста растения больше всего нуждаются в азоте: он управляет вегетативным ростом. С переходом к цветению увеличивается потребность в фосфоре: он управляет завязыванием плодов — основой будущего урожая. А во время плодообразования, когда замедляется рост и усиливается отток органических веществ из листьев к наливающимся плодам, потребность растений в азоте и фосфоре уменьшается, а в калии увеличивается. Калий, как вам уже известно, «заведует» передвижением веществ от одних органов к другим.

Поэтому, желая увеличить урожай, иногда применяют так называемые динамические (подвижные, изменяющиеся) питательные смеси, в которых соотношения между различными элементами меняются по фазам развития растений. Эти изменяющиеся смеси предложены профессором З. И. Журбицким. Вот, например, динамическая питательная смесь Журбицкого для гидропонического выращивания огурцов:

Удобрение	Концентрация в г/л		
	до цветения	цветение	плодообразование
Аммонийная селитра	0,148	0,180	0,216
Суперфосфат	0,076	0,154	0,175
Калий хлористый	0,071	0,122	0,216
Кальций сернокислый	0,120	0,120	0,120
Магний сернокислый	0,100	0,100	0,100

Для приготовления этой смеси суперфосфат нужно настоять с водой в течение нескольких дней; образовавшийся раствор использовать, а нерастворимый остаток отбросить.

С успехом применяется и другая динамическая смесь Журбицкого — для помидоров (см. стр. 52).

Попробуйте вырастить часть своих растений на обычной питательной смеси (например, Чеснокова), а другую часть — на динамической. Взвесьте и сравните урожай плодов с тех и других растений.

Удобрение	Концентрация в г/л			
	до цвете- ния	цвете- ние	плодо- обра- зова- ние	созре- вание
Аммонийная селитра	0,224	0,224	0,224	0,224
Калийная селитра	0,720	0,720	0,720	0,576
Суперфосфат	0,432	0,592	0,720	0,976
Калийная соль	—	0,037	0,070	—
Магний сернокислый	0,500	0,500	0,500	0,500
Фосфорная кислота	0,170	0,170	0,170	—

ЮННАТСКИЕ СМЕСИ

Кроме растворов, применяемых во «взрослой» гидропонике, существуют питательные смеси для выращивания растений в комнатах.

Вот две питательные смеси, предложенные А. А. Новоселовым. Они состоят из доступных химических солей.

Название соли	Химическая формула	Концентрация в г/л	
		смесь № 1 (N : P : K = = 82 : 7 : 21)	смесь № 2 (N : P : K = = 50 : 8 : 42)
Кальций азотнокислый	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,70	0,10
Калий азотнокислый	KNO_3	—	0,60
Аммоний азотнокислый	NH_4NO_3	0,08	—
Калий фосфорнокислый	KH_2PO_4	0,14	—
Кальций фосфорнокислый	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	—	0,15
Калий сернокислый	K_2SO_4	0,18	—
Магний сернокислый	MgSO_4	0,12	0,12

Эти смеси применяют юные натуралисты Волгоградской областной станции. К сожалению, эти смеси имеют очень щелочную реакцию. Поэтому после приготовления их приходится подкислять серной кислотой.

На Таджикской республиканской станции в городе Душанбе юные натуралисты используют такие смеси.

Смеси из чистых солей

Название соли	Химическая формула	Концентрация в г/л
---------------	--------------------	--------------------

№ 1 (N : P : K = 77 : 8 : 15)

Кальций азотнокислый	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,70
Аммоний сернокислый	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,12
Кальций фосфорнокислый	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0,14
Калий сернокислый	K_2SO_4	0,18
Магний сернокислый	MgSO_4	0,12

№ 2 (N : P : K = 54 : 6 : 40)

Калий азотнокислый	KNO_3	0,80
Аммоний азотнокислый	NH_4NO_3	0,20
Калий фосфорнокислый	KH_2PO_4	0,20
Магний сернокислый	MgSO_4	0,05

Смеси из минеральных удобрений и технических солей

Удобрение	Концентрация в г/л
-----------	--------------------

№ 3

Калийная селитра	0,60
Аммонийная селитра	0,30
Суперфосфат	0,50
Горькая английская соль	0,20

№ 4

Натриевая селитра	0,60
Сульфат аммония	0,20
Суперфосфат	0,40
Калий сернокислый	0,30
Горькая английская соль	0,24

Эти смеси состоят из наиболее доступных солей. Они испытаны при выращивании многих растений в комнатных условиях. Их реакция менее щелочная, чем смесей Новоселова. Благодаря большому содержанию аммонийного азота (ион NH_4^+) рН этих смесей меньше изменяется за время выращивания. Недостаток их состоит в том, что соотношение между азотом, фосфором и калием несколько сдвинуто по сравнению с оптимальным. В первой смеси относительно много азота (мало фосфора и калия), во второй — много калия (мало фосфора и азота). Первая смесь содержит не растворимую в воде соль — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

Для выращивания растений в комнатных условиях мы предлагаем вам испытать следующую смесь.

Название соли	Химическая формула	Концентрация в г/л
Кальций азотнокислый	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,656
Аммоний сернокислый	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,132
Калий фосфорнокислый	KH_2PO_4	0,272
Калий сернокислый	K_2SO_4	0,174
Магний сернокислый	MgSO_4	0,120

Эта смесь составлена сотрудниками Института физиологии растений Академии наук СССР.

При ее составлении они постарались использовать преимущества и учесть недостатки существующих юннатских смесей. Эта смесь состоит только из растворимых солей, уравновешена по соотношению между главными элементами минерального питания ($\text{N} : \text{P} : \text{K} = 63 : 12 : 25$) и имеет хорошую реакцию ($\text{pH} = 5$). Она содержит аммонийный азот, и поэтому реакция раствора мало изменяется с развитием растений.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

Питательные растворы вы будете готовить на водопроводной воде. Обычно она содержит достаточно микроэлементов, вымываемых из почвы. Но некоторые почвы бывают бедны теми или иными микроэлементами.

Поэтому лучше прибавлять к питательному раствору хотя бы два микроэлемента, в которых растения нуждаются больше,— бор и марганец.

Бор можно вносить в виде борной кислоты (H_3BO_3). 3-процентный раствор ее продается в аптеках. К 1 литру питательного раствора нужно прибавить 15 миллилитров разбавленного в 100 раз продажного раствора H_3BO_3 . Борную кислоту можно заменить бурой.

Марганец обычно применяют в форме сернокислой соли ($MnSO_4$) в концентрации 0,005 грамма на литр. Впрочем, его можно заменить более распространенным марганцовокислым калием (марганцовкой) — ($KMnO_4$), растворяя одну маленькую крупинку в литре воды. На 1 литр питательной смеси достаточно 5—10 миллилитров такого исходного раствора.

Если питательный раствор готовят на дистиллированной, дождевой или снеговой воде, то лучше внести и некоторые другие микроэлементы в виде следующих солей:

Zn — сернокислый цинк ($ZnSO_4$),

Cu — сернокислая медь, медный купорос ($CuSO_4$),

Mo — молибденовокислый аммоний [$(NH_4)_2MoO_4$],

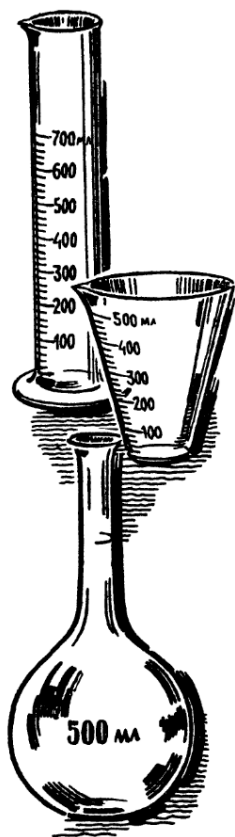
J — йодистый калий (KJ).

Каждую из этих солей нужно брать по 0,0001 грамма на литр питательного раствора.

Есть еще один элемент, без которого разрушается зеленое вещество листьев — хлорофилл, а растения бледнеют и гибнут. Это — железо. По количеству, в котором оно нужно растениям, железо занимает промежуточное положение между макро- и микроэлементами. Наиболее доступная соль железа — железный купорос ($FeSO_4$). Его нужно брать 0,04 грамма на литр питательного раствора. Железный купорос можно заменить хлорным железом $FeCl_2$ (0,02 грамма на литр). Но еще лучше, если вам удастся достать лимоннокислое железо (0,02 грамма на литр).

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Итак, ознакомившись с различными питательными смесями и выбрав из них одну, вы можете приступить к ее приготовлению. Для этого вам понадобятся весы



Мерная посуда.

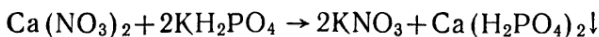
для взвешивания солей, посуда известного объема для отмеривания воды и бутылки из темного стекла для хранения исходных растворов.

Для взвешивания солей лучше всего воспользоваться весами школьного химического кабинета или ручными аптекарскими весами.

Для отмеривания объемов воды или раствора служит специальная мерная посуда: мерные цилиндры, мерные стаканы (мензурки) и мерные колбы с метками на разные объемы. В домашних условиях для этого можно взять обычные бутылки или стеклянные банки, на 0,5, 1 и 3 литра) и граненые стаканы (их емкость 200 миллилитров).

Учтите, что питательный раствор в сосудах с растениями через 1—2 недели вам придется менять. Поэтому, чтобы каждый раз не взвешивать и не растворять соли, нужно приготовить концентрированные растворы всех входящих в питательную смесь солей. При очередной смене питательной среды нужно только разбавить небольшой объем такого исходного раствора определенным объемом воды.

Исходный раствор каждой соли готовят и хранят отдельно. Хранить их в смеси нельзя — некоторые соли вступают в реакцию с образованием нерастворимого или слабостворимого осадка. Например, если смешать крепкие растворы азотнокислого кальция и фосфорнокислого калия, то кальций соединится с анионом фосфорной кислоты с образованием осадка фосфорнокислого кальция:



В осадок выпадают соли, образованные при соедине-

нии катионов кальция, магния и железа с анионами серной (SO_4^{--}) и фосфорной (H_2PO_4^-) кислот.

По этой же причине исходные растворы солей фосфорной и серной кислот лучше готовить на дистиллированной, дождевой или снеговой воде (водопроводная вода содержит кальций). Необходимое количество дистиллированной воды (1—2 литра) можно получить при помощи обычного холодильника Либиха.

Концентрация исходных растворов должна быть в 100 раз выше концентрации питательной смеси. Тогда для приготовления смеси каждый из этих растворов нужно будет разбавить в 100 раз, то есть брать по 10 миллилитров каждого исходного раствора для приготовления 1 литра питательной смеси. Таким образом, для приготовления 50 литров питательной смеси достаточно иметь по одной пол-литровой бутылке исходного раствора каждой из солей.

Взяв навеску соли, высыпьте ее в стакан, прилейте немного воды и несколько раз взболтайте. Крупные комки и кристаллы лучше раздавить стеклянной или чистой деревянной палочкой. Дав соли осесть, слейте раствор в бутылку, а в стакан налейте еще немного воды и снова взболтайте. Так, небольшими порциями растворяйте соль и переносите раствор в бутылку до полного растворения соли. Теперь долейте бутылку водой до 0,5 литра, плотно закройте горлышко пробкой и хорошенько взболтайте, перевертывая бутылку. Растворы микроэлементов и магния можно растворять в одной бутылке.

Бутылки должны быть из темного стекла или обернуты плотной черной бумагой для предохранения растворов от света. На каждую из них наклейте этикетку, в которой должно быть указано название или химическая формула соли, ее концентрация и количество миллилитров, которое нужно брать для приготовления 1 литра питательной смеси. Например:

Калий азотнокислый

KNO_3

60 г / л

(Брать 10 мл на 1 л питательной смеси)

В темном шкафу такие исходные растворы могут храниться все лето. Плохо сохраняется только раствор железа. Его нужно особенно тщательно оберегать от света и не хранить больше месяца.

Для приготовления 1 литра питательной смеси налейте в литровую банку (примерно на две трети ее объема) воды и по очереди прибавляйте к ней нужные объемы исходных растворов каждой соли (при 100-кратной концентрации исходных растворов — по 10 миллилитров). После прибавления очередного раствора тщательно перемешайте содержимое банки и только после этого прибавляйте раствор следующей соли. В некоторых бутылках с исходными растворами вы заметите выпавший на дно осадок (это иногда бывает при приготовлении их на водопроводной воде). Прежде чем вносить такой раствор в банку с питательной смесью, взболтайте раствор в бутылке, чтобы в питательную смесь попала и растворенная, и выпавшая в осадок соль. Когда все соли перенесены в банку, долейте смесь водой до литра и перемешайте ее.

Такая разбавленная питательная смесь долго храниться не может, поэтому ее нужно готовить в день посадки (или пересадки) растений.

„ТРУДНЫЕ“ СОЛИ

Сложнее всего приготовить исходные растворы чистых азотнокислых солей. Все эти соли очень гигроскопичны, они жадно поглощают воду из воздуха и даже при хранении в склянке с залитой парафином пробкой превращаются в густую полужидкую массу. Конечно, взять правильную навеску такой массы невозможно: в ней будет больше воды, чем соли.

