DR. MAXWELL BENTLEY

COMMERCIAL HYDROPONICS

FACTS AND FIGURES

1959

Bendon Books - Johannesburg

М. БЕНТЛИ

ПРОМЫШЛЕННАЯ ГИДРОПОНИКА

Перевод с английского
Т. Л. Чебановой

С предисловием и под редакцией
кандидата биологических наук
В. Н. Былова

1965

Издательство · Колос · Москва

УДК 631. 589. 2

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ НАУЧНО-ТЕХ[illegible]ЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА СССР

12
24680

56.16 24
65

631.5
Б 466

И 2
Б 466

От издательства

Рекомендуемая книга является наиболее полной работой по такому важному и актуальному вопросу, как выращивание растений без почвы на искусственных питательных растворах. В ней дан обстоятельный обзор истории развития гидропоники в различных странах Европы, Африки и Соединенных Штатах. Специальные главы посвящены особенностям культуры на различных субстратах и минеральных растворах овощных, лекарственных, кормовых, декоративных и других растений, характеристике урожаев и качеству продукции, конструкциям оранжерей и специальных гидропонных установок, составлению питательных растворов для различных культур и методам контроля за их составом. Работа хорошо иллюстрирована и снабжена большим списком специальной литературы.

Книга будет полезной для практических, а также научных работников, занимающихся выращиванием растений без почвы.

Предисловие к русскому изданию

В последние годы в нашей стране интерес к гидропонному, или беспочвенному, выращиванию растений резко повысился. Гидропоника стала выходить из стадии опытов и внедряться в производство. Однако в ряде случаев были допущены ошибки при сооружении гидропоникумов и при их эксплуатации. В этой связи издание работы Максуэлла Бентли, обобщающей его многолетний опыт выращивания растений без почвы, представляет несомненный практический и познавательный интерес для советского читателя.

Книга «Промышленная гидропоника» является популярным руководством для широкого круга лиц, желающих заняться индивидуальной или промышленной гидропоникой. Автор совершенно ясно говорит о нецелесообразности сооружения бетонных поддонов в открытом грунте на почвах, пригодных для земледелия. Большинство рекомендаций М. Бентли относится к пустынным районам Южной Африки, где около 20 лет он живет и трудится.

Читая русский перевод книги, читатель представит себе достаточно полную картину становления, развития и современного состояния гидропоники в разных странах и сможет оценить достигнутые успехи. Первые опыты с водными и песчаными культурами, начатые учеными в лабораториях более 100 лет назад, привели к выращиванию растений на искусственных питательных растворах и субстратах в крупных автоматизированных установках промышленного значения. Автор побывал во многих странах и познакомился с работой крупнейших гидропонных хозяйств мира.

Наибольший интерес для специалистов, по-видимому, представит описание крупного шведского гидропоникума «Электрофлора» и гидропонного хозяйства известного французского селекционера роз А. Мейяна.

Гидропоникум «Электрофлора» имеет площадь закрытого грунта около 0,5 га и привлекает к себе внимание тем, что расположен в умеренной зоне, приближающейся по своим условиям к ряду районов нашей страны. В гидропоникуме почти полностью автоматизированы процессы питания растений и регулирования температуры и влажности

воздуха. По проекту Э. Тегнера поддоны делают из стандартных бетонных плит и покрывают изнутри полиэтиленовой пленкой. Э. Тегнер отказался от больших насосов, резервуаров и многочисленных трубопроводов. Питательный раствор заполняет воздушные промежутки между частицами субстрата при перекачивании его (раствора) небольшим насосом из одной половины поддона в другую.

После увлажнения субстрата во всем поддоне двигатель выключается и раствор вытекает из субстрата. Одновременно в субстрат проникает воздух. Между пористой плитой, на которой находится субстрат, и верхним уровнем раствора сохраняется воздушное пространство высотой 10 см. Автоматизация рабочих процессов позволила значительно сократить затраты труда.

В последние годы в хозяйстве «Электрофлора» сооружены теплицы общей площадью около 9000 кв. м.

По данным шведских специалистов, многие овощные культуры (помидоры, огурцы, редис, салат, петрушка) и цветы (левкои, фреезия, ирисы, гладиолусы) лучше растут в гидропоникумах, чем в почве. Ряд культур развивается почти одинаково хорошо в тех и других условиях, но гидропонная продукция всегда отличается высоким качеством. Хозяйство пользуется большой популярностью. Ежегодно его посещают около 25 тыс. экскурсантов. Таким образом, применение гидропоники означает интенсификацию растениеводства и повышение производительности труда в закрытом грунте.

Весьма оригинально хозяйство, созданное А. Мейяном (Франция). Гидропонику здесь начали внедрять в 1948 г. В настоящее время весь селекционный процесс от проращивания семян до оценки и выпуска новых сортов роз осуществляется на искусственных растворах. В качестве субстрата служит песок с частицами диаметром от 1 до 4 мм. Работа ведется в теплицах общей площадью 2,4 га.

Гидропоника в Голландии еще находится в стадии опытов, которые проводятся исследовательскими учреждениями и учебными заведениями. Именно к такому выводу мы пришли в результате посещения питомников и оранжерей этой страны в 1961 г.

М. Бентли обстоятельно описывает хозяйства Флориды (США), где применяется гравийная культура помидоров. В оранжереях разной величины находятся 2500 поддонов длиной 30 м и шириной 90 см. Наряду с помидорами в качестве скороспелой промежуточной культуры используют огурцы.

Довольно крупные гидропоникумы построены близ Токио (Япония) американцами для снабжения овощами своей армии. Одно из хозяйств имеет площадь 10 га, а второе — 20 га (из них около 2,5 га под стеклом).

Автор ничего не говорит о гидропонике в СССР. Читатель, интересующийся развитием гидропоники в нашей стране, может обратиться

к работам проф. В. А. Чеснокова и Е. Н. Базыриной (1960), С. Ф. Ващенко (1963), Г. Берсона (1964) и др. Метод гравийной культуры применяется у нас главным образом в овощеводстве. В последние годы в качестве субстрата довольно широко используют керамзит. На гидропонику переведены крупные теплицы в совхозе «Киевская овощная фабрика» (9000 кв. м), на Моснефтезаводе (4000 кв. м), в подмосковных совхозах «Марфино» (1200 кв. м) и «Белая дача» (1000 кв. м) и в других тепличных хозяйствах.

Интересные опыты по выращиванию овощных культур гидропонным способом в открытом грунте проводит в Ереване проф. Г. С. Давтян. Отмечая перспективность работ в этой области, Г. С. Давтян подчеркивает необходимость глубокого изучения вопросов питания растений, а также важность развертывания инженерных изысканий для разработки более совершенного гидропонного оборудования.

В следующих разделах книги автор освещает выращивание разных культур, проектирование и сооружение поддонов и резервуаров, описывает различные субстраты, излагает теорию и дает практические советы по работе с питательными растворами.

Автор настойчиво рекомендует не выращивать гидропонным способом малодоходные культуры с длинным вегетационным периодом. Только в пустынных местностях, куда трудно доставить овощи из других районов, можно возделывать любые культуры. Для промышленной гидропоники автор располагает овощные культуры в следующем порядке: помидоры, картофель, репчатый лук, салат, цикорий, водяной кресс, хрен, фасоль. Следует сразу же заметить, что эти рекомендации даны для условий Южной Африки. Только поэтому картофель занимает второе место, ибо при обычной культуре, в почве, он дает ничтожные урожаи. Совершенно незаслуженно не упоминается среди этих культур редис, который прекрасно растет в гидропоникумах. В шведском хозяйстве «Электрофлора» при подборе специальных сортов удавалось получать от 720 до 840 корнеплодов редиса с 1 кв. м. Для каждой культуры автор указывает оптимальный pH, состав питательной смеси и срок вегетации. Наиболее подробно описана агротехника помидоров.

Среди цветочных культур в первую очередь рассмотрены гвоздика, розы и хризантемы, которые в ряде хозяйств Швеции, Франции, Англии и США дают высокие доходы. В частности, в хозяйстве «Электрофлора» с одного растения гвоздики снимают 14 цветков, что при густоте насаждения 20 растений на 1 кв. м составляет 280 цветков.

В Останкинском комбинате декоративного садоводства (г. Москва) урожай срезанных роз при гравийной культуре составил 65 цветков с 1 кв. м, а при почвенной — 48 цветков. Затраты на выращивание одного цветка были соответственно 5,2 и 9,2 коп. Интересно отметить, что в ряде зарубежных опытов корнесобственные розы в гидропоникумах

оказались несколько более продуктивными, чем привитые. На 4—5-й год культуры растения рекомендуется заменять.

Наряду с промышленным выращиванием цветов М. Бентли касается гидропоники в комнатных условиях. Это объясняется огромным интересом читателей к комнатному садоводству. Несомненно, советы автора по выращиванию комнатных растений на питательных растворах и субстратах окажутся очень полезными. В книге описаны различные приспособления для автоматического питания горшечных растений.

М. Бентли рассматривает также перспективы гидропоники в области возделывания эфиромасличных (мята, лаванда), лекарственных (белладонна, наперстянка, эфедра) и пряных растений. Надо отметить, что первые опыты с этими культурами в СССР (во Всесоюзном институте лекарственных растений) дали в ряде случаев положительные результаты. Работы в этом направлении заслуживают всяческого внимания.

Ценные сведения приводит автор о гидропонном выращивании зеленого витаминного корма для молочного скота и птицы. По его данным, автоматическая установка типа инкубатора, имеющая 60 лотков (11 кв. м), позволяет получить до 40 т зеленого корма в год. Такая установка может обеспечить зеленой подкормкой 20—25 коров, 100 свиней, 1500—2000 цыплят. Опыты в этом направлении ведутся у нас Г. С. Давтяном на юге и в совхозе «Белая дача».

Использование того или иного субстрата зависит от его состава, механической прочности, долговечности, влагоемкости, теплопроводности, стоимости и т. д. Остановимся на вермикулите, который автор настойчиво пропагандирует на протяжении почти всей книги.

Вермикулит относится к группе гидрослюд. После обжига он приобретает ряд таких ценных свойств, как легкость, стерильность, высокая влагоемкость. Первые крупные месторождения высококачественного вермикулита были открыты в Южной Африке, и М. Бентли в течение ряда лет экспериментировал с этим субстратом. Вермикулит оказался превосходным субстратом в Южной Африке, климат которой отличается высокими температурами и малым количеством осадков. Гравий и песок мало пригодны в этих условиях, потому что они не удерживают влагу и сильно перегреваются на солнце. Для районов с умеренным климатом, в частности для Англии, М. Бентли рекомендует вермикулито-песчаные смеси.

В последние годы в нашей стране обнаружены крупные месторождения вермикулита на Кольском полуострове, Урале, Украине и в других местах и начата их разработка. Ряд научно-исследовательских учреждений комплексно разрабатывает способы применения вермикулита в народном хозяйстве. Первые опыты с отечественным вермикулитом в Главном ботаническом саду АН СССР показали, что его успешно можно

использовать в качестве субстрата при вегетативном размножении ряда цветочно-декоративных растений, выращивании рассады, хранении и транспортировке на дальние расстояния растительных материалов (клубни георгин, зеленые растения). Хорошо развиваются и цветут на вермикулите гидропонные розы, георгины, гладиолусы, клубневая бегония и другие культуры.

Дальнейшие опыты и соответствующий экономический анализ позволят решить вопрос о целесообразности более широкого применения отечественного вермикулита в декоративном садоводстве. Перед работниками промышленности стоит задача наладить выпуск кондиционного, стабильного по своим качествам вермикулита для опытных учреждений.

В последних разделах книги в популярной форме изложены приемы приготовления, использования и восстановления питательных растворов. Автор подчеркивает, что выбор раствора зависит от температуры воздуха и интенсивности солнечной радиации. Большинство питательных смесей, приведенных в книге, пригодны только для жарких условий Южной Африки. Для районов с умеренным климатом указаны некоторые американские и английские смеси. При составлении питательных смесей большую помощь окажут таблицы, в которых приведены химические формулы, молекулярные веса соединений, содержание элементов питания в сложных смесях.

При редактировании материал книги подвергся значительному сокращению. Прежде всего пришлось исключить многочисленные повторения, изъять рисунки, которые не имеют прямого отношения к промышленной гидропонике, опустить текст и таблицы, представляющие интерес лишь для южноафриканского читателя (например, состав воды некоторых рек ЮАР), исключить заимствованное автором техническое описание одной из крупных мировых установок для очистки морской воды, поскольку эта тема выходит за пределы книги.

В. Н. Былов

ВВЕДЕНИЕ

Данная книга написана не как научный труд. Она представляет собой руководство для лиц, интересующихся будущим промышленной гидропоники. Во многих районах Южной Африки не хватает свежих овощей. В ряде пустынных и засушливых местностей нет хорошей воды или ее недостаточно. В последние годы я занимался главным образом развитием гидропоники в таких местностях. В наши дни тысячи людей во всем мире проявляют интерес к полупромышленной гидропонике, в частности гидропонным способом многие выращивают гвоздику.

В области гидропоники экспериментируют многие фермеры, владельцы питомников и мелкие землевладельцы, не имеющие соответствующих научных знаний, поэтому важно дать им необходимые сведения в возможно более простой и доходчивой форме. В данной книге нельзя, конечно, обойтись без технических рекомендаций, но я пытался по возможности упростить их. Я довольно подробно описываю гидропонные устройства, созданные в различных странах, чтобы возможно шире осветить развитие этого нового метода. Несомненно, лет через 50 очень много овощей и цветов будут выращивать гидропонным способом.

Идея беспочвенной культуры растений отнюдь не нова. Физиологи растений уже свыше 100 лет используют питательные растворы при лабораторных исследованиях. Американцы первые увидели возможности промышленной гидропоники. Эллис и Суоней в 1938 г., Турнер и Генри в 1939 г., д-ра Герике и Лори в 1940 г. начали исследовательские работы в этой области.

Большой интерес широкого круга читателей вызвала книга Герике «Полное руководство по садоводству без почвы». Хотя со времени опубликования книги Герике прошло 20 лет, она не потеряла своего значения и содержит очень ценную информацию для тех, кто намерен заняться промышленной гидропоникой.

Мне удалось полностью доказать, что ряд очень ценных культур экономически выгодно выращивать без почвы. Все же бессмысленно строить гидропонные сооружения из бетона на почве, пригодной для обычного возделывания растений.

В печати появились тысячи статей о гидропонике и ее возможностях. Многие из этих прогнозов носят гипотетический характер и основаны на результатах небольших экспериментов. Так, один автор вырастил высокий урожай картофеля на грядке площадью 1,2×3,2 м. Затем он пересчитал полученный результат на акр. На самом деле вряд ли можно вырастить на одном акре урожай, полученный им путем пересчета.

При чтении лекций меня всегда спрашивают: «Можно ли гидропонным способом получать более дешевую продукцию, чем при обычном земледелии?» Прежде чем ответить на этот важный вопрос, нужно рассмотреть целый ряд важных факторов. При выращивании растений в почве урожай может быть уничтожен за одну ночь градом. Сильные ливни, характерные для многих тропических районов, а также засуха приводят к тем же результатам. В гидропонике все эти факторы находятся под контролем. Однако создание промышленного гидропонного хозяйства обходится очень дорого.

За последние 20 лет я побывал во многих частях земного шара и видел почти все крупные гидропонные хозяйства. Я собирал сведения об этих хозяйствах, интересовался их экономикой, выращиваемыми урожаями, рынками сбыта. Гидропонное хозяйство требует не меньше, а, пожалуй, даже больше внимания, чем обычное почвенное хозяйство. Кроме того, для работников гидропонного хозяйства нужны знания в области химии.

Одним из важных событий последних лет явилось создание Международной рабочей группы по беспочвенным культурам. Примечательно, что ведущие садоводы мира признали за гидропоникой право на место в программе сельского хозяйства и в научных исследованиях.

Независимо от того, выращивают ли растения в почве или гидропонным способом, они должны иметь в своем распоряжении влагу, свет, воздух и элементы питания. В гидропонике можно создать оптимальные условия для растений и получать продукты более высокого качества, чем при выращивании растений на почве.

ПЕРВАЯ ЧАСТЬ

●

РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ГИДРОПОНИКИ

Система Герике. Система д-ра Герике основана на водной культуре, которую он назвал гидропоникой. Слово «гидропоника» в переводе с греческого означает «работа с водой». Водонепроницаемый поддон наполняют питательным раствором. Над поддоном устраивают грядку из древесных стружек или опилок, в которые и высаживают растения. Между нижней поверхностью грядки и питательным раствором поддона должно оставаться свободное пространство. Некоторые преимущества, приписываемые системе Герике, не проявились на практике. Все же данную систему можно успешно использовать для проведения опытов. Кроме того, она оказала влияние на развитие современной гидропоники.

Гравийная культура. Следующим шагом в развитии гидропоники явилась гравийная культура. В качестве среды для корней применялись всевозможные инертные материалы, такие, как гравий, мраморная крошка, галька, гранитная крошка, пемза, шлак, керамзит и т. п. Обычно из бетона устраивали лотки глубиной 23—30 см и заполняли их инертным материалом. Питательный раствор поступал в материал снизу.

Песчаная культура. Вслед за гравийной культурой получила развитие песчаная культура, которая подразделялась на два метода. При первом методе просеянный песок орошали питательным раствором снизу. При втором методе по поверхности песка рассевали питательные смеси, которые растворялись при поливе. Вытекающая из песка вода не использовалась.

Вермикулитовая культура. Я интересуюсь гидропоникой уже свыше 20 лет. Находясь на военной службе на Среднем Востоке во время второй мировой войны, я начал экспериментировать с песком пустынь в качестве среды для корней. Несколько лет назад я поселился в Южной Африке. Здесь мне стали ясны возможности использования вермикулита, как корневой среды. По-видимому, Южная Африка занимает одно из первых мест в мире по запасам вермикулита. Климатические условия Африки не позволяют успешно применять песок и гравий для гидропоники, так как они плохо удерживают влагу. Вермикулит обладает

термоизоляционными свойствами и высокой влагоемкостью, что делает его пригодным для успешного развития гидропоники в тропиках и субтропиках африканского континента.

Вермикулит впитывает воду, как губка. Вес удерживаемой им воды во много раз превышает его собственный вес. В местностях с обильными осадками и высокой относительной влажностью воздуха вермикулит обычно содержит настолько много влаги, что к корням не поступает достаточное количество воздуха. Он также очень легок, и невыгодно перевозить обожженный вермикулит на расстояние, превышающее 160 км. Большинство мировых индустриальных центров имеет установки для обжига вермикулита. Однако во многих районах есть хороший гравий и песок, поэтому бессмысленно возить дорогостоящий вермикулит за тысячи километров. Новую передвижную печь для обжига вермикулита, помещающуюся в одном контейнере, особенно выгодно применять в пустынных районах. Такая печь перерабатывает до тонны вермикулита в день.

Стоимость промышленного гидропоникума. Создание промышленного гидропоникума обходится, конечно, очень дорого. Однако следует помнить, что с единицы площади гидропоникума можно получить в 20 раз больше продукции, чем с единицы площади обычной сельскохозяйственной земли. Предположим, мы решили организовать хозяйство на совершенно неосвоенном участке, где нет ничего, кроме голой земли Нам нужно купить грузовую автомашину, тракторы, машины для обработки почвы, плуги, бороны, сеялки, молотилки, возможно, рабочий скот; нужно построить фермские помещения, конюшни, сараи для хранения машин и т. п. При подсчете может оказаться, что на организацию фермы потребуется столько же средств, сколько на устройство гидропоникума, а может быть и больше. Между тем, гидропоникум будет служить в течение всей жизни построившего его человека. Эксплуатационные расходы будут состоять из затрат на смену питательных растворов, семенной материал, на оплату труда, ремонт насосов.

При обычной культуре растения страдают то от засухи, то от избытка влаги. При гидропонном возделывании культур избыточные осадки не страшны, так как после насыщения корневого субстрата лишняя влага вытекает из гряд по дренажной системе. Гидропоника не знает сорняков и позволяет значительно легче регулировать рост растений, чем почвенная культура.

СРАВНЕНИЕ ГИДРОПОННОЙ И ПОЧВЕННОЙ КУЛЬТУР

Я уверен, что гидропоника займет должное место в сельском хозяйстве будущего. Она будет широко использована для выращивания некоторых культур с меньшими затратами, чем при обычной агротехнике.

При этом значительно повысится качество урожая. Продукция будет более выравненная и свободная от болезнетворных микроорганизмов. Некоторые культуры нецелесообразно возделывать гидропонным способом по экономическим соображениям. Теоретически же любые растения можно выращивать в гидропоникумах. При наличии 1—2 гидропонных грядок семья может получать овощи и цветы, стоимость которых не превысит розничные цены на эти товары на рынке.

В данной книге при ссылке на урожай с гектара имеется в виду гектар общей площади под гидропоникумами. Это сделано для удобства сравнения с урожаями полевых культур. В 1 га гидропонного хозяйства полезная площадь обычно не превышает 0,5 га, так как между грядками приходится оставлять довольно широкие проходы. Кроме того, часть площади занимают насосные будки, склады, лаборатории и другие постройки.

Ниже рассмотрены преимущества и недостатки гидропонного способа выращивания растений.

Преимущества

1. *Земля.* Для устройства гидропоникумов можно использовать совершенно непригодную для обычного выращивания растений землю. Необходима лишь вода.

2. *Вода.* Если в качестве корневой среды служит вермикулит, то расход воды сокращается в 20 раз по сравнению с расходом воды полевыми растениями. При беспочвенной культуре часто можно использовать воду, совершенно непригодную для растений, произрастающих на почве. Очищать плохую воду для полевых культур невыгодно, так как она просачивается в почву и теряется. В гидропоникумах исключены эрозия и вымывание растений сильными ливнями, потому что весь избыток воды стекает из поддонов через дренажную систему. При использовании корневых субстратов, не обладающих влагоемкостью, уровень воды в поддонах зависит от размеров частиц субстратов. Даже при заполнении поддонов субстратами, не абсорбирующими воду, расход воды составляет восьмую часть расхода теми же культурами в полевых условиях.

3. *Уход за растениями.* В гидропонных грядах не бывает сорняков, кротов, нематод. С озимой совкой легко бороться затоплением. Отпадают затраты труда на полив, внесение удобрений, известкование, борьбу с сорняками и т. п.

4. *Механизация.* Не нужно никаких сельскохозяйственных орудий и машин, за исключением насосов для подачи питательных растворов.

5. *Рабочая сила.* Недостаток рабочих рук в сельском хозяйстве проявляется все сильнее. Два человека под руководством специалиста могут

обслуживать гидропоникумы на площади 0,4 га. При выращивании помидоров на той же площади требуется четыре человека, при выращивании гвоздики — восемь человек. Для сбора урожая нужны еще несколько человек.

6. *Качество урожая* выше, чем при почвенной культуре.

7. *Урожаи.* Благодаря загущенным посевам урожаи сильно возрастают, у некоторых культур, например, в 20 раз (по сравнению с урожаями этих же культур в полевых условиях).

8. *Чистая продукция* характерна для гидропонного способа, так как она не забрызгивается грязью при сильных дождях.

9. *Севообороты.* В гидропоникумах не нужны севообороты. Можно сеять одну и ту же культуру бессменно несколько лет. В одном поддоне в течение пяти лет зимой и летом выращивали салат. Однако при этом играют роль климатические условия, а также характер укрытия поддонов.

10. *Стандартизация.* Агротехнику и питательные растворы для каждой культуры легко стандартизовать, благодаря чему облегчается выращивание растений.

11. *Удобрение.* В крупных гидропонных хозяйствах возможно автоматическое питание растений, при котором подача растворов осуществляется простым нажатием кнопки.

Недостатки

1. Для создания гидропонного хозяйства требуются большие средства.

2. Для ведения гидропонного хозяйства необходимо располагать бóльшими знаниями, чем при ведении обычного овощного хозяйства.

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВУАРЫ

Во многих удаленных от железных дорог местностях находятся промышленные предприятия, которые часто приобретают бензин, смазочные масла и другие жидкие материалы в не подлежащей возвращению металлической таре емкостью от 25 до 200 л. Из этой тары легко сделать поддоны. Металл нужно покрыть внутри и снаружи двумя слоями битума. Внутреннее покрытие необходимо для того, чтобы питательный раствор не соприкасался с металлом, наружное — для предохранения металла от коррозии. В поддонах следует просверлить отверстия для хорошего дренажа.

При ограниченном количестве воды поддон устанавливают на кирпичи, уложенные над желобами. Желоба имеют уклон к вкопанному в землю резервуару-приемнику, в который стекает избыток питатель-

ного раствора из поддонов. Небольшой центробежный насос служит для перекачки раствора обратно в поддоны.

В условиях обильной обеспеченности водой растения поливают из шланга, а удобрения вносят в сухом виде на поверхность корневого субстрата. Если вермикулит можно приобрести по умеренной цене, его следует использовать в чистом виде или в смеси с песком (1 : 1).

На площади 0,4 га устанавливают примерно 30 тыс. банок емкостью 18 л каждая. В одном блоке находится 400 банок (четыре ряда по 100 банок). Между рядами банок в блоках оставляют промежутки шириной 7,6 см. По торцовым концам блоков забивают столбы и натягивают между ними прочную проволоку в качестве опоры для растений.

ЭФИРОМАСЛИЧНЫЕ И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

В большинстве случаев гидропонным способом выращивают помидоры и зеленные овощи. На поддонах могут расти также многие другие культуры, например плодовые деревья, но последние выгоднее сажать в почву. Гидропоника, по-видимому, получит большое развитие в пустынных районах земного шара, где земля стоит дешево, а для опреснения морской воды строят мощные установки. Климатические условия некоторых пустынь являются идеальными для эфиромасличных и лекарственных культур. Благодаря оптимальному pH и сбалансированным питательным растворам качество эфирных масел сильно возрастает. Та же особенность характерна для лекарственных растений, особенно содержащих алкалоиды (например, белладонна) и наркотики (опиум).

ХЛОРЕЛЛА

В последние годы установлено, что некоторые водоросли могут служить очень важным источником пищи. Одна из таких водорослей называется хлореллой. Гидропонное выращивание ее может в будущем получить широкое развитие в пустынях. Хлорелла растет очень быстро, увеличиваясь в весе в 3000 раз за 2—3 дня. В год с 0,4 га можно получить от 40 до 80 т продукта. Хлорелла содержит во много раз больше витаминов, чем апельсин, и значительно богаче мяса белком.

Из клеток хлореллы можно извлекать белки, жиры, сахар и витамины, чтобы добавлять их в другие продукты, например в хлеб и маргарин. Таким образом недоедание навсегда канет в прошлое. Жиры хлореллы могут заменить другие растительные масла, используемые для изготовления мыла, олифы, лаков и красок. Путем возгонки сухой хлореллы получают химические вещества, подобные тем, которые получают из угля. Сбраживание этой водоросли даст метан, используемый в качестве топлива для газогенераторов.

СОЛЕНАЯ ПОДЗЕМНАЯ И МОРСКАЯ ВОДА

Новый опреснитель морской воды Уэйра позволяет освоить пустынные морские побережья земного шара. Климатические условия многих прибрежных районов весьма благоприятны для возделывания культурных растений. Отсутствие пресной воды является единственным препятствием к заселению и освоению этих территорий. Разработан также новый метод электродиализа; новые запатентованные мембраны позволяют превратить подземную воду шахт в питьевую (рис. 1).