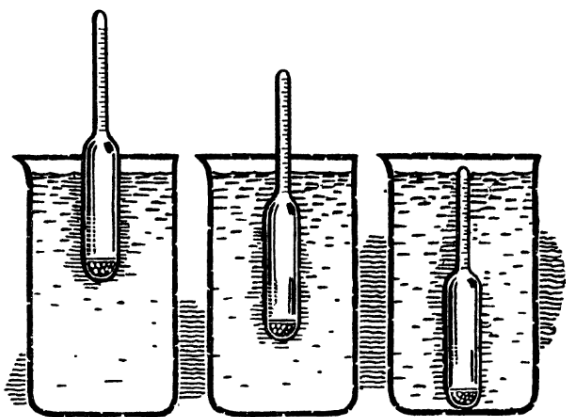
Поэтому перед взятием навески азотнокислые соли надо насыпать тонким слоем на чистую сковороду или противень и прокалить на электрической плитке, пока они не превратятся в сухую хрупкую массу. Навеску следует брать сразу же по остыванию прокаленной соли, чтобы она не успела «наглотаться» воды из воздуха.

Если в физическом кабинете вашей школы есть ареометры, исходные растворы гигроскопичных солей мож-

но приготовить без взвешивания — по удельному весу.

Ареометр — это приспособление для определения удельного веса жидкостей. Он представляет собой запаянную стеклянную ампулу определенного объема и веса. В нижней, широкой ее части помещена свинцовая дробь, поэтому при погружении в раствор ареометр всегда принимает вертикальное положение. В верхней, узкой части ампулы нанесены деления, показывающие удельный вес (плотность) раствора. Чем плотнее раствор, тем меньше погружается в него ареометр. Деление ареометра, совпадающее с уровнем раствора, показывает его удельный вес. А зная удельный вес раствора, легко по таблице найти его концентрацию и по пропорции рассчитать количество миллилитров такого раствора, нужное для приготовления 1 литра рабочей питательной смеси.

Таблицы удельных весов гигроскопичных питательных солей приведены в конце книжки. Попробуем рассчитать, по удельному весу например, концентрацию такой очень гигроскопичной соли, как азотнокислый аммоний (NH_4NO_3). Не взвешивая, берем некоторое коли-



В слишком крепком растворе ареометр всплывает (слева), в слишком разбавленном — тонет (справа). Для определения удельного веса раствора нужно, чтобы шкала ареометра находилась на уровне поверхности (в середине).

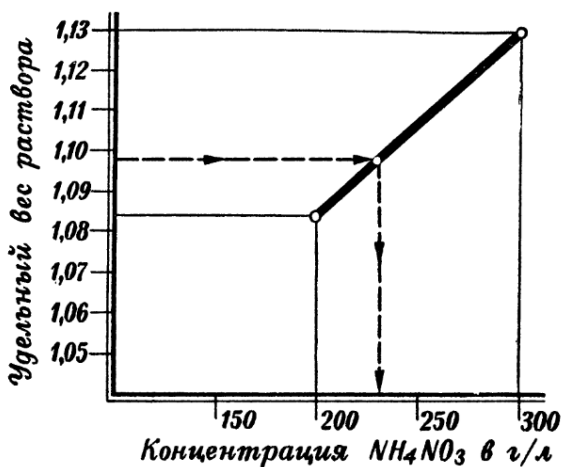


График для определения удельного веса раствора.

чество соли и заливаем ее небольшим объемом воды так, чтобы раствор получился достаточно крепким (определять ареометром удельный вес разбавленных растворов трудно). Когда вся соль растворилась, наливаем раствор в какую-нибудь узкую и высокую посуду (мерный цилиндр или стакан) и опускаем в него ареометр. Если ареометр тонет в растворе, значит, нужно увеличить концентрацию. И наоборот, если ареометр слишком всплывает, нужно уменьшить концентрацию раствора, разбавив его водой. Подобрал таким образом удобную концентрацию, записываем деление, находящееся на уровне раствора. Отсчет нужно брать по нижней, а не по верхней части мениска раствора, то есть глаз наблюдателя должен находиться ниже поверхности мениска. Предположим, удельный вес нашего раствора равен 1,098.

Теперь нужно найти концентрацию, соответствующую ему. Заглянем в таблицу удельных весов солей, данную в конце книги. Но в ней нет нашего значения величины удельного веса для NH_4NO_3 . Есть только большая и меньшая величины: 1,083 и 1,128. Ну что же, и по ним можно найти концентрацию нашего раствора. Для этого на листе бумаги построим график, как показано на ри-

сунке. На вертикальной оси мы отложим две величины удельного веса — меньшую (1,083) и большую (1,128) удельного веса нашего раствора. А на горизонтальной оси отложим соответствующие им концентрации, взятые из таблицы (200 и 300 граммов на литр). Найдем соответствующие точки на графике и соединим их прямой линией. Теперь по этой прямой мы можем определить концентрацию для любого удельного веса от 1,083 до 1,128. Удельному весу нашего раствора (1,098) соответствует концентрация 235 граммов на литр.

Зная концентрацию этого исходного раствора, нетрудно определить, сколько миллилитров его нужно взять для приготовления выбранной нами питательной смеси. Для этого следует лишь построить простую пропорцию. Например, если мы хотим приготовить смесь Чеснокова № 1 (стр. 50), то рассуждаем следующим образом: 1 литр смеси Чеснокова должен содержать 0,160 грамма NH_4NO_3 . В 1 литре нашего исходного раствора содержится 235 граммов. Сколько миллилитров нашего раствора нужно взять на 1 литр питательной смеси, то есть сколько миллилитров нашего раствора содержит 0,160 грамма соли? Строим пропорцию: в 1000 миллилитрах нашего раствора содержится 235 граммов NH_4NO_3 ; в x — 0,160 грамма.

$$\text{Тогда } x = \frac{0,160 \cdot 1000}{235} \approx 0,681 \text{ мл.}$$

Понятно, что такой объем точно отмерить нельзя. Поэтому приготовим исходный раствор в 100 раз более концентрированный, разведем 68,1 миллилитра (или, округленно, 68 миллилитров) до литра. А уж из этого раствора будем готовить смесь, разбавляя его в 100 раз (берем 10 миллилитров исходного раствора на 1 литр смеси).

Однако оба эти способа (прокаливание и определение концентрации по удельному весу) сложны и громоздки. Поэтому лучше пользоваться не чистыми, а техническими азотнокислыми солями (селитрами), которые менее гигроскопичны, и навеску их можно взять без предварительной подготовки.

СУХИЕ СМЕСИ СОЛЕЙ

Если приготовление или хранение исходных растворов окажется почему-либо сложным, можно приготовить и сухую смесь питательных солей.

Волгоградские юннаты, например, смешивают сухие навески:

Калийной селитры	7	граммов
Аммония сернокислого	2	грамма
Суперфосфата	4	»
Магния сернокислого	3	»
Железа сернокислого	0,2	»
Борной кислоты (сухой)	0,02	»
Марганца сернокислого	0,03	»

Для приготовления 1 литра рабочего питательного раствора берут 1,5 грамма этой смеси.

Такие сухие смеси готовят в тех случаях, когда в их составе есть слаборастворимые соли, например суперфосфат. К ним относятся все питательные смеси из технических солей и удобрений. Чаще всего сухие смеси применяют в песчаной культуре. Для водной же культуры лучше пользоваться смесями из растворимых солей и готовить их из исходных растворов.

Рижский химический завод выпускает сухие питательные смеси с микроэлементами: *Смесь А* для подкормки растений, выращиваемых в почве, и *Смесь В* — специально для беспочвенных культур. Последняя содержит все необходимые растениям макроэлементы и железо, а также и микроэлементы (бор, цинк, марганец, медь, молибден и кобальт). Эта смесь выпускается в виде порошка в банках по 1 килограмму (на 1 литр питательного раствора нужно брать 1,6 грамма порошка) и в виде таблеток по 1,6 грамма (одна таблетка на 1 литр). Эти смеси продаются в магазинах «Семена».



В ВОДЕ, ПЕСКЕ И ГРАВИИ

Вы уже знаете, что существует много различных способов выращивания растений без почвы: в водных растворах, на гравии, керамзите и даже просто во влажном воздухе.

Практическое знакомство с беспочвенной культурой лучше начать с трех основных ее видов: водной, песчаной и гравийной. Способы выращивания на одной и той же среде, например на воде, могут быть сложными и более простыми. Здесь вы познакомитесь и с теми и с другими. А потом выберете тот способ выращивания, для которого у вас дома или в школе есть условия.

Позже, освоив три основных вида беспочвенных культур, вы познакомитесь с более сложными и интересными видами — проточной и воздушной культурами.

Но какой бы способ выращивания вы ни выбрали, питательные соли всегда будут поступать в корни из водного раствора. Поэтому основной вид гидропоники — водная культура.

ВОДНАЯ КУЛЬТУРА

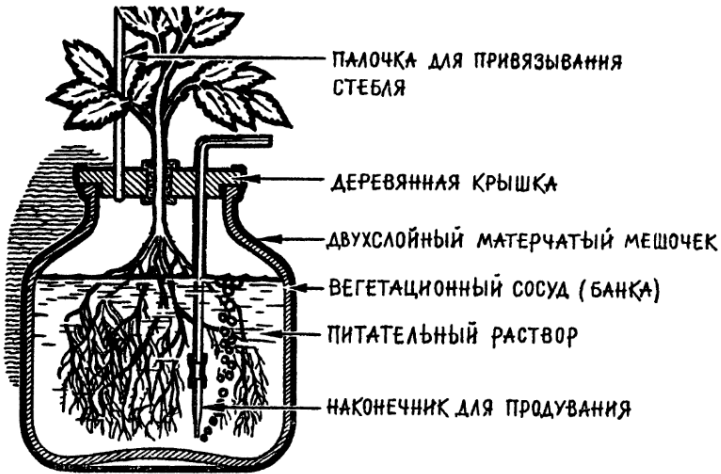
Этот способ выращивания растений без почвы можно назвать гидропоникой в чистом виде. Ведь само слово «гидропоника», как вы уже знаете, по-гречески означает «действие воды».

Вам понадобятся банки для питательного раствора (вегетационные сосуды), крышки к ним для закрепления растений и приспособление для продувания раствора воздухом.

ВЕГЕТАЦИОННЫЕ СОСУДЫ

В научных лабораториях для выращивания растений на воде применяют специальные вегетационные сосуды на 1, 3 или 5 литров, или широкогорлые банки из темного стекла. Вы можете воспользоваться обычными стеклянными банками на 0,5, 1 или 3 литра.

Банки должны быть защищены от света, иначе в растворе быстро разовьются водоросли — раствор «зацветет». Банки красят снаружи сначала черной краской (обычно асфальтовым лаком, приготовленным на керосине или бензине), а затем белой масляной краской. Черный слой защитит раствор от света, а белый — от перегрева, если сосуды стоят на солнце.



Вегетационный сосуд (банка) для водной культуры растений.

Но лучше сшить специальные двойные мешочки из черной и белой ткани с продернутой поверху бечевкой или резинкой. Сняв мешочек, можно в любой момент определить уровень раствора в банке или, если нужно, осмотреть корни, не вынимая их из сосуда.

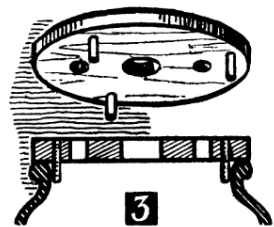
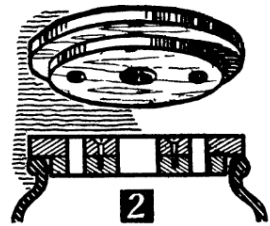
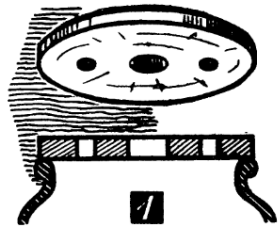
Крышки

Для закрепления растений над раствором нужны деревянные крышки толщиной 2 сантиметра. Их можно выпилить из круглого полена, диаметр которого несколько больше ширины горлышка вашей банки.

Еще лучше сделать крышку таким образом, чтобы нижней своей частью она входила в сосуд, а верхней опиралась на его края, как показано на рисунке. Для этого из сантиметровой доски или толстой фанеры нужно вырезать два диска и скрепить их шурупами так, чтобы концы шурупов не выступали снизу (иначе они будут ржаветь). Крышка должна плотно держаться в сосуде и в то же время надежно закрывать поверхность раствора от света. Поэтому диаметр ее нижнего диска должен быть на 3—4 миллиметра меньше внутреннего диаметра горлышка банки, а верхний круг должен выступать на 5 миллиметров за ее края. Можно сделать крышку и из одного деревянного диска, а для укрепления ее в сосуде просверлить на некотором расстоянии от края три отверстия и плотно забить в них снизу деревянные шипы длиной 1 сантиметр.

В крышке просверливают отверстия для растения, подпорок и воздушной трубки. Диаметр отверстий для укрепления стебля и их количество делают различными для разных растений.

Если вы будете выращивать крупные растения — помидоры,



Три вида самодельных крышек: 1 — диск, выпиленный из круглого куска дерева; 2 — два диска, вырезанные из дощечки и скрепленные шурупами; 3 — диск, вырезанный из дощечки со вставленными в него деревянными шипами.



1

2

3

1 — крышка для толстостебельных растений (помидоры, огурцы, кукуруза) с одним отверстием; 2 — для тонкостебельных растений (пшеница, овес, гречиха) с несколькими более узкими отверстиями; 3 — для корнеплодов (редис, свекла, морковь) с одним широким отверстием для глиняного горшочка.