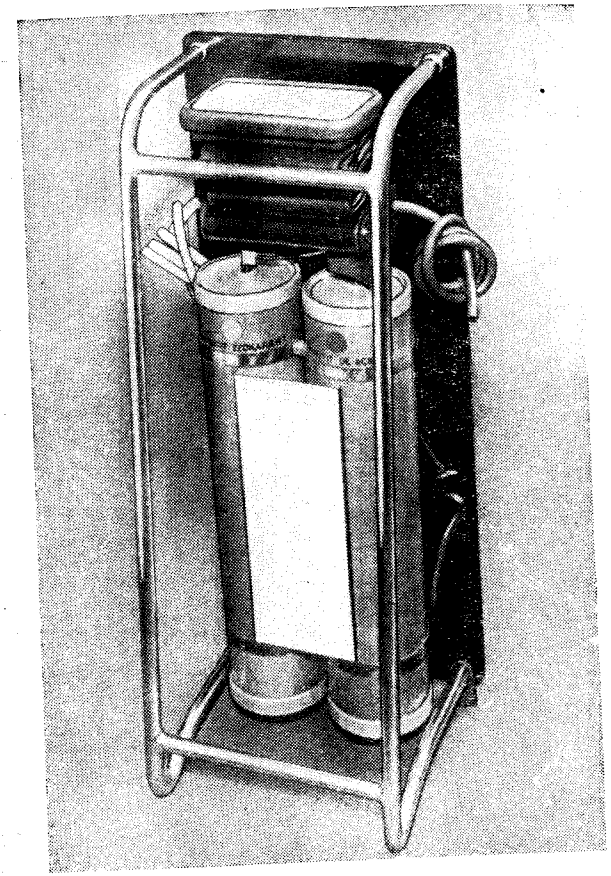


Рис. 1. Установка для деминерализации воды, используемой в лаборатории (фирма «Пермутит», Лондон).

Проектируется небольшой опреснитель производительностью 2300 л воды в день, который будет снабжать питьевой водой фермы, расположенные в отдаленных местностях, где выпадает мало осадков, а грунтовые воды недоброкачественны. Если упомянуть, что 90 л воды в сутки достаточно для непрерывного выращивания овощей на поддоне обычного размера (15,2×1,2 м), то можно себе представить, каким благоденствием будет такая установка для засушливых районов.

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА СССР
5616 24/65

КРУПНЕЙШИЕ ГИДРОПОНИКУМЫ МИРА

Гидропонные хозяйства имеются во многих районах земного шара. Ниже следует описание гидропоникумов нескольких стран.

Израиль. Это небольшая страна с плотным населением и большими площадями засушливых и пустынных земель. Во многих районах вода непригодна для земледелия. Большую часть года стоит прекрасная погода. Гидропоникой в Израиле занимаются уже 7 лет. Удешевление строительства поддонов позволит создать крупные гидропонные хозяйства, которые будут давать продукцию (гладиолусы, землянику) для рынков Европы в зимнее время. В настоящее время опыты ведутся на трех станциях: в Киббутце (7-й год), в Элиате (2-й год) и в Беер-Шебе (1-й год). В Беер-Шебе (Северный Негев) каждый поддон площадью 1 кв. м имеет свой питающий резервуар. Поддоны делают из асбоцемента, пластмассы. Субстратом служат базальтовый и известковый гравий, торф, вермикулит. Намечено поставить опыты с растворами, приготовленными на засоленных водах пустынных районов.

В Элиате во всех опытах использовали смеси равных количеств ионообменной (240 мг хлоридов в 1 л) и местной (2650 мг солей в 1 л) воды. Растения притеняли. Урожай помидоров достигал 22 кг с 1 кв. м, что рентабельно для Израиля. Другие культуры также можно успешно выращивать. Однако летом, несмотря на затенение, цветы вянут и отмирают. Наибольший интерес представляют опыты с водой, считающейся непригодной для земледелия. Питательные растворы составляли с учетом содержания солей в воде.

Англия. Климатические условия Великобритании совершенно неблагоприятны для устройства поддонов в открытом грунте. Однако гидропонику можно успешно применять в защищенном грунте. Многие крупные хозяйства сейчас выращивают помидоры и гвоздику гидропонным методом. В ближайшие годы возможно широкое развитие этого метода. Один из крупных гидропоникумов площадью 4 га находится недалеко от Лондона.

Голландия. В этой стране применяется следующая терминология.

Водная культура. Растения прикреплены к специальным матерчатым сеткам так, что корневая зона периодически заполняется питательным раствором.

Песчаная культура. Корни находятся в песке. Часто поддоны имеют водонепроницаемое дно. Питательный раствор льют на песок или подают так, что он просачивается через песок снизу вверх. Подачу питательного раствора и чистой воды чередуют. Иногда удобрения вносят

в сухом виде на поверхность песка, а затем его поливают для растворения туков. Как правило, каждый раз используют новый питательный раствор. В Голландии песком называют материал с частицами диаметром менее 2 мм.

Торфяная культура аналогична песчаной, но частицы торфа могут иметь любой размер. Кроме того, в торф часто вносят удобрения перед высадкой растений. Торфяной культурой называют также выращивание растений на смеси торфа с кварцем, битым камнем или любым другим материалом.

Вермикулитовая культура отличается от торфяной лишь тем, что вместо торфа используют вермикулит.

Гравийная культура. Растения высаживают в каменистый материал с частицами диаметром более 2 мм. Наряду с гравием применяют чистый кварц, щебень, лаву, базальт и т. п. В заполненные субстратом водонепроницаемые поддоны периодически подают питательный раствор, который хранят в специальном резервуаре. Питательный раствор используют многократно, иногда в течение целого года, но содержание отдельных элементов в нем поддерживают на требуемом уровне (для этого раствор периодически анализируют). В 1950 г. в Голландии был проведен ряд опытов по выращиванию гвоздик в песке и вермикулите. Опыты не дали положительных результатов. По-видимому, лучше выращивать ранние тепличные огурцы методом водной культуры и помидоры — методом песчаной культуры.

Были поставлены опыты с торфяной культурой антуриума. Получены неплохие результаты, но в гравийной культуре он развивался лучше.

В голландской гравийной культуре система полива открытая (рис. 2). Нанос подает питательный раствор в поддон так, что происходит свободное падение. Через дренажное отверстие на другом конце поддона раствор стекает обратно в резервуар и аэрируется при этом. Половина раствора уходит через дренажное отверстие. Другая половина раствора наполняет поддон до уровня перепускной трубки. Хотя полив продолжается 45 минут, уровень раствора остается неизменным, и корни получают достаточное количество кислорода. Затем реле времени отключает электрический насос, и весь питательный раствор вытекает из поддона через дренажное отверстие. Одновременно идет интенсивная аэрация раствора в резервуаре. Голландская система имеет два преимущества: во-первых, она проста, во-вторых, обеспечивает хорошее снабжение корней кислородом.

В течение двух лет в порядке опыта больные растения гвоздики высаживали рядом со здоровыми. Через некоторое время больные растения увядали, но здоровые растения оставались незараженными.

В Голландии особенно удается гравийная культура антуриума шерцерианума и антуриума андреанума. Сбор цветов антуриума андре-

анума возрастает в гидропонных условиях на 50%. В одном хозяйстве растения высотой около 5 см высаживали в гравий в конце апреля 1956 г. на площади 250 кв. м. К маю 1957 г. было собрано по 18,6 цветка с 1 кв. м, а к декабрю 1957 г. — по 75,3 цветка. Состав двух хороших питательных смесей (для дождевой и водопроводной воды) приведен в разделе о питательных смесях. Оптимальная величина pH равна 6. Если pH падает до 5, то его снова доводят до 6 при помощи KOH.

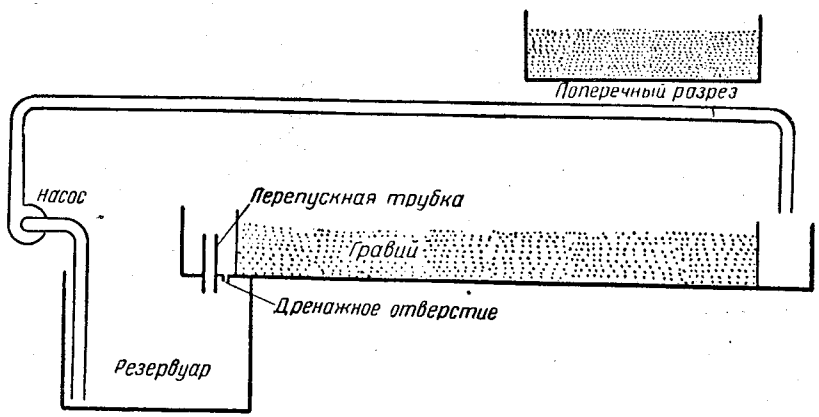


Рис. 2. Голландская гравийная культура.

Культура герберы, особенно с крупными соцветиями, в Голландии сопряжена с большими трудностями вследствие поражения растений *Fusarium oxysporum* как в почвенных, так и в гидропонных условиях.

Несколько ориентировочных опытов проведено с орхидеей фаленопсис (*Phalaenopsis amabilis*). Это растение прекрасно растет в гравийной культуре. Различные виды *Paphiopedilum* дают значительно больше цветов в гравийной культуре, чем в обычном субстрате. Летом в гравии очень хорошо растут орхидеи цимбидиум и катлея.

Большинство растений с декоративными листьями, например фикус (*Ficus elastica*), циссус (*Cissus*), нефролепис (*Nephrolepis*), прекрасно растут на гравии, но их обычно продают в горшках.

Весьма перспективна гравийная культура помидоров (рис. 3). Четыре гидропонные хозяйства в Голландии выращивают помидоры на общей площади 1 га. При выращивании огурцов в теплицах приходится затрачивать много труда на подготовку почвы. В принципе на гравии можно получать такие же урожаи огурцов, как и на почве, но в более

ранние сроки. Однако в гравийной культуре огурцов есть серьезные затруднения. Во-первых, относительная влажность воздуха в теплице с гравием слишком низка по сравнению с относительной влажностью воздуха в теплицах с обычной смесью почвы, навоза и соломы. Во-вторых, минеральный корневой субстрат не подвергается разложению и не выделяет углекислоту. В таких случаях, по-видимому, в теплицах нужно устраивать искусственные источники углекислоты.

На острове Аруба, находящемся во владении Голландии (южная часть Карибского моря), практически нет пригодных для земледелия площадей. Здесь построен крупнейший в мире нефтеочистительный завод и самый большой в мире опреснитель морской воды производительностью 10 тыс. т воды в сутки. Теперь на о. Аруба фирма «Робинс фармс интернэшнэл» сооружает самый крупный в мире гидропоникум (рис. 4, 5).

Гидропонное хозяйство занимает площадь 3,2 га и состоит из восьми блоков по 0,4 га каждый. В настоящее время уже работают пять блоков, где выращиваются помидоры, огурцы, канталупы, перец, фасоль и салат. Остров Аруба может служить классическим примером ведения беспочвенного сельского хозяйства. Среднегодовое количество

Рис. 3. Выращивание помидоров на гравии в Голландии.

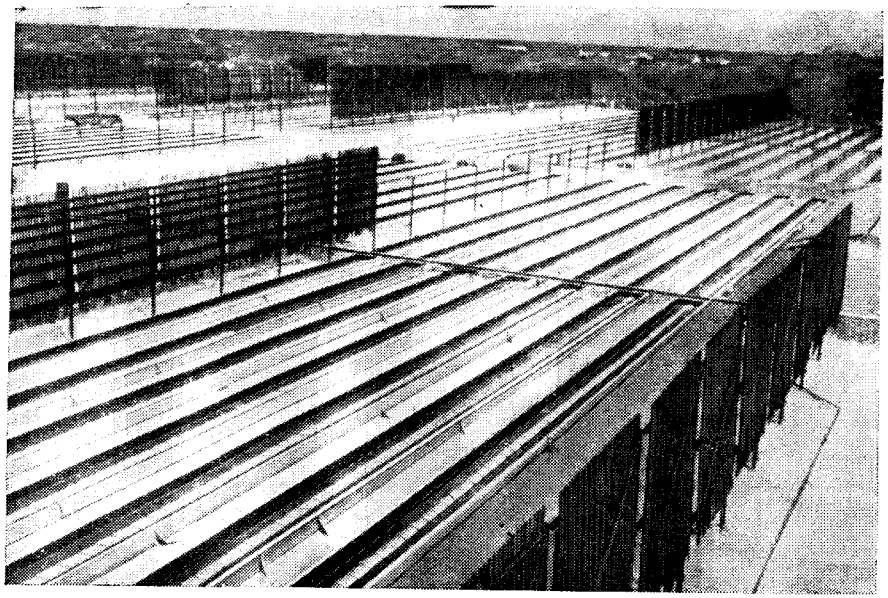


Рис. 4. Фирма «Робинс фармс интернэшнэл» сооружает на острове Аруба один из крупнейших в мире гидропоникумов.

осадков составляет здесь 500 мм, а скорость ветров достигает 70 км/час. Грунтовые воды совершенно непригодны для орошения.

Несмотря на использование дорогой опресненной воды, продукция, полученная в гидропоникумах острова, успешно конкурирует с импортной. Сейчас блок дает до 50 т помидоров в год. В дальнейшем, в результате подбора лучших сортов, в каждом блоке можно будет собирать 70 т помидоров в год.

В Швеции в гидропонном хозяйстве «Электрофлора» поддоны делают из стандартных бетонных плит, которые облицовывают изнутри полиэтиленовой пленкой. Здесь же применяют легкий листовой асбоцемент. Хозяйство находится на юге Швеции, где хорошие почвы, много воды, дешевая электроэнергия. Однако труд в Швеции стоит дорого, и на импортируемые из других европейских стран цветы и овощи установлены низкие пошлины.

Гидропоникумы хозяйства «Электрофлора» построены по проектам Э. Тегнера. Рассмотрим его систему детально. Предположим, водонепроницаемый поддон имеет длину 45 м, ширину 1,2 м и глубину 0,6 м, то есть его емкость составляет 32,4 куб. м. В поддон наливают

13,5 куб. м раствора. В 10 см от уровня раствора закрепляют проницаемое для воды бетонное дно, на которое насыпают гравий. Поддон делят вдоль или поперек на две равные секции непроницаемой для воды стенкой. У самого дна поддона в стенке устраивают круглое отверстие. В отверстие устанавливают небольшой пропеллер (насос), приводимый в действие помещенным наверху электродвигателем. Пропеллер перегоняет питательный раствор из одной секции в другую, в результате чего растения обеих секций орошаются попеременно. После прекращения работы насоса в обеих секциях устанавливается одинаковый уровень раствора. Наряду с простотой система Тегнера характеризуется также другими положительными качествами.

Заполняющий промежутки в гравии (диаметр отдельных частиц 0,8 см) питательный раствор вытесняет накопившийся вокруг корней углекислый газ (CO_2), который мог оказать на них вредное действие. Попадая в воздух около листьев, углекислый газ благотворно влияет на развитие растений. Место CO_2 вокруг корней занимает кислород. В разделяющей поддон стенке легко устроить слив, чтобы раствор не превышал заданного уровня. Падая вниз, раствор хорошо аэрируется.

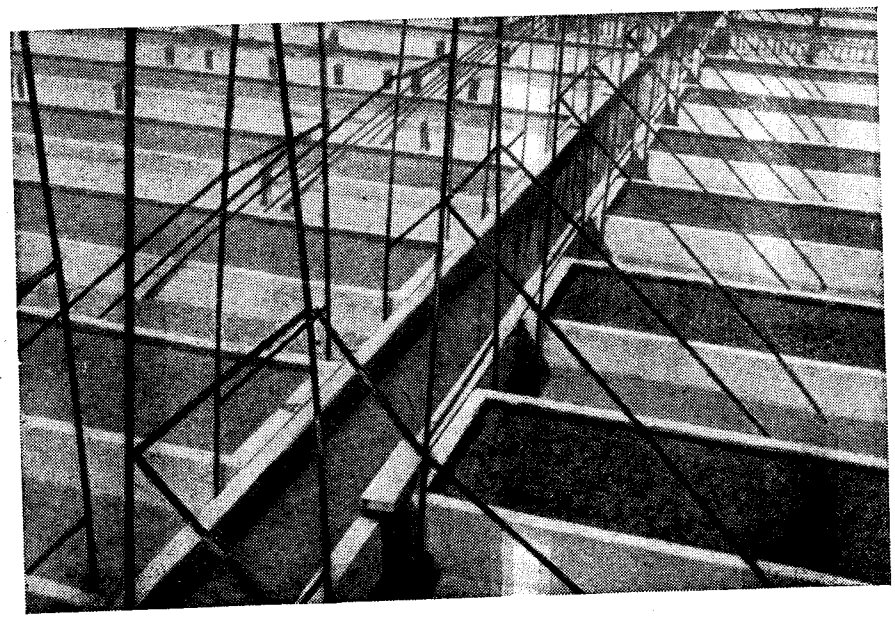


Рис. 5. Секция только что заполненных субстратом поддонов фирмы «Робинс фармс интернэшнэл».

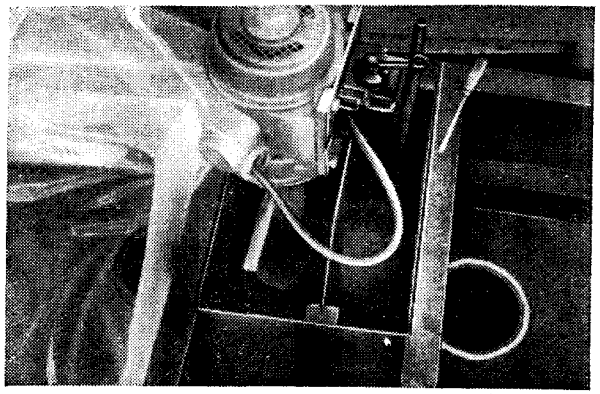


Рис. 6. Насосная установка в гидропонном хозяйстве «Электрофлора».

Так как раствор подается на небольшую высоту, требуется очень мало энергии, и оборудование стоит недорого. В одной из теплиц площадью более 80 кв. м установлен двигатель мощностью всего 2 л. с., который подает 4500 л воды в минуту. За один цикл откачки через слив проходит 135 тыс. л питательного раствора. Благодаря регулярной перекачке в течение всего года раствор находится в хорошем состоянии.

Путем увеличения или уменьшения количества питательного раствора легко регулировать его уровень в поддонах. Оказалось, что на некоторые растения, например на фреезию, повышение уровня раствора действует очень благоприятно. Помидоры, наоборот, лучше развивались при увеличении воздушного пространства между поверхностью питательного раствора и пористым (ложным) дном. В ряде теплиц благодаря этому пространству обеспечивается кондиционирование воздуха в теплице просто и дешево.

При необходимости для обогрева раствора прокладывают медные трубы, которые можно использовать также для охлаждения раствора.

Система Тегнера обеспечивает подачу 330 л питательного раствора на каждый квадратный метр поддона, что почти вдвое больше, чем при других системах. Если по той или иной причине желателен постоянный уровень раствора, его общий объем доводят почти до максимума. При обычной работе насоса обеспечивается надлежащая аэрация питательного раствора. Следует заметить, что в связи с большой величиной резервуаров для питательного раствора сооружение гидропоникума обходится дорого (рис. 6).

Сейчас в хозяйстве «Электрофлора» для беспочвенной культуры растений отведено 4860 кв. м. Первые восемь теплиц сооружены в виде одного блока. Длина теплицы составляет 52 м, а ширина 9 м. Материалом для теплиц послужили алюминий и стекло. Для придания конструкции прочности использована стальная проволока. Благодаря большим

размерам стекла (1,2×1,8 м) и отражательной способности алюминиевого каркаса в теплице светлее, чем снаружи.

Фундамент теплицы бетонный. Между двумя секциями находится насосная камера. В круглом отверстии диаметром 20 см установлен пропеллер. В каждой секции находится раствор слоем 30 см (80 тыс. л). Свободное пространство над раствором составляет 10 см. Настил из бетонных плит толщиной 7,5 см удерживают круглые бетонные столбы. Гравий насыпают слоем около 23 см. В центре теплицы на специальной платформе устанавливают аппаратуру для кондиционирования воздуха.

Из находящейся рядом котельной по подземным трубам горячая вода поступает в теплицы. Трубы проходят вдоль стены, разделяющей поддон на две секции. Проходя через кондиционер воздуха, горячая вода нагревает радиатор, сделанный из алюминия и меди. Над радиатором установлены два мощных вентилятора, которые засасывают воздух через сеть медных труб в радиаторе и сильными струями направляют его в северную и южную стороны теплицы. У стен теплый воздух засасывается через отверстия на концах поддонов и протекает через пространство между питательным раствором и нижней поверхностью бетонных плит, на которые насыпан гравий. Теплый воздух захватывает влагу из питательного раствора.

В центре теплицы вентиляторы засасывают влажный воздух в башню кондиционера, обогревают его и снова выбрасывают в теплицу. Если воздух в теплице делается слишком теплым, начинают работать электрорегуляторы. Если воздух в теплице слишком влажный, гигростат закрывает нижние клапаны в кондиционере и открывает вентиляционные отверстия в нижней его части так, что воздух проходит уже не над питательным раствором, а над гравием, теряя при этом избыточную влагу. Легкое подсушивание воздуха в период завязывания плодов на нижних кистях томатов положительно влияло на плодоношение. Эта система работает надежно, а стоимость ее эксплуатации очень низка. Интенсивная циркуляция воздуха в теплице позволяет за несколько секунд опылить серой, например, 1600 растений огурцов для защиты их от гуммоза.

Конечно, строительство теплиц с котельной, лабораторией и буровыми колодцами для снабжения хорошей водой стоит дорого. Но большой гидропоникум был построен для того, чтобы убедить растениеводов в экономической целесообразности беспочвенной культуры. Прежние опыты с гравийной культурой в Швеции оказались неудачными. Хотя работы продолжаются более четырех лет, все еще не преодолено недоверие растениеводов к новому методу.

В августе 1958 г. были сооружены две теплицы — одна площадью 13×90 м, а вторая площадью 7×50 м. Ширина стекол в этих теплицах лишь немного превышает 90 см. Стропила сделаны из дерева и стали. Поддоны не разделены стенкой на две секции, как в первых блоках.

Каждый поддон имеет ширину 1,2 м, а его длина равна длине теплицы. Насосная камера в большой теплице находится в ее центре. Все поддоны соединены с камерой подземными трубами, так что во время работы насоса одновременно орошается половина общего числа поддонов.

Поддоны сооружены из бетонных плит, находящихся на бетонных дорожках, идущих вдоль теплицы. На дно поддонов насыпан мелкий песок. Для придания поддонам свойства водонепроницаемости их выстелили полиэтиленовой пленкой толщиной 0,1 мм. Промежутки между семью поддонами в большой теплице покрыты сверху бетонными плитами. Наружные стенки теплицы имеют U-образную форму. Через все каналы два больших вентилятора продувают зимой теплый, а летом охлажденный воздух. Вентиляторы установлены в северном и южном концах теплицы.

В первом блоке для проветривания теплиц установлены четыре вентилятора на северном и южном фронтоне каждой теплицы. Свежий воздух в теплицу поступает через дополнительный клапан в кондиционере воздуха. Термостат включает и выключает клапан. Летом воздух в теплице заменяется в течение минуты.

В новой теплице вентиляторов на фронтонах нет. Вдоль теплицы тянутся вентиляционные каналы из пластин стекловолокна. Управляют двигателем термостаты. На каждой длинной стене теплицы имеется еще по три дополнительных вентиляционных канала, пересекающих все сооружение. На обоих концах каждого из этих каналов установлен вентилятор, а в самом канале находятся распылители холодной воды и влажные прокладки. Когда в теплице слишком жарко, клапаны двигателя перекрывают подачу горячей воды в радиаторы, а верхние вентиляционные затворы открываются. Если этого недостаточно, чтобы поддерживать заданную температуру, термостаты включают вентиляторы. При очень жаркой погоде включается подача холодной воды, и увлажненные прокладки в каналах забирают избыток тепла из проходящего над ними воздуха. Работой всех механизмов управляет электроника.

В теплице площадью 7×50 м, используемой для размножения посадочного материала и проведения опытов, нет поперечных каналов и вентиляторов. Поддоны находятся на стеллажах. Теплый воздух из боковых каналов проходит под стеллажами и вдоль стен. Глубина поддонов в теплицах обоих размеров составляет около 70 см.

С технической точки зрения обе теплицы работают вполне удовлетворительно, хотя зимы с сильными ветрами и обильными снегопадами причиняют много неприятностей, особенно в блочных теплицах. В зиму 1957/58 гг. во время снежной бури было разбито 110 крупных стекол и причинен большой вред растениям. Теперь решено в зимнее время ставить дополнительные опоры. Вообще говоря, было разбито всего 3% стекол. По-видимому, часть стекол была разбита в связи с недостатками

в конструкции металлического каркаса. Если бы стекла были укреплены со всех сторон, все было бы в порядке.

Новая теплица площадью 9000 кв. м со всеми вспомогательными механизмами стоит около 9000 фунтов стерлингов. Устройство поддонов, покупка и монтировка насосов обходятся в 2000 фунтов стерлингов. При постройке обычной обогреваемой теплицы без внедрения технических новинок обычно затрачивают в Швеции 6 фунтов стерлингов на 1 кв. м. Если учесть экономию затрат труда, легкость работы, высокое качество продукции, то становятся ясными преимущества гидропонных теплиц даже в Швеции. Выращенные в гидропоникумах огурцы почти не имеют горького привкуса, который часто затрудняет их сбыт. При гидропонной культуре помидоры не болеют ни кладоспориозом, ни мозаичностью. Установлено, что одни сорта овощных культур лучше растут в гидропонных теплицах, чем другие.

В настоящее время три теплицы заняты гвоздиками. В каждой теплице на площади 420 кв. м в гравии растут 9000 растений. Рассаду высаживают 1 апреля, а сбор цветов начинают 1 сентября. В одной из теплиц в первый год было собрано почти 125 тыс. гвоздик, то есть 14 цветов

Рис. 7. Гидропонные розы в питомнике Мейяна (Антиб, юг Франции).

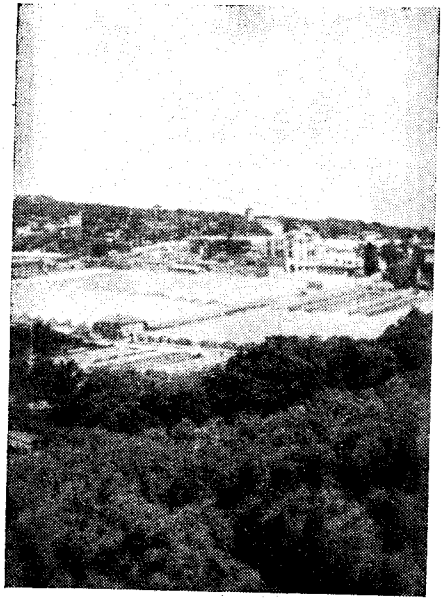


Рис. 8. Общий вид питомника Мейяна (Франция).

с каждого растения, или около 320 цветов с 1 кв. м. Эти показатели выгодно отличаются от соответствующих показателей других цветоводств Швеции. Очень хорошо растут в гидропонных теплицах левкои, фреезия (особенно голландские сорта), ирисы, гладиолусы, лилии, адиантум; неплохо развиваются анемоны и цикламены. Удачные опыты проведены с розами.

В гидропонике необходимо очень внимательно следить за составом питательных смесей. Вначале растения сильно страдали от хлороза, вызываемого недостатком железа. Применение лимоннокислого железа устранило хлороз. Теперь на месте готовят хелат железа. К сожалению, одно время работники теплиц стали применять изготовленные ими же хелаты всех микроэлементов, что привело к гибели части растений. Теперь в Швеции используют питательную смесь Хогланда, содержащую все нужные растениям микроэлементы, и добавляют в нее только хелат железа.

Работники теплиц внимательно следят за pH питательного раствора и гравия. В беспочвенной и почвенной культурах необходимо избегать избыточного питания. pH поддерживают в очень узких пределах. Один раз в три месяца производят полный анализ питательного раствора, но наиболее важные микроэлементы определяют чаще, а pH проверяют еженедельно.

Франция. Во время последнего Международного конгресса садоводов в Ницце я побывал на знаменитом питомнике А. Ф. Мейяна в Антибе. Питомник находится примерно в 24 км от Ниццы. Путь к нему лежит по чудесной прибрежной дороге, ведущей в Монте-Карло. Питомник приобрел мировую известность, так как здесь выведены многие из самых прекрасных роз в мире (рис. 7, 8).