огурцы, подсолнечник или кукурузу, то в центре крышки сделайте отверстие диаметром 1—2 сантиметра, а сбоку еще одно диаметром 0,5 сантиметра. В большом отверстии закрепляется нижняя часть стебля, а в маленьком плотно укрепляется палочка, к которой впоследствии привязывают растение. Для этого ни в коем случае нельзя пользоваться ниткой или тонкой бечевкой: она может поранить нежный стебель. Лучше взять полоску марли или широкую тесьму. Набросьте на стебель свободную петлю, но не затягивайте на нем узла. Стебель растет не только в высоту, но и в ширину, и если вы плотно затянете его узлом, на этом месте образуется перетяжка, и снабжение надземной части водой будет затруднено.

Тонкостебельные растения, не дающие густой листвы (овес, ячмень, пшеницу, гречиху), можно выращивать по несколько в одной банке. Для этого удобнее сделать более тонкие крышки из фанеры или даже из прочного картона с несколькими небольшими отверстиями. В отверстия по краям крышки вставьте две палочки и на них закрепите тонкое проволочное кольцо, чтобы удерживать растения. Для выращивания злаков иногда пользуются даже марлевыми крышками: два-три слоя марли натягивают на кольцо из толстой проволоки, погружают в расплавленный парафин, а затем концом карандаша делают несколько отверстий.

Сложнее вырастить в водной культуре корнеплодные растения (свеклу, морковь, редис). Среднее отверстие нужно сделать шириной 4—6 сантиметров в зависимости от величины будущего корнеплода. В это отверстие вставьте маленький глиняный горшочек. Отверстие в его дне нужно расширить ножницами до 2 сантиметров и закрыть слоем соломы или сухой травы. Затем насыпьте в горшочек отмытые горячей водой опилки или чистый речной песок. Теперь можно высеять семя или высадить проросток, который первое время нужно поливать водой. Через несколько дней корни проникнут через отверстие в дне и достигнут раствора в банке. Теперь растение можно и не поливать — оно само обеспечит себя водой.

Перед посадкой растений деревянную крышку лучше на 5—10 минут погрузить в расплавленный парафин (он продается в магазинах химических реактивов). Тогда крышка не будет смачиваться раствором и короводросли и плесневые грибки. Картонные и марлевые крышки парафинировать обязательно. Вдыхать пары парафина очень вредно, поэтому парафинировать крышки можно только на открытом воздухе.

АЭРАЦИЯ РАСТВОРА

Следует позаботиться и о дыхании корней. Устроить продувание раствора воздухом (как в водной гидропонике) можно и в школе и дома. Но это связано с некоторыми техническими трудностями. Поэтому сразу оговоримся, что выращивать растения на воде можно и без продувания.

При этом корни будут дышать тем кислородом, который проникает в раствор из окружающего воздуха. Чем больше поверхность раствора, тем больше площадь его соприкосновения с воздухом. Поэтому в широких и низких сосудах растения чувствуют себя лучше, чем в узких и высоких. Высота сосуда при высадке рассады не должна превышать 15 сантиметров. Это нужно не только для аэрации. В таком сосуде корни быстрее достигнут дна и смогут использовать соли из выпавшего на дно осадка.

В питательных растворах всегда образуется осадок, особенно когда они готовятся на жесткой водопроводной

или колодезной воде. Соединения фосфора, серы, кальция и железа, из которых состоит этот осадок, нерастворимы в воде. Но корни, достигшие дна, могут растворять их своими кислыми выделениями.

Чтобы обогатить раствор воздухом, приходится по крайней мере 2, а лучше 3—4 раза в день перемешивать, вернее, взбивать деревянной палочкой. Делать это нужно резкими, энергичными движениями, чтобы в раствор проникали пузырьки воздуха. Палочка должна быть не круглой, а четырехгранной. А еще лучше взбивать раствор очищенной от коры сухой сосновой веточкой с мутовкой на конце.

Между крышкой и поверхностью раствора оставьте воздушный промежуток. Тогда у корней будет «разделение труда». Нижняя их часть будет поглощать воду и минеральные соли, а верхняя — кислород. При посадке растений воздушный промежуток должен быть высотой 2—2,5 сантиметра. По мере роста растений его можно увеличить так, чтобы одна треть, а во время образования плодов половина корней находилась в воздухе. На этих дыхательных корнях, находящихся во влажном воздухе, бурно развиваются корневые волоски — выросты поглотительных клеток корня. Они заметны простым глазом в виде белого пушка на молодых корнях. На корнях же, погруженных в раствор, корневые волоски обычно не образуются.

Но если вы хотите вырастить хорошие растения и собрать с них обильный урожай, не поленитесь устроить продувание раствора в сосудах воздухом. Это не так сложно, как кажется на первый взгляд.

Воздух подается через стеклянную трубку, опущенную в раствор через одно из отверстий в крышке сосуда. Однако если взять обычную трубку шириной 3—4 миллиметра, воздух из нее будет выходить большими пузырями. Площадь их соприкосновения с водой незначительна, и воздух будет проскакивать через раствор, почти не растворяясь в нем. Нужно, чтобы воздух выходил из трубки множеством мелких пузырьков. Тогда раствор хорошо обогатится воздухом. Для этого используют различные наконечники. Наиболее простой вид наконечника — трубка с оттянутым и суженным концом. Вместо нее можно взять обычные глазные пипетки, кото-

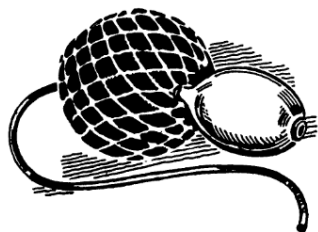
рые продаются в аптеках. Если поблизости от вашей школы есть институт или научная лаборатория, имеющая горелку для стеклодувных работ, тогда для продувания можно изготовить трубку с запаянным концом, в котором проделаны тонкие отверстия.

Самое тонкое продувание получается через специальные небольшие форсунки, которыми пользуются любители-рыбоводы для продувания воды в аквариумах. В них воздух мелкими пузырьками просачивается через кольцо, вырезанное из кусочка фетра или войлока и зажатое между двумя дисками из органического стекла. Такие форсунки продаются в зоологических магазинах. Наконечник воздушной трубки надо опустить до самого дна вегетационного сосуда, а верхний конец ее согнуть над крышкой под прямым углом и соединить резиновым шлангом с источником воздуха.

ГДЕ ВЗЯТЬ СЖАТЫЙ ВОЗДУХ

Самый простой и доступный источник сжатого воздуха — резиновая груша. Такие груши применяются для пульверизаторов и продаются в аптеках. Правда, продувать такой грушей сосуды в течение 10—15 минут — нелегкое занятие. Зато оно прекрасно развивает терпение и мускулы кисти. К концу лета у вас будет самое крепкое рукопожатие во всей школе.

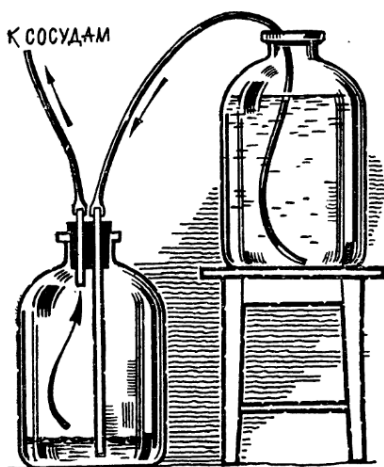
Если растения выращивают в достаточно просторном помещении (например, в школьном биологическом кабинете), можно наладить «гидравлическое» продувание. На стол или на высокую табуретку поставьте 10—20-литровую бутылку, наполненную водой. Опустите в нее резиновый шланг шириной 1 сантиметр, а другой его конец соедините со стеклянной трубкой, пропущенной через резиновую пробку до дна другой бутылки, стоящей на полу. В ту же пробку нужно вставить другую, короткую трубку и соединить ее со шлангом меньшего диаметра (0,5 сантиметра).



Резиновая груша.

Теперь плотно (герметически) вставьте пробку в горлышко нижней бутылки и ртом отсосите воздух через более тонкий шланг. В нижней бутылке давление воздуха понизится, и вода из верхней бутылки под действием атмосферного давления заполнит шланг и стеклянную трубку и потечет в нижнюю бутылку. Теперь вода будет перетекать из верхней бутылки в нижнюю и после того, как вы прекратите отсасывание воздуха. Это происходит потому, что столб воды во внешней части трубки больше, чем во внутренней, опущенной в верхнюю бутылку, и он перетягивает воду. Таким образом, трубка, по которой вода перетекает из верхней бутылки в нижнюю, представляет собой уже знакомый вам сифон. Теперь присоедините тонкий шланг к воздушной трубке, опущенной в вегетационный сосуд. Вода, постепенно наполняя нижнюю бутылку, будет вытеснять из нее воздух, который по тонкому шлангу пойдет к сосуду. Скорость перетекания воды (а значит, и интенсивность продувания) можно увеличить или уменьшить, изменяя разницу уровней между бутылками.

Для продувания питательного раствора можно приспособить также

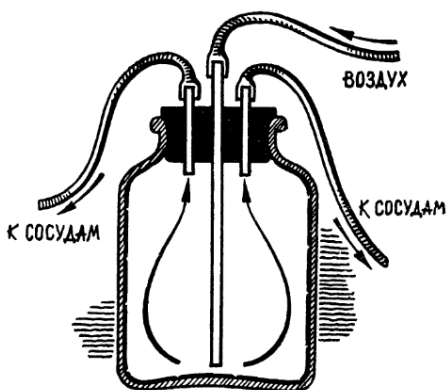


Установка для «гидравлического» продувания. Перетекая из верхней бутылки в нижнюю, вода вытесняет из нее воздух.

маленький мембранный насос. Насосы и форсунки продаются в зоомагазинах для продувания аквариумов. Их схема изображена на рисунке.

Мембранный насос состоит из плоской круглой коробки диаметром 8—10 сантиметров. На двух противоположных концах ее находятся маленькие резиновые клапаны (входной и выходной) и отводные трубки-штуцеры. Сверху камера насоса герметически закрыта туго натянутым куском резины — мембраной: к ней

сверху приклеена металлическая пластинка, соединенная с эксцентриком. При вращении эксцентрика мембрана то поднимается, и тогда воздух входит в камеру, то опускается, и тогда воздух выходит. Такой мембранный насос приводится в движение маленьким электромоторчиком, работающим от сети.



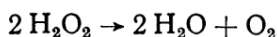
«Спрут» — приспособление для одновременного продувания нескольких сосудов.

Если вам нужно одновременно продувать несколько сосудов, сделайте «спрут», изображенный на рисунке. Для этого в резиновой пробке, плотно закрывающей широкогорлую стеклянную банку, пробочным сверлом делается несколько отверстий по кругу и одно в центре. В центральное отверстие вставьте длинную стеклянную трубку и соедините ее с источником воздуха. В остальные отверстия вставьте короткие стеклянные трубки, соединив их с воздушными трубками вегетационных сосудов.

Хорошо, когда растворы в сосудах продувают несколько часов в день. Но будет достаточно, если вы сможете продувать их дважды в день по 10—15 минут.

„ХИМИЧЕСКАЯ“ АЭРАЦИЯ

Если вы почему-либо не наладите продувание, попробуйте заменить его добавлением к питательному раствору перекиси водорода (H_2O_2). Этот способ аэрации проверен на водных культурах пшеницы, фасоли, кукурузы, подсолнечника и других растений. Под действием содержащегося в корнях фермента каталазы перекись водорода разлагается на воду и кислород, который и используется для дыхания корней:



Опыты показали, что при такой «химической» аэрации растения пшеницы поглощают даже больше элементов минерального питания и растут лучше, чем при обычном продувании.

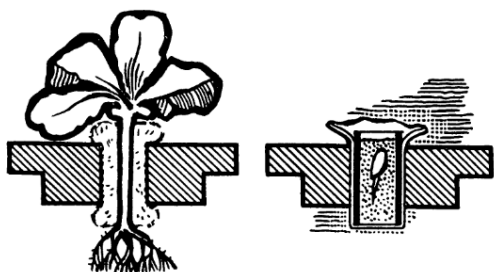
Способ аэрации	Поглощение в мг за 8 суток		
	азот	фосфор	калий
Без аэрации (контроль)	0,72	2,35	0,74
Продувание воздухом	1,12	3,57	1,10
Добавление перекиси водорода	1,64	6,75	1,16

В начале выращивания нужно добавлять на каждый литр питательного раствора по 0,5 миллилитра 3-процентной перекиси водорода раз в 3—5 дней, а когда растения подрастут — по 1 миллилитру через день.

3-процентная перекись водорода продается в аптеках. Нужно помнить, что перекись быстро разлагается (особенно на свету). Несколько дней ее можно хранить в темном шкафу в бутылочке, обернутой черной бумагой, но лучше пользоваться свежим реактивом.

ПОСАДКА РАСТЕНИЙ И УХОД ЗА НИМИ

Растения в водную культуру можно высевать прямо семенами. Для этого сделайте трубочку из пружинящего картона длиной 3 сантиметра и диаметром, равным ширине отверстия в крышке. Поставьте ее на квадратный кусочек марли. Концы марли загните вверх так, чтобы она облегла всю трубку. Теперь вставьте трубку в отверстие в крышке сосуда и обрежьте ножницами ее края. Трубка должна плотно входить в крышку. Тогда пружинящий картон прижмет марлю к стенкам отверстия, и у вас получится стаканчик с марлевым дном. (Дно должно быть опущено на 1 сантиметр ниже крышки сосуда.) Теперь насыпьте в этот стаканчик промытого песка или обваренных кипятком опилок и посейте в них наклюнувшееся семя. В сосуд нужно налить воды так,



Способы укрепления растений в крышке. Слева — при посадке рассады; стебель укрепляют при помощи ваты. Справа — при посеве семенами; наклюнувшееся семя высевает в укрепленный в крышке картонный стаканчик с марлевым дном, наполненный песком.

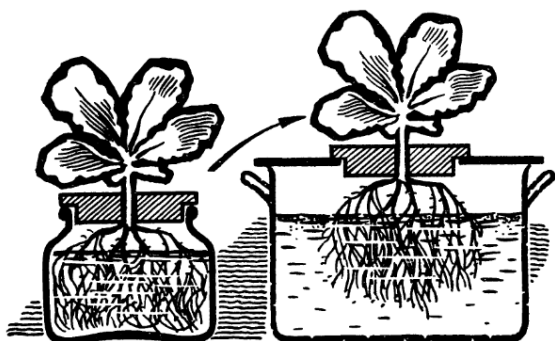
чтобы марлевое дно касалось ее поверхности. Вода будет подниматься по капиллярам, смачивая песок или опилки, и вскоре корни прорастут в воду. Через 1—2 дня после появления корешков замените воду разбавленным вдвое питательным раствором, а еще через 5—6 дней его можно заменить раствором полной концентрации.

Но удобнее высаживать растения рассадой. Залейте семена в стакане теплой водой и оставьте на ночь. Утром слейте воду, а семена разложите в блюдце между двумя влажными тряпочками. Нужно следить, чтобы верхняя тряпочка не подсыхала.

Когда семена наклюнутся, то есть покажутся кончики прорастающих корешков, высадите их в небольшой слой песка (сантиметров пять). Слегка полейте песок, закройте его сверху куском стекла или картона и поставьте в теплое место. Следите за тем, чтобы песок не пересыхал, но в то же время нельзя, чтобы он заболачивался, «плыл» от избытка воды: прорастающие семена особенно нуждаются в воздухе.

При появлении всходов снимите стекло или картон и выставьте проростки на свет. Чтобы они росли быстрее, через день их можно поливать питательным раствором половинной концентрации.

Поглощая соли, корни постепенно обедняют питательный раствор. При этом не только снижается общая концентрация солей, но нарушаются соотношения между различными элементами, так как одни из них растения



Чтобы при пересадке на более широкий сосуд крышка не проваливалась, сделайте фанерный круг с отверстием для крышки.

поглощают сильнее, другие — слабее. Кроме того, в процессе поглощения солей корни постепенно подщелачивают раствор, что вредно влияет на поглощение солей. Поэтому раз в 1—2 недели питательный раствор нужно заменять свежим. Чем больше объем сосуда, тем реже приходится менять раствор.

Для смены раствора удобно иметь одну лишнюю банку. В нее наливают свежий раствор и пересаживают растение вместе с крышкой. Старый раствор можно использовать для поливки комнатных цветов.

При пересадке осмотрите корни. Иногда на них образуются слизь из одноклеточных водорослей. Чаще это бывает, когда в сосуд проникает свет. Чтобы избавиться от слизи, опустите корни на 3—4 минуты в раствор марганцовокислого калия (марганцовки), разведенный до слабо-розового цвета, а потом ополосните струей воды под краном. Если слизь не исчезнет, обработку повторите.

Когда корни начнут заполнять сосуд, нужно пересадить растения на сосуд большего объема. Для экономии солей придерживайтесь следующего правила: первый месяц можно выращивать растения в сосудах емкостью 350 миллилитров, второй — на 500 миллилитров, затем на 1 или 2 литра. Если растворы не продаются, лучше пользоваться глубокими тарелками или

мисками, а позже — низкими эмалированными (но не алюминиевыми!) кастрюлями.

Чтобы на листьях не появились вредители (тля или паутинный клещик), раз в 2—3 дня верхнюю и особенно нижнюю поверхность всех листьев нужно вытирать мягкой влажной тряпочкой. Если, несмотря на это, вредители все-таки появляются на ваших растениях, приготовьте настой лука-пера (20 граммов на литр) и опрысните растения из пульверизатора. Особенно тщательно нужно опрыснуть нижнюю часть листьев, именно на ней поселяются насекомые-вредители.

* * *

Водная культура наглядно показывает, что растения могут хорошо расти, цвести и плодоносить без почвы, на одном только растворе питательных солей. При этом способе выращивания удобно следить за ростом всего растения — не только надземной (вернее, «надводной») части его, но и корневой системы. Ошибку в приготовлении питательной смеси, если только она быстро обнаружена, легко исправить — заменить неправильно приготовленный питательный раствор новым.

Но у водной культуры растений есть один важный недостаток, сильно затрудняющий работу с ней в школе и особенно дома. Это необходимость продувания. Поэтому давайте попробуем другой способ выращивания растений без почвы, который не требует продувания.

ПЕСЧАНАЯ КУЛЬТУРА

Выращивание растений в песке больше похоже на обычное выращивание в почве, хотя сходство только внешнее. Правда, растения здесь, как и в почве, уходят своими корнями в твердый «грунт». Но в отличие от плодородной почвы, кварцевый речной песок совершенно бесплоден. Он на 99 процентов состоит из окиси кремния SiO_2 с очень небольшой примесью алюминия и титана. Такие ничтожные количества, которые трудно даже измерить, химики называют следами. Кроме того, в песке содержится очень немного (сотые доли процента) железа.

Окислы железа тончайшей пленкой покрывают каждую песчинку. Насыпьте горсть песка в склянку и залейте его крепкой соляной кислотой. Закройте склянку стеклянной пробкой, взболтайте и оставьте стоять 2—3 часа. Вы увидите, что кислота окрасилась в желтовато-ржавый цвет, а песок стал белым. Соляная кислота «раздела» песчинки, растворила и сняла с них пленку окислов железа. Так промывают песок для выращивания растений в научных лабораториях, когда опыт должен проводиться в химически чистых условиях. Мы с вами вполне можем обойтись и без такого промывания.

Для песчаной культуры лучше брать речной песок. Строительный песок, добываемый в карьерах, недостаточно мелок и однороден. Кроме того, он содержит много глины, которую трудно отмыть, и, главное, очень много железа — часто песок имеет красноватый цвет. Железо с фосфорной кислотой питательного раствора дает нерастворимую соль — фосфат железа, — которая трудно усваивается корнями растений. Поэтому, если в песке слишком много железа, растения могут страдать от недостатка фосфора.

Песок прежде всего нужно отмыть от глинистых частиц. Залейте его в эмалированном тазу водой, как следует взмутите и слейте воду. Эту операцию повторите несколько раз — до тех пор, пока вода после взмучивания песка не останется прозрачной. Теперь рассыпьте его слоем 15—20 сантиметров на солнце для просушки.

Прежде чем готовить питательную смесь для песчаной культуры, выберите способ выращивания растений в песке. Таких способов два.

ПЕРВЫЙ СПОСОБ

Этот способ более удобен для нас, но менее удобен для растений. Он заключается в том, что растения высаживают в чистый песок, который поливают питательным раствором.

Возьмите обычные цветочные горшки с поддонниками. Отверстие в дне горшка закройте соломой или сухой травой. Если отверстие закрыть просто черепком (как это делают при набивке его почвой), то песок будет вымываться поливной водой. Насыпьте в горшок песка так,

чтобы он не доходил до края на 1—1,5 сантиметра, и как следует увлажните чистой водой. Теперь в него можно посеять семена или высадить рассаду. Через 2—3 дня после появления всходов или высадки рассады песок можно полить раствором половинной концентрации, а еще через день — полным питательным раствором.

Растения в песке нужно ежедневно поливать водой, а 2 раза в неделю — питательным раствором той же концентрации, какая применяется в водной культуре. Поливать следует «на пролив», то есть до тех пор, пока вода не покажется в поддоннике. Перед любым поливом (водой или питательным раствором) нужно сначала вылить в песок содержимое поддонника. Если перед поливом вы увидите, что поддонник высох, ополосните его водой и вылейте эту воду в горшок, чтобы питательные соли не вымывались из песка.

При поливе песка питательным раствором на его поверхности поселяются микроскопические сине-зеленые водоросли — песок «зацветает». Водоросли поглощают соли, обедняя питательный раствор. Но главное — они очень энергично дышат, перехватывая поступающий в песок воздух. При сильном развитии водорослей на поверхности песка может наступить «удушьё» корней. Если появился слой водорослей, его надо разрыхлить, а сверху на 1—1,5 сантиметра присыпать свежим песком.

Чтобы песок не «зацветал», выройте в нем небольшое углубление и через него поливайте песок раствором так, чтобы раствор не растекался по всей поверхности песка. Водой же можно поливать всю поверхность. Еще лучше вставить в песок стеклянную воронку с отрезанным носиком. Если на воронке и появятся водоросли, ее можно в любой момент вынуть и вымыть.

Полив песка сверху «на пролив» имеет еще один важный недостаток. Некоторое время после полива песок бывает целиком насыщен водой, «заболочен». И лишь через 1—2 часа, а в пасмурную погоду через 3—4 часа промежутки между песчинками начинают постепенно заполняться воздухом.

Чтобы этого не происходило, часть поливной воды дают в сосуд сверху, а часть снизу. Это делают при втором способе выращивания растений — в песчаной культуре.

ВТОРОЙ СПОСОБ

Этот способ заключается в том, что все количество солей, необходимое для выращивания растений «от семени до семени», вносится в песок перед посевом. А растения поливают только чистой водой.

Прежде чем набивать горшок песком, прoderните в отверстие его дна две полоски ткани шириной 4—5 сантиметров, как показано на рисунке. Одна из полосок должна быть на несколько сантиметров длиннее другой.

Затем, смешав песок с питательными солями (о том, как это делается, мы поговорим позже) и закрыв отверстие в дне сухой травой, заполните песком нижнюю часть горшка (до $\frac{1}{3}$ его высоты). Свернув нетугим жгутом свободный конец более короткой полоски ткани, уложите его на песок по стенке горшка. Затем насыпьте песок до $\frac{2}{3}$ высоты горшка и таким же кольцом уложите на него более длинную полоску. Теперь можно заполнить горшок песком доверху, слегка увлажнив его, и посеять семена.



Набивка песком горшка с матерчатыми «фитилями».

Первые 6—7 дней после появления всходов поливайте песок сверху небольшими порциями воды (по 50—100 миллилитров) так, чтобы только увлажнить его поверхность. С каждым днем слой увлажненного песка вслед за растущими корнями будет опускаться все ниже и ниже. При этом вода будет вымывать вниз часть внесенных в песок солей. Но это хорошо: в первые дни роста молодые проростки не выносят высокой концентрации.

Через неделю налейте в поддонник немного воды. Вода будет всасываться нижними слоями песка и подниматься вверх как по капиллярным промежуткам меж-

ду песчинками, так и по двум матерчатым фитилям. Если высота вашего горшка меньше 15 сантиметров, то можно обойтись и без фитилей: на эту высоту вода поднимается за счет капиллярных сил самого песка. Сверху же песок нужно лишь немного увлажнять, чтобы не пересохла верхняя часть корней. Количество воды, необходимое для полива сверху, установите сами. Начните с небольших количеств (50—



«Автопоилка» для растений. Наполните бутылку доверху водой и быстро опрокиньте ее в поддонник. Вода будет вытекать по мере ее всасывания растением.

70 миллилитров на горшок), чтобы поверхность песка лишь смачивалась. Если этого окажется недостаточно, постепенно увеличивайте количество воды до тех пор, пока растения не перестанут подвядать.

Нужно следить за тем, чтобы в поддоннике все время находилась вода, доливая ее по мере высыхания и впитывания песком.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНОЙ СМЕСИ

При первом способе выращивания растений на песке питательный раствор готовится точно так же, как для водной культуры. Если же вы выбрали второй способ, то исходные (концентрированные) растворы питательных солей нужно вносить прямо в песок. На каждый килограмм песка обычно берут столько же солей, сколько на 1 литр питательной смеси в водной культуре. Удобнее всего приготовить исходные растворы такой концентрации, чтобы брать по 10 миллилитров каждого из них на сосуд.

Поэтому, прежде чем готовить исходные растворы питательных солей, нужно определить, сколько песка помещается в ваш горшок. Для этого необязательно взвешивать песок, можно лишь измерить его объем.

Удельный вес песка равен примерно 2. Поэтому можно считать, что 1 литр сухого песка весит 2 килограмма. Объем песка, помещающегося в горшок, удобно измерить граненым стаканом (объем его до краев равен 200 миллилитрам). Предположим, ваш горшок вмещает 6 стаканов песка. Это составляет 1,2 литра или 2,4 килограмма песка.

Теперь рассчитаем концентрации исходных растворов. Это удобно делать при помощи такой таблицы.