В 1948 и 1949 гг. сотрудники питомника изучали классические методы орошения путем подпитки снизу, поддержания постоянного уровня питательного раствора, перколяции и т. д. Лучшие результаты дало поддонное орошение. В 1950 г. были сооружены асфальто-цементные поддоны под стеклом; они работают вполне удовлетворительно и в настоящее время. Теплицы занимают площадь 2,4 га. Система состоит из верхнего резервуара, покрытого асфальтовой эмульсией, и серии поддонов в каждой теплице. Ширина всего занятого поддонами участка равна 51 м. Дно и стенки поддонов возводят из готовых бетонных плит. Поверхность поддонов покрывают слоем цемента, асфальтовой эмульсией и битумной краской флинткот.

В головной части каждого поддона установлен кран для подачи питательного раствора. Когда уровень раствора в приемнике достигает водослива, раствор вытекает в поддон. Затем раствор течет по дну поддона до дренажного отверстия. Раствор из всех поддонов поступает в подземный резервуар, откуда насосом подается в верхний резервуар. На 1000 кв. м поддонов нужен резервуар площадью 20 кв. м (рис. 9, 10).

Поддоны наполняют очень крупным карьерным песком. Этот кварцевый песок очень чистый с диаметром частиц от 1 до 4 мм. Капиллярность используемого песка, по-видимому, недостаточна для нормальной работы системы. Но корни повышают капиллярность. Поэтому при уко-

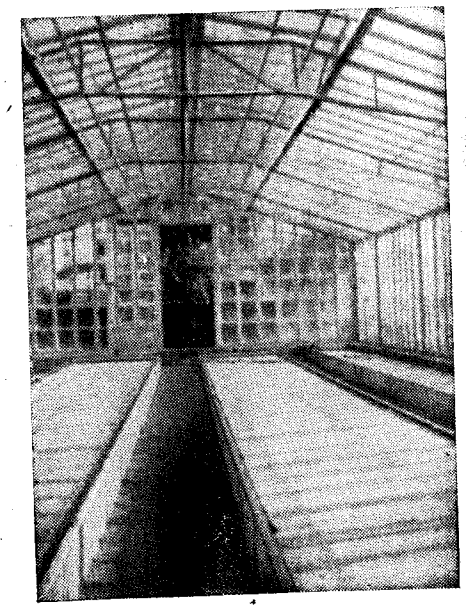


Рис. 9. Заполненные песком поддоны готовы для посадки роз.

Рис. 10. В одном из поддонов новый сорт роз проходит испытание.

ренении сеянцев в поддонах до образования достаточно мощной корневой системы у растений применяют ручной полив питательным раствором. На 1 куб. м раствора расходуют приблизительно 2 кг минеральных солей. Один и тот же раствор используют в среднем два месяца.

Гидропоникум используется для ускоренного размножения посадочного материала и состоит из поддонов для посева семян (1), выращивания сеянцев (2), выращивания саженцев новых сортов (3).

В гидропоникуме Мейяна ежегодно искусственно опыляют 15—20 тыс. цветков роз. Плоды завязываются в сентябре, а семена из них высевают уже в ноябре. Ежегодно выращивают 40—70 тыс. новых сеянцев из этих семян. Число сеянцев, отбираемых для дальнейшей работы, варьирует в разные годы. Для выведения нового сорта требуется 8—12 лет. Все выдающиеся новые сорта сотрудники Мейяна испытывают в 13 странах с разнообразными климатическими условиями. Результаты испытания обсуждаются на ежегодных собраниях в Антибе. Выбраковке подлежит любой сорт, оказавшийся непригодным хотя бы в одной из 13 стран. По моему мнению, самый лучший из выведенных Мейяном сортов роз — это Глория Дей. Приемы выращивания роз описаны в разделе о цветах (стр. 66).

США. Среди немногих культур рентабельным оказался гидропонный способ выращивания хризантем в течение всего года по точно разработанному графику. В Санфорде цветы выгоняют за 16 недель, считая от черенкования до продажи. В американских гидропоникумах впервые осуществлен конвейерный тип производства, характерный для автомобильной промышленности.

90% гидропонных оранжерей Флориды расположено вдоль восточного побережья, между Мельбурном и Хомстедом. Во всех оранжереях насчитывается около 2500 поддонов. Каждый поддон имеет длину 30 м, ширину 90 см и глубину 20 см.

Хотя слово «гидропоника» означает водную культуру, теперь под гидропоникой понимают гравийную культуру с поддонным орошением, причем гравий насыпают в водонепроницаемые бетонные поддоны. Для надлежащего дренажа V-образные поддоны имеют уклон в 2,5—5 см от боковых стенок к центру, а также уклон в 5—10 см от торцевых стенок к центру. Лет 10 назад дну поддона не придавали достаточного уклона, и теперь проявляются признаки заболачивания.

Поддоны в теплицах Флориды заполнены мелким речным гравием, привезенным из Алабамы и Джорджии. По дренажной канавке, покрытой черепицей, от одного до четырех раз в день подается питательный раствор. Избыток раствора стекает обратно в резервуар. По мере поглощения отдельных элементов состав раствора доводят до прежнего уровня.

Очень немногие гидропонисты анализируют раствор для определения количества использованных элементов, например азота. При добавлении того или иного элемента они полагаются на свой опыт, учитывая при этом внешний вид растений. Но такая практика часто приводит к нарушению состава питательного раствора, что отрицательно сказывается на растениях и их урожайности. Для устранения этих трудностей в большинстве случаев полностью опорожняют резервуары каждые 4—6 недель и наполняют их новым раствором. Многие предпочитают покупать готовые смеси, нежели готовить их.

Гидропонным способом выращивают главным образом помидоры и огурцы.

Сезонные работы начинаются стерилизацией гравия и общей чисткой проходов, дорожек и всей площади, окружающей поддоны. Для стерилизации в первую очередь используют формалин, дауицид В, вапам и серную кислоту. Рассаду высаживают во второй половине августа. В каждый поддон высаживают два ряда растений с расстояниями между ними в рядке 30 см. Таким образом в 30-метровый поддон высаживают 200 растений. Рассаду помидоров высаживают глубоко, чтобы первая кисть располагалась ниже. Если обходятся без рассады, семена высевают в бороздки, а позже окучивают растения гравием. В дальнейшем необходимо вести уход за растениями, пасынковать и подвязывать их.

Во Флориде помидоры страдают от вредителей и болезней больше, чем в других районах США. В течение продолжительного вегетационного периода растения опрыскивают инсектицидами, фунгицидами, антибиотиками и другими химическими веществами. Большинство овощеводов начинают применять стрептомицин как только появляются семядоли; обработку проводят каждые 4—5 дней вплоть до высадки рассады или до тех пор, пока не исчезнет опасность заболевания растений бактериальной пятнистостью.

Против цикадок (переносчиков некоторых вирусов), клопов-щитников, гусениц бабочки бражника, луговой совки, гусениц озимой совки, узкокрылой моли-минёра, тлей и т. п. применяют главным образом паратион и ДДТ. Против болезней, например раннего и позднего завядания, гнили листьев, антракноза, бурой пятнистости листьев и т. п., чаще всего применяют манзат, но нередко используют также трехосновную серно-кислую медь, фермат и дитан. Если увядание отмечается на целых участках, растения опрыскивают через день.

Сбор начинают в ноябре с растений самого раннего посева и продолжают всю зиму и весну. Некоторые овощеводы применяют машины для сортировки плодов. Помидоры моют или чистят щетками и обертывают бумагой или целлофаном.

ВЫРАЩИВАНИЕ ОВОЩЕЙ

Ниже коротко излагаются приемы возделывания большинства наиболее распространенных овощных культур. Для промышленной гидропоники в районе Иоганнесбурга можно рекомендовать следующие культуры: помидоры, картофель, лук репчатый, салат, цикорий, кресс водяной, хрен и фасоль.

Спаржа очень хорошо растет на вермикулите, но ее нельзя рекомендовать для промышленной гидропоники из-за слишком длительного вегетационного периода. Кроме того, если в хозяйстве нет посадочного материала четырехлетнего возраста, значит гряды будут непроизводительно заняты в течение четырех лет, прежде чем культура начнет давать товарный урожай. Агротехника спаржи, выращиваемой гидропонным способом, ничем не отличается от ее агротехники в обычных почвенных условиях. Оптимальный pH — 6.

Фасоль. Выращенные на вермикулитовых грядах бобы фасоли отличаются первоклассным качеством, нежностью и сочностью. На свежую зеленую фасоль всегда есть спрос. Это хорошая культура для индивидуальных гидропоникумов. Лучше сеять вьющуюся фасоль, но для нее нужны опоры. Я выращиваю карликовую фасоль на поддонах, а вьющуюся — в вермикулитовых траншеях вдоль границ участка. Последняя очень декоративна и защищает участок от ветра. В траншеях глубиной 30 см растения сорта Скарлет Раннер достигают высоты 7,5 м. Если нет лестницы, зеленые бобы собирают на высоте протянутой руки, а остальные оставляют на семена. Вегетационный период карликовой фасоли около 7 недель. В любом районе Трансвааля можно собрать пять урожаев в год.

Бобы — хорошая зимняя культура для гидропонных гряд, но вегетационный период ее продолжительный — не менее четырех месяцев. Если к моменту появления черной тли образовалось много цветков, следует прищипнуть ростовые почки. Самое лучшее средство против тли — эмульсия из жидкого мыла, парафина и кассии с небольшой примесью смачиваемого порошка ДДТ. Если в одно гнездо кладут три боба, то гнезда размещают по углам квадрата со стороной 23 см. При обычном квадратном посеве расстояния составляют 15×15 см. Оптимальный pH 6—6,5, питательная смесь № 11 (стр. 273), вегетационный период на поддонах 7—8 недель, рекомендуемые сорта — Лонг Том и Скарлет Раннер.

Свекла столовая весьма распространена в Южной Африке. Свекла предпочитает легкие суглинки, поэтому вермикулит является идеальной средой для нее. Благодаря быстрому росту при хорошей обеспеченности

влагой в течение всей вегетации корнеплоды имеют очень нежную кожицу, поэтому при уборке с ними нужно обращаться очень осторожно.

Площадь питания 10×10 см, pH 7,5, срок вегетации на поддонах 10 недель, рекомендуемый сорт — Эклипс.

Капуста брюссельская быстро растет и приобретает хороший вкус только в холодную погоду. При жаркой погоде она бывает мягкой, с мыльным привкусом. Сеять можно в любое время с ноября до февраля. Уборку начинают примерно через четыре месяца после посева. Брюссельская капуста очень богата белком и витаминами B_1, B_2 и C. В зимние месяцы она может давать высокие доходы в местностях, где бывают морозы. Площадь питания 30×30 см. Рассаду высотой 15 см выращивают в стаканчиках, pH 6,5, питательная смесь № 17, срок вегетации на поддонах четыре месяца, рекомендуемый сорт — Ившем спешиал.

Капуста кочанная прекрасно растет на поддонах, но значительно дешевле обходится возделывание ее в открытом грунте. На гидропонных грядах удавалось выращивать кочаны сорта Драм Хэд весом более 13 кг. Площадь питания растений этого сорта следует увеличить до 40×40 см. Вегетационный период составляет около пяти месяцев.

Для засушливых районов хорош сорт Копенгаген маркет. Он созревает в течение шести недель после посадки рассады. Площадь питания растений 15×15 см, pH 7,5, питательная смесь № 17.

Капуста цветная — культура районов холодного влажного климата. Во многих частях Южно-Африканской Республики ее можно выращивать только в зимние месяцы. Вегетационный период три с половиной месяца. Чтобы получить хороший светлый кочан, его следует защищать от дождя и солнца с начала формирования. Для этого листья, расположенные вокруг завязавшегося кочана, поднимают вверх и связывают. Если капуста находится слишком долго на грядах, листья могут загнить и испачкать кочан. Секрет успешного выращивания цветной капусты заключается в создании условий для быстрого и непрерывного роста. Нужно пикировать рассаду, когда она еще маленькая. Не давайте ей вытягиваться. Лучше всего выращивать рассаду в отдельных горшочках. Высаживать рассаду желательно в облачную погоду, во второй половине дня. Площадь питания растений сорта Сноуболл 38×38 см, pH 7,5, питательная смесь № 17.

Морковь. Очень выгодна гидропонная культура мелкой моркови. Она обладает нежным вкусом и при упаковке в полиэтиленовые пакеты сохраняет сочность вплоть до момента потребления. Морковь хорошо растет в вермикулите, крупном речном песке. Семена сорта Нантской полудлинной высевают вразброс на предварительно хорошо увлажненную поверхность вермикулита и вдавливают в него доской. Растения прореживают и используют по мере их роста. Оптимальный pH для мор-

кови 7,5, питательная смесь № 1 (стр. 270), вегетационный период 6—8 недель.

Сельдерей требует прохладной погоды. От посева до созревания проходит около пяти месяцев. Питательные смеси, используемые для других овощных культур, непригодны для получения высококачественного урожая сельдерея. Для сельдерея характерна высокая устойчивость к натрию. Более того, в питательные смеси даже рекомендуется вводить хлористый натрий, который делает стебли сельдерея более нежными и хрупкими. Для этой культуры необходим питательный раствор с очень низким процентом азота и высоким количеством фосфора и калия.

Растения растут лучше, если семена высевают прямо в вермикулит. При прореживании удаляют худшие растения. Для обеспечения хорошей аэрации поверхность вермикулита рыхлят ежедневно. Сельдерей следует выращивать на поддонах глубиной 45 см вместо обычной глубины 23 см. 15-сантиметровый слой вермикулита вполне достаточен. Свободное пространство от поверхности вермикулита до верхней кромки поддона служит для отбеливания стеблей, которое осуществляется несколькими способами (затенение стеблей досками, обвертывание стеблей черной полиэтиленовой пленкой). Стебли обвертывают кусками пленки размером 30×30 см и рыхло перевязывают ее в трех местах.

Насекомые практически не повреждают сельдерей в гидропониках. С ранним и поздним завяданием борются путем опрыскивания растений бордоской жидкостью каждые 10 дней. Хорошим средством против завядания служит также предпосевное намачивание семян в течение 30 минут при 50°. Высокое содержание серы в питательном растворе предотвращает поражение ржавчиной, а также завядание.

Есть много прибрежных и пустынных районов, где зимы довольно холодные, а грунтовые воды содержат хлористый натрий. В этих условиях зимняя культура сельдерея может оказаться очень рентабельной. Площадь питания растений 20×20 см, оптимальный pH 7,5, питательная смесь № 13, рекомендуемый сорт — Маммот белый.

Цикорий. В Европе распространен сорт Магдебург. Корнеплоды используют в пищу, как морковь, а листья, как шпинат. Семена высевают на поддоны в сентябре или октябре с междурядьями 30 см. В рядках растения оставляют на расстоянии 10 см друг от друга. Слишком ранний посев может привести к образованию цветоносов. В этом случае корнеплоды будут непригодны для выгонки в следующем году. Лучшим субстратом является вермикулит. Оптимальный pH 6,5. Перед заморозками корнеплоды выкапывают, ботву срезают на расстоянии 2,5 см от верхушки корня. После удаления корешка длина корнеплода не должна превышать 17—18 см.

Корнеплоды устанавливают вертикально в ящики, дно которых покрыто слоем влажного вермикулита толщиной 7,5 см. Промежутки

между корнями засыпают вермикулитом до самого верха. Вермикулит хорошо увлажняют и дают воде стечь. Каждый ящик устанавливают на два кирпича в теплице или в специальном вермикулитовом помещении, где можно поддерживать температуру 10—15°. При температуре выше 15° образуются плохие, рыхлые головки.

Для укладки нужно отбирать корнеплоды одинакового размера, чтобы их верхушки были засыпаны вермикулитом на одинаковую глубину. Более крупные корнеплоды формируют более крупные головки. Желательно, чтобы длина головки превышала 15 см. Нужно внимательно следить за тем, чтобы вермикулит в ящиках с корнеплодами не высыхал, но в то же время не был чрезмерно влажным. Головки должны быть готовы через три недели после укладки корнеплодов в ящики. Каждую головку для реализации укладывают в полиэтиленовый пакет.

Огурцы. Не все знают, что огурцы по своей природе являются вьющимися растениями. В небольшом гидропоникуме индивидуального пользования огурцы надо сеять вдоль стенки поддона, а затем их побеги подвязывать к установленным под углом 45° опорам. При таком размещении огурцы не мешают другим растениям, находящимся в том же поддоне. Подвязанные огурцы дают плоды значительно лучшего качества. Высеянные в субстрат поддона семена прорастают через 2—3 дня. При прореживании всходов оставляют наиболее сильные растения на расстоянии 45 см друг от друга. Лучший сорт для гидропонных условий Бербанк Айсленд, его вегетационный период составляет примерно девять недель. Обычно огурцы лучше растут на легких почвах, поэтому вермикулит является идеальной средой для них. На растении одновременно должно находиться несколько огурцов, лишние завязи и достигшие товарной спелости плоды нужно срывать.

Огурцы — тропические растения, поэтому они очень чувствительны к заморозкам. Их нельзя сеять в открытом грунте до тех пор, пока не минует всякая опасность заморозков. В течение вегетации им нужно очень много влаги. Рядки следует располагать так, чтобы растения получали максимальное количество солнечного света в течение дня. Это предотвращает заболевание ложной мучнистой росой, к которой огурцы очень восприимчивы. Нужно слегка рыхлить поверхность вермикулита, особенно после дождя, так как корням огурцов необходим воздух.

Верхушки побегов следует прищипывать после образования 4—6 листьев, так как это способствует ветвлению. Боковые ветви прищипывают сразу же после формирования плодоносящих побегов. Последние прищипывают так, чтобы оставался один лист после плода. Это сильно увеличивает размеры плодов (рис. 11).

Во время роста корни огурцов должны находиться в хорошо увлажненной среде. При выращивании на одном поддоне огурцов и водяного кресса раствор можно подавать дважды в день. Не следует выра-

Рис. 11. Огурцы сорта Персеус, выращенные в хозяйстве «Электрофлора» (Швеция).

щивать огурцы совместно с водяным крессом в поддонах, предусмотренных для получения одного водяного кресса. Очень благоприятное влияние оказывает на растения опрыскивание теплой водой два раза в неделю. Оптимальный pH 6,5, питательная смесь № 15.

Хрен. Важно, чтобы корни были твердые и прямые, поэтому вермикулит с его рыхлой хорошо аэрируемой структурой представляет собой лучший субстрат для хрена. Для успешного возделывания хрена нужны не обычные поддоны высотой в три кирпича, а более глубокие, такие, как для картофеля. Слой вермикулита должен быть также увеличен до 23 см вместо обычных 15 см. Питательная смесь № 18, рекомендуемый сорт — Малинер Крен.

Посадку производят корневыми черенками, нарезанными из боковых корней при уборке урожая. Черенки должны быть не толще 2,5 см (лучше немногим более 1 см) и не длиннее 7,5—10 см. Верхушка черенка должна иметь прямой срез, а нижняя его часть — косой. Корневые черенки можно высаживать в любое время года, но наилучшие результаты дает посадка в июле, августе и сентябре. Расстояние между растениями 30 см. Для созревания требуется примерно шесть месяцев. При уборке следует извлечь из субстрата всю корневую систему каждого растения. Мелкие боковые корни тщательно обрезают и хранят в вермикулите до посадки.

В поддоне площадью 18,4 кв. м (15,2×1,2 м) урожай хрена составлял 135 кг, что соответствует 33 т с 1 га. Следовательно, гидропонная культура хрена может оказаться очень выгодной, если весь урожай будет продан фабрикам. Избыточную продукцию используют для получения эфирного масла, которому всегда есть сбыт.

Салат. В Южной Африке существует спрос на салат круглый год. К сожалению, в отдельные периоды года в некоторых районах, например в Дурбане, трудно вырастить салат, так как он идет в стрелку. Салат должен быть обеспечен факторами быстрого и непрерывного роста. В Дурбане нельзя допускать, без крайней необходимости, пересадки растений. Семена следует сеять непосредственно в субстрат, а прореживание вести по мере развития растений.

Молодые растения высотой 10 см непригодны для рынка, но могут быть использованы в пищу в хозяйстве. За шесть недель диаметр кочанов достигает 65 см, но хороший товарный салат имеет диаметр 23 см. Салат нуждается в обильном питании и большом количестве воды. Лучше всего он растет при нейтральной реакции корневой среды (pH 7) и при соотношении между азотом и калием в питательной смеси 1 : 1. Для промышленной культуры салата имеется специальная питательная смесь (рис. 12).

Салат не переносит избытка влаги вокруг корневой шейки, поэтому питательный раствор нужно подавать в поддон так, чтобы он не до-

Рис. 12. Поддоны с гладиолусами, салатом, картофелем. Все растения развиваются нормально.

ходил до поверхности субстрата на 2,5 см. Не следует поливать растения сверху. Салату нужно меньше света, чем, например фасоли или картофелю, поэтому в теплые месяцы года рекомендуется частичное затенение проволочной сеткой, натянутой на высоте 2,4 м над растениями. Затенение позволяет выгонять за шесть недель хорошо выполненные кочаны и свести к минимуму стрелкование. Все промышленные гидропоникумы следует строить с постоянными затеняющими приспособлениями. Это особенно важно при культуре салата, который хорошо растет при температуре днем 18—24° и максимальной ночной температуре 16°.

Вегетация салата на поддонах продолжается от 7 до 10 недель, в зависимости от времени года. Следовательно, за год можно снять до

шести урожаев. Площадь питания растений 23×23 см. Промышленная культура салата должна быть непрерывной, поэтому важно всегда иметь готовую рассаду. При выращивании в вермикулите у рассады развивается очень обильная корневая система. Поскольку вермикулит образует ком с мелкими корешками, растения хорошо переносят пересадку. Сразу же после уборки на свободное место высаживают рассаду. Для домашнего потребления салат выращивают в междурядьях помидоров или огурцов, которые и обеспечивают для него необходимое затенение.

Рекомендуемый сорт — Грейт Лейкс. Питательная смесь специальная — № 19. В связи с тем, что салат летом потребляет много железа, смесь нужно регулярно пополнять этим элементом.

Мята всегда нужна домашним хозяйкам, но ее часто изгоняют с приусадебных участков, потому что она сильно засоряет почву. Мята прекрасно растет в вермикулите. Для нее рекомендуют применять систему сухих подкормок. Как только растения укоренятся, следует ежедневно обильно поливать их. После срезания растений надо слегка взрыхлить поверхность вермикулита и внести удобрения в сухом виде, рост мяты возобновится. Я вношу 450 г сухой смеси удобрений на стандартный поддон площадью 18 кв. м.

Лук. Благодаря рыхлой структуре вермикулита и наличию легкодоступных питательных веществ лук можно выращивать на поддонах со значительно меньшими площадями питания, чем в обычных условиях. Я высаживаю лук по углам квадрата со стороной 10 см. Многие луковицы через три с половиной месяца достигают веса 600—700 г.

Лук высевают в вермикулит так, чтобы междурядья составляли 2,5 см, на каждые 2,5 см рядка приходилось 10 семян, а глубина заделки равнялась 1,3 см. Опасность появления гнили в заполненных вермикулитом поддонах невелика, особенно при поливе снизу. Однако лучшую рассаду можно получить только при заботливом уходе. Когда растения достигают высоты 12 см, их еженедельно подрезают, чтобы высота готовой рассады не превышала 10 см. Рассада должна быть хорошо закалена. В момент посадки на постоянное место рассаду еще раз подрезают, одновременно слегка укорачивают корни. Высота растений при высадке на поддоны должна быть не более 7,5 см.

Рассаду высаживают под кол с площадью питания 10×10 см. Посадку лучше всего проводить в пасмурную погоду или к вечеру, хорошо закрывая корни вермикулитом. Желательно избегать слишком глубокой заделки луковиц. Хороший урожай можно получить только в том случае, если луковицы в течение всей вегетации находятся на поверхности вермикулита. Ежедневно надо рыхлить верхний слой вермикулита, стараясь не повредить корни.

Когда луковицы достигают желаемой величины, подачу питательного раствора прекращают. В сухом вермикулите луковицы полностью созревают. После отмирания листьев осторожно извлекают луковицы из вермикулита и укладывают лук так, чтобы листья прикрывали луковицы и частично защищали их от солнца. В таком положении луковицы на вермикулите должны находиться несколько дней. Если за это время выпадает дождь, луковицы следует перевернуть. После полного высыхания листья обрезают на расстоянии 2,5 см от верхушки луковицы.

На поддоне размером 15,2×1,2 м можно вырастить 30 тыс. растений лука на перо. Вегетационный период лука на перо равен восьми неделям. На рост лука сильно влияет продолжительность дня. В Южной Африке лук растет очень медленно в период коротких дней. Оптимальный pH для лука 7,5, питательная смесь № 1 основная.

Чеснок требует прохладной погоды, особенно в первой половине вегетации. Лучше всего он растет на легких почвах. Вермикулит является хорошим корневым субстратом для чеснока. В качестве посадочного материала редко используют семена. Обычно чеснок размножают зубками, из которых состоит его луковица. Площадь питания 20 кв. см. Вегетационный период около шести месяцев.

Горох, как консервная культура, стоит на втором месте после помидоров.

Зеленый горошек достигает зрелого состояния на поддонах за девять недель. Сеют горох густо, чтобы растения сами, без опор, поддерживали друг друга. Горох потребляет много железа. Чтобы избежать хлороза, горох подкармливают железом еженедельно. Площадь питания 15×23 см, pH 6, питательная смесь № 11.

Картофель следует сажать по углам квадрата со стороной 23 см. Поддоны должны иметь глубину 30 см. Клубни высаживают в 15-сантиметровый слой вермикулита на глубину 7,5 см. По мере роста растений вермикулит подсыпают до полной высоты поддона (рис. 13).

Основная питательная смесь для картофеля почти та же, что и для других овощных культур. Она только должна быть несколько беднее азотом и богаче фосфором. Общая потребность картофеля в питательных веществах не так велика, как потребность других растений. Растения достигают максимального развития, если в первый месяц роста они получают разбавленный вдвое питательный раствор. Затем следует выпустить из поддонов весь раствор, промыть субстрат чистой водой и давать растениям раствор нормальной концентрации до конца 12-й недели. В конце 8-й и 12-й недель раствор следует сменить. С начала 13-й недели вплоть до уборки урожая растения должны получать раствор половинной концентрации, но подавать питательные вещества нужно

Рис. 13. Ширина заполненных гравием поддонов соответствует колее трактора, что позволяет механизировать посадку и уборку картофеля.

два раза в день, потому что для формирования клубней картофелю требуется максимальное количество воды.

В каждом случае целую или половинную дозу удобрений растворяют в 180 л воды. Рекомендуемая питательная смесь давала в наших опытах хорошие результаты в течение двух лет, но картофель не очень требователен и растет на любой хорошей питательной смеси. При использовании избыточных доз сухих удобрений урожай снижался, кроме того, картофель приобретал кислый вкус.

Если в качестве основного дренажного материала над слоем камня используется содержащий кальций непромытый песок, следует тщательно наблюдать за возможным появлением дефицита марганца и цинка, так как в щелочной среде соли марганца, входящие в состав смеси микроэлементов, могут быстро перейти в недоступную растениям форму. Связывание марганца и цинка происходит также в поддонах, заполненных смесью вермикулита с песком.

В первые недели вегетации картофель потребляет мало азота. Начиная с 5-й и кончая 12-й неделей его поглощение значительно увеличивается. В период формирования клубней прекращается рост надземной части и поглощение азота постепенно падает. При высоком отношении фосфора к азоту в питательной смеси возрастает урожай и повышается качество клубней. Растения должны непрерывно получать калий, при-

Рис. 14. Вдоль поддонов проложены водопроводные трубы. Вода распыляется для смывания с листьев пыли.

чем важно также все время поддерживать правильное соотношение между калием и азотом в питательном растворе. Растение поглощает калий и азот в равных количествах, когда оно обеспечено обоими элементами.