Питательная соль	Норма соли в г на 1 кг песка	Норма соли в г на 1 сосуд	Концентрация в г/л исходного раствора	Нужно внести мл исходного раствора на 1 сосуд
------------------	------------------------------	---------------------------	---------------------------------------	---

Предположим, вы решили воспользоваться питательной смесью Прянишникова. Попробуем рассчитать концентрацию исходного раствора для какой-нибудь соли, например для азотнокислого аммония (NH_4NO_3). В смеси Прянишникова этой соли должно содержаться 0,24 грамма на килограмм песка.

NH_4NO_3	0,24 г на 1 кг песка			
--------------------------	----------------------	--	--	--

Но у нас в каждом сосуде будет по 2,4 килограмма песка, значит, на сосуд нужно в 2,4 раза больше, то есть 0,576 грамма.

NH_4NO_3	0,24 г на 1 кг песка	0,576 г на 1 сосуд		
--------------------------	----------------------	--------------------	--	--

Вы решили вносить на сосуд по 10 миллилитров каждого исходного раствора. Значит, это количество соли должно содержаться в 10 миллилитрах раствора. Следовательно, концентрация исходного раствора должна быть 0,576 грамма на 10 миллилитров, или 57,6 грамма на 1 литр.

NH_4NO_3	0,24 г на 1 кг песка	0,576 г на 1 сосуд	57,6 г на 1 л исходного раствора	10 мл исходного раствора нужно вносить в каждый сосуд
--------------------------	----------------------	--------------------	----------------------------------	---

Точно так же рассчитывается концентрация исходных растворов всех остальных солей питательной смеси.

Если питательная смесь содержит нерастворимую соль (например, гипс или суперфосфат), ее вносят в песок в виде порошка. Тогда одновременно с приготовлением исходных растворов в отдельные пакетики из чистой бумаги (лучше из кальки или восковки) нужно взять навески нерастворимых солей.

Теперь отмерьте количество песка для одного сосуда (в нашем примере — 6 стаканов) и рассыпьте его ровным слоем в широком эмалированном тазу. Таз из оцинкованного железа лучше не брать: даже сравнительно небольшие количества цинка, попавшие в песок, могут отравить корни растений. Теперь нужно как можно лучше перемешать песок с питательными солями.

Растворы отдельных солей вносят по очереди. Для этого удобно пользоваться мерной пипеткой на 10 миллилитров, как показано на рисунке. Мерным цилиндром или мензуркой растворы отмериваются менее точно, и равномерно вылить их на поверхность песка труднее. После внесения каждого очередного раствора песок нужно слегка перемешать и после этого вносить следующую соль.

После того как все растворы вылиты в песок, его необходимо тщательно перемешать, чтобы питательные вещества равномерно распределились по всему его объему. Песчаная питательная смесь готова, и ею можно набивать сосуды.

Пипеткой в песок вводят раствор питательных солей.



ПОСЕВ, ПРОРЕЖИВАНИЕ, ПОДКОРМКА

В песчаную культуру сеют проросшие или наклюнувшиеся семена.

Обычно в каждый сосуд высевают несколько семян. Когда растения вырастут настолько, что начинают

мешать друг другу, их прореживают. Через некоторое время прореживание повторяют и в конце концов оставляют в каждом сосуде одно самое лучшее растение.

Крупные семена (горох, фасоль, кукуруза) высевают на глубину 1—1,5 сантиметра, семена средней величины (помидоры, огурцы, злаки) — на 0,5 сантиметра. А растения с очень мелкими семенами (морковь, мак) лучше высаживать рассадой. Проросшие семена высевают корешком вниз. После посева аккуратно заделайте песком и полейте каждую ямку. Теперь закройте сосуды стеклом или картоном и поставьте в теплое место, а при появлении всходов выставьте на свет.

Можно высаживать в песок и заранее выращенную рассаду.

Когда растение вырастет большим, ему может не хватить тех питательных солей, которые вы внесли в песок при набивке сосуда (особенно если вы взяли небольшой сосуд). Поэтому для песчаной культуры нужно выбрать горшки шириной поверху не менее 20 сантиметров. В них помещается 3 литра или 6 килограммов песка. Но если растения все же проявляют признаки голодания (они описаны в главе «Когда растения голодают»), то их нужно подкормить.

Для этого в каждый горшок дополнительно вносят половину нормы питательных солей. Чтобы не «обжечь» корни, соли вносят в течение нескольких дней, постепенно растворяя их в поливной воде. Концентрация таких подкормочных растворов должна быть не очень высокой — не больше 1—2 граммов на литр.

* * *

Как видите, способ выращивания растений в песке очень прост. Он не требует ни специальных приготовлений, ни сложных приспособлений для продувания, которые иногда трудно сделать дома или в школе. Достаточно иметь обычные цветочные горшки, песок и питательные соли.

В водной культуре растворы приходится ежедневно продувать или перемешивать (взбивать) для обогащения их кислородом. Аэрация же песка происходит «автоматически»: по мере поглощения корнями воды промежутки между песчинками заполняются воздухом.

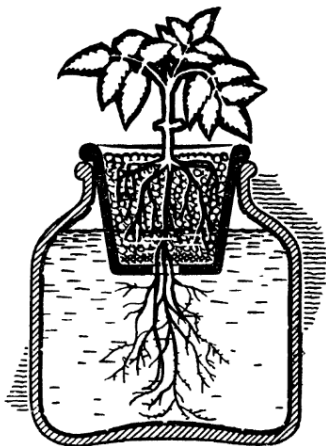
Помидоры, выращенные в песке, созревают раньше, чем в почве, и при соблюдении всех правил дают обильный урожай. Однако снабжение корней кислородом в песчаной культуре все же недостаточно. Улучшить аэрацию питательной среды можно в другом виде искусственной культуры — гравийной.

ГРАВИЙНАЯ КУЛЬТУРА

С этим видом беспочвенного выращивания вы уже познакомились в главе «Гидропоника». Теперь попробуйте сами вырастить растения на гравии. Для этого вам не понадобятся ни цементные чаны-стеллажи, ни цистерны с раствором. Вместо них возьмите глиняные цветочные горшки и стеклянные банки.

Подберите цветочный горшок такого размера, чтобы он почти целиком входил в горло литровой или пол-литровой стеклянной банки, опираясь на ее края только своей верхней частью. Наполните банку питательным раствором, а горшок — гравием, и «установка» для гравийной культуры готова. Как и в водной культуре, банку нужно закрыть от света.

Вы, наверно, замечали, как корни комнатных цветов в поисках воды и пищи иногда выходят через отверстие в дне горшка. То же почти всегда происходит в гравийной культуре. К этому нужно быть готовыми и заранее позаботиться о выходе для корней. Во-первых, расширьте ножницами отверстие в дне до 1,5—2 сантиметров. Во-вторых, не закрывайте этого отверстия черепком или осколком кирпича, как это делается при выращивании комнатных цветов в почве. Отверстие можно закрыть слоем сухой травы или соломы, а еще лучше, если у вас найдется обломок старой пластмассовой расчески с редкими зубьями.



Сосуд для гравийной культуры растений.

КАКИМ ДОЛЖЕН БЫТЬ СУБСТРАТ?

Для выращивания растений больше всего подходит гравий не крупнее 1 сантиметра. Но если размер вашего гравия 1,5—2 сантиметра, тоже не беда. Правда, влагоемкость его невелика, но этот недостаток легко исправить, добавив к 5 частям гравия 2 части крупного песка. Для гравийной культуры хороша также мелкая речная или морская галька.

Гравий или галька не должны содержать известняка. Он сильно подщелачивает раствор, осажая фосфор и делая его малодоступным для растений. Чтобы узнать, не содержит ли ваш субстрат известняка, возьмите небольшую пробу его и облейте 10-процентной соляной кислотой. В присутствии известняка кислота вскипает. Это выделяется углекислый газ, образующийся при реакции известия с соляной кислотой.

Гравий или гальку можно, как мы уже говорили, заменить любым инертным субстратом: битым кирпичом, коксом, каменноугольным шлаком. Однако эти субстраты хуже (особенно шлак и кокс). Они иногда выделяют в раствор вредные для растений химические соединения. Можно попробовать вырастить растения на бетонной крошке или на коротких отрезках стеклянных трубок.

Питательные растворы для гравийной культуры готовят точно так же, как и для водной.

„РАЗДЕЛЕНИЕ ТРУДА“ У КОРНЕЙ

В гравий растения высаживают рассадой, выращенной в опилках или в песке. Сделайте в центре горшка с гравием небольшое углубление. Выкопайте растение и, перенеся его вместе с небольшим комом песка в это углубление, присыпьте сверху гравием. Налейте в банку чистой воды и медленно, чтобы вода не вылилась через края банки, а постепенно наполнила горшок с гравием, опустите горшок в воду. Банка должна быть наполнена водой доверху, чтобы корни рассады касались ее поверхности. На следующий день, когда поврежденные при пересадке корни приживутся, можно заменить воду разбавленным вдвое питательным раствором. А еще через 2—3 дня, когда молодые корешки привыкнут к солям,

можно сменить раствор на полный.

Через неделю после пересадки рассады, когда корни прорастут в глубь гравия, опустите уровень раствора в банке на 3—5 сантиметров. А еще через неделю можно уже понизить уровень раствора так, чтобы горшок был погружен в него только на одну треть.

Корни в гравии растут очень быстро. Через некоторое время они выйдут через отверстие в дне горшка. Когда длина этих внешних корней достигнет 2—3 сантиметров, снова понизьте уровень раствора, пусть он только касается дна глиняного горшка. Но нужно следить, чтобы раствор в банке не отрывался от дна горшка. Иначе воздух проникнет в гравий не только сверху, но и снизу, а такой «сквозняк» может быстро высушить гравий.

Теперь в питательный раствор погружены только самые кончики корней. Основная же часть их находится во влажном воздухе, заполняющем промежутки между частями гравия. Не правда ли, это напоминает дыхательные корни в водной культуре, для которых мы оставляли воздушный промежуток между крышкой и раствором. Но там погруженные в раствор питающие корни составляли большую часть корневой системы, а в гравийной культуре минеральные соли поступают лишь



Уровень раствора: 1 — после посадки рассады; 2 — через неделю; 3 — через две недели; 4 — когда корни на 2—3 сантиметра выйдут из отверстия в дне горшка.

через самые окончания корней. Могут ли эти окончания обеспечить выросшее растение солями и водой? Да, могут.

УДИВИТЕЛЬНОЕ СВОЙСТВО

У растений есть одно удивительное свойство. Если уменьшить количество корней, через которые в листья поступают питательные вещества, то скорость поступления этих веществ резко возрастает.

Эту интересную способность растений наглядно показал известный советский ученый И. И. Колосов. Он выращивал в водной культуре два растения пшеницы. Корни одного из них (контрольного) были погружены в полный питательный раствор. Корни же другого (опытного) все время находились в воде, и только один корешок был отделен от общей пряди и опущен в пробирку с питательным раствором. Несмотря на это, опытное растение нормально росло и дало урожай, мало уступающий урожаю контрольного растения. Контрольное растение поглощало питательные соли всей корневой системой, но с обычной интенсивностью (скоростью). Опытное же растение поглощало соли только одним корешком, но зато с огромной интенсивностью.

Но вы не будете заставлять корни перенапрягаться. Гравийная культура позволяет сделать так, чтобы дыхательные корни тоже участвовали в поглощении солей и воды, продолжая выполнять свою основную задачу — снабжение всей корневой системы кислородом.

Возьмите широкую посуду (эмалированную кастрюлю или тазик) и дополнительную бутылку с питательным раствором. Налейте питательный раствор в тазик или кастрюлю. Вынув горшок с гравием из банки,грузите его в этот раствор так, чтобы раствор смочил весь гравий, кроме самого верхнего слоя (поверхность гравия должна быть на 2—3 сантиметра выше поверхности раствора в кастрюле). Затем поднимите горшочек и, дав раствору стечь, перенесите его обратно в стеклянную банку. Теперь не только питающие окончания корней, но и верхняя, дыхательная их часть будет, оставаясь в воздухе, участвовать в поглощении воды и солей, «слизывая» с поверхности влажного гравия тонкую



Смачивание гравия питательным раствором.

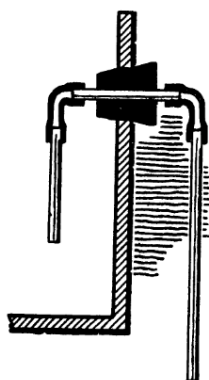
пленку раствора. Этой пленки хватает только на несколько часов. Поэтому увлажнять гравий раствором нужно не меньше 2—3 раз в день. В ночные же часы растение меньше расходует воды и солей, и пленки раствора, нанесенной при последнем (вечернем) увлажнении, вполне хватает до утра.

В жаркие летние дни поглощение растениями воды сильно возрастает, и запасов ее на поверхности увлажненных камешков гравия хватает ненадолго. Иногда испарение листьями настолько велико, что даже корни, постоянно погруженные в раствор, не могут обеспечить их водой, и растения подвядают.

В такие дни нужно либо чаще смачивать гравий (4—5 раз в день), либо, если это невозможно, увеличить число питающих корней, повысив уровень раствора в банке до половины горшка с гравием.

ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ ГРАВИЙНОЙ ГИДРОПОНИКИ

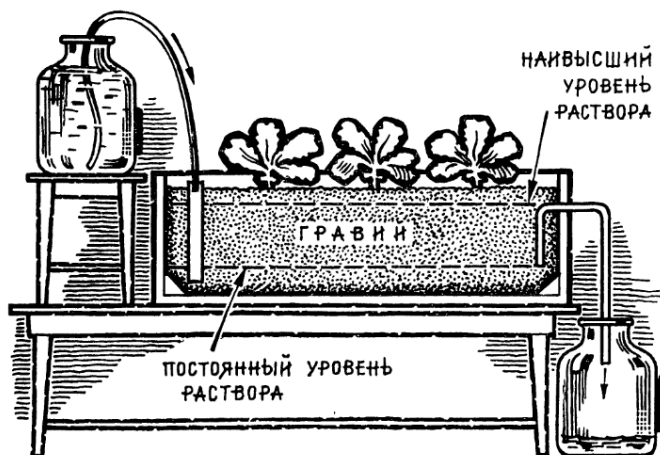
В школе вы можете сделать действующую модель гравийной гидропоники. Возьмите обычный стеклянный аквариум и одну из его стенок сделайте из органического стекла (плексигласа) или любой другой пластмассы. В этой стенке легко проделать отверстие. В отверстие вставьте сифон для сливания питательного раствора. Его можно сделать из резиновой пробки и трех стеклянных



Сливной сифон, составленный из трех стеклянных трубок.

трубок, соединенных шлангом, как показано на рисунке. Чтобы можно было наблюдать, как работает сифон, его лучше установить в углу аквариума, вплотную к одной из стеклянных стенок. В противоположном конце аквариума укрепите вертикально другую трубку — для подачи на дно питательного раствора. Теперь насыпьте в аквариум сначала крупной гальки, а затем мелкого гравия, и стеллаж для гидропоники готов. При этом поверхность гравия должна быть на 5—6 сантиметров выше сифона. Вместо гравия можно взять любой другой субстрат из описанных выше. Важно только, чтобы он был не крупнее 5 миллиметров.

Для смачивания субстрата питательным раствором вам понадобятся две бутылки. Их емкость зависит от величины аквариума. Одну из них, наполненную раствором, установите выше уровня гравия, другую (пустую) ниже, под сифоном. Вставив в верхнюю бутылку кусок резинового шланга диаметром 1 сантиметр, отсосите из



Действующая модель гидропоники.

него ртом воздух. Когда из шланга начнет вытекать раствор, вставьте его конец в установленную в гравии трубку. Сквозь боковую стенку аквариума можно будет наблюдать, как раствор поднимается в гравии и во внутренней части сифона. Когда раствор начнет выливаться через сифон в нижнюю бутылку, подачу его из верхней бутылки прекратите. Теперь можно видеть, как раствор в гравии опускается, оставляя за собой блестящую поверхность смоченных камешков. Сквозь стекло вы сможете следить и за развитием корней. Чтобы гравий не «зацвстал», стеклянные стенки аквариума нужно держать закрытыми от света, открывая только во время наблюдений.

Внутреннюю трубку сливного сифона лучше установить на некоторой высоте от дна, чтобы «стеллаж» всегда был наполнен раствором на одну треть. Тогда ваши растения не завянут.

В устройстве такой модели должны участвовать несколько человек, чтобы по очереди дежурить, смачивая гравий в аквариуме.

* * *

В водной и песчаной культуре растения сами «паслись» на питательной смеси, а в гравийной вы каждый день должны кормить их «из собственных рук» завтраком, обедом и ужином. Но ваш труд не пропадет даром. Растения отблагодарят вас обильным урожаем, который далеко не всегда можно получить при обычном выращивании в почве.



ЗЕМНОВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ

Много интересного можно увидеть в природе. И для этого совершенно необязательно отправляться в романтические пампасы или в дебри тропических джунглей. Иногда даже самые заурядные растения, которые на каждом шагу попадаются нам на глаза на обочинах дорог, открывают внимательному наблюдателю новые и интереснейшие стороны своей жизни. Нужно только уметь их видеть.

Бывали ли вы когда-нибудь в Мещере, на реке Пре?.. Нет? Обязательно побывайте. «Я много видел живописных и глухих мест в России, но вряд ли когда-нибудь увижу реку более девственную и таинственную, чем Пра», — писал о ней влюбленный в русскую природу писатель Константин Паустовский.

Однажды вдвоем с товарищем я путешествовал на байдарке по этой быстрой речке, затерянной в глухом лесном краю. На излучинах нам то и дело попадались маленькие зеленые островки. Они были такими маленькими, что на них нельзя было ни поставить палатку, ни развести костер. И десятки туристов проходили и проплывали мимо, не обращая на острова внимания.

А между тем они были странными, эти жмущиеся к берегам островки. Из-под густой листвы, шапкой прикрывавшей каждый из них, нигде не выглядывала желтая кромка прибрежного песка. Приглядевшись внимательнее, мы заметили, что здесь растет только один вид растений — дикий паслен, родственник наших культурных помидоров и картофеля.

Заинтересовавшись, мы пристали к одному из островов и хотели высадиться на берег. Каково же было наше

удивление, когда мы увидели, что берега нет! Под растениями не оказалось ни горсти земли, а только бежала, журча между корягами, речная вода. Как очутились здесь заросли паслена, чисто сухопутного растения?

По берегам Пры почти нет лугов. Дремучие дубравы и сосновые боры подступают к самой воде, обрываясь в речку сыпучими песчаными откосами. Весной полоя снеговая вода подмывает берег, и огромные деревья рушатся в воду. Некоторые из них, как якорями, цепляются за дно своими крючковатыми сучьями и на долгие годы остаются лежать полузатопленными у берегов. На ветвях таких деревьев и поселяется паслен, быстро покрывая все погибшее дерево густой зеленой шапкой. Паслен требователен к воде. А берега Пры сложены из бесплодного, пересыхающего летом песка. Вот и пришлось «сухопутному» паслену переселиться... в воду. Уцепившись своими корнями за нависшие над самой рекой коряги, растения опускают прямо в реку свои корни и чувствуют себя прекрасно.

Но чем же они питаются? Правда, в речной воде содержатся соли: весной они вымываются из почвы талыми водами, а летом — дождями. Но этих солей крайне мало. Если бы мы попробовали вместо питательного раствора налить в вегетационный сосуд простой речной воды, наши растения скоро погибли бы от голода.

Но вода в реке проточная. И хотя концентрация (содержание солей в каждом литре воды) очень мала, общее количество доступных растениям солей неограниченно. Растения питаются из очень слабого, но постоянно обновляющегося «питательного раствора». Здесь, в природе, мы встретились с так называемой проточной культурой растений — выращиванием в непрерывно обновляющемся питательном растворе.

РАСТЕНИЯ-ГИГАНТЫ

Мы с вами в вегетационном домике Института физиологии растений имени К. А. Тимирязева в Москве. К стеклянной крыше поднимаются высокие темно-зеленые растения, переплетаясь между собой разлапистыми ветвями. Что за кустарник выращивают ученые в вегетационном домике? Но подойдите поближе и вы увидите,

что это самые обычные помидоры. Впрочем, не совсем обычные. Разве вызревали где-нибудь такие помидоры? Для того чтобы сорвать плоды с верхних кистей, вам придется встать на цыпочки — ведь стебли их поднимаются на 2—3 метра над стеллажом. Чтобы они не сломались под собственной тяжестью, их подвязали к прочной стальной проволоке, натянутой под стеклянной крышей. На каждом из таких растений зреет до 6 килограммов плодов.

Какие же кадки нужны, для того чтобы вместить корни этих гигантов? Но раздвиньте нижние ветви и вы увидите всего лишь белые эмалированные сосуды с песком. Объем каждого из них немногим больше литра.

Может быть, здесь применяют раствор с очень высоким содержанием питательных солей? Нет, его концентрация вдвое ниже обычной. В чем же тогда секрет?

Эти помидоры растут в проточной песчаной культуре.

ПРОТОЧНАЯ КУЛЬТУРА

На высокой полке над стеллажом возвышается ряд больших, выкрашенных белой краской бутылей с питательным раствором. Из них по тонким резиновым шлангам в сосуды непрерывно в течение всего лета капля за каплей поступает раствор. Пройдя через слой песка и отдав часть своих солей корням, он вытекает через отверстие в дне в длинный желоб — поддон. Этот отработанный раствор используют для подкормки растений в почве: за то время, пока он проходил через песок, корни помидоров успели поглотить из него лишь небольшую часть солей.

Если пустить раствор из бутылки прямо в вегетационный сосуд, он будет вытекать с непостоянной скоростью. Вначале, когда бутылка наполнена доверху, раствор вытекает быстро, но по мере снижения уровня раствора — все медленнее и медленнее. Чтобы этого не произошло, на пути раствора устанавливают небольшой промежуточный сосуд-воронку, в котором поддерживают постоянный уровень жидкости. Для этого горлышко бутылки плотно закрывают резиновой пробкой со вставленной в нее длинной стеклянной трубкой. А изогнутую трубку, вставленную в нижнее отверстие бутылки, опускают в

воронку. Вода будет вытекать из бутылки только до тех пор, пока раствор в воронке не поднимется до нижнего уровня длинной стеклянной трубки. Когда часть раствора вытечет из воронки в песок, через эту трубку в бутылку проскочит пузырек воздуха и в воронку поступит новая порция раствора. Таким образом, уровень раствора в воронке, а значит и скорость поступления его в песок будут поддерживаться постоянными, независимо от количества раствора в бутылке.

Проточную культуру растений ученые используют тогда, когда нужно, чтобы питательная среда в течение опыта оставалась постоянной. Ведь в обычной водной или песчаной культуре условия жизни корней меняются резко. По мере поглощения солей корнями питательный раствор постепенно обедняется, изменяется соотношение между отдельными питательными элементами, раствор подщелачивается или подкисляется. Но вот мы сменили раствор — и концентрация солей резко возросла, восстановились нормальное соотношение и кислотность. В проточной же культуре условия жизни корней практически не изменяются, и это удобно для изучения корневого или минерального питания растений. Но в практике овощеводства проточная культура не применяется: слишком неэкономно расходуются в ней удобрения. Урожай при таком способе выращивания получился бы хоть и невиданно богатым, но слишком дорогим.

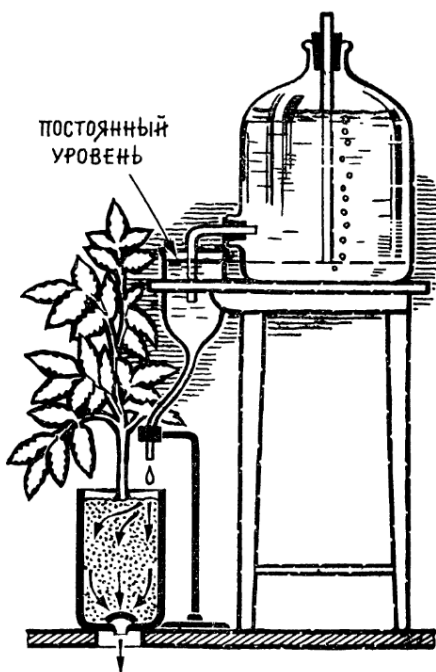


Схема проточной песчаной культуры.

МОЖНО ЛИ УСТРОИТЬ ПРОТОЧНУЮ КУЛЬТУРУ ДОМА?

Ну, а в нашем юннатском кружке устроить проточную культуру и подавно невозможно, наверно, скажете вы. Разве напасешься питательных солей для такого расточительного способа?

На первый взгляд это действительно так. Поэтому ни в одной книжке для юных натуралистов вы не найдете совета о том, как устроить проточную культуру.

Но так ли это невозможно на самом деле? Давайте возьмем карандаш и бумагу и прикинем, сколько солей понадобится для того, чтобы вырастить, например, помидоры или огурцы на непрерывно протекающем питательном растворе Кюпа. Больше всего этот раствор содержит азотнокислого кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — 1 грамм на литр.

Если вы используете обычные цветочные горшки на 1—2 килограмма песка (емкостью 0,5—1 литр), то достаточно так отрегулировать скорость протекания, чтобы за сутки через песок просачивался 1 литр раствора. Значит, нам потребуется 1 грамм $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ в день, 30 граммов в месяц. А на все выращивание «от семени до семени» мы потратим немногим больше 100 граммов этой соли. Расход же других питательных солей (азотнокислого и фосфорнокислого калия, сернокислого магния и др.) в 4 раза меньше; их потребуется всего по 20—30 граммов. Не так уж много, как могло показаться на первый взгляд. Тем более, что в проточной культуре часто применяют раствор половинной концентрации.

Итак, на вопрос, можно ли устроить проточную культуру в школе или дома, мы ответили: можно.

А нужно ли? — спросят нас.

Действительно, зачем возиться с устройством постоянного тока раствора через песок, если и в обычной песчаной культуре растениям живется не хуже, чем в почве?

Прежде чем ответить на этот вопрос, я задам вам другой. Сколько килограммов спелых плодов может дать одно растение помидоров? Не трудитесь ответить — этого не знает никто. Больше столетия изучается основа урожая — питание растений, но люди до сих пор не знают всех возможностей растений, их потенциальной продуктивности.

Инженер проектирует дом. Зная удельную прочность материала (бетона, кирпича, стали) и будущую нагрузку (тяжесть стен и межэтажных перекрытий), он может рассчитать необходимую ширину фундамента или сечение балок. Но проходят годы, дом становится тесен, и его надстраивают на два, три, даже на четыре этажа. И фундамент выдерживает эту дополнительную нагрузку, потому что при постройке он был сделан в $1\frac{1}{2}$ —2 раза более прочным, чем нужно. Эти «запасные» 50—100 процентов так и называются — запас прочности.

У растений тоже есть свой запас жизненной «прочности» — это их потенциальная продуктивность. А разве не интересно узнать, на что способно растение, каков биологический предел, «потолок» урожайности?

Для этого, конечно, нужно создать все условия для наилучшего роста. Что касается корневого питания, то такие условия легче всего обеспечить в проточной культуре. Попробуйте устроить соревнование: кто получит наивысший урожай с одного растения.

КАК УСТРОИТЬ ПРОТОЧНУЮ КУЛЬТУРУ

Установка для проточной культуры несложна. Она состоит из бутылки, воронки и тонкого резинового шланга с пипеткой на конце. Воронка играет роль промежуточного сосуда, который обеспечивает равномерность вытекания раствора. Ее можно укрепить в деревянной полочке с отверстием или при помощи проволочной петли. Бутылку нужно доверху наполнить питательным раствором и, закрыв горлышко пальцем, перевернуть ее в воронку. Теперь в воронке будет поддерживаться постоянный уровень раствора. При его вытекании в бутылку проскочит пузырек воздуха, и уровень раствора в воронке восстановится. Конец воронки присоедините 5-миллиметровым резиновым шлангом к наконечнику из обычной глазной пипетки. Через него раствор по каплям будет вытекать в песок. Поднимая или опуская этот наконечник над песком, можно увеличить или уменьшить скорость вытекания раствора.

Питательный раствор для проточной песчаной культуры готовится так же, как и для водной. Чем больше



Самодельная установка для песчаной культуры.

скорость протока, тем быстрее растут растения. Во всяком случае, она должна быть не меньше 1 литра в сутки. Если вы пользуетесь пол-литровыми бутылками, их можно устанавливать по две в воронку. Бутылки нужно закрыть от прямых солнечных лучей, иначе при нагревании воздух над раствором расширится и вытеснит раствор.

В качестве сосуда для растения можно взять цветочный горшок, вставив его в большую стеклянную банку или поставив на две палочки, положенные на края кастрюли, в которую будет стекать питательный раствор. Отработанным раствором можно поливать растения, выращиваемые в обычной песчаной культуре или в почве.

При постоянно протекающем или часто сменяемом питательном растворе создаются наилучшие условия питания. Но для того чтобы получить очень высокий урожай, нужно позаботиться и обо всех других факто-

рах внешней среды: освещенности, температуре и т. д. Иначе они будут ограничивать рост, и растения не смогут использовать преимущества проточной культуры.

В водной культуре того же результата легко достичь, меняя каждый день питательную смесь.

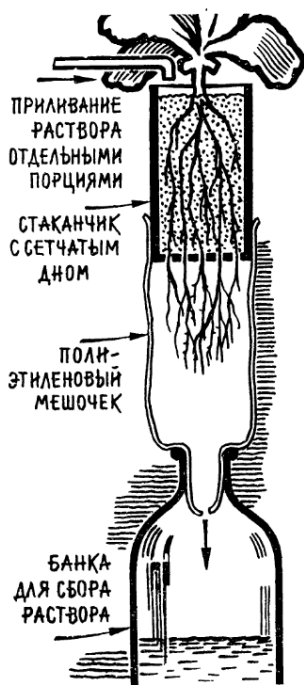
КОРНИ В МЕШКЕ

Другой способ получения рекордных урожаев без почвы — аэропоника. Но если проточная культура самый расточительный способ использования питательных солей, то выращивание в воздухе самый экономный.

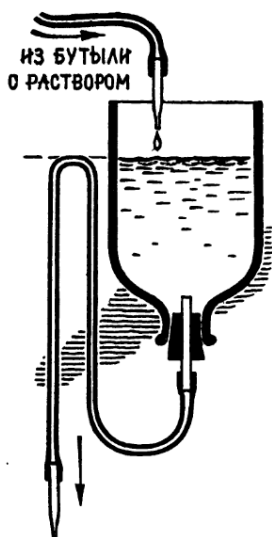
Настоящая аэропоника требует специальных камер для предохранения корней от высыхания, насосов и форсунок для распыления раствора. Мы же с вами вполне можем обойтись без этого сложного оборудования.

Возьмите цилиндр шириной 3—5 и высотой 6—8 сантиметров. Такой цилиндр можно приготовить из обрезка металлической трубки или стеклянной бутылки с отрезанным дном и горлышком. Снизу затяните его редкой материей или двумя-тремя слоями марли, а еще лучше — проволочной сеткой. Можно также воспользоваться бумажным стаканчиком из-под мороженого, проколов в дне толстой иглой множество отверстий.

Наполните такой стаканчик каким-нибудь рыхлым материалом (опилками, стружками, крупным песком) и посадите в него рассаду помидоров. Перед этим к нижней части стакана крепко привяжите неширокий полиэтиленовый мешочек с отверстием в дне. Нижний конец мешочка опустите в большую бутылку или банку. Через каждые полчаса через стаканчик нужно приливать порцию питательного раствора (по 50 миллилитров). Субстрат в стаканчике должен быть достаточно рыхлым, чтобы раствор свободно проходил через него и выливался в мешочек. Быстро просачиваясь через опилки или стружки, питательный раствор будет тут же стекать по выступающим через сетчатое дно корням и собираться в нижней бутылке. Таким образом, корни будут все время находиться во влажном воздухе полиэтиленового мешочка, а раз в 30 минут омываться питательным раствором, то есть находиться в тех же условиях, что и в обычной воздушной культуре.



Самодельная установка для воздушной культуры.



Как сделать сифон для смачивания корней отдельными порциями раствора.

Вручную поливать корни раствором каждые 30 минут невозможно. Эту работу поручите нашему старому знакомому — сифону. Отрежьте дно у 100-миллиметровой склянки из-под лекарств и вставьте в ее горлышко резиновую пробку с пропущенной в нее короткой стеклянной трубкой. Наденьте на эту трубку тонкий резиновый шланг и изогните его, как показано на рисунке. Поднимая и опуская верхнее колено шланга, отрегулируйте его уровень так, чтобы при наполнении до этого уровня склянка содержала примерно 50 миллилитров раствора. Зафиксируйте это положение шланга, привязав его к склянке, а конец опустите в стаканчик с растением.

У вас получилась воронка с сифоном. Теперь по каплям наливаете в нее раствор. Когда уровень раствора достигнет верхнего колена сифона (50 миллилитров), сифон сработает, и вся порция раствора быстро вытечет в стаканчик с растением. Накапывать раствор в эту воронку можно так же, как это делается при проточной культуре.

По использованию питательных солей этот способ выращивания, предложенный профессором В. А. Чесноковым, экономнее всех других. Ведь и в водной, и в гравийной культурах значительная часть солей не используется корнями и выливается вместе с отработанным раствором. В воздушной же культуре все питательные соли потребляются растениями.

Раствор можно использовать многократно, вновь и вновь пропуская его по корням и только подливая свежий раствор по мере поглощения старого.

* * *

Итак, мы с вами познакомились с разными способами выращивания растений без почвы. Если вы хотите получить богатый урожай, нужно следить, чтобы растения были обеспечены всеми необходимыми элементами питания. При бурном развитии растения иногда быстро обедняют питательный раствор, и их рост замедляется. Тогда нужно усилить питание: пересадить растения на сосуды большего объема, чаще менять раствор или повышать его концентрацию.

Хуже, если в результате неудачного выбора питательной смеси или неправильного ее приготовления растения начинают страдать от недостатка какого-нибудь одного элемента. Это может быть и из-за выпадения той или иной соли в нерастворимый осадок. В таких случаях нужно принимать срочные меры к исправлению (корректировке) питательной смеси. Прежде всего следует установить причину «недомогания», поставить диагноз. Специальная отрасль науки — листовая диагностика — изучает внешние признаки недостатка того или иного элемента минерального питания растений.



Когда растения голодают

Если пищи не хватает, растения, как и животные, голодают. Кто-то сказал: «Если бы испытывающие голодающие растения могли визжать, как голодные поросята, мы обращали бы на них больше внимания». К сожалению, растения молчат. Но и молча они могут много рассказать внимательному наблюдателю. Если научиться понимать их молчаливый «язык», можно точно узнать, каких питательных элементов и в каком количестве растениям не хватает. На этом языке и «говорят» с растениями агрохимики и агрономы. Ведь они готовят пищу для растений, а плох тот повар, который не знает аппетита и вкусов своих клиентов.

НА ЯЗЫКЕ ХИМИИ

Первые признаки недостатка минеральной пищи бывают незаметны на глаз. Внешне растение выглядит еще нормально, но в тканях уже начались скрытые от глаза химические изменения. На этой самой первой стадии голодания растение еще не страдает от недостатка пищи. В его тканях любой элемент минерального питания находится в двух формах: органической и минеральной. Например, часть поглощенного фосфора уже вошла в состав органических веществ — липидов, нуклеиновых кислот и пр., а другая часть его еще находится в исходной форме минерального фосфата — аниона фосфорной кислоты ($H_2PO_4^-$). При делении и росте клеток этот запасной фосфор используется для постройки новых молекул органических фосфорсодержащих соединений. А корни пополняют этот запас, поглощая новые анионы минерального

фосфора из среды. Можно сказать, что клеточный сок — это тарелка, из которой растение ест свою пищу, а окружающий корни раствор — кастрюля, из которой по мере надобности на тарелку подкладывают всё новые порции.

Если содержание фосфора в почве или питательном растворе снизилось, рост клеток на первых порах еще не замедляется: они используют запас, содержащийся в клеточном соке. То же относится и к другим элементам. Поэтому содержание запасной (неорганической) формы питательных веществ в клеточном соке при голодании изменяется в первую очередь. Оно-то и служит самым первым сигналом неблагополучия в питании растений. Чтобы установить, как растение обеспечено азотом, фосфором и калием, обычно достаточно определить содержание в соке его листьев нитратного азота, минерального фосфора и растворимого калия.

КАРМАННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ СТАВИТ ОЦЕНКИ

В поле идет человек. В руке у него небольшой фанерный чемоданчик с металлическими застежками. Вот он вошел в посев, опустил свой чемоданчик на землю и откинул крышку. О, да здесь целая лаборатория! Склянки с желтоватыми и бесцветными жидкостями, стопка фильтровальной бумаги, стеклянные пластинки и палочки. Да, это и есть лаборатория — полевая лаборатория для определения потребности сельскохозяйственных растений в удобрениях. А человек — это агроном, решивший «опросить» своих зеленых питомцев, выяснить, нет ли у кого-нибудь из них «жалоб» на недостаточное питание.

Вот он положил на стеклянную пластинку квадратный листок фильтровальной бумаги. Сорвал лист подсолнечника и бритвой срезал на бумагу миллиметровый кусочек черешка. Раздавил его стеклянной палочкой — на рыхлой бумаге расплзлось влажное пятно. Это впитался в нее клеточный сок растения. Человек нанес на пятно сока каплю бесцветного реактива — оно сразу окрасилось в ярко-красный цвет. «Хорошо, — подумал он, — азота растениям хватает». Если бы сок окрасился слабее, это значило бы, что пора подкормить растения азотными удобрениями.

Агроном срезал и раздавил на фильтровальной бумаге еще два кусочка листового черешка и капнул на каждое пятно двумя другими реактивами — индикаторами фосфора и калия. Первое окрасилось в бледно-голубой цвет, а второе — в оранжевый. «Растениям не хватает фосфора,— сделал вывод агроном.— Калия тоже маловато, но калийную подкормку пока можно и не проводить».

Он вынул карточку из плотной белой бумаги, на которой нанесено три ряда цветных квадратиков — по пять штук в каждом. Против каждого из них стоит цифра — 1, 2, 3, 4 или 5. Эта карточка — пятибалльная цветная шкала для оценки содержания в клеточном соке запасных форм питательных элементов: нитратного азота, минерального фосфора и растворимого калия. Фосфаты дают с соответствующими реактивами синюю окраску — от бледно-голубой до темно-синей, а нитраты и калий — желтую, оранжевую или красную. Чем слабее цвет выжатого из растительной ткани и смешанного с реактивом сока, тем меньше в ткани запасной формы питательного вещества, тем острее ее потребность в подкормке. Агроном сравнил окраску всех трех пятен на фильтре с соответствующими столбиками цветных квадратов. Обеспеченность подсолнечника азотом на этом участке поля оценивалась в 5 баллов, фосфором — в 2 балла, а калием — в 4 балла. Агроном вынул блокнот и записал: «Участок № 1. Срочно внести суперфосфат. Через некоторое время проверить обеспеченность растений калием». Затем он закрыл крышку своей переносной лаборатории и зашагал на следующий участок.

Так в производственных условиях — и в поле, и в теплицах — ставят диагноз потребности растений в подкормках тем или иным питательным элементом еще до того, как растения «почувствуют» его недостаток.

„ЯЗЫК“ РАСТЕНИЙ

Но есть и другой способ листовой диагностики, не требующий ни оборудования, ни реактивов. Нужно только одно — наблюдательность, умение видеть. Ну и, конечно, некоторый опыт в выращивании растений. Это — распознавание внешних признаков, или, как говорят, симптомов голодания, по окраске и форме листьев.