Для картофеля достаточно 50 мг магния в 1 л раствора, но и более высокие дозы не токсичны для него. Однако, учитывая относительно невысокую потребность картофеля в минеральном питании, не рекомендуется, чтобы осмотическое давление питательного раствора превышало одну атмосферу. Кальций играет важную роль в жизни растений, но картофелю он нужен в небольшом количестве. Растения картофеля потребляют в четыре раза меньше кальция, нежели калия. При правильном составе питательного раствора на растениях не появляются признаки недостатка марганца и бора.

Картофель любит теплые дни и холодные ночи. Солнечный свет необходим для фотосинтеза, а холодные ночи способствуют накоплению крахмала. Урожай картофеля определяется главным образом температурой корневой среды, которая зависит не только от климатических условий, но и от физических свойств корневого субстрата. Именно этим вермикулит выгодно отличается от других материалов, например от

песка, гравия, пемзы, гальки и т. д., так как все они очень сильно нагреваются летом и для охлаждения их приходится смачивать питательным раствором 3—4 раза в день. Пройдя сквозь горячий песок или гравий 3—4 раза, сам питательный раствор сильно нагревается.

Совершенно иначе обстоит дело с вермикулитом. Он является природным термоизолятором, поэтому в зоне клубнеобразования всегда поддерживается умеренная температура. При опрыскивании картофеля для уничтожения болезней и вредителей нельзя применять гексахлоран. Вермикулит может поглотить незначительную часть инсектицида, который придает картофелю затхлый запах, не исчезающий даже после варки.

Картофелю нужно много воды, но она должна вытекать из поддонов возможно быстрее. В жаркие дни питательный раствор следует подавать первый раз в 6 часов утра, второй раз — в 11 часов утра. При таком распределении подкормок растения будут хорошо обеспечены водой в самый жаркий период дня. Во время максимального роста у картофеля могут появиться признаки недостатка железа. Для устранения его рекомендуются меры, описанные в разделе о питательных смесях (рис. 14, 15).

При посадке нельзя вдавливать клубни в вермикулит, так как это может привести к

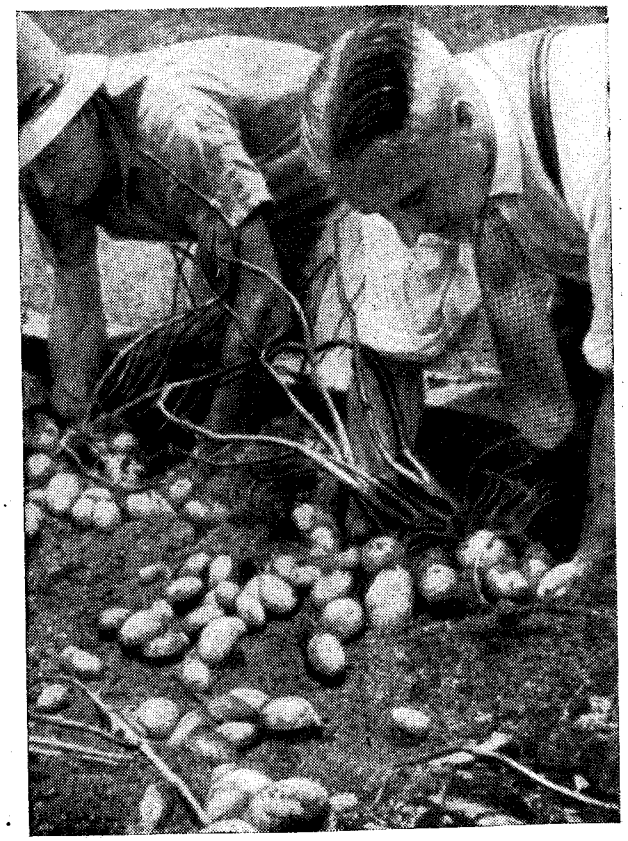


Рис. 15. Руками легко проверить, не остались ли клубни в субстрате. За 14 недель со стандартного поддона (15×1,2 м) собрали 378 кг крупных клубней картофеля хорошей формы.

образованию воздушных карманов; после подкормки питательным раствором клубни окажутся на поверхности. Нужно пользоваться сажальным колом или совочком. Уложенные на дно ямок клубни следует засыпать вермикулитом. Площадь питания 23×23 см, pH 5,5, питательная смесь № 20.

Тыква может расти на землях, не пригодных для многих других культур, например на отвалах горных пород у рудников. Для питательного раствора сооружают один центральный резервуар на площади 145 кв. м. Затем на этой площади выкапывают ямы 90×90 см глубиной 90 см. Дно ямы очень тщательно рыхлят и насыпают на него 30-сантиметровый слой камня, причем толщина каждого камня не должна превышать 2,5 см. Почву или песок, извлеченные из ямы, смешивают с равным количеством вермикулита и заполняют этой смесью яму. Вдоль каждой стороны ямы на расстоянии 15 см от края высевают два семени. После прорастания семян оставляют по одному более сильному растению у каждой стенки. Во время дальнейшего роста плети раскладывают со всех сторон квадрата, чтобы они покрыли всю землю. В засушливое время нужно поливать вермикулит так, чтобы он всегда был влажным. Еженедельно в каждую яму дают две столовые ложки смеси сухих удобрений и хорошо поливают. Используют питательную смесь № 21.

Редис — растение прохладного климата, но если температуру корневой среды поддерживать на умеренном уровне, редис может расти даже в условиях самого жаркого климата. Чтобы постоянно иметь свежую продукцию, нужно сеять семена каждые 10 дней. В самое жаркое время года редис лучше удается при частичном затенении. Один из секретов успешной культуры редиса заключается в регулярном поливе в сухую погоду. Площадь питания 5×5 см, pH 6,5.

Ревень. При наличии зимних и летних сортов ревень можно культивировать круглый год. Для того чтобы растения давали урожай в течение 3—4 лет, в первом году жизни их подрезают и таким образом усиливают развитие корней. Однако выгодно ежегодно возобновлять посадки на заполненных вермикулитом поддонах. На бесплодных землях ревень можно успешно выращивать в разрезанных вдоль на две равные части 200-литровых бочках. Последние вкапывают на 15 см в почву, обеспечивая при этом хороший дренаж. Для получения нежного продукта в течение одного месяца растения накрывают старыми горшками, отрезками ненужных печных труб или другими подходящими колпаками высотой не более 45 см и с отверстием наверху. Оптимальный pH для ревеня 6, питательная смесь — основная гленхейзельская смесь № 1.

Кабачки возделывают так же, как и описанную ранее тыкву.

Земляника. Культура земляники на поддонах нерентабельна, однако в домашних условиях ее можно выращивать в ящиках (рис. 16). Лучше всего делать ящики из эверита, потому что они не нагреваются летом. Ящики подвешивают с уклоном в 2,5 см. В нижний конец каждого ящика насыпают мелкий камень слоем 7,5—10 см. Все дно покрывают камнем слоем 2,5 см, затем песком слоем 2,5 см. Остальное пространство заполняют вермикулитом. Растения высаживают на расстоянии 15 см друг от друга. Питательный раствор капает из 18-литрового бака в верхний ящик. В нижнем конце каждого ящика просверливают небольшое отверстие. Пройдя через все ящики, раствор собирается в нижнем баке. Объем накопившегося раствора доводят водой до 18 л. Верхний и нижний баки меняют местами. Раз в неделю раствор доводят до исходной концентрации. Перед посадкой растений вермикулит надо насытить питательным раствором. Ящики можно подвесить к стене квартиры или другого помещения.

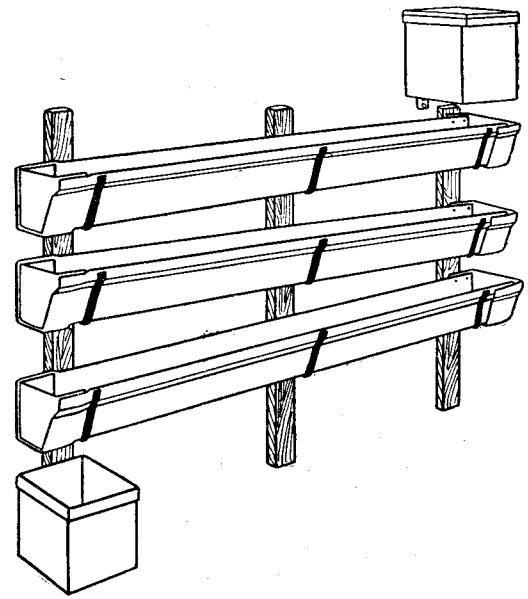


Рис. 16. Эверитовые ящики для выращивания земляники на балконах.

Мангольд. Семена следует сеять прямо в субстрат, потому что молодые растения плохо переносят пересадку. На вермикулитовых поддонах мангольд растет очень хорошо. При правильном срезании листьев семья может быть обеспечена продуктом в течение 12 месяцев. Хотя мангольд многолетнее растение, лучше сеять его каждый год, чтобы получать нежные листья. У растений сорта Джайент Лукуллус урожай можно снимать через 4—5 недель после посева. Листья срезают острым ножом. Так как молодые листья развиваются в центре, то удаляют периферийные листья. Растения сорта Джайент Лукуллус достигают высоты 70—90 см, имеют гофрированные листья. Площадь питания 23×23 см (после прореживания), pH 6,5, питательная смесь № 17. Растения потребляют много железа. Чтобы не появлялись признаки хлороза, в раствор еженедельно добавляют соли железа.

Помидоры имеют поверхностную корневую систему, что делает их весьма пригодной культурой для гидропоникумов. Это не только наиболее популярное растение, но также и наиболее доходное. Помидоры от-

носятся к группе тропических растений, которым нужно много солнца для надземной части и много влаги для корней. Помидоры плохо растут в дождливую погоду при высокой относительной влажности воздуха. Такие условия способствуют появлению всевозможных грибных болезней. В течение последнего года мы делали укрытия из тканого нейлонового материала с отверстиями различной величины, который позволяет в разной степени затенять растения. При 18%-ном затенении растения оказываются достаточно защищенными также от сильных ливней. В мелких хозяйствах укрытия делают из полиэтиленовой пленки, заложенной между двумя слоями проволочной сетки.

Большую роль играет правильный выбор сорта. В последние годы выведены межлинейные гибриды F_1. Гибридное растение на 20 кистях дает более 20 кг плодов. Следует заметить, что собранные с гибридов семена нельзя использовать для посева в следующие годы, так как растения из них не обладают высокими качествами. У меня есть новый сорт, который я назвал Голден Акрс Дуорф. Рост растений прекращается, когда они достигают высоты около 1,2 м. Это очень кустистый штамбовый сорт, не требующий опор. Сорт Ликоперсикум эксулентум с его прекрасной поверхностной корневой системой весьма ценен как для крупных, так и для мелких гидропонных хозяйств.

У помидоров длинный вегетационный период — от трех с половиной до пяти месяцев. При выращивании в вермикулите первый сбор начинают через 10 недель, а заканчивают через четыре месяца после высадки рассады. Растения не выносят малейших заморозков и погибают даже при нескольких градусах выше нуля. В холодную погоду рост помидоров почти прекращается. Если воздух горячий и сухой, цветки осыпаются. В субтропиках помидоры очень хорошо растут на вермикулите.

Помидоры лучше всего удаются при непрерывном росте, поэтому рассаду надо выращивать в горшочках. Я применяю горшочки диаметром 7,5 см, которые заполняю вермикулитом, насыщенным питательным раствором. В каждый горшочек высевают два семени. Когда всходы достигают высоты 2,5 см, более слабое растение из горшочка удаляю. Рассада находится в горшочках до тех пор, пока корни не образуют ком. При постукивании растение с корневым комом легко отделяется от горшочка. Каждое растение с комом пересаживаю в горшок диаметром 12,5 см, на дно которого насыпаю вермикулит так, чтобы верхняя поверхность кома находилась на расстоянии 2,5 см от верхней кромки горшка. После перенесения кома с растением горшок заполняю вермикулитом и поливаю разведенным вдвое питательным раствором.

После того как растение полностью заполнит корнями горшок, рассаду с корневым комом высаживают на поддоны, засыпая стебель до первых листьев. Рассаду ранних сортов надо высаживать после того, как солнце в течение 2—3 дней хорошо прогреет вермикулит.

На поддонах помидоры размещают значительно гуще, чем на почве. Все опыты говорят о том, что при одностебельной культуре с опорами наиболее выгодна площадь питания 40×45 см. На стандартном поддоне высаживают три ряда по 33 растения в каждом ряду. Хороший сорт за четыре месяца должен дать урожай 450 кг плодов. Чередуя ранние и поздние сорта, можно получать два урожая помидоров в год на одном и том же поддоне.

Почти сразу же после высадки рассады начинают развиваться боковые побеги, или пасынки. У одних сортов их бывает больше, у других — меньше. У некоторых сортов они появляются в очень молодом возрасте. Боковые побеги необходимо прищипывать возможно раньше. При запоздании с прищипкой образуются густые кусты, на которых завязываются множество мелких плодов, не успевающих созреть до конца сезона.

Растения помидоров должны иметь один стебель. В этом случае их легко подвязывать к опорам, установленным за пределами поддона. При одностебельной культуре к растениям поступает максимальное количество воздуха и света, они дают высокие урожаи плодов хорошего качества, меньше поражаются болезнями. Пасынки появляются в пазухах листьев. Их нельзя путать с плодовыми кистями, которые развиваются на стебле между двумя соседними листьями. Если прищипнуть все пасынки, у растения будет только одна верхушечная точка роста и сформируются 5—6 плодовых кистей. Высококачественные плоды на этих кистях созреют рано. Поздняя прищипка вредна, потому что на формирование пасынков растение расходовало свои соки. Кроме того, заживление ран при поздней прищипке идет медленно, и инфекция попадает в растение.

После удаления пасынков рост растений в высоту останавливают путем срезки острым ножом верхушечной точки роста главного стебля. После этой операции вся энергия растения расходуется на развитие завязавшихся на 5—6 кистях плодов.

На каждой кисти может быть от четырех до 20 и больше цветков. Помидоры — самоопыляющиеся растения. Ход опыления зависит от сильных дождей, слишком низкой или чрезмерно высокой температуры. Очень часто плоды не завязываются вследствие недостатка калия, так как именно калий стимулирует развитие репродуктивных органов. Питательная смесь всегда должна быть богата доступным калием. Важно также поддерживать в период цветения высокую влажность. Вполне оправдывает себя подача раствора два раза в день вместо обычного одного раза.

В последние годы выпущены ростовые вещества, стимулирующие завязывание плодов. Их следует применять точно в соответствии с инструкциями. Во время недавнего посещения Италии мне пришлось

видеть, как избыточная доза стимулятора деформировала плоды, придала им грушевидную форму. Многие овощеводы убеждены, что опрыскивание растений ранним утром простой теплой водой из пульверизатора увеличивает число завязей. Я также применяю этот прием.

Во многих тропических районах Африки можно выращивать помидоры круглый год, но там, где температура ночью превышает 15°, урожаи понижаются вследствие плохого завязывания плодов. Лучше всего помидоры растут в областях с дневной температурой в пределах 21—26° и ночной — в пределах 7—10°.

Хорошая облиственность имеет важное значение потому, что листья вырабатывают необходимую растению пищу. Чрезмерная дефолиация может снизить урожай. Вместе с тем, дефолиация бывает необходима. Первые несколько листьев удаляют для того, чтобы обеспечить свободную циркуляцию воздуха у основания растения. Это очень помогает в борьбе с инфекционными болезнями. Дефолиацию лучше проводить вечером, причем первый раз достаточно срезать два листа с растения. Начинать дефолиацию следует только после того, как растения достигнут высоты примерно 90 см.

По мере роста растения и его листовой поверхности корням необходимо все больше и больше воды. Дефолиация в некоторой степени влияет на количество необходимой растениям воды. Однако более важен тот факт, что растение имеет в это время максимальное количество плодов и нуждается в обильном солнечном освещении для их созревания. Все же к концу сезона удалять все листья нет никакой необходимости.

К сожалению, в Южной Африке часто приходится собирать незрелые помидоры в связи с большим расстоянием до рынка. Но там, где хозяйство расположено вблизи рынка, надо снимать плоды с хорошей окраской, слегка мягкие на ощупь и обязательно с плодоножкой. При окончательной упаковке в ящики плодоножки обрывают.

Если в конце сезона остается много зеленых плодов, их нужно искусственно довести до зрелого состояния. Для этого каждый плод завертывают в бумагу и укладывают на хранение в шкафы или ящики в 3—4 слоя так, чтобы между ними свободно циркулировал воздух. Необходимо периодически просматривать плоды и удалять дозревшие и больные. Для ускоренного дозревания зеленых плодов на растении острым ножом подрезают все корни на расстоянии 10 см от стебля и осторожно приподнимают растение вверх, чтобы слегка нарушить оставшиеся корни. Одновременно уменьшают ежедневную подачу воды.

Мы установили, что подвязанные к опорам растения дают более высокие урожаи и меньше страдают от вредителей и болезней. Одновременно улучшается качество плодов и уменьшается опасность сол-

нечных ожогов. На подвязанных растениях легче увидеть и снять зрелые плоды, не повредив остающиеся плоды. Кроме того, растворы при опрыскивании лучше распределяются на растении. Следует изучить новый метод сооружения укрытий, при котором к опорным столбам прикрепляют перекладины и натягивают на них проволоку вдоль грядки; растения привязывают к проволоке.

Лучшим материалом для подвязки служит раффия, но ее нужно слегка смачивать перед употреблением. Проще и быстрее всего сначала сделать петлю из раффии вокруг стебля, а затем вокруг кола и завязать двойным узлом на другой его стороне. Новый прирост нужно подвязывать, по крайней мере, раз в неделю. К концу вегетации следует подвязывать также отдельные кисти плодов.

Помидоры разных сортов выращиваются на моей опытной станции. Гибриды F_1 (первое поколение) обладают выдающимися качествами, а сорт Голден Акрс Дуорф имеет большое будущее. Стоит рассказать о выведении этого сорта. На грядке сорта Гленхейзель Х я заметил одно растение, значительно отставшее в росте от других. Собрав семена с этого растения, на следующий год я засеял ими весь поддон. Растения были низкорослые, поэтому их не пасынковали. Растения имели кустовидную форму. Так как посадка 40×45 см была слишком густой, пришлось удалить несколько растений, чтобы оставшиеся развивались свободно. Растения достигли высоты 1,2 м и дали в среднем 2,7 кг плодов с одного куста.

Растения гибридов F_1 формируют до 20 кистей, имеют продолжительный вегетационный период. После завязывания плодов на пятой кисти удаляют все листья от основания до второй кисти. У основания каждого растения высаживают новую рассаду, выращенную в горшках диаметром 12,5 см. Новые растения поднимают вдоль стеблей старых растений. После сбора плодов с нижних кистей старых растений их место занимают кисти новых растений. Во время уборки плодов пятой кисти первых растений будут созревать плоды первой кисти вторых растений. Стебель с 10 кистями можно подвязать к колу, а при дальнейшем росте растения привязывают к проволоке, натянутой вдоль поддона. Плоды гибридов F_1 созревают рано.

Скрещивание специально подобранных родительских растений придало потомству большую силу. Гибридные растения сохранили качества плодов родителей, но приобрели не свойственную родителям мощность роста. Вместе с тем повысилась также устойчивость к болезням и другим неблагоприятным факторам. Полученные семена прошли широкое испытание. Даже в крайне засушливых условиях Ирака гибриды дали высокие урожаи. Не следует собирать семена с гибридных растений, так как они теряют признаки родителей. Сейчас на рынке имеется ряд новых гибридных сортов. На рисунке 17 показана вторая

кисть. Устойчивый к кладоспориозу сорт Систон кросс наряду с высокой урожайностью отличается также высоким качеством плодов.

Против болезней применяют те же меры, что и при культуре помидоров в почве. Использование стерилизованного вермикулита уменьшает вероятность появления почвенной инфекции. Каждый день после подачи питательного раствора нужно слегка рыхлить поверхность вермикулита, не повреждая при этом корни у стеблей.

Заполненные вермикулитом поддоны могут оказаться весьма удобными также для выращивания рассады. Тщательно подобрав питательную смесь с высокой концентрацией калия, можно получить закаленную рассаду, хорошо выдерживающую транспортировку и пересадку на постоянное место.

Для помидоров выгодно устраивать глубокие поддоны. В моей практике очень удобными оказались поддоны в четыре кирпича вместо обычных трех. Рассаду сажают глубоко. Растения окучивают вермикулитом по мере их роста. Первый раз после высадки рассады слой вермикулита увеличивают на 15 см. Позднее вермикулит подсыпают так, чтобы его поверхность находилась на расстоянии 2,5 см от верхнего края поддона.

Помидоры занимают поддоны примерно четыре месяца, поэтому сразу же после образования плодов на нижней кисти можно удалить нижние листья и высадить промежуточную культуру, которая принесет значительный доход.

Первые две недели после высадки рассады используют разведенный вдвое питательный раствор (№ 30). Затем до 8-й недели растениям дают раствор нормальной концентрации, с 8-й до 12-й недели применяют раствор полуторной концентрации. В дальнейшем растения развиваются на нормальном растворе. Оптимальный pH для помидоров равен 6.

В домашнем гидропоникуме следует попробовать подавать раствор не каждый день. Я получал значительно более высокие урожаи, когда содержал вермикулит в полусухом состоянии и раз в неделю давал максимальную дозу, равную 180 л. Однако если растения не получают питательного раствора в течение 3—4 дней, а затем им дают 180 л раствора, то он весь будет поглощен и ничего не стечет в приемник. Поэтому после подкормки растений питательным раствором необходимо смачивать поверхность вермикулита простой водой, давая ее порциями, пока в приемнике не соберется 180 л раствора. В этом случае вермикулит полностью насыщается раствором, кроме того, остается 180 л раствора для следующей подкормки.

В промышленных гидропоникумах применяют поддонное орошение; вермикулит полностью насыщается при каждом поливе.

Так как помидоры являются крупными, хорошо облиственными растениями, им нужно много железа. Необходимо тщательно следить за

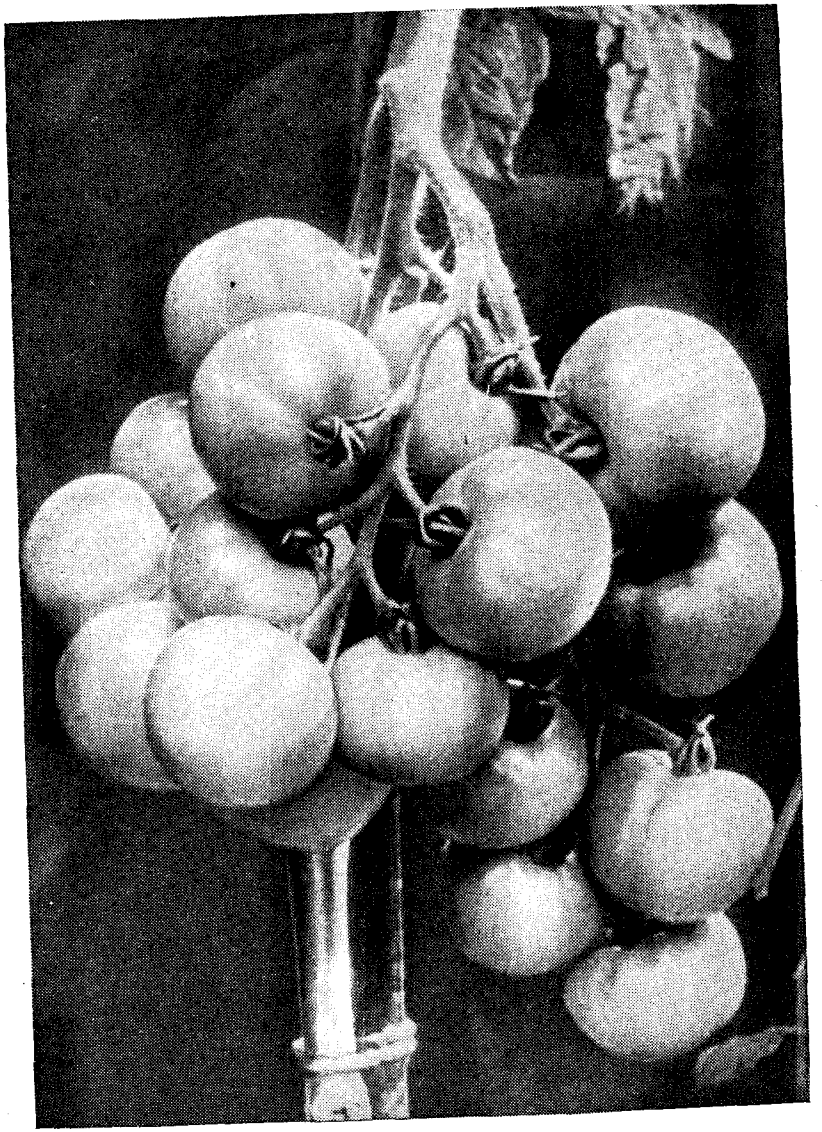


Рис. 17. Плоды второй кисти гибридного сорта Систон кросс.

окраской растений и еженедельно добавлять в смесь 28 г раствора А, содержащего железо. При появлении признаков недостатка железа дозу раствора надо увеличивать вдвое.

Водяной кресс используют для салатов. К сожалению, его неохотно покупают, боясь, что он рос в воде, зараженной бильгарцией. Водяной кресс — зимостойкое многолетнее растение, которое прекрасно развивается на поддонах с тонким слоем проточной воды. Поддоны для водяного кресса имеют три стенки на один кирпич выше, чем обычно. На дно поддона сперва насыпают вермикулит слоем 12,5 см, а затем крупный речной песок слоем 2,5 см. Песок необходим для того, чтобы вермикулит не всплывал. У верхнего торца поддона вместо 200-литровой бочки устраивают бетонный резервуар емкостью около 1500 л (длина 1,2 м, высота 1,2 м и ширина 1 м). Резервуар-приемник должен быть размером 1,2×1,2×1,2 м. Выпускной кран следует отрегулировать так, чтобы из него вытекало 45 л раствора в час. В описанном сооружении цикл вытекания продолжается 24 часа. Из нижнего резервуара раствор перекачивают в верхний резервуар и доводят до метки 1350 л, которую следует нанести белой краской.

Для приготовления первоначального раствора (№ 33) берут 900 г сухой питательной смеси. Каждый четвертый день добавляют 230 г смеси. Через два месяца старый питательный раствор заменяют новым. На дне поддона должна быть дренажная труба для спуска питательного раствора. Медленное вытекание воды не обеспечивает достаточной аэрации корневого субстрата. Во время недавнего посещения одной из установок для водяного кресса я узнал, что раствор не спускали в течение пяти месяцев; в субстрате накопился сернистый газ, который весьма отрицательно влиял на урожай.

Водяной кресс можно размножать семенами или черенками, высаживая их по углам квадрата со стороной 23 см. Чистые зеленые черенки, нарезанные из купленного в лавке кресса, перед посадкой тщательно промывают в разведенном растворе перманганата калия. Черенки укореняются через 3—4 дня.

Наилучшие результаты можно получить, если поддерживать температуру раствора в пределах 15—18°. Не следует допускать падения температуры ниже 10°.

Водяной кресс — многолетнее растение, однако старые одревеснев-шие растения нужно заменять новыми. Кресс поразительно устойчив к болезням. После укоренения он не нуждается в уходе. Кресс очень богат витаминами и минеральными веществами.

В верхний резервуар следует еженедельно вносить около 60 г раствора железа. Хотя кресс предпочитает мелкую проточную воду, он довольно хорошо растет также и в обычных заполненных вермикулитом поддонах, если корневой субстрат все время находится во влажном состоянии. pH питательного раствора нужно поддерживать на уровне 6,5. Кроме того, следует применять смесь микроэлементов.

При наличии склона поддоны желательно располагать так, чтобы раствор из одного поддона сам поступал в следующий. В этом случае можно обойтись одним верхним и одним нижним резервуаром, что позволит значительно снизить капитальные затраты.

В промышленной культуре распространены зеленый и коричневый кресс. Первый более популярен. В Институте селекции растений в Кембридже из зеленого кресса получена тетраплоидная форма Кресс A_4. У растений этой формы более широкие и толстые листочки, чем у диплоидных растений.

Эндивий легко выращивать гидропонным методом, в частности на вермикулите. Эндивий созревает за четыре месяца. Зеленые листья эндивия имеют горький привкус, для устранения которого необходимо отбеливать листья. Процесс отбеливания продолжается около трех недель. Для этого пригоден любой способ, преграждающий доступ света и влаги к внутренним листьям. Чаще всего наружные листья слегка стягивают и связывают близ верхушки раффией. При этом растения должны быть хорошо развиты и иметь возраст около трех месяцев.

Пастернак очень хорошо растет в гидропоникумах, особенно на вермикулите. Пастернак легко приспосабливается к любому климату, но лучше растет, если ранние фазы приходятся на период с относительно холодной погодой. В районах с жарким климатом у пастернака наблюдается тенденция к стрелкованию. В почве семена пастернака прорастают очень плохо, а в вермикулите значительно лучше. Их следует сеять сразу на постоянное место. При окончательной прорывке растениям оставляют площадь питания 7,5×7,5 см. Вегетационный период пастернака довольно длинный: от посева до уборки проходят 4—6 месяцев. На поддоне размером 1,2×15 м собран урожай весом 440 кг.

Баклажаны предпочитают районы с жарким климатом. Баклажаны необходимо подвязывать к опорам. Площадь питания 60×60 см.

Как и стручковый перец, баклажаны хорошо растут даже при использовании недоброкачественной воды. В Южной Африке получено более 318 кг плодов с поддона размером 1,2×15 м. В Израиле собирают по 18 кг баклажанов с 1 кв. м. Оптимальный pH находится в пределах от 5,5 до 6. Лучшие для гидропоники сорта Нью-Йорк импрувд и Блек бьюти.

Батат (сладкий картофель). Гидропонику с успехом можно использовать для выращивания рассады из черенков и отрезков клубней и снабжать ею обычные полевые хозяйства. Черенки и разрезанные клубни быстро укореняются в субстратах. Черенки длиной 23—30 см следует заготовлять с незагрубевших верхушек плетей. На поддоне (1,2×15 м)

Рис. 18. При гидропонной культуре дынь плоды развиваются в рыболовных сетях.

можно вырастить около 5000 рассадных растений, или 450 кг клубней. Для большинства районов Южной Африки наиболее пригоден сорт Вировский. Он созревает рано, клубни имеют красную кожицу и сочную мякоть.

Мускатная дыня — растение теплого климата. Так как рассада плохо приживается, семена следует сеять на постоянное место. В связи с вьющимся стеблем дыня дает более высокие урожаи, если ее выращивают в вертикальном положении на опорах. Для поддержания плодов используют сетки (рис. 18). В Швеции хозяйство «Электрофлора» выращивает мускатные дыни. Вегетационный период дыни равен трем месяцам. За этот период в Швеции собирают урожай 5,5 кг дынь с 1 кв. м. Одна дыня весит от 450 до 700 г. Дыни поглощают много воды, и вермикулит является лучшим субстратом для этой культуры.

ВЫРАЩИВАНИЕ ЦВЕТОВ

В последние годы основное внимание уделялось производству овощей, однако гидропонная культура одной или двух цветочных культур оказалась весьма успешной. Примечательно, что в Европе и Америке самые лучшие результаты в гидропонных хозяйствах получены при выращивании цветов. В США организовано выращивание хризантем конвейерным методом. Несколько цветоводов Великобритании культивируют гвоздику. В Южной Африке весьма успешно возделывают гладиолусы, душистый горошек, левкои и розы. Ниже описано выращивание только наиболее популярных цветочных растений. При соблюдении правильной агротехники и поддержании оптимального pH питательного раствора гидропонным способом можно выращивать любые цветы. Семена всех однолетних цветов следует высевать в наполненные вермикулитом лотки, а затем переносить рассаду на поддоны в сроки, принятые для почвенной культуры.

Гвоздика. Во время последнего путешествия по Европе я видел прекрасные гидропонные теплицы для возделывания гвоздики. Одно такое хозяйство в Великобритании занимает свыше четырех гектаров. Гидропоникум с гвоздикой во Франции раскинулся на площади 0,5 га. Гвоздика — основная культура шведского гидропоникума «Электрофлора». Выращенные гидропонным способом цветы обладают высоким качеством и дольше сохраняются после срезки, чем цветы из почвенных гряд. Десять промышленных гидропоникумов отведены под гвоздику в различных районах южной части Африки (рис. 19).

Рис. 19. Гвоздика в цвету (Голландия).

В Северном Трансваале питомник «Аркадия» полностью переводится на гидропонную систему укоренения черенков. За год питомник, по-видимому, дает около 1 млн. штук рассады. Владелец этого питомника не только цветовод, но и хороший инженер. Он спроектировал и построил своими руками прекрасный холодильник с автоматическим регулированием температуры. Все укрытия питомника сделаны из металлических конструкций и новых пластических материалов. Точное контролирование внешних условий позволяет получать рассаду отличного качества.

Первоначально в качестве корневой среды применяли чистый кварцевый песок, но в последние годы наметился переход к вермикулитопесчаным смесям. Очень плохие результаты дает один вермикулит, поэтому по примеру Мулларда (Великобритания) горшки и поддоны стали заполнять смесью из равных частей вермикулита и промытого речного песка.

Для получения рассады семена высевают в лотки, заполненные смесью вермикулита с песком (1 : 1). Лотки изготовляют из строительного вермикулита и цемента. Семена гвоздики легко повреждаются, поэтому с ними нужно обращаться очень осторожно. Рекомендуется высевать семена с междурядьями 2,5—5 см и с расстояниями в рядках 2,5 см, заделывая их на глубину 3 мм. Углубления в почве делают сажальным колом. При заравнивании поверхности семена покрываются вермикулитом.

В промышленном цветоводстве гвоздику обычно размножают черенками, которые можно укоренять почти в любое время года. Однако ранняя осень и весна — наилучшее время для заготовки черенков; молодые растения успевают укорениться до наступления морозов или летней жары. Побеги, с которых берут черенки, должны быть полувызревшими, полностью развитыми, но не твердыми. С хорошего растения в возрасте 9—12 месяцев в один прием не следует заготовлять больше трех черенков, чтобы не задержать рост растения и не потерять цветы.

Черенки должны иметь одинаковый размер. Если черенки слишком длинные, рекомендуется удалять их верхушки. Длинные черенки не дают хороших растений, кроме того, ветер и дождь легко могут свалить их. Для черенков лучше всего подходят отрезки длиной 5—7,5 см, на которых имеется не менее четырех вполне развитых листьев. Черенки следует брать только со средней части стебля. Растения из черенков, взятых у основания стебля, формируют много листьев, но мало цветков. Если же черенки берут у верхушки стебля, то получается много мелких цветков на слабом стебле. Укоренение черенков описано на странице 140.

В промышленном цветоводстве гвоздику выращивают на поддонах. Для выставочных целей ее культивируют в горшках. По моему мнению, для гвоздики больше всего подходят 30-сантиметровые эверитовые

горшки, но растения следует переносить по мере их роста из меньших горшков в большие и только при последней пересадке помещать в 30-сантиметровые горшки. В промышленных хозяйствах гвоздику высаживают в гряды с площадью питания 20×20 см и ставят опоры. В качестве корневого субстрата следует использовать смесь из равных частей вермикулита и крупного песка. Если песок имеет щелочную реакцию, его следует обработать так, как рассказано в разделе о субстратах (см. стр. 190).

Очень важно следить за тем, чтобы укореняющиеся черенки не образовали побегов и были закалены перед высадкой в горшки или на гряды. Как только у растений появляются побеги, нужно сразу же прищипнуть верхушечную точку роста. С рассадой надо обращаться очень осторожно, так как она легко повреждается. Одновременно из рассадочного ящика следует брать одно растение. Очень удобно пользоваться бумажными стаканчиками, которые можно разорвать и высадить рассаду без повреждений.

При высадке рассады в горшки растение держат в центре горшка и, учитывая оседание, заделывают корни немного мельче, чем они находились раньше. Комочки прилипшего к корням вермикулита не разрушают. Уровень песчано-вермикулитовой смеси после уплотнения должен на 1,3 см не доходить до края горшка, чтобы удобно было поливать растения. Чтобы хорошо увлажнить смесь, горшок ставят в воду и держат его в воде до тех пор, пока поверхность смеси не станет влажной. После оседания в горшки добавляют некоторое количество новой смеси.

При горшечной культуре гвоздики слабые, неокрепшие растения подкармливают питательным раствором 50%-ной концентрации. Гвоздику нужно поливать лишь после того, как корневой субстрат станет сухим, причем при поливе и подкормке смесь надо увлажнять полностью. Как правило, один раз в неделю растениям дают 2,1 л раствора. В летние месяцы поливают чаще, но не чрезмерно.

Гвоздика потребляет много питательных веществ. Вместе с тем питательный раствор должен быть сбалансирован. От неправильного питания она погибает чаще, чем от других причин. При горшечной культуре поливу и питанию гвоздики нужно уделять больше внимания, чем при выращивании ее на грядках или в открытом грунте. Болезни и вредители поражают гвоздику сильнее, чем другие растения, поэтому ей нужно уделять много внимания.

Цветы с треснувшей чашечкой практически не представляют ценности. У одних сортов чашечки растрескиваются в бо́льшей степени, чем у других. Растрескивание может быть вызвано крайними температурами, избыточным питанием, особенно азотным, нерегулярным поливом, недостатком света. Лучший способ борьбы с растрескиванием — создание условий для непрерывного и равномерного роста растений.

Гвоздике необходимо открытое, но защищенное от ветра место, с обилием солнечного света и свободной циркуляцией воздуха. Оптимальный pH питательного раствора 6,8, смесь микроэлементов «В».

Непрерывная культура гвоздики без почвы при поддонном орошении. Муллард одним из первых применил гидропонику в Великобритании. Опыты по беспочвенной культуре гвоздики с поддонным орошением были начаты в 1937 г. в Энглфилд-Грине (Суррей). Первая установка состояла из деревянных поддонов размером 2,4×0,55 м, в которые высаживали по 32 растения, и поддонов размером 2,4×1,2 м на 80 растений. В 1940 г. укорененные в песке растения были высажены 29 февраля непосредственно в поддоны. В дальнейшем растения подвязывали к проволокам. Первые цветы были срезаны на четыре недели раньше, чем с таких же растений, росших в почве. Общий урожай за два года вегетации, начиная с момента высадки рассады, составил 3103 цветка, или 38,7 цветка на одно растение.

В начале 1940 г. были сооружены три поддона из бетонных плит. Поддоны имели длину 12 м, 6 м и 3 м. Ширина каждого поддона составляла 1,2 м. Два более крупных поддона наполнили промытым гравием с диаметром частиц от 0,6 до 1,3 см. Питательный раствор подавал центробежный насос из отдельных резервуаров. В электрической цепи находился переключатель, который срабатывал от небольшого сливного устройства, установленного на 2,5 см ниже поверхности гравия.

Весной и летом растения подкармливали два раза в день, а зимой — один раз. Летом растения получали раствор со следующей концентрацией элементов, мг/л:

азот	350—400
фосфор	60—80
калий	100
магний	48

Поздней осенью и зимой, учитывая сокращение дня, применяли раствор следующего состава, мг/л:

азот	100—150
фосфор	60—80
калий	300—350
магний	48

Помимо основных элементов, растения ежемесячно получали микроэлементы. Раз в три месяца поверхность гравия опрыскивали раствором железа. Зимой дважды в неделю, а летом через день резервуары для питательного раствора доливали водой. Одновременно pH раствора разведенной серной кислотой доводили до 6. Питательный раствор приходилось полностью спускать из резервуаров только три раза в год. Раствор

анализировали каждые 10—14 дней и добавляли элементы, поглощенные растениями.

В первые 12 месяцев в 6-метровом поддоне было получено по 12 цветков с растения, а в 12-метровом — по 8,6 цветка. За весь период вегетации, составивший 25 месяцев, в 6-метровом поддоне собрали 7292 цветка, или по 61 цветку с растения, а также заготовили несколько сот черенков. В 12-метровом поддоне вырастили 11 203 цветка, то есть по 43 цветка на растении.

Капитальные затраты на устройство поддонов и другое оборудование окупаются значительным сокращением времени на уход за растениями. Пересадка рассады из наполненных песком лотков на гидропонные гряды не вызывает задержки роста. Кроме того, нет никакой необходимости рыхлить поверхность гравия, как это часто приходится делать при культуре растений в почве. Прекрасная аэрация корней осуществляется при спуске питательного раствора.

Стерилизация гравия после уборки старых растений ведется очень просто: питающий резервуар наполняют стерилизующим раствором, который перекачивают в слой гравия. В затопленном состоянии гравий находится трое суток. После выпуска стерилизующего раствора гравий тщательно промывают чистой водой. Значительно меньшее поражение растений болезнями обеспечивает доходность гидропоники даже в том случае, если на каждое растение на поддоне приходится меньше цветов, чем в почве.

Применение вермикулита. Последние четыре года в Энглфилд-Грине ведутся обширные опыты с различными корневыми субстратами. Такие материалы, как песок, нехороши тем, что питательный раствор покрывает только поверхность их частиц; при поверхностной подкормке концентрация солей в корневой зоне изменяется в зависимости от внешних условий. Наиболее удовлетворительные результаты дал вермикулит. Для размножения растений черенками достаточно насытить вермикулит водой, но для выращивания растений из семян необходимо применять минеральные удобрения. Вермикулит выгодно отличается от песка или почвенных компостов тем, что он легок, обладает влагоемкостью и лучше обеспечивает аэрацию корней. Его исключительная легкость позволяет пересаживать растения с минимальной приостановкой роста; корневые волоски и точки роста корней остаются неповрежденными.

Для проведения опытов можно изготовить деревянный или металлический ящик размером 90×45 см при глубине 17,5 см. Не обязательно, чтобы ящик не пропускал воду. В каждом углу просверливают отверстия для стока избыточного питательного раствора. Через центр ящика прокладывают неглубокий металлический желоб, концы которого на 5 см выходят за пределы ящика. В желоб укладывают решетку,

обернутую специально изготовленным фитилем из стеклянного волокна. После заполнения вермикулитом, предварительно насыщенным питательным раствором, ящик готов к посадке растений.

При последующих подкормках раствор подливают в выступающие из ящика концы желоба. Система работает за счет капиллярного действия гранул вермикулита, состоящих из большого количества мелких пластинок. Частицы вермикулита насыщаются влагой от стеклянного волокна и передают ее в самые дальние углы ящика. Об избытке питательного раствора узнают по стеканию его через отверстия в ящике, но если регулярно осматривать поверхность вермикулита, можно не допустить вытекания раствора. Для наполнения ящиков используют также смесь из равных частей мелкого кварцевого песка и вермикулита. Песок предотвращает слипание частиц вермикулита, благодаря чему возрастает срок службы субстрата. Песок обеспечивает также более прочное сцепление корней гвоздики с субстратом. Даже через 12 месяцев после заполнения ящиков уровень субстрата в них не понижался. Данную систему можно применить в крупных теплицах и парниках. Питательный раствор и вода в парники будут поступать по желобам; для вентиляции необходимо сдвигать рамы.

Один работник может обслужить значительную площадь. Потребность в большом резервуаре отпадает. Для питания растений достаточен небольшой бак с концентрированным раствором. Бак должен быть соединен с приспособлением для разведения раствора и водопроводом. Практика показала, что рассмотренный метод позволяет ускорять рост растений разных видов и повысить их урожаи, ликвидировать болезни. Очень мало времени затрачивается на подкормку, которая обычно совмещается с поливом.

Песчаная культура гвоздики*. Как только начинаешь рассказывать о выращивании растений в песке или питательных растворах, у растениеводов сейчас же появляется мысль, что весь этот процесс покрыт завесой таинственности. Однако, если мы на один момент обратимся к почве, то увидим, что она служит средой для закрепления растений, резервуаром для воды и обеспечивает растения основными элементами питания. Но ведь и песок является средой для закрепления растений и резервуаром для воды, а что касается снабжения питательными веществами, то для этого нужно только посыпать поверхность песка химическими солями и затем полить ее.

Прочитав книгу проф. Огайского университета (США) Лори, я решил провести опыты с песчаными культурами. Я разработал план, который, как мне казалось, может иметь промышленное значение, а его

* Материал из доклада Ф. Хикса, прочитанного членам Британского национального общества цветоводов в сентябре 1943 г.

осуществление не потребует больших затрат. Так как я уже выращивал гвоздику несколько лет подряд в бетонных поддонах, мне потребовалось лишь извлечь почву из поддонов и заменить ее песком. В первый год я высадил 1300 растений на гряду, которая была разделена на три секции.

В первой секции находился острый промытый песок, во второй — смесь из трех частей острого промытого песка и одной части торфа, в третьей — мелкий песок. Черенки начали укоренять в марте, а в апреле их высадили в подготовленные секции. Укоренение было проведено с опозданием, что поставило молодые растения в довольно трудные условия, и я с большим волнением наблюдал за их ростом. В течение всей вегетации растения выглядели прекрасно, и цветы были очень высокого качества. Во время опыта, который продолжался год, растения подкармливали 22 раза, примерно раз в две недели, за исключением декабря и января, когда растениям нужно мало пищи и воды. Все 1300 растений получили 18 кг солей. На одно растение пришлось менее 14 г смеси солей.

Чтобы определить сохраняемость цветов после срезки, взяли по пять цветов разных сортов одной и той же фазы развития и поместили их в три вазы с одинаковым количеством воды. Цветы, выросшие на песке, простояли 12 дней, выросшие на торфе — 10 дней, выросшие на почве — 9 дней. Повышение устойчивости на 25%, безусловно, играет существенную роль. Так как в песчаную гряду не вносили ни компосты, ни навоз, то расходы на удобрения сократились вдвое по сравнению с расходами на удобрения для почвенной гряды. Кроме того, при песчаной культуре корневой субстрат не приходится рыхлить. На песке не появляются сорняки, в нем не бывает проволочников и других вредителей. Для песчаной культуры нужно не больше, а даже меньше воды, потому что при поливе песок поглощает ее равномерно и быстро; на почве же вода стекает в понижения.

Стенки бетонных поддонов имеют высоту 15 см. Бетонное дно слегка понижается к середине, где устроена канавка шириной 7,5 см. В канавке находятся двухдюймовые дренажные трубы. Весь поддон имеет уклон к одному концу теплицы, что обеспечивает полный дренаж. В нижнем конце дренажная труба выходит в колодец для приема дренажной воды. Естественно, конструкцию поддона можно изменить, но хороший дренаж всегда играет весьма существенную роль. Нет надобности делать непроницаемые для воды поддоны.

Готовый поддон заполняют острым промытым песком на 2,5 см ниже верхней кромки. Песок выравнивают и хорошо увлажняют. Уплотнять песок не нужно. По всей поверхности песка рассевают питательную смесь из расчета 16 г на 1 кв. м. Чтобы предотвратить испарение влаги из песка, рост водорослей и придать грядам хороший вид

песок покрывают слоем гравия толщиной немногим более 1 см. Диаметр отдельных частиц гравия не должен превышать 6—7 мм.

Через 2—3 дня после заполнения поддоны готовы к посадке рассады. Если по какой-либо причине нужно отложить посадку, песок сохраняют во влажном, но не сыром состоянии, чтобы не вымывались питательные вещества. Удобрений, внесенных при набивке гряд, хватает на три недели. Для равномерного распределения солей песок нужно полить. Первые две подкормки проводят с интервалами в три недели. В дальнейшем растения подкармливают каждые две недели. При первой подкормке достаточно дать растениям 8 г удобрений на 1 кв. м. При последующих подкормках вносят 16 г солей на 1 кв. м. Можно увеличивать дозы летом и уменьшать их зимой. Очень важно летом увеличить дозу азота и уменьшить дозу калия, а зимой, наоборот, уменьшить дозу азота и увеличить дозу калия.

Для равномерного распределения малые дозы удобрений необходимо смешать с сухим песком. Не следует вносить соли в совершенно сухой песок междурядий, кроме того, нельзя затоплять гряды сразу же после подкормки; достаточно слегка полить песок.

Есть несколько смесей удобрений, которые дают хорошие результаты. Вот состав одной из них: сульфат аммония — 4,42 кг, сульфат магния — 2,58 кг, сульфат калия — 0,88 кг, суперфосфат (16%-ный) — 3,40 кг. Все эти туки нужно тщательно смешать и тонко размолоть. К смеси следует добавить 28 г борной кислоты и 14 г железистого сульфата. Практика показала, что какие-либо другие микроэлементы не требуются.

Георгины. В последние годы все больше цветоводов переходит к выращиванию георгин, особенно для выставок, в вермикулите. Клубни лучше сажать не на гряду, а в горшки, так как в них можно сохранять клубни в течение зимы. Я использую горшки диаметром 30 см. На дно горшка насыпают мелкий камень слоем 5 см, затем песок слоем 2,5 см. Далее горшок заполняют вермикулитом слоем 12,5 см. Вермикулит предварительно насыщают питательным раствором. Проросший клубень кладут на вермикулит и засыпают тонким слоем вермикулита. По мере роста растений вермикулит досыпают. После последнего добавления от поверхности вермикулита до верхнего края горшка должно оставаться расстояние 2,5 см.

После окончания вегетации полив прекращают. Хранят горшки в проветренном помещении, чтобы вермикулит в горшках мог высохнуть. Вермикулит предотвращает высыхание клубней, и они прекрасно сохраняются в нем в течение зимы. Прежде чем поставить горшки на хранение, срезают всю отмершую надземную часть растений. Весной клубни вынимают для деления. Около верхнего края каждого эверитового горшка желательно просверлить отверстие и проволокой прикрепить

металлическую этикетку. Втыкаемые в вермикулит деревянные этикетки теряются, поэтому их не следует применять. Кактусовые и помпонные георгины особенно хорошо приспосабливаются к гидропонной культуре в вермикулите.

Хризантемы стали одной из главных культур промышленной гидропоники. Являясь растениями короткого дня, хризантемы очень хорошо приспосабливаются к гидропонным условиям в теплицах с регулируемым освещением. Для сокращения светового дня используют черную полиэтиленовую пленку. В США построена первая в мире своеобразная фабрика цветов. В чудесных теплицах созданы все условия для максимального роста хризантем в течение круглого года. Период от посадки черенков до продажи цветов составляет 16 недель (рис. 20).

Гладиолусы дают на вермикулитовых грядах в 10 раз больше цветов, чем на одинаковой площади в почвенных условиях. Помимо регулярного опрыскивания, гладиолусы требуют очень мало внимания. За 2—3 дня до посадки клубнелуковиц субстрат нужно хорошо насытить водой. Если же гряды использовались ранее, их следует полить водой за 2—3 часа до посадки, при этом избыточная вода должна стечь. Для посадки клубнелуковиц на площади около 1 кв. м снимают слой вермикулита толщиной 5 см. Клубнелуковицы раскладывают по углам квадрата со стороной 10 см и засыпают снятым вермикулитом. Вдавливать клубнелуковицы нельзя, потому что на следующий день они окажутся на поверхности гряды. Клубнелуковицы с черными пятнами на донце следует браковать. Чтобы предупредить заболевания, клубнелуковицы перед посадкой держат 4—6 часов в формалине (0,63 л формальдегида на 100 л воды).

После высадки клубнелуковиц в насыщенный влагой вермикулит полив не производят до тех пор, пока не появятся всходы. Питательный раствор при первой подкормке должен быть половинной концентрации. Когда растения имеют высоту 15 см, питательный раствор подают соответственно установленному режиму питания. Через шесть недель после посадки раствор спускают, гряды хорошо промывают дважды водой и готовят новый раствор полуторной концентрации. Такой раствор применяют вплоть до цветения.

Гладиолусам нужно много калия и фосфора, поэтому в условиях Южной Африки питательная смесь должна иметь следующее соотношение основных элементов питания, мг/л:

азот	200
фосфор	65
калий	160

Если требуется получить клубнелуковицы, то срезают цветоносы у сильных растений наполовину, у слабых — полностью. После этого

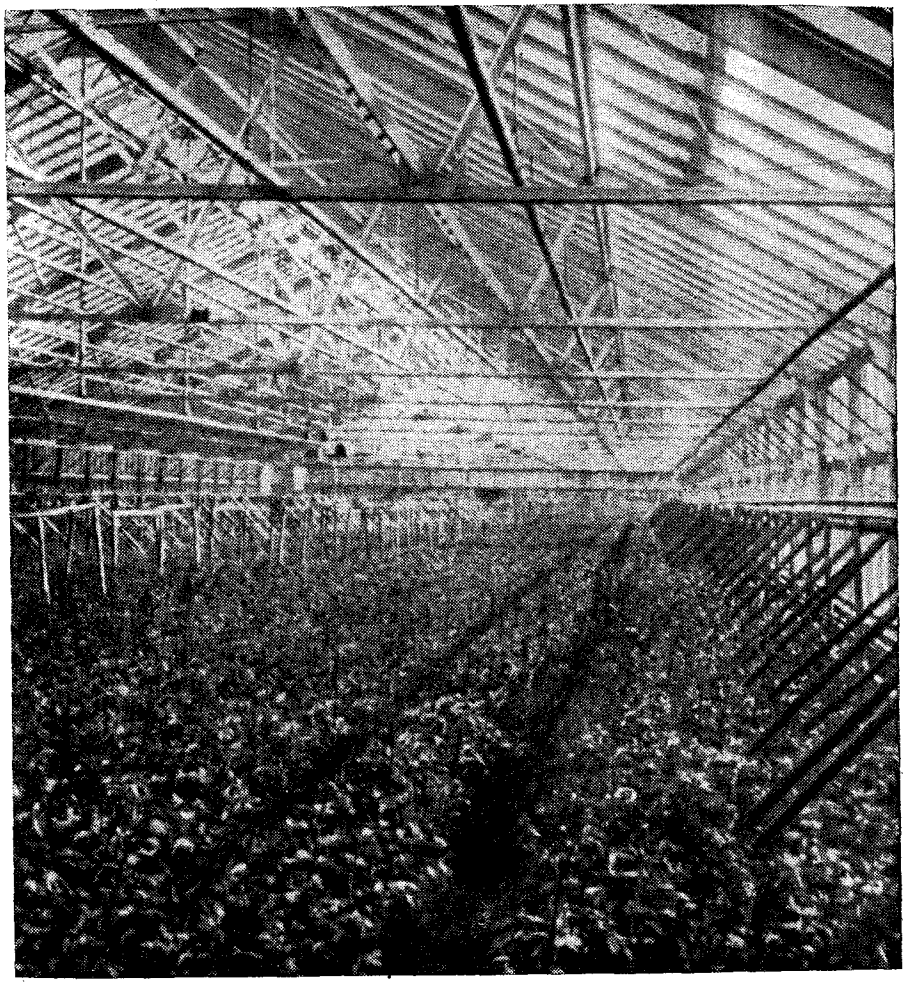


Рис. 20. Хризантемы в Каролине (США).

растения должны вегетировать в грядах шесть недель для образования клубнелуковиц. Листья отмирают на растениях. Извлеченные из вермикулита клубнелуковицы моют и хранят при температуре 21—27° в течение двух недель для полного вызревания. До посадки клубнелуковицы хранят в помещении с температурой 4—5° в деревянных лотках с решетчатым дном для вентиляции. Между верхним и нижним лотком

должно быть расстояние не менее 7,5—10 см. Перед укладкой клубнелуковиц на хранение их опыливают 5%-ным порошком ДДТ.

Гладиолусы развиваются в вермикулите 60—90 дней в зависимости от сорта. Цветы для продажи следует срезать в конце дня и ставить на ночь в свежую воду. Гладиолусы никогда нельзя выращивать два года подряд в одной и той же почве, так как это ведет к распространению болезней. В вермикулите же гладиолусы можно культивировать непрерывно, если только позволяют климатические условия.

Розы. Я успешно культивирую розы в горшках с вермикулитом уже в течение нескольких лет. Штамбовые и кустовые розы я выращиваю в ямах, выкопанных в земле и наполненных вермикулитом. Питательные вещества растения получают при поливе раствором. Я с большим удивлением узнал, что в питомнике Мейяна на юге Франции устроены гидропонные гряды как для селекции, так и для выгонки роз на срез*. Наибольшим спросом пользуются красные розы, за ними идут белые; желтые и розовые цветы обычно покупают неохотно. Ниже описано несколько лучших сортов роз, пригодных для гидропонной культуры.

Кримсон Глори — душистая роза с длинными бутонами. Цветет очень обильно. Для получения первоклассных цветов необходимо выщипывать много бутонов. Сорт очень подвержен заболеванию черной пятнистостью и ложной мучнистой росой, поэтому растения нужно регулярно опрыскивать медными фунгицидами.

Руж Мейян (Хеппинесс, Франциск Мейян 1949, РИМ 1020). Цветы кроваво-красные, с яркими прожилками. Лепестки (от 35 до 60) очень плотные. Они слегка блестят в теплую погоду в открытом грунте и при культуре в теплице. Наружные лепестки часто имеют очень характерные белые жилки у основания. Цветы очень долго стоят в воде, сохраняя вертикальное положение. Побеги прямостоячие. Цветение быстро возобновляется после срезки. На стеблях немного шипов, листья устойчивы к болезням.

Баккара — прекрасная роза с 45 блестящими гераниево-красными лепестками. Лепестки очень плотные. Они достигают максимальной величины при распускании. Подобно циннии, цветок распускается постепенно, всегда сохраняя одинаковую интенсивность окраски. Именно поэтому Баккара побивает все рекорды как по продолжительности цветения на кусте, так и по устойчивости после срезки.

Хорошо зарекомендовали себя также такие известные чайно-гибридные сорта, как Грейс де Монако, Грисби, Шарль Маллерен, Кристиан Дайо и Жоли Мадам.

* В течение нескольких лет розы в гравийной культуре выращиваются в Москве в Останкинском комбинате декоративных растений.— *Прим. ред.*

Среди новой группы роз, носящей название Флорибунда, следует отметить такие замечательные сорта, как Сарабанда, Файр Кинг, Римоза и Концерто. Эти розы особенно хороши для выращивания в гидропонных грядах и для горшечной культуры. Для роз следует готовить специальный питательный раствор и поддерживать pH на уровне 6,5.

Душистый горошек можно выращивать в открытом грунте. Нужно только выкопать траншею глубиной 30—40 см и заполнить ее вермикулитом. Поливы питательным раствором проводят в заранее намеченные сроки. У новых американских многоцветковых сортов душистого горошка цветонос имеет 5—6 цветков и длину 60 см. Горошек не рекомендуется сеять в стандартные гряды шириной 120 см, так как при такой ширине очень трудно срезать цветы и регулировать рост. Лучше всего у ограды или стены соорудить кирпичный поддон шириной 30 см, глубиной 30 см и длиной 15 м с 7,5-сантиметровым уклоном в сторону приемника для вытекающего из вермикулита питательного раствора. Для опор пригодны колья диаметром 10 см и длиной 6 м. На расстоянии 1,8 м друг от друга колья вкапывают в землю на глубину 60 см и заливают цементом. Между кольями натягивают прочную проволочную сетку. Часто горошек достигает в высоту 7,5 м. При промышленной культуре рост горошка в высоту ограничивают. Подкормку производят, как и при обычных размерах поддонов, но раз в месяц весь питательный раствор из вермикулита спускают и выбрасывают.

Великолепный горошек удалось вырастить из семян нового американского сорта Мультифлора; цветоносы имеют длину свыше 60 см.

Многие промышленные цветоводы выращивают рассаду душистого горошка в горшочках, которые переносят в грунт после закаливания растений. Однако мой опыт говорит о том, что лучше высевать семена прямо в вермикулитовые гряды. Расстояние между семенами при посеве составляет 7,5 см. После прорывки растения должны находиться на расстоянии 15 см друг от друга.

Если семена очень твердые, часто рекомендуют скарифицировать их, чтобы ускорить прорастание. Душистый горошек следует сеять на хорошо проветриваемых солнечных местах, избегая затенения деревьями и высокими зданиями. Важно защитить его от господствующих холодных ветров, которые могут сильно повредить посев. При промышленной культуре душистого горошка нужно применять специальную питательную смесь. Нельзя допускать спекания поверхности вермикулита, которое часто наблюдается после ливней и жары. Необходимо ежедневно слегка рыхлить верхний слой вермикулита.

Обычно душистый горошек никогда не выращивают два года подряд на одной и той же почве. На поддоне, заполненном вермикулитом, горошек хорошо растет много лет. После уборки горошка, как только минуют заморозки, в вермикулит высевают вьющуюся фасоль. Она

быстро полностью заплетает опоры и цветет все лето, радуя глаз яркокрасными цветами. Кроме того, фасоль дает зеленый пищевой продукт и огромное количество семян для посева в следующем году. Отмершие стебли фасоли срезают, а корни оставляют, чтобы они дали побеги весной. Душистый горошек сеют, не удаляя старых корней фасоли.

Очень хорошо растет горошек в эверитовых горшках диаметром 27 см. В горшке должно быть одно растение. Горшок обвязывают шпагатом, концы которого протягивают к крыше балкона. В жаркое время полезно опрыскивать растения вечером и утром водой.

При культуре горошка в грунте всегда рекомендуют применять мульчирование. Вермикулит обладает термоизоляционными свойствами, поэтому корни никогда не перегреваются. Наиболее важную роль играют своевременный полив и правильное питание растений. Многие начинающие гидропонисты нередко дают растениям избыточное количество пищи и воды, принося им значительный вред. При заполнении поддона вносят расчетную дозу сухого удобрения. Подкармливают горошек в том случае, если вермикулит делается сухим на ощупь при погружении в него пальцев на глубину 5 см. Подкормка должна быть основательной. Если через час после пропуска питательного раствора верхний 2,5-сантиметровый слой вермикулита оказывается сухим, объем раствора в приемнике доводят до 180 л, перекачивают раствор в питающий резервуар и еще раз пропускают его через вермикулит. Подкормки и полив можно проводить утром и вечером. В результате длительных наблюдений я пришел к выводу, что лучше поливать утром.

У длинностебельных растений, достигших высоты 15 см, рекомендуется прищипнуть точку роста и оставить три, а еще лучше два главных побега. Растения подвязывают раффией, которую предварительно намачивают. Все усики по мере их появления срезают очень острыми ножницами. Удаление усиков позволяет получить цветы на длинной цветоножке. Чтобы растения возможно дольше оставались сильными и цвели, нужно регулярно срезать цветы. Горошек, растущий в вермикулите, очень красив, и многие цветоводы не хотят нарушать богатство его красок. Однако прекрасное зрелище оказывается весьма кратковременным, если цветы срезают нерегулярно.

Оптимальный pH для душистого горошка колеблется между 6 и 7,5. В моей практике лучшие результаты получены при pH 6,8 и внесении смеси микроэлементов «В». Для уничтожения ложной мучнистой росы нужно опыливать растения серным цветом каждые три дня. В качестве предупредительной меры рекомендуется опыливать растения один раз в неделю, начиная с трехнедельного возраста.

Астры следует высаживать в поддоны, расположенные на солнечном месте. С одной стороны, вермикулит не должен пересыхать, с другой, он не должен быть и слишком влажным.

Анемоны и лютики. Для успешной культуры нужно тщательно регулировать влажность субстрата. Перед началом цветения растения следует притенить проволочной сеткой, натянув ее на кольях на расстоянии 2,4 м от поверхности гряд. Это способствует удлинению цветоносов, что повышает рыночную стоимость цветов. Размещают растения так, чтобы площадь питания составляла 15×15 см. Отмечены сборы 15—20 цветов с одного растения. Оптимальный pH 6, питательная смесь № 16.

Дельфиниумы прекрасно растут на вермикулите. Некоторые сорта достигают высоты 2,4 м. К сожалению, до цветения проходит 12 месяцев, поэтому их нельзя рекомендовать для промышленной гидропоники.

Фреезия может оказаться очень доходной промежуточной культурой в некоторых местностях. Площадь питания 10×7,5 см, оптимальный pH 6, питательная смесь № 16.

Исландские маки успешно выращивают на срез как в мелких, так и в крупных хозяйствах. Растения хорошо развиваются в вермикулите и дают отличные цветы.

Ирисы возделывают на площадях питания 10×10 см, при pH 6, используя питательную смесь № 16 (рис. 21).

Рис. 21. Ирисы, высаженные на гравий в хозяйстве «Электрофлора» (Швеция).

Лилии *(Lilium longifolium)* формируют до 200 хороших соцветий на площади 1 кв. м. Период вегетации составляет пять месяцев. Площадь питания 20×20 см, оптимальный pH 5,5, питательная смесь № 16.

Ноготки (календула) мощно развиваются на поддонах и дают цветы на срез в течение 4—5 месяцев.

Анютины глазки. Есть несколько очень красивых сортов гигантских анютиных глазок, которые весьма рентабельны при культуре на вермикулите. При постоянной срезке цветы бывают крупнее. Анютиным глазкам необходимо притенение, поэтому при промышленной культуре поддоны следует располагать так, чтобы растения умеренно освещались.

Львиный зев хорошо растет в гидропонных условиях. Для промышленных целей его лучше выращивать, как однолетнюю культуру. При репродукции некоторых сортов новые растения следует выращивать из черенков.

Левкои гигантских размеров хорошо растут в вермикулите. В Швеции в хозяйстве «Электрофлора» левкои успешно культивируют на гравии. Гидропонная культура левкоев рентабельна только в несезонное время. Площадь питания 12,5×12,5 см, оптимальный pH 6, питательная смесь № 27.

●

ГОРШЕЧНЫЕ РАСТЕНИЯ

В настоящее время существует большой спрос на горшечные растения, поэтому глава о них включена в настоящую книгу. Использование вермикулита и торфа позволяет выращивать цветы в горшках, даже если дома никого нет в течение большей части дня. Вермикулит и торф прекрасно удерживают влагу, и поэтому растения требуют значительно меньше внимания. В продаже имеются замечательные приспособления для автоматической подкормки. Многие горшечные растения не любят увлажнения надземной части. Для них автопитающие горшки являются идеальными, потому что питательный раствор из нижнего резервуара поднимается в вермикулит по фитилю из стеклянной ваты.

Очень хороший вид имеют эверитовые горшки и лотки. Кроме того, они относительно дешевы. Для изготовления эверитовых резервуаров используют асбестовые смеси, которые обладают пористостью. Благодаря последнему горшки и лотки не нагреваются даже в самые жаркие дни.

Сосуды следует покрыть внутри двумя слоями битумной краски. Это позволяет в течение длительного времени поддерживать pH питательного раствора на заданном уровне. На дно сосуда насыпают 2,5-сантиметровый слой мелких камешков, гальки или битой черепицы, затем такой же слой промытого речного песка, если его можно достать. Вермикулит насыпают так, чтобы его поверхность находилась на расстоянии 2,5 см от верхнего края горшка или лотка. Для проверки дренажа вермикулит нужно хорошо увлажнить. На рисунке 22 схематически показан способ посадки розы в горшок.

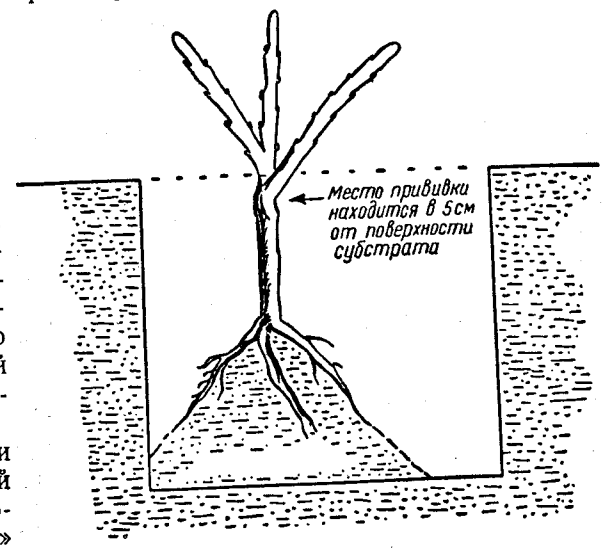


Рис. 22. Схема посадки розы в эверитовый горшок диаметром 32,5 см.

При посадке растений, приобретенных в питомнике или взятых из горшка с почвой, желательно смыть теплой водой почву с корней. Возможно растение немного привянет, но на третий день оно примет нормальный вид.

Питательные смеси для горшечных растений приведены в разделе «Состав питательных смесей» (стр. 267). Так как очень немногие любители комнатного цветоводства имеют приспособления для дозировки удобрений и приготовления питательных растворов, то лучше применять купленные готовые смеси.

Любую питательную смесь, рекомендуемую в этой книге, при культуре растений в горшках следует применять в дозе одна столовая ложка на 4,5 л воды. При использовании удобрений руководствуются указаниями, отпечатанными на пакетах.

В США разработаны различные конструкции горшков, в которых растения получают пищу и влагу из поддонников. В одном виде горшков раствор поднимается по капиллярам доньев. В горшках другого вида раствор в вермикулит поступает по фитилю из стеклянной ваты. При использовании горшков обоих видов нужно следить за тем, чтобы поддонники не всегда были наполнены питательным раствором. Я установил, что лучше подкармливать растения раз в неделю, при этом пита-

тельный раствор следует прекратить подливать в поддонник, как только растение перестанет поглощать его. Через некоторое время поддонник снова наполняют питательным раствором. Лишь в очень жаркие месяцы растения подкармливают дважды в неделю. О необходимости подкормки судят по состоянию растений. При первых признаках увядания питательный раствор дают до полного насыщения вермикулита.

Горшки с капиллярным подъемом раствора применяют весьма широко: на окнах в служебных помещениях, в поликлиниках, на столиках в ресторанах. Таким образом устраняется необходимость постоянного обновления срезанных цветов. Гиацинты, например, цветут в горшках 4—5 недель подряд.

В больших эверитовых горшках (диаметр 37,5 см) можно культивировать на балконах и верандах многие кустарники, например азалии, гортензии, камелии, гардении, а также плодовые деревья (апельсины, лимоны, инжир, яблони, груши и вишни). Перед посадкой в вермикулито-песчаную смесь корни кустарников и плодовых деревьев обмывают теплой водой. Кустарники и деревья плодоносят уже в год посадки в горшки. На четвертый год растения начинают погибать, поэтому их высаживают в грунт, а в горшки сажают новые молодые растения. Ниже описано выращивание отдельных растений в горшках и ящиках (рис. 23).

Фиалка африканская выращивается в Америке в горшках чаще, чем какое-либо другое растение, но в Южной Африке она менее популярна. У автора есть список, в котором приведены 750 сортов фиалок. Для получения чудесных цветов требуется совсем мало труда и внимания. Фиалка узамбара любит хорошо вентилируемое помещение, поэтому следует держать дверь комнаты по возможности открытой, чтобы обеспечить возможно частую смену воздуха. Одним из важнейших условий хорошего роста фиалки является достаточная, но не избыточная обеспеченность водой, причем вода всегда должна быть комнатной температуры. Рекомендуется иметь в комнате кувшин с водой для полива. Нельзя лить воду на листья. Увлажнение из поддонника путем капиллярного подъема воды дает наилучшие результаты. Для удаления пыли с листьев очень полезно изредка опрыскивать растения водой из мелкораспыляющего пульверизатора или же осторожно протирать листья куском чистой влажной ткани.

Фиалка не может расти в помещении с сухим жарким воздухом. Она обильно цветет при высокой относительной влажности воздуха. В комнатах трудно поддерживать такую влажность, поэтому очень удобно культивировать фиалку в открытых цветочных вазах. Когда включено отопление, на радиаторы нужно ставить сосуды с водой.

Фиалку размножают семенами и листовыми черенками. Отрезанные листья быстро растут и укореняются в вермикулите. Молодые листья устанавливают в вермикулит вертикально. Для этого черешок

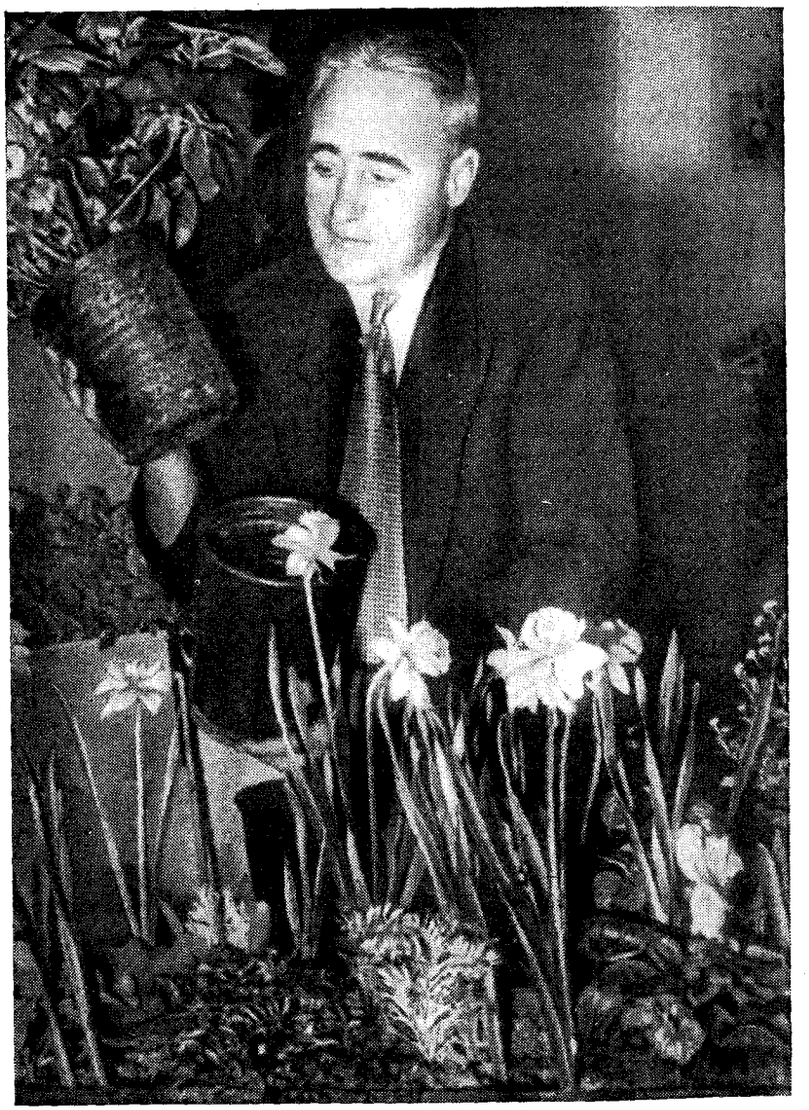


Рис. 23. Растения образуют в вермикулите мощную корневую систему. Автор слегка постучал по горшку и затем извлек растение вместе с комом вермикулита.

погружают в вермикулит до основания листовой пластинки. Через 10 дней черенки поливают слабым раствором питательной смеси. Как только черенки укореняются, новые растения высаживают в горшки диаметром 5 см. Из лучших сортов можно назвать Сноупринс, Амазон, Парпл Принс, Пинк Бьюти, Ред Кинг, Тир Дрой, Фантазия и Элен Уилсон.

Гвоздика очень популярна как горшечная культура. О ней достаточно рассказано на страницах 55—63.

Георгины. Гибридные георгины хорошо растут в горшках с вермикулитом и создают прекрасную гамму окрасок в течение 2—3 летних месяцев. Гибридные растения легко вырастить из семян. Их нужно обильно поливать, чтобы вермикулит в горшках никогда не высыхал.

Фуксия прекрасно растет в горшках с вермикулитом. Она любит влагу и имеет поверхностную корневую систему. Однако для отличного роста фуксии необходима не только высокая влажность корневой среды, но и высокая относительная влажность воздуха. В Иоганнесбурге, где фуксию культивируют в помещениях и на открытом воздухе, ее следует опрыскивать утром и вечером, хорошо смачивая листья. Фуксия очень хорошо растет также в проволочных корзинках, которые обкладывают изнутри мхом, чтобы не высыпался вермикулит. Для комнатной культуры можно рекомендовать такие сорта, как Вена, Экстази, Джипси Куин, Райз Райвл, Сантайн, Мелоди, Парпл Феноменал, Нон-Параллел и Пинк Перл. Для подвесных корзин наиболее подходит замечательная красно-белая фуксия Суингтайм. Для посадки в корзины пригодны также плетистые сорта Июлтайд, Кескейд, Маринка, Кларет Кап и Ред Спайдер.

Все завязи необходимо удалять, чтобы растение не расходовало энергию на формирование семян и продолжало обильно цвести. Как только фуксия достигает желаемой высоты, прищипывают верхушечную точку роста. Прищипка способствует развитию боковых побегов. При своевременной прищипке также боковых побегов растение цветет почти все лето.

Фуксии необходим покой в период зимы, а весной нужно произвести сильную обрезку, потому что цветы развиваются на новых побегах.

Растения следует подкармливать ежедневно, предпочтительно утром, чтобы они были обеспечены влагой для испарения в жаркое время дня. Растения тянутся к свету, поэтому их ежедневно следует поворачивать на 180°.

Розы. Если позволяет место, можно создать из роз в горшках чудесный розарий. Желательно использовать горшки с диаметрами 27,5 и 37,5 см. Даже штамбовые розы можно выращивать в таких горшках. Растения будут цвести 2—3 года, прежде чем потребуется замена их новыми. В горшках нетрудно также вырастить для декорирования стен,

балконов и веранд вьющиеся розы, которые обильно цветут несколько месяцев подряд. Розы следует обрезать точно так же, как и при культуре в почве. Поскольку у роз много насекомых-вредителей, растения нужно регулярно опрыскивать. Лучше всего в вермикулите растут вьющиеся розы сортов Дороти Перкинс и Блейз, кустовые розы сортов Глория Дей (Пис), Шарль Маллерен, Эклипс, Сеньора и Талисман.

В горшках с вермикулитом успешно культивируют другие растения, например анютины глазки, ноготки, настурцию, лантану, лобелию, петунию, табак.

Луковичные растения. Для комнатной культуры, мне кажется, больше всего подходят луковичные растения. Приятно видеть, как появляются их побеги, наблюдать за их ростом; глубокое, радостное волнение доставляет развертывание первого цветка из бутона. Вермикулит — идеальная среда для луковичных, так как он всегда сохраняет оптимальную влажность и содержит достаточное количество влаги, позволяющее оставлять растение без присмотра целый день. Однако для успеха

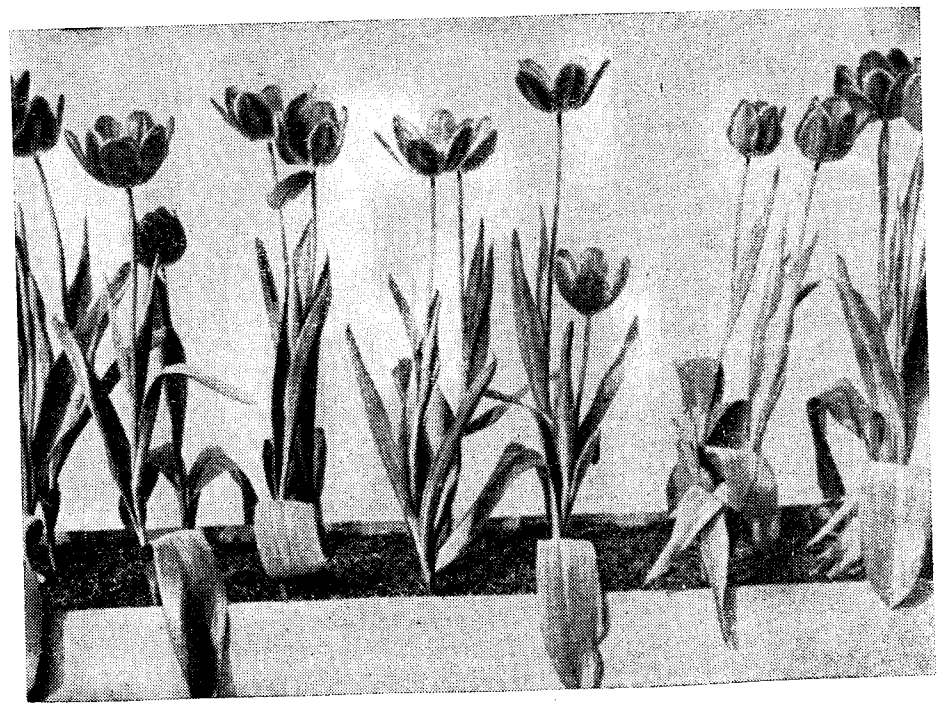


Рис. 24. Тюльпаны в эверитовом ящике.

горшечной культуры луковичных необходимо точно выполнять перечисленные ниже рекомендации.

Прежде всего нужно сажать луковицы в капиллярные горшки. Луковица гиацинта при посадке должна находиться в вермикулите только наполовину. Все луковицы следует высаживать сразу же после покупки, так как они быстро становятся мягкими и начинают гнить. Запаса питательных веществ в луковицах при нормальном увлажнении хватает для формирования корней. Однако следует избегать избыточного увлажнения до начала прорастания луковиц. Перед высадкой луковиц вермикулит надо хорошо смочить. В дальнейшем, по мере подсыхания вермикулита, воду следует подливать очень маленькими порциями.

Хорошие результаты в моей практике дает следующий прием. После посадки я ставлю горшки в темное помещение или в шкаф. Для вентиляции оставляю дверцы открытыми некоторый срок. По возможности поддерживаю температуру примерно 13°. Как только ростки достигают длины 2,5 см, горшки переношу в самое темное место в комнате, так как на полный световой день их следует переводить постепенно. (На развитие корневой системы и формирование зеленого ростка длиной 2,5 см требуется около трех месяцев.) Через неделю или 10 дней горшки можно перевести на полное освещение и начать регулярно подкармливать растения питательным раствором.

В эверитовых лотках луковицы размещают на расстоянии 5 см друг от друга. Как только растения отцветут, нет надобности держать их в горшках, если не требуется вырастить свои луковицы для посадки в следующем сезоне. В комнатных условиях в горшках с вермикулитом очень хорошо растут гиацинты, тюльпаны, нарциссы, амариллисы, лютики, лилии тигринум, крокусы, фреезии, гладиолусы, ландыши и туберозы (рис. 24).

Каладиум — хорошее луковичное растение для мест, не получающих полного солнечного света. Каладиум имеет самую разнообразную окраску. Растения выглядят очень эффектно, когда свет проходит через листья. Они очень эффектны в пустотелых стенах, которые в некоторых современных домах отделяют столовую от гостиной.

Папоротники одинаково хорошо растут в корзинах и горшках. Нам удается получать очень хорошие растения в вермикулите. Полив питательным раствором с pH 5 сильно изменяет вид папоротников уже через 2—3 недели после начала подкормки. У меня в вермикулите очень хорошо растет *Asparagus Sprengeri*.

Физалис иногда называют китайским фонариком. Этот садовый кустарник хорошо растет в горшках, если его поместить у окна на хорошо освещенном месте. Как только физалис достигает высоты 90 см, прищипывают точку роста и растение становится более кустистым, образует много побегов. Через два года горшок начинает ограничивать рост

физалиса, поэтому растение нужно высадить в открытый грунт сада, а в горшок посадить молодое растение.

Антуриум — прекрасное горшечное растение. Так как его корням нужно много влаги, оно очень хорошо растет в вермикулите. Для антуриума требуется теплое помещение с температурой не ниже 16°. Очень важен регулярный полив, особенно летом, но следует избегать избытка воды, так как он может вызвать гниение корней.

Желательно протирать листья губкой не реже раза в неделю.

Асплениум очень популярен в наше время, потому что многие его сорта прекрасно растут в комнатных условиях. Асплениум не цветет, но листья его очень декоративны. Летом аспленииуму нужно очень много воды. Рекомендуется каждые 2—3 дня поворачивать горшок, чтобы листья равномерно получали свет.

Азалия индийская. Во многих странах азалию культивируют, как горшечное растение. В Южной Африке кусты ее в большинстве случаев растут в садах. Во Франции я видел замечательную теплицу, в которой находилось около 2000 цветущих кустов азалии. Растения азалии очень влаголюбивы. Им необходимы воздух высокой влажности и хорошее освещение, поэтому горшки следует ставить возможно ближе к окну. Для обильного цветения растениям нужна кислая среда. Одной чайной ложки сульфата алюминия в месяц достаточно на один горшок. Отмершие цветы нужно сразу же удалять. Хорошо опрыскивать растения раз в неделю чистой водой.

Бегония разных видов хорошо растет в горшках. Для нее полезен влажный воздух и обильный полив.

Бугенвиллея — вьющееся растение тропиков и субтропиков, но его можно выращивать как однолетнее растение в горшках или висячих корзинах.

Колеус — по всей вероятности, одно из наиболее популярных лиственно-декоративных растений в мире. Известны сотни различных комбинаций окраски листьев колеуса. Фактически это декоративная крапива. Она любит теплое место и является идеальным комнатным растением. Колеусу нужно много воды, и он хорошо растет в вермикулите. Появляющиеся цветы необходимо сразу же обрывать, так как они истощают растение и задерживают рост листьев.

Камелия японская — кустарник, но ее можно размножать и культивировать в горшках. Я видел великолепные экземпляры на балконах. Растениям нужна кислая среда, поэтому раз в месяц следует вносить в горшок одну чайную ложку сульфата алюминия. Желательно всегда поддерживать температуру на уровне 16°. Поливать нужно хорошо, но не допуская переувлажнения.

Цинерария — травянистое растение, листьям которого нужно много воды. Цинерарию следует держать в прохладном месте. На солнце

листья скручиваются и высыхают. Хотя растение и не должно стоять на солнце, все же ему необходимо хорошее освещение. Цинерария выделяется среди других цветов необычными окрасками, но, к сожалению, цветет она очень недолго.

Циссус антарктический очень популярен в Скандинавских странах как вьющееся растение. Оно принадлежит к тому же семейству, что и виноград. Нет необходимости помещать циссус у окна, так как он не любит солнца. Циссус лучше всего растет, находясь на расстоянии 90—120 см от южного окна.

Карликовый апельсин *(Citrus japonica)* — миниатюрное апельсиновое дерево, завезенное из Японии. Его высота редко превышает 50 см. Продолговатые кожистые блестящие листья остаются зелеными в течение всей зимы. Весной цветы наполняют комнату ароматом. Чтобы произошло завязывание плодов, проводят искусственное опыление кисточкой из верблюжьей шерсти. Апельсин следует держать на столике у окна.

Цикламен принадлежит к числу хорошо известных комнатных растений, но очень немногие знают правила его выращивания. Слишком часто приходится видеть, как листья цикламена свисают через край горшка, а цветоножки гниют у самого основания. Следует поливать субстрат, совершенно не допуская увлажнения надземной части растения. Оптимальная температура 10°. Жаль, что после цветения растения часто выбрасывают. Их легко сохранить до следующей весны. Для этого нужно только уменьшить полив, прекратить подкормку и перенести растения в прохладное место (рис. 25).

Ракитник культивируют теперь значительно реже, чем следовало бы. Это очень красивое горшечное растение, образующее вечнозеленый куст высотой около 45 см. Мелкие листья имеют короткие черешки. Желтые цветки собраны в кисти. В прохладном месте при обилии воздуха цветет несколько месяцев подряд. После цветения растение следует обрезать до половины его высоты, чтобы оно сильнее кустилось. Одновременно его нужно пересадить в горшок большого размера.

Фикус *(Ficus elastica)* в последние годы стал очень популярным комнатным растением. Хотя он растет медленно, но зато может находиться несколько лет в одном и том же горшке. Все же фикус желательно пересаживать каждые 2—3 года. Лучше всего он растет на расстоянии около 1,2 м от окна, а весной и летом его следует переносить ближе к окну, чтобы на него падал прямой солнечный свет.

Глоксиния — клубненосное растение родом из Бразилии. Глоксиния цветет долго, если на нее не падают прямые солнечные лучи. Ей нужно светлое, теплое место и влажный воздух. Если нет автопитающих горшков, глоксинию нужно ставить на блюдо с водой.

Амариллис желательно всегда выращивать в вермикулите, так как он любит влагу. Совсем недавно выведен целый ряд новых сортов,

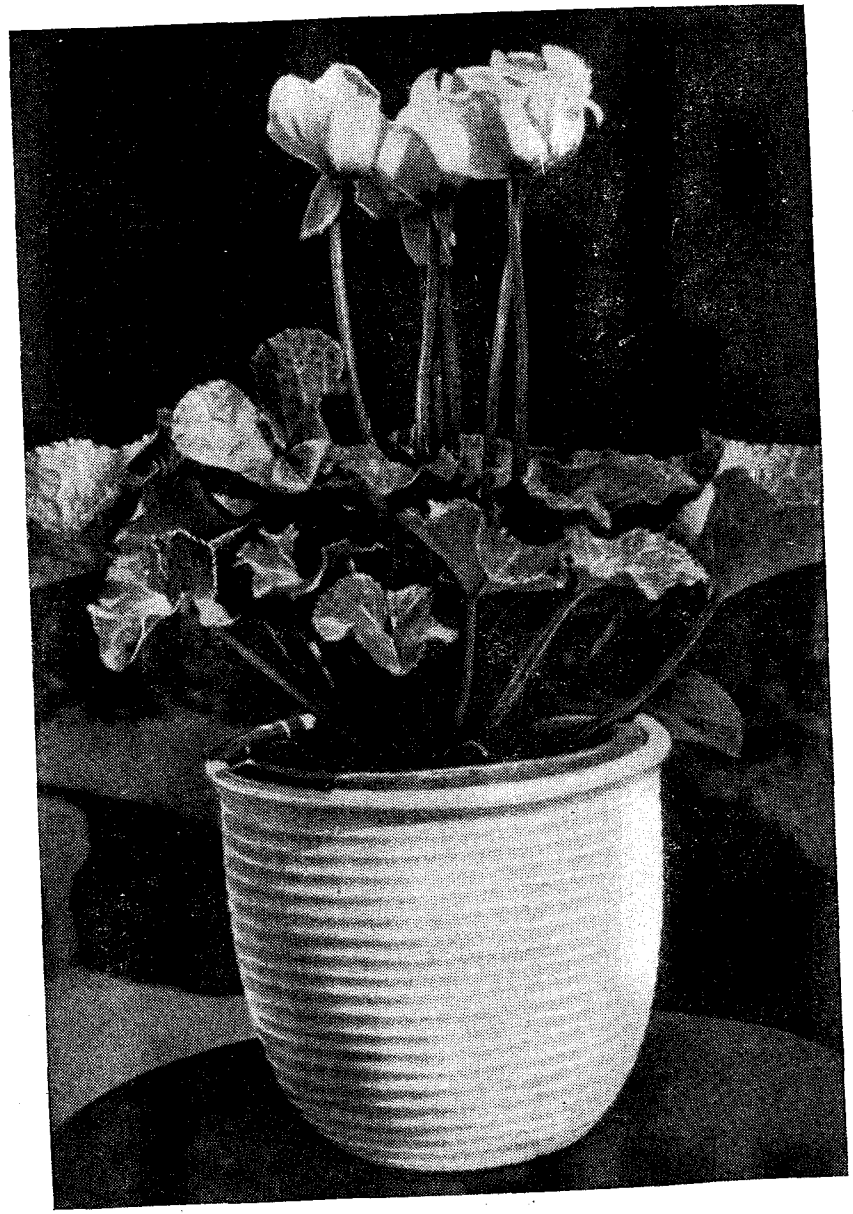


Рис. 25. Цикламен в автопитающем горшке.

которые создают богатую гамму цветов, особенно на крытых балконах.

Плющ восковой *(Hoya carnosa)* — вьющееся суккулентное растение родом из Индонезии. У него мясистый стебель и толстые кожистые листья, в пазухах которых формируются бледно-розовые восковидные цветы. Плющ восковой очень часто цветет два раза в год, поэтому следует оставлять на растении отмершие цветочные головки, чтобы на них развивались новые цветы. Требуется большое терпение для того, чтобы довести плющ до цветения, потому что он редко зацветает в молодом возрасте. Зимой рекомендуется держать субстрат довольно сухим и не подкармливать растения.

Гортензия крупнолистная — одно из самых популярных горшечных растений в Европе. Недавно в Италии я видел пять огромных теплиц с гортензиями в полном цвету. Гортензия требует много света и цветет тем дольше, чем прохладнее помещение, в котором она находится. После цветения следует обрезать стебли так, чтобы оставалось всего 1—2 листа над старым приростом, который легко узнать по более темной окраске. Затем растение следует пересадить и оставить в тени на открытом воздухе до следующего года.

Каланхе — одно из новейших цветущих суккулентных растений. Оно выведено в Голландии в последние годы. Это аккуратный маленький кустик с кистями алых цветов на длинных цветоножках. В комнатных условиях цветет многие месяцы подряд, требуя мало полива. Ни в коем случае нельзя переувлажнять субстрат.

Герань (пеларгония) все чаще теперь выращивают в горшках, хотя раньше ее использовали главным образом в садах. Карликовый сорт Блек Везувий является исключением, так как он не может расти в грядах, но представляет собой идеальное комнатное растение. Герань любит солнечное место и требует много воды.

Филодендрон *(Philodendron scandens)*. Существует много сортов филодендрона для комнатной культуры. Он очень хорошо приспосабливается к комнатным условиям со слабым освещением. У филодендрона темно-зеленые, кожистые, блестящие, часто гофрированные листья. Он может расти по стенам и цепляться за них. Филодендрону нужно очень мало воды; его следует поливать, если растение становится сухим на ощупь. Филодендрон подкармливают не чаще одного раза в месяц. Растения выносят большие колебания температуры.

Примула *(Primula obconica* и *P. malacoides)* — идеальное горшечное растение. Примулу нетрудно культивировать в комнате, если учитывать, что она не любит прямого солнечного света и предпочитает прохладное окно, выходящее на юг или юго-восток.

Сансевьера — одно из наиболее приспособленных к комнатной культуре растений. Обычно у сансевьеры бывает 8—10 листьев, достигающих

в высоту 60 см. Все они имеют мечевидную форму и часто двухцветные полосы. Поливать зимой следует очень осторожно, но летом в период усиленного роста необходим обильный полив.

Традесканция — давно известное ампельное растение, которое сохраняет свою популярность уже много лет. Размножается очень легко (отломанный стебелек нужно посадить во влажную почву).

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМНАТНОЙ КУЛЬТУРЫ РАСТЕНИЙ

Оборудование для комнатного садоводства рассматривается в книге о промышленной гидропонике потому, что многие тысячи людей имеют желание заняться садоводством в домашних условиях. Часто этому мешает недостаток почвы и удобных контейнеров. Кроме того, трудно поднять почву на 8—10 этаж; органические удобрения и компосты неприятно применять в квартире.

Первоначально в качестве субстратов использовали материалы, не обладающие ни поглотительной способностью, ни влагоемкостью, такие, как гравий, щебень, песок и т. п. Полив рано утром оказывался недостаточным для того, чтобы поддерживать рост растений в течение целого дня, особенно летом. Внедрение вермикулита изменило картину. Вермикулит очень легок и относительно дешев. Мешок вермикулита объемом 0,056 куб. м (в два раза больше, чем мешок цемента) весит всего 4,5—7 кг. Вермикулит представляет собой чистую, стерильную, словом, идеальную среду для комнатной и балконной культуры растений.

В настоящее время имеется много промышленных предприятий, занимающихся обжигом вермикулита и сбытом его через цветочные магазины. В продажу поступают также смеси минеральных удобрений. Это позволяет легко, с небольшими затратами устроить очень хороший балконный сад. В Иоганнесбурге, многих городах Южной Африки и Великобритании гидропонный метод культуры растений в вермикулите развивается очень быстро. Я видел чудесные сады на небольших балконах длиной 3,6 и шириной 1,2 м; асбоцементные ящики были полны гераней и однолетних цветов (петуний, флоксов, настурций). В заднем углу балкона часто выращивают фасоль, а на полу, в ящиках,— картофель, морковь, редис, мяту. Однажды я видел балкон, полный цветов душистого горошка.

Во многих странах мира развивается теперь гидропоника в комнатных условиях. Вместе с тем она является важным фактором украшения городов. Во время недавнего путешествия по Европе меня удивило, что

на окнах многих зданий Лондона стояли цветочные ящики, полные цинерарий, которые создавали яркие цветовые пятна на серых городских улицах.

Подготовка сосудов. Купленные сосуды нужно покрыть изнутри битумной краской, если они приобретены неокрашенными. В дне сосуда должно быть достаточное отверстие для хорошего дренажа (рис. 26). На дно следует насыпать слой гравия или черепков. В горшок диаметром 25 см или менее нужно насыпать 2,5-сантиметровый слой, а в более крупные горшки — 5-сантиметровый слой гравия. В цветочные ящики, глубина которых обычно не превышает 23 см, достаточно насыпать 2,5-сантиметровый слой гравия. На слой гравия насыпают 2,5-сантиметровый слой промытого речного песка, а затем вермикулит. Последний готовят следующим образом.

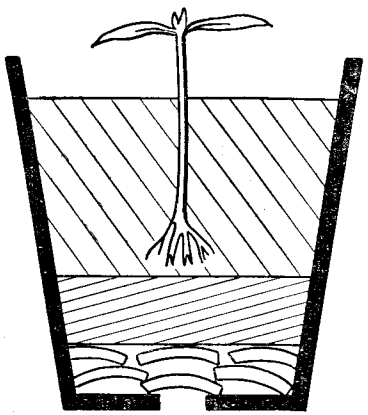


Рис. 26. Схематическое изображение горшка, заполненного черепками (2,5 см), речным песком (2,5 см) и вермикулитом.

Весь необходимый для заполнения сосуда вермикулит помещают в ведро или таз и затем льют воду до тех пор, пока вермикулит перестанет поглощать ее. В этот момент вермикулит образует ком, легко перемещающийся в воде. Затем добавляют рекомендуемую в таблице 1 дозу питательной смеси и тщательно перемешивают ее с вермикулитом. Влажную массу оставляют на ночь. На следующий день ее снова тщательно перемешивают и оставляют до тех пор, пока вермикулит не поглотит весь избыток воды. Затем набивают сосуд подготовленным вермикулитом. Хорошо выравненная поверхность вермикулита должна находиться на расстоянии 2,5 см от верхнего края горшка. Такая подготовка необходима для равномерного распределения элементов питания в корневой среде.

Примечание. Вермикулит поглощает много пищи растений до тех пор, пока в нем не создадутся постоянные запасы элементов питания. Если растения плохо растут вначале, следует дать им еще сухую подкормку, но при этом необходимо хорошо полить вермикулит.

Если нужно наполнить одновременно несколько сосудов, весь вермикулит готовят в один прием.

Вермикулит продают в бумажных мешках емкостью 0,056 куб. м. На это количество необходимо внести 454 г смешанного удобрения. После внесения сухой питательной смеси при набивке сосудов все дальнейшие

подкормки производят питательным раствором, который готовят из расчета одной столовой ложки минеральных солей на 4,5 л воды. Полив чистой водой никогда не применяют. Вермикулит не следует держать слишком влажным. О потребности растений в поливе, а следовательно, и в подкормке судят по их состоянию.

В местностях, где много пыли или мелкого песка, рекомендуется периодически опрыскивать листья чистой водой. Для уничтожения вредителей растения опрыскивают инсектицидами, например никотином или смачивающимися дустами ДДТ.

Эверитовые горшки (рис. 27) делают диаметром от 7,5 до 40 см. В них можно культивировать всевозможные растения — от маленького плюща до апельсинового дерева. Для изготовления горшков используется легкий химически неактивный асбест, обладающий теплоизоляционными свойствами, благодаря которым корни не перегреваются летом и не охлаждаются чрезмерно зимой. Горшки можно покрасить в разные цвета, чтобы хорошо оформить балкон.

Эверитовые ящики изготовляют разной длины — от 46,5 до 93 см, но стандартной ширины и глубины. Это значит, что можно подобрать ящики для любого помещения или балкона. Эверитовые ящики особенно удобны для луковичных растений, например гиацинтов, нарциссов и тюльпанов, а также для мелких однолетних цветов, таких, как анютины глазки, флоксы, петунии и вербена. Благодаря небольшой высоте перечисленные растения не закрывают вид с балкона. Ящики с большим успехом используют также для выращивания овощей и пряных трав в комнатных условиях. На моем балконе растут шпинат, салат, фасоль, редис, зеленый лук, свекла, молодой картофель, мята и петрушка (рис. 28). А какие чудесные культуры могли бы еще расти здесь!

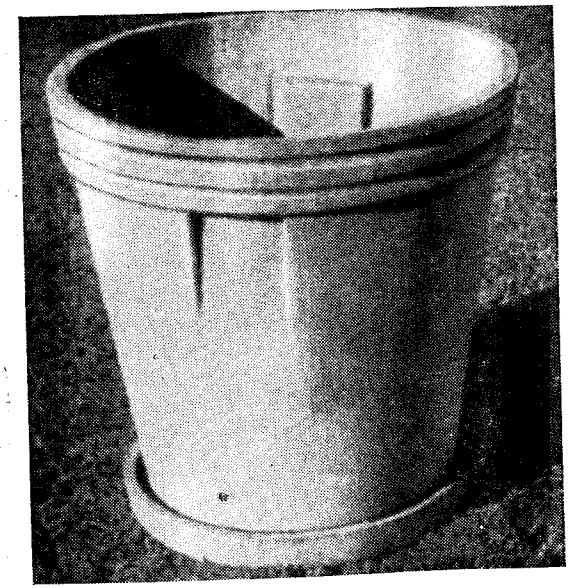


Рис. 27. Очень удобный эверитовый горшок для комнатных растений. В продажу поступают горшки с диаметром от 7,5 до 40 см.

Таблица 1

Рекомендации по набивке эверитовых сосудов

Тип сосуда	Размер сосуда, см: ширина	глубина	длина	Вес, кг	Толщина слоя, см: щебня	песка	вермикулита	Первоначальная доза при набивке	Раствор для регулярного полива
Горшки	7,5	7,5	—	0,15	1,3	1,3	3,8	2 чайные ложки	1 столовая ложка на 4,5 л воды
	12,7	12,7	—	0,43	1,3	1,3	9,0	1 столовая ложка	То же
	17,8	17,8	—	1,27	2,5	2,5	10	2 » »	» »
	25,4	25,4	—	2,36	2,5	2,5	17,8	4 » »	» »
	33,0	33,0	—	4,6	5,0	2,5	23,0	245 г	» »
	40,6	40,6	—	7,5	5,0	2,5	30,5	450 г	» »
Ящики для цветов	21,6	20,3	46,5	4,5	2,5	2,5	12,7	245 г	» »
	21,6	20,3	62,2	5,6	2,5	2,5	12,7	280,5 г	» »
	21,6	20,3	77,5	6,8	2,5	2,5	12,7	340 г	» »
	21,6	20,3	93,0	7,9	2,5	2,5	12,7	450 г	» »
Поддонники для цветочных ящиков	24,1	3,1	49,5	—	—	—	—	—	
	24,1	3,1	64,8	—	—	—	—	—	
	24,1	3,1	80,1	—	—	—	—	—	
	24,1	3,1	100,3	—	—	—	—	—	
Автопитающие горшки	—	—	—	—	—	—	—	—	Резервуар нужно держать почти полным
Кюветы для проращивания семян	23,0	7,5	30,5	1,6	—	—	—	—	Полив раствором половинной концентрации
	30,5	7,5	40,6	2,4	—	—	—	—	
	40,6	7,5	53,3	4,0	—	—	—	—	
	22,9	12,5	30,5	2,0	—	—	—	—	
	30,5	12,5	40,6	3,1	—	—	—	—	
	40,6	12,5	53,3	4,8	—	—	—	—	

Эверитовые ящики для земляники описаны на странице 45.

Автопитающие горшки. В последние годы появились автопитающие сосуды очень простой конструкции. Каждый сосуд состоит из двух частей — горшка, в котором находится растение, и поддонника, служащего резервуаром для питательного раствора. Через отверстие в дне горшка протягивают фитиль из стеклянного волокна. Питательный раствор по капиллярам фитиля поднимается к корням растения. Горшки бывают фарфоровые, гончарные (без глазури) и пластмассовые (рис. 29, 30). К сожалению, лишь немногие знают, что горшечные растения предпочитают поддонный полив и не любят, чтобы смачивали их надземную часть. Это особенно верно в отношении африканской фиалки (рис. 31), бегоний и глоксиний, которые прекрасно растут в таких автопитающих сосудах. Горшки наполняют вермикулитом и высаживают в них растения. Затем насыщают вермикулит питательным раствором, а также наполняют им

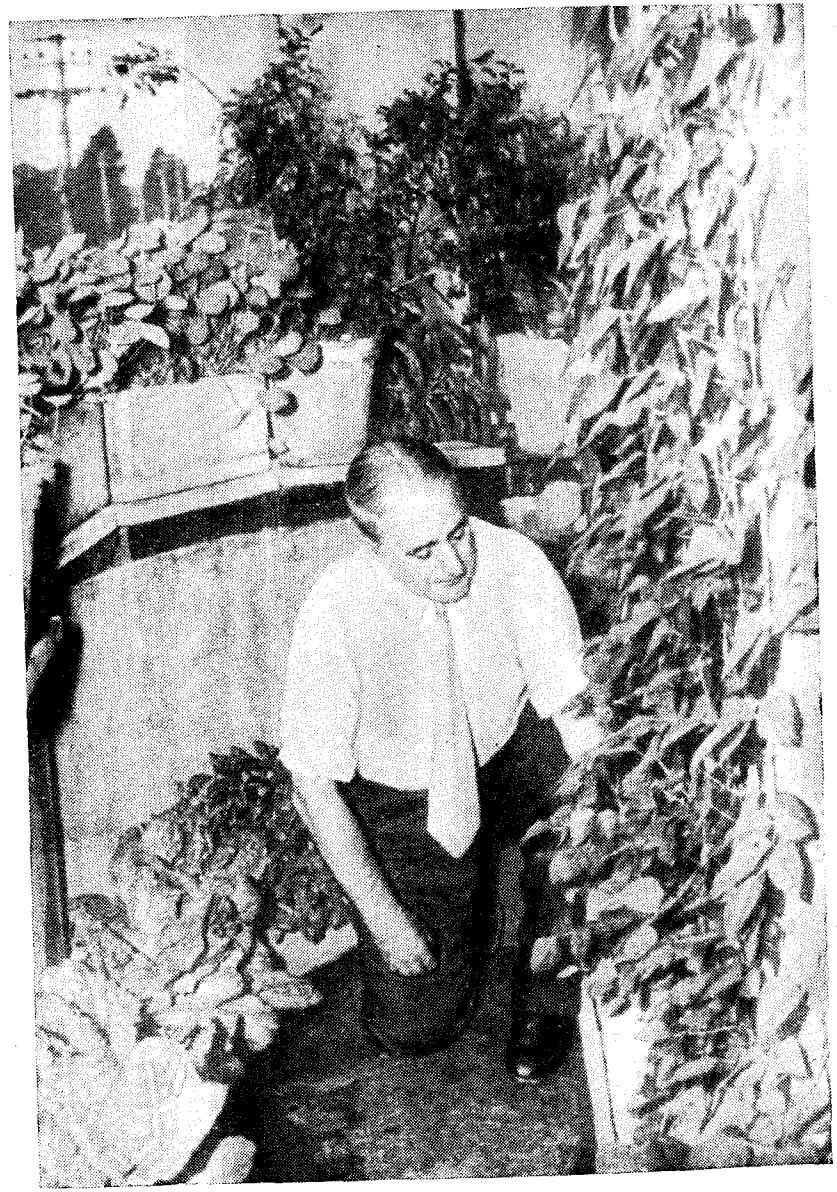


Рис. 28. На своем балконе автор выращивает фасоль, шпинат, салат, картофель.

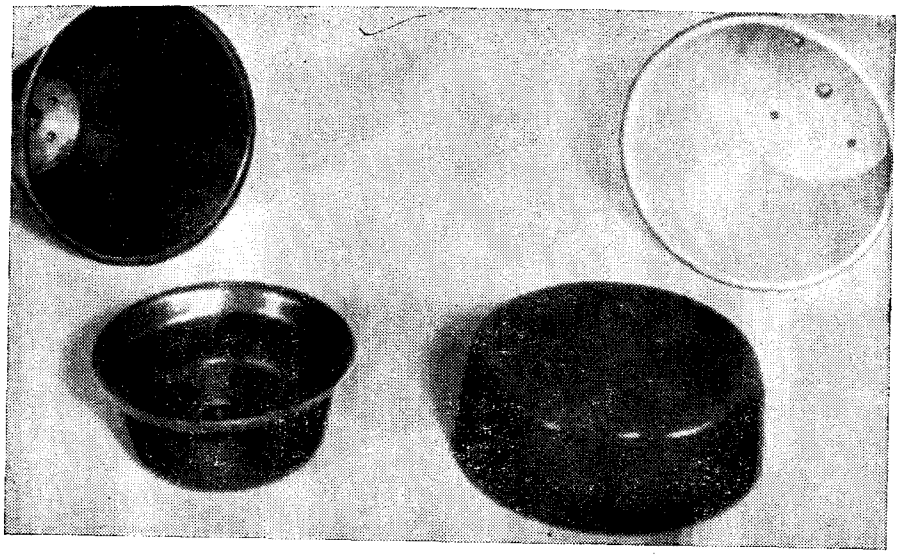


Рис. 29. Автопитающие горшки распространяются довольно широко. На рисунке показаны два типа таких горшков.

поддонник. Питательный раствор подливают в поддонник по мере его расходования. Если вермикулит слишком влажен, подкормку 1—2 дня не проводят. Для наполнения поддонника готовят раствор, расходуя одну чайную ложку питательной смеси на 1,1 л воды.

Самодельные автопитающие горшки. Папоротники любят очень влажный субстрат. Для них легко сделать автопитающий сосуд. Нужно купить обычный горшок, который легко входил бы в хорошую вазу. На дно вазы кладут половинку кирпича и ставят на нее горшок, в который посажен папоротник. Питательный раствор наливают в вазу так, чтобы он покрыл кирпич и горшок на расстоянии 5 см от его дна. Эверитовые и гончарные горшки поглощают раствор через капилляры своих стенок и затем передают его вермикулиту (рис. 32).

Плодовые деревья в горшках. Большие горшки успешно используют для выращивания таких семечковых и косточковых деревьев, как инжир, яблоня, груша, слива, персик. В горшок высаживают растение такого же размера, как и в почву открытого участка. Перед посадкой корни хорошо промывают, чтобы на них не оставались частицы почвы. Горшок заполняют смесью из равных частей вермикулита и острого речного песка. Деревья в горшках достигают высоты 1,8—2,1 м и плодоносят в первый год после посадки. Через три года корни настолько сильно переплетают

субстрат, что деревья высаживают в открытый грунт, а в горшки сажают новые растения, приобретенные в питомнике.

Стеклянные баллоны (террариумы). Существует несколько способов культуры растений в стеклянных баллонах. Обычно используют баллоны газоразрядных ламп, укрепленные на деревянных подставках. Баллоны покрывают стеклянными колпаками не полностью, чтобы в них поступал воздух. Очень красивый баллон-террариум можно сделать из 45-литровой бутыли для серной кислоты. Горло бутыли обрезают так, чтобы образовалось отверстие диаметром 12,5 см. В отверстие устанавливают деревянную пробку или металлическую завинчивающуюся крышку. К крышке прикрепляют лампу дневного света марки «Филлипс». Лампу прикрывают абажуром, предпочтительно пластмассовым. В бутыль в 15-сантиметровый слой вермикулита высаживают растения. Вермикулит предварительно насыщают питательным раствором. В дальнейшем необходимо лишь раз в неделю добавлять чашку питательного раствора.

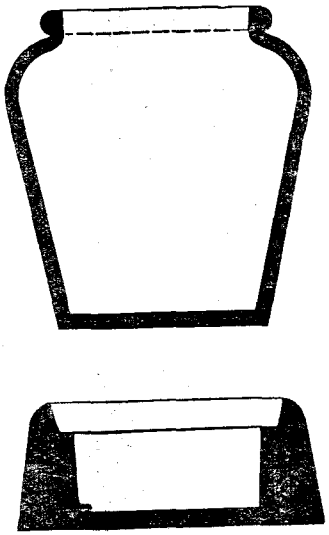


Рис. 30. Схематическое изображение эверитового автопитающего горшка. Подобным образом можно использовать любой сосуд, подобрав для него соответствующий поддонник.

Испаряющаяся вода конденсируется на стенках бутыли и затем опять стекает в вермикулит. При этом повышается влажность воздуха, которая необходима для роста ряда растений.

Если возможно, бутыль устанавливают ближе к окну. Здесь ее ежедневно следует поворачивать на 90°, иначе растения накренятся в одну сторону. По вечерам лампу включают на 5—6 часов. Дополнительное освещение обеспечит максимальный рост растений. В темном помещении лампа может гореть целый день. В террариумах прекрасно растут цикламены, бегонии, примулы, цинерарии, фиалки и папоротники.

Чаши для луковичных. Очень красивые чаши делают для выращивания нарциссов, гиацинтов и т. д. Нет необходимости обеспечивать в них дренаж, если внимательно следить за влажностью вермикулита. По состоянию растений можно видеть, когда им не хватает влаги. На рисунке 33 показана красивая чаша без дренажа с нарциссами.

Асбоцементные ящики для цветов вполне приемлемы на стенах или балконах, но они не годятся для комнатного использования. В продаже

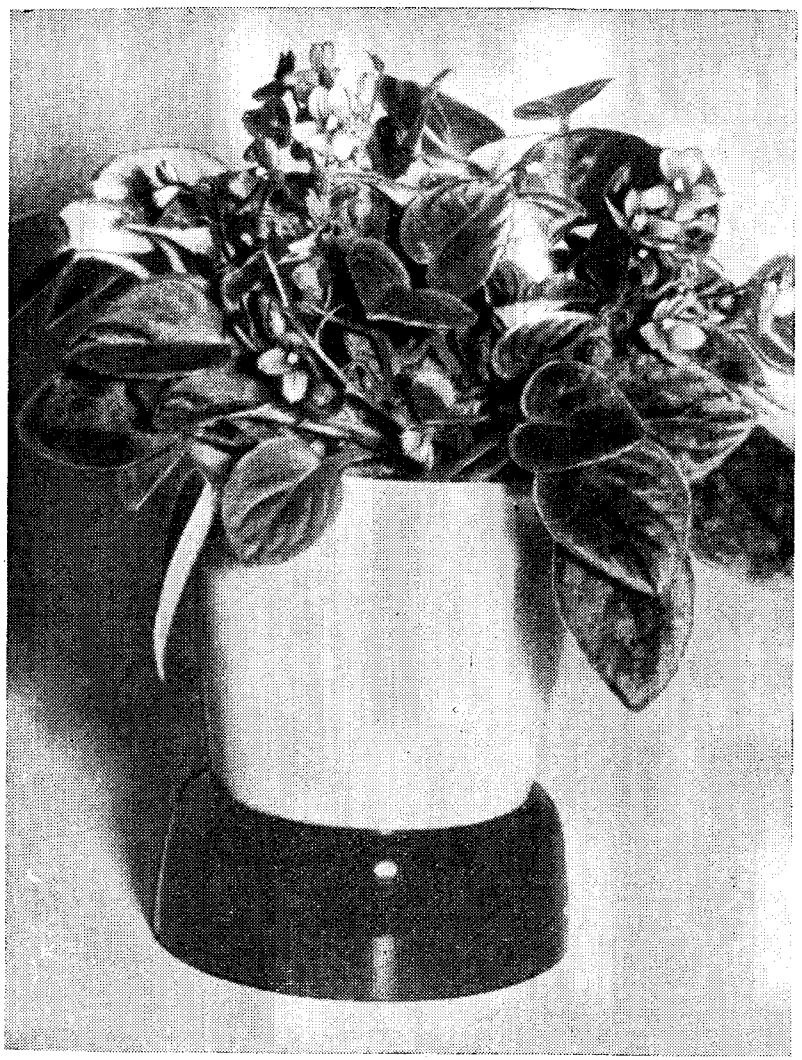


Рис. 31. Африканская фиалка в автопитающем горшке. В нижний резервуар наливают питательный раствор, который поступает к корням растения по капиллярам фитиля из стеклянного волокна. Такой горшок с комнатными цветами можно надолго оставлять без ухода.

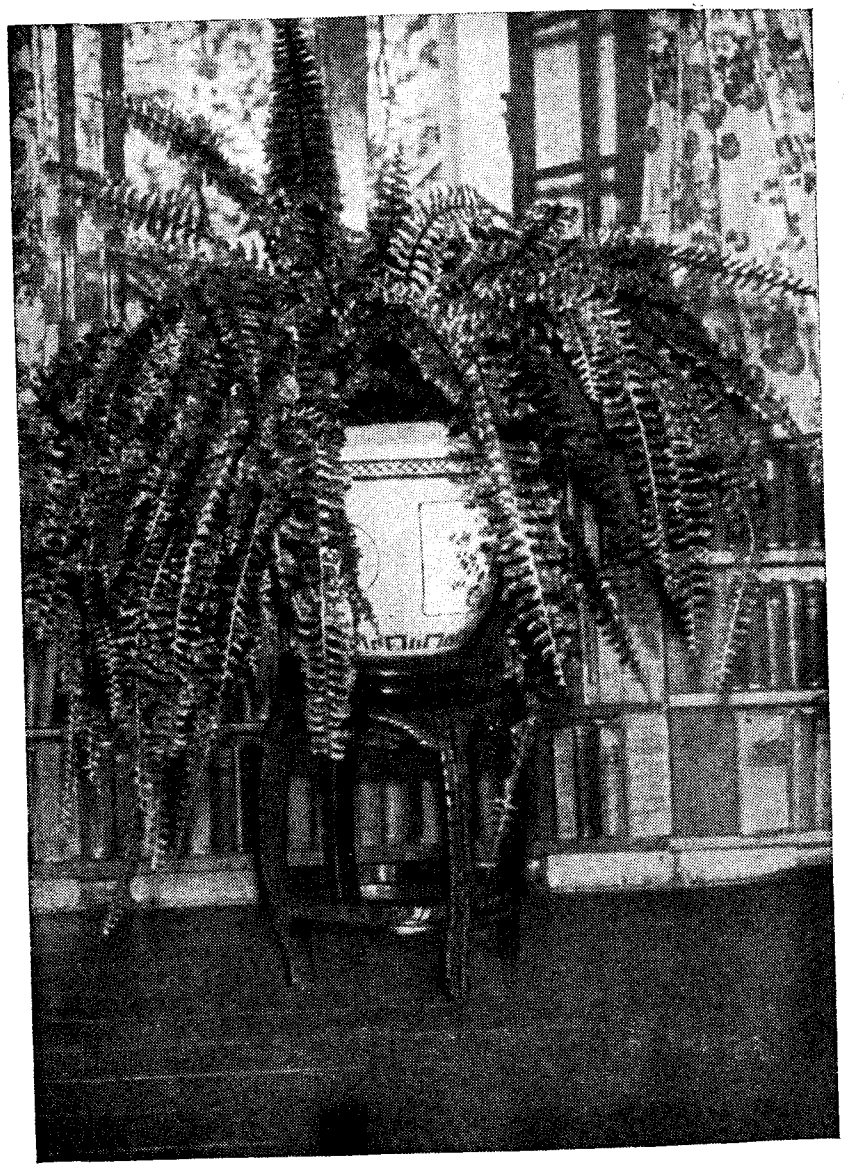


Рис. 32. Папоротник предпочитает поддонное питание и полив снизу. На дно красивой китайской вазы положен кирпич, на который поставлен эверитовый горшок. Раствор наливают в вазу и папоротник получает питание снизу.

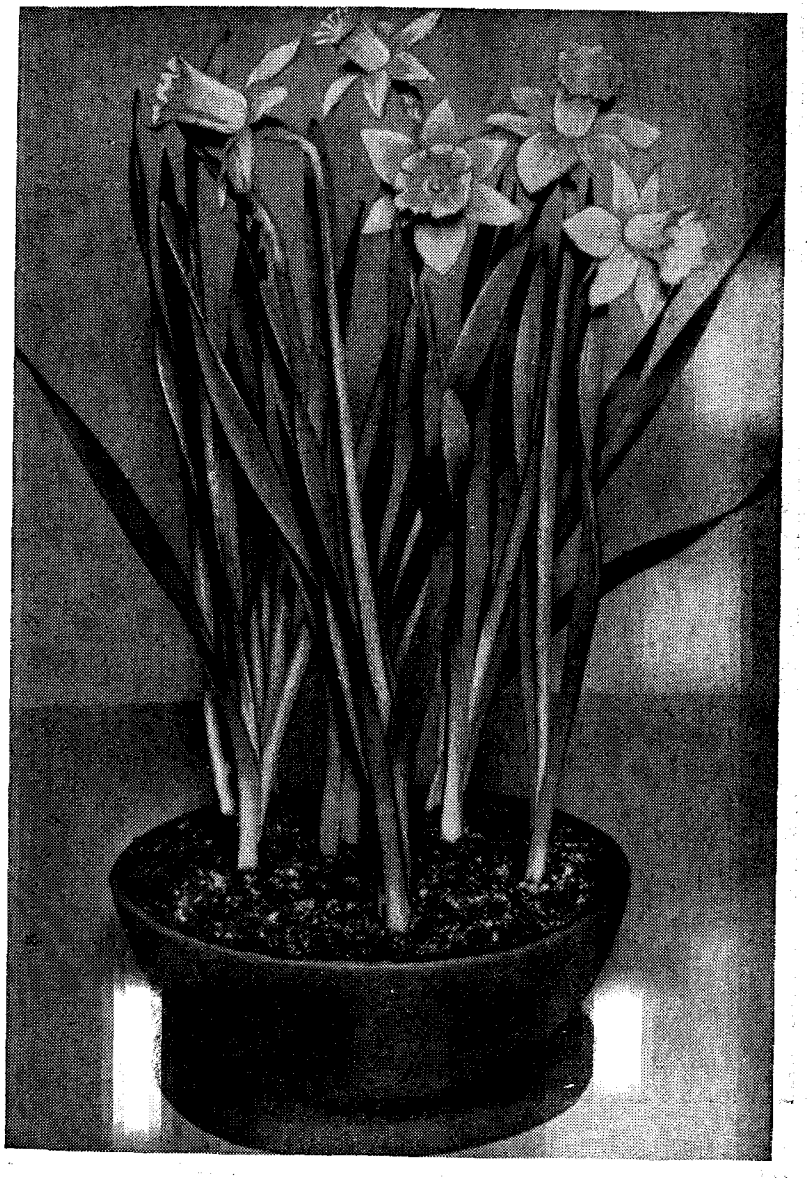
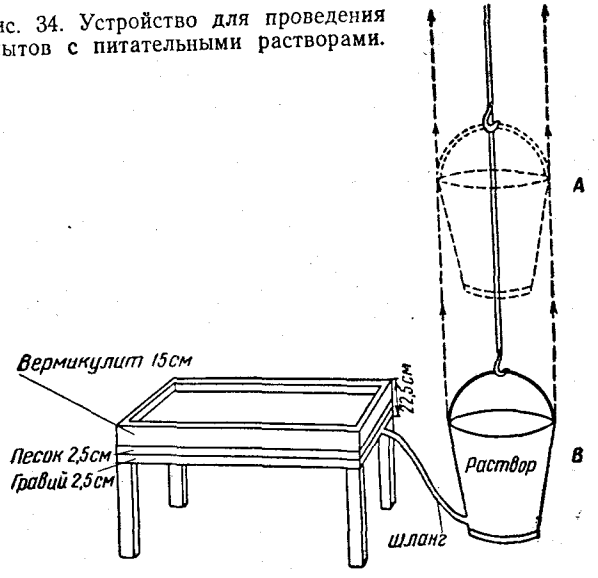


Рис. 33. Чаша с желтыми нарциссами в вермикулите.

имеются очень красивые ящики из дерева и железа. Внутрь этих ящиков устанавливают ящики из эверита и таким образом получается значительно лучший внешний вид. Описанные приспособления очень хороши для выращивания папоротников, колеуса и других нецветущих растений.

Устройство, работающее под действием силы тяжести. Система, изображенная на рисунке 34, является идеальной для проведения опытов,

Рис. 34. Устройство для проведения опытов с питательными растворами.



в которых поддерживают оптимальную величину pH и следят за концентрацией элементов питания в растворе. Ящик глубиной 22,5 см стоит на четырех ножках. В дно ящика вставлена металлическая трубка, на которую надевают резиновый шланг. В обычное ведро на высоте 5 см от его дна впаивают трубочку, на которую надевают второй конец резинового шланга. Питательный раствор наливают в ведро и вешают его на крючок в стене или в специальной рейке на высоте 1,8 м. Как только ведро опорожнится, его ставят на пол и неиспользованный раствор стекает из ящика в ведро. Количество раствора, наливаемого в ведро, должно быть достаточным для насыщения корневого субстрата.

Трехъярусная подставка, показанная на рисунке 35, сделана из труб и оцинкованного железа. С правой стороны верхнего ящика видна трубка, через которую питательный раствор по шлангу поступает во второй и третий ящики. В таких ящиках на балконе можно выращивать шпинат, салат, редис, зеленый лук, фасоль и даже картофель.

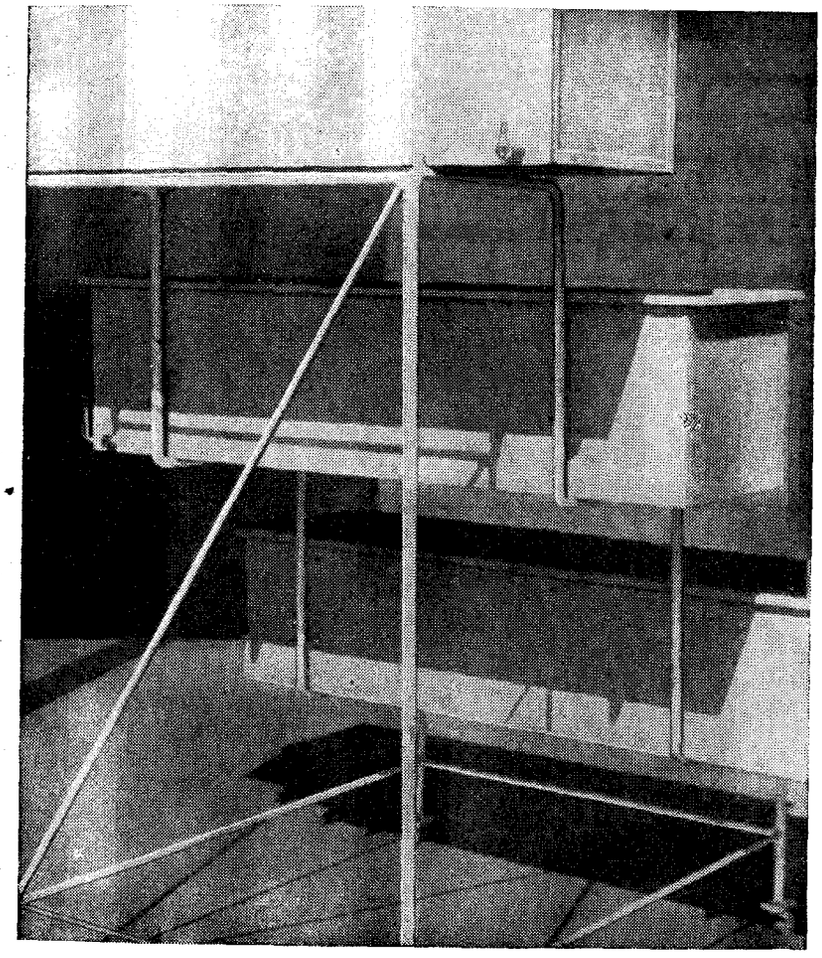


Рис. 35. Трехъярусная подставка для выращивания разных культур на балконе.

ПРОИЗВОДСТВО ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ГИДРОПОННЫМ СПОСОБОМ

Хорошо известно, что качество масла, получаемого из эфиромасличных растений, например из мяты и лаванды, сильно зависит от типа почвы и погодных условий. Путем тщательного подбора питательной смеси и оптимального pH можно влиять на качество эфирного масла. При обычной агротехнике большую роль играет борьба с сорняками, которые могут ухудшить качество эфирного масла культурного растения. На гидропонных грядах не бывает сорняков, растения можно срезать и оставить на месте до момента отправки на завод.

В засушливых местностях, где для полива используют ионизированную воду, ветрозащитные полосы нужно создавать также из эфиромасличных кустарников. Для Южной и Юго-Западной Африки очень подходит *Leptospermum citratum* — один из видов чайного куста из Австралии. Как только кусты достигнут высоты 1,5 м, их можно подстригать ежегодно, как обычную зеленую изгородь. Все обрезанные ветви используют для перегонки и получают масло, которое легко находит сбыт в мыловаренной промышленности. Содержание масла составляет 1—1,5%, а само масло содержит 75—85% цитральальдегидов, которые при расщеплении дают 50% цитраля и 35% цитронеллаля.

В гидропонных условиях хорошо развиваются следующие четыре вида мяты: *Mentha piperita* — мята перечная, *Mentha arvensis* — мята полевая, *M. spicata* — мята зеленая, *M. pulegii* — мята болотная. Эфирное масло первого из этих видов широко используют для приготовления первоклассных сладостей и ликеров. Масло второго вида применяется в фармацевтической промышленности для составления смесей против кашля, для приготовления ментола. Масло третьего вида необходимо для производства жевательной резины, четвертого — для фармацевтической промышленности. Обычная гидропонная гряда дает 450 г эфирного масла, что соответствует 112 кг масла с 1 га.

Установлена возможность гидропонной культуры: укропа, кориандра, фенхеля, герани, ветиверии, золотарника и тысячелистника, которые также дают эфирные масла.

Эфиромасличные культуры выращивают методом сухих подкормок. Поддоны делают высотой в один кирпич над поверхностью земли. Глубина траншеи обычно составляет не менее 30 см. Перед заполнением поддона песком и вермикулитом проверяют качество дренажа. Гравий, камень и другие материалы непригодны для выращивания эфиромасличных растений методом сухой подкормки.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

В вермикулите прекрасно развиваются корни растений, поэтому может оказаться рентабельной промышленная гидропоника лекарственных растений, выращиваемых ради корней. Опыты показали, что белладонна, ипекакуана, аконит, эфедра, горечавка, одуванчик, имбирь, *Jateorhiza columba* и куркума дают в гидропонных условиях хорошие урожаи. Горечавку используют в составе лекарств чаще других корневых лекарственных растений. Настой из корней горечавки вводят в горькие тонизирующие средства. Она прекрасно растет на гидропонных грядах и дает высококачественные корни. То же самое можно сказать о *Jateorhiza columba*, которая происходит из Восточной Африки.

У таких растений, как дурман, белладонна, наперстянка, используются листья. Дурман встречается в виде сорного растения во многих частях Южной Африки, а при культуре дает хороший денежный доход. Мне кажется, что пустынные местности можно по лицензии при строгом контроле использовать для выращивания культур, дающих наркотики, например опиум. Урожай, собираемый с единицы гидропонной площади, отличается большим постоянством и может сам по себе служить контролем.

Растения, цветы которых используются в лекарственных целях, например римская и далматская ромашки, также дают хорошие урожаи в гидропонных условиях.

Регулируемое питание и оптимальный pH позволяют получать лекарственные растения, точно удовлетворяющие предъявляемым к ним специфическим требованиям. Например, при гидропонной культуре белладонны и других алкалоидных растений удается на 20% повысить содержание алкалоидов по сравнению с количеством их в растениях, выращенных в почве.

ПРЯНЫЕ ТРАВЫ

Все описанные ниже растения очень хорошо растут в гидропонных условиях. Многие из них дают урожаи, которые позволяют перейти к промышленной культуре. Родина большинства используемых в наше время пряных трав находится на берегах Средиземного моря и на территории

восточнее Средиземного моря вплоть до Индии. Это страны с жарким климатом, поэтому посевы пряных трав следует располагать на солнечных местах.

Мята. Обычно культивируют зеленую мяту, но если имеются корни, лучше выращивать круглолистную мяту *(M. rotundifolia)*. Выведенный Боуэлсом сорт круглолистной мяты мало известен, но он далеко превосходит все другие сорта, так как он обладает прекрасным запахом, большой мощностью роста и высокой устойчивостью к ржавчине. Растения этого сорта быстрее высыхают, а листья лучше сохраняют зеленую окраску. Мяте нужно много влаги, поэтому лучшей средой для нее являются вермикулит или торф, которые следует всегда поддерживать во влажном состоянии.

Размножают мяту делением корней. Корни укладывают горизонтально в бороздки глубиной около 5 см. Площадь питания 23×23 см. Каждые два года в гряды высаживают новые корни. Когда растения начинают отмирать на зиму, нужно срезать всю зеленую массу, засыпать оставшиеся в почве корни 5-сантиметровым слоем вермикулита и уплотнить его. Кроме того, гряды нужно накрыть полиэтиленовой пленкой, прижав ее кирпичами.

Мяту можно продавать в свежем виде или после сушки. Один из моих друзей готовит из мяты желе. Для получения литра желе нужно взять 75 г сухой мяты, которую кладут в мешочек из муслина и завязывают его. Мешочек привязывают к ручке кастрюли, чтобы он не опустился на дно. Мяту кипятят в воде на медленном огне примерно 30 минут. К полученному крепкому экстракту добавляют равный объем сахарного сиропа (0,5 кг сахара на 0,5 л воды). В экстракт добавляют также яблочный сок. На 0,5 л экстракта требуется 1,5 л яблочного сока. Смесь доводят до кипения, снимают с нее пену и разливают в бутылки или банки.

Шалфей. Трудно даже себе представить, какое огромное количество шалфея расходуется во всем мире. Это полудеревянистый вечнозеленый кустарник высотой 60—120 см. Целесообразно возобновлять его посадки каждые четыре года. Площадь питания 45×45 см. Лучше всего размножается черенками, которые укореняются в песке.

Листья верхней части побегов сразу после цветения отличаются высоким качеством. По мере приближения зимы качество листьев ухудшается. В это время следует обрезать растения на высоте 15 см от поверхности субстрата. Растение выдерживает морозы до 27° ниже нуля, но плохо переносит продолжительные холодные ветры.

Наиболее широко распространен в культуре вид *Salvia officinalis* с пурпурными цветами. Для размножения следует отбирать широколистные формы. Выращивают также далматский белоцветковый и розовоцветковый шалфей. Максимальный урожай получают на третий год культуры. Две срезки в год дают от 4 до 6 т сухих листьев с 1 га. Шалфей

культивируют в грядах с боковыми стенками, но без дна и дают ему сухую питательную смесь.

Чабрец часто продают в смеси с другими пряностями. Он очень похож на шалфей, но стебель у него круглый, а у шалфея квадратный. Чабрец достигает высоты 15 см. Множество мелких темно-зеленых листьев формируется на тонких деревянистых стеблях. Он вегетирует в течение круглого года. Гряды выглядят очень красиво, потому что растения бывают обычно одного размера. Площадь питания 15×15 см. Размножают чабрец семенами, а также делением кустов. Нельзя собирать в один прием слишком много листьев с одного растения, так как это может задержать его рост.

Эстрагон может расти на открытом месте, однако он предпочитает частичное затенение, поэтому над грядами должны быть укрытия. Эстрагон имеет мясистые корни и размножается прикорневыми розетками. Если корневая среда слишком влажная, розетки начинают гнить. Полив нужно проводить так, чтобы корни получали достаточно воды, а поверхность гряд не была влажной.

Розетки делят в конце лета или ранней весной. Если растения не обрезать сильно каждый год, они теряют свои вкусовые качества. По тем же соображениям следует делить растения раз в три года.

Для сушки побеги срезают два раза в год. После высушивания листья обшмыгивают со стеблей и просеивают, чтобы удалить мелкие веточки.

Очень популярен эстрагонный уксус, представляющий собой настой зеленых листьев без стеблей в белом уксусе. После настаивания в закрытой бутыли в течение 10—14 дней уксус процеживают, переливают в бутыли и закупоривают.

Сушка пряных трав. Листья пряных трав ни в коем случае нельзя сушить на солнце.

В сушильне должен постоянно циркулировать воздух. Для выхода нагретого воздуха на торцевых стенках сушильни делают фрамуги. Лучше всего вести сушку при 32—38°. Более высокая температура обеспечивает сохранение зеленой окраски. Хорошо работают коксовые печи медленного горения. Труба печи должна быть выведена через крышу сушильни. Нефтяные печи могут придать плохой запах высушиваемому материалу. На рисунке 36 дан схематический план сушильни.

Стены сушильни делают из кирпича, крышу — из шифера, а пол — из досок. Сушильня должна быть высокой. Очень хороши следующие размеры: длина 12 м, ширина — 6 м и высота — 4,5 м. Окна необходимо затянуть москитными сетками, чтобы ограничить проникновение света, иначе листья будут терять естественный цвет.

Травы сушат на лотках, то есть деревянных рамах, затянутых сетчатой тканью. Очень хорошо вместо ткани использовать пористые полимерные материалы, из которых делают укрытия для поддонов. Такой полимер, как нейлон, обладает большой прочностью и служит несколько лет. На углах рамы (90×120 см) должны быть прочные ножки.

Лотки устанавливают на стеллажи вдоль обеих стен сушильни. **Стеллажи** делают из реек диаметром 5 см. Расстояние между лотками

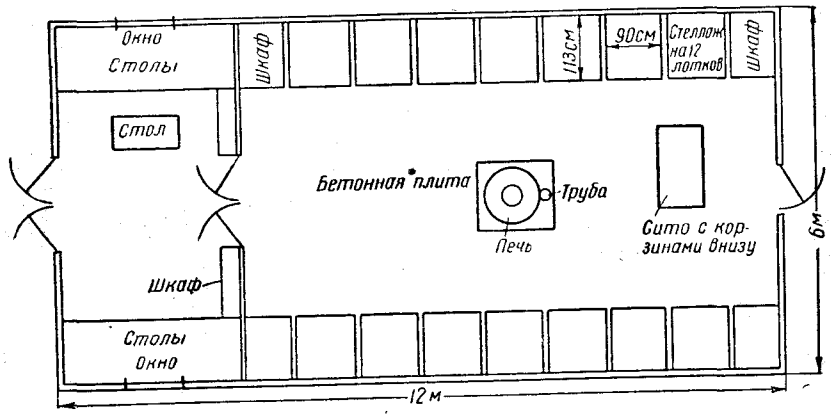


Рис. 36. Схематический план сушильни для пряных трав.

по вертикали составляет 23 см. Экономически выгодно сооружать стеллажи, на которых можно установить 12 лотков. На каждом лотке высушивают примерно 1,4 кг трав. Стеллажи делают шириной 113 см, чтобы лотки были шире стеллажей. Это облегчает установку и выемку лотков.

Сушка должна продолжаться 4—6 дней. Массу следует ежедневно переворачивать и каждый день менять место лотков. Для перемешивания массы следует слегка ударить 2—3 раза по ткани, натянутой на лотки. О готовности материала судят по хрупкости стебельков. Если они ломаются, значит травы