Мы уже знаем, что при недостатке в питательной среде, например, азота в первую очередь снижается содержание в клеточном соке минеральных его соединений — нитратов. Но когда запас нитратного азота в соке исчерпан, сразу снижается, а иногда почти прекращается синтез всех органических азотсодержащих соединений — аминокислот, белков, хлорофилла. Вот тогда-то и появляются первые видимые простым глазом признаки голодания: листья желтеют, становятся мелкими и тонкими и т. д.

При далеко зашедшем голодании внешние симптомы недостатка азота, фосфора или калия довольно характерны и различить их нетрудно. Но важно научиться замечать эти симптомы как можно раньше, чтобы исправить питательную смесь, пока не поздно. Когда голодание зашло слишком далеко, пораженные листья уже не смогут оправиться.

Если у растений в водной культуре вы заметили первые признаки недостатка пищи, прежде всего смените питательный раствор. Причиной голодания может быть просто быстрое обеднение раствора разросшимися корнями, тогда нужно чаще сменять питательную смесь или же пересадить растения на сосуды большего объема. В случае песчаной культуры нужно подкормить растения, о чем рассказано на стр. 82.

Если же эти меры не помогут, значит, дело не в общем обеднении питательной среды, а в недостатке какого-нибудь одного элемента. Это может случиться или в результате ошибки в приготовлении растворов, или при слишком щелочной реакции его, когда некоторые соли (например, фосфаты или железо) выпадают в осадок. Иногда причиной голодания (например, магниевое) может быть, наоборот, слишком кислая реакция среды. Тогда нужно внимательнее присмотреться к симптомам голодания и постараться определить, недостатком какого элемента они вызваны.

ПРИЗНАКИ ГОЛОДАНИЯ

Внешних симптомов (признаков) голодания очень много. Они различны и для разных элементов, и для разной степени недостатка, и для разных растений. Мы кратко опишем только главные признаки недостатка самых

важных элементов для двух овощных культур, наиболее удобных для выращивания без почвы,— помидоров и огурцов. Если вы научитесь по окраске их листьев различать причины голодания, то поставить диагноз любому другому виду растений будет уже нетрудно.

Основной признак недостатка азота — пожелтение, или хлороз, листьев. Ведь азот входит в состав зеленого вещества листьев — хлорофилла. Первыми поражаются молодые листья, еще не достигшие нормальной величины. Они раньше других становятся бледно-зелеными. Затем бледную окраску принимают и другие, взрослые листья; а при сильном голодании хлорофилл целиком разрушается и листья желтеют. При длительном голодании они становятся мелкими и тонкими, стебли — жесткими и деревянистыми.

При недостатке фосфора листья, наоборот, приобретают очень густую зеленую окраску. Поэтому темно-зеленый цвет растений не всегда свидетельствует об обильном питании, как считают многие. Такой же темно-зеленый цвет листья приобретают и при избытке азота. Это и понятно. Ведь избыток и недостаток питательного элемента относительны. Попробуйте в обычной питательной смеси резко (в 2—3 раза) увеличить содержание азота, и ваши растения густо позеленеют — им не хватает фосфора. И наоборот, увеличьте содержание фосфора в среде, и листья станут бледно-зелеными — растениям мало азота. Эту тесную взаимосвязь азота и фосфора легко понять, если вспомнить, что и тот и другой элемент участвует в постройке основы основ растительной клетки — белков, липоидов и нуклеиновых кислот. В молекулу каждого из этих соединений азот и фосфор входят в строго определенной пропорции. Поэтому избыток одного будет ощущаться растением как недостаток другого, и наоборот.

Но самый характерный признак фосфорной недостаточности — появление фиолетового оттенка на нижней стороне листьев. На помидорах этот симптом проявляется настолько отчетливо, что их используют даже в качестве так называемой индикаторной культуры для выяснения потребности той или иной почвы в фосфорном удобрении.

Недостаток калия проявляется прежде всего на ниж-

них, «пожилых» листьях. По краям они приобретают серовато-зеленый оттенок. Затем серые пятна языками проникают между жилок к середине листа. Края его буреют, а самая кромка часто отмирает и засыхает. Между жилок появляются бурые пятнышки отмершей и засохшей ткани (некрозы). К этому времени первые признаки недостатка калия (сероватые пятна по краям листа) распространяются и на более молодые листья среднего яруса.

КЛЮЧ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ

Для удобства постановки диагноза мы приводим краткий определитель, или ключ, для определения симптомов недостаточности питательных элементов у овощных культур. Он состоит из семи пунктов, обозначенных цифрами. Некоторые из них в свою очередь разделены на два подпункта, обозначенных буквами. Для того чтобы поставить диагноз голодания ваших растений, внимательно прочтите сначала весь первый пункт. Выбрав один из двух признаков («а» или «б»), который наиболее подходит к вашим растениям, перейдите к соответствующему ему пункту (например, с 1а на 2, с 1б на 3), и так до тех пор, пока не дойдете до определения недостающего элемента.

Ключ для определения симптомов недостаточности питательных элементов

- | | | |
|-------|--|---|
| 1. а) | Симптомы голодания появляются на листьях | 2 |
| б) | Симптомы голодания появляются на корнях | 3 |
| 2. а) | Симптомы появляются вначале на молодых (верхних) листьях | 4 |
| б) | Симптомы появляются вначале на старых (нижних) листьях | 5 |
| 3. | Кончики корешков отмирают и ослизняются. На сохранившихся кончиках корней образуются шарообразные вздутия недостаток кальция. | |

4. а) На листьях наблюдается хлороз: они становятся бледно-зелеными, позже желтеют 6

б) Хлороз не наблюдается 7

5. а) Края листьев приобретают сероватый оттенок. Постепенно сероватая окраска языками распространяется к середине листа. Края листа буреют и засыхают. Между жилками появляются мелкие бурые пятнышки отмершей ткани (некрозы) **недостаток калия.**

б) Ткань между жилками нижних листьев подвергается хлорозу (желтеет), но жилки остаются зелеными. Позже на пожелтевших участках листа появляются крупные бурые пятна. Листья становятся ломкими, края их закручиваются вверх **недостаток магния.**

6. а) Молодые верхние листья приобретают (вначале только между жилками) светло-желтую окраску. Позднее желтеет весь лист. Более старые листья довольно долго остаются зелеными **недостаток железа.**

б) Молодые листья бледнеют, на них появляются крупные желтовато-зеленые пятна. Вскоре хлороз распространяется и на более старые листья нижних ярусов. В начале голодания корневая система часто развивается лучше, чем надземные органы, но по мере усиления голодания рост корней прекращается, они буреют **недостаток азота.**

7. Листья приобретают более темную зеленую окраску, чем нормальные. На нижней стороне листьев появляется фиолетовый оттенок, который по мере усиления голодания усиливается и переходит на верхнюю сторону **недостаток фосфора.**

Признаки недостатка железа и азота во многом схожи. Если вы не уверены в правильности поставленного вами диагноза, его легко проверить. Приготовьте сла-

бый раствор хлорного или сернокислого, а еще лучше — лимоннокислого железа и нанесите его кисточкой на обе поверхности листа: верхнюю и нижнюю. Концентрация этого раствора должна быть такой же, как в питательной смеси. Если растениям не хватает железа, то уже на следующий день хлороз этого листа уменьшится, а на второй день лист приобретает нормальный зеленый цвет. Если же лист останется желтым, то причина не в железе, а в азоте.

Таким же способом можно узнать, не вызвано ли изменение окраски листьев недостатком микроэлементов. Для этого один из листьев, лучше молодой, следует смазать смесью растворов основных микроэлементов.



Знать и уметь!

Однако мы еще ничего не сказали о недостатках гидропоники, о ее минусах. «Недостаток» у гидропоники, пожалуй, один. Она требует грамотных людей, в совершенстве изучивших и потребности растений, и свойства удобрений, и сложную современную технику. Ведь в почве есть все основные условия для роста растений — воздух, вода, питательные вещества. А в гидропонике все эти условия зависят от нас. В умелых руках гидропоника даст урожай, какой невозможно получить на самой плодородной почве. Но в неумелых и ленивых — растения могут просто погибнуть. Гидропоника — это дело для умелых рук и пытливого ума.

В одном американском словаре так определяется слово «гидропоника». «Гидропоника — это наука и искусство выращивания растений без почвы, на жидких средах». Обратите внимание: это не только наука, но и искусство. Следовательно, нужно не только знать, как выращивать растения без почвы, но и уметь выращивать их. А это умение, это искусство дается только опытом. Пусть вас не смущает, если вы не сумеете сразу вырастить без почвы хорошие растения. Если вы по-настоящему любите зеленого друга и обладаете трудолюбием и упорством в достижении цели, растения без почвы обязательно вырастят.

Смелее обращайтесь за помощью в агрохимические лаборатории, на опытные станции, в учебные и научно-исследовательские институты. Их сотрудники всегда помогут вам и советом и делом в овладении интереснейшим искусством выращивания растений без почвы.

Больших успехов вам, юные исследователи!

Свойства основных питательных солей

Название соли	Химическая формула	Составляющие соль ионы	Молекулярный вес	Основность	Эквивалентный вес	Растворимость г соли в 100 мл воды	Примечание
Кальций азотнокислый (кальциевая селитра)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Ca}^{++}, 2 \text{NO}_3^-$	164,10	2	82,05	129	Очень гигроскопичен
Аммоний азотнокислый (аммонийная селитра)	NH_4NO_3	$\text{NH}_4^+, \text{NO}_3^-$	80,05	1	40,02	178	Очень гигроскопичен
Калий азотнокислый (калийная селитра)	KNO_3	$\text{K}^+, \text{NO}_3^-$	101,10	1	101,10	298	
Калий фосфорнокислый однозамещенный	KH_2PO_4	$\text{K}^+, \text{H}_2\text{PO}_4^-$	136,13	1	136,13	25	
Калий сернокислый	K_2SO_4	$2 \text{K}^+, \text{SO}_4^{--}$	174,22	2	87,11	11	
Аммоний сернокислый (сульфат аммония)	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$2 \text{NH}_4^+, \text{SO}_4^{--}$	132,14	2	66,07	75	
Кальций фосфорнокислый однозамещенный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	$\text{Ca}^{++}, 2 \text{H}_2\text{PO}_4^-$	252,17	2	126,08	Слабораст-ворим	Слабо гигроскопичен
Магний сернокислый (горькая английская соль)	MgSO_4	$\text{Mg}^{++}, \text{SO}_4^{--}$	120,38	2	60,19	36	
Калий хлористый	KCl	K^+, Cl^-	74,55	1	74,55	34	
Кальций хлористый	CaCl_2	$\text{Ca}^{++}, 2 \text{Cl}^-$	111,00	2	55,50	74	Очень гигроскопичен
Кальций сернокислый (гипс)	CaSO_4	$\text{Ca}^{++}, \text{SO}_4^{--}$	136,14	2	68,07	0,2	
Кальций фосфорнокислый двузамещенный	CaHPO_4	$\text{Ca}^{++}, \text{HPO}_4^{--}$	172,14	2	86,07	0,02	

Удельный вес растворов гигроскопичных солей

Концентрация в г/л	NH_4NO_3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	CaCl_2
20	1,006	1,014	1,015
100	1,040	1,077	1,084
200	1,083	1,164	1,178
300	1,128	1,260	1,282
400	1,175	1,366	1,396
500	1,226	—	—

СОДЕРЖАНИЕ

Гидропоника	5
Чем и как питаются растения	37
Как приготовить искусственную почву	47
В воде, песке и гравии	63
Земноводные растения	90
Когда растения голодают	100
Знать и уметь!	108

Для восьмилетней школы

Вахмистров Дмитрий Борисович

РАСТЕНИЯ БЕЗ ПОЧВЫ

Ответственный редактор Г. А. Иванова. Художественный редактор В. А. Горячева. Технический редактор И. П. Данилова. Корректоры К. И. Каревская и Т. Ф. Юдичева.

Сдано в набор 7/VII 1965 г. Подписано к печати 1/XII 1965 г. Формат 84×108¹/₃₂. Печ. л. 7. Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,29. Тираж 50 000 экз. А 13494. ТП 1965 № 269. Цена 16 коп. Заказ 1039. Издательство «Детская литература». Москва, М. Черкасский пер., 1.

Полиграфкомбинат им. Я. Коласа Государственного комитета Совета Министров БССР по печати, Минск, Красная, 23.

ЧТО ЧИТАТЬ О ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ БЕЗ ПОЧВЫ

А. А. Новоселов.

КОМНАТНОЕ РАСТЕНИЕВОДСТВО МЕТОДОМ ВОДНЫХ КУЛЬТУР.

М., Учпедгиз, 1955, 105 стр.



А. А. Новоселов.

ОГОРОД БЕЗ ГРЯДОК.

М., «Молодая гвардия», 1956, 47 стр.



А. А. Новоселов.

ВЫРАЩИВАНИЕ ОВОЩНЫХ И ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ В КОМНАТНЫХ УСЛОВИЯХ.

Журнал «Естествознание в школе», 1954, № 1, стр. 64—73



В. Торопова.

ВЫРАЩИВАНИЕ РАСТЕНИЙ БЕЗ ЗЕМЛИ.

Таджикская республиканская станция юных натуралистов.
Душанбе, 1961, 13 стр.



ВЫРАЩИВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ В КОМНАТНЫХ УСЛОВИЯХ.

Волгоградская областная станция юных натуралистов.
Волгоград, 1959, 5 стр.

Цена 16 коп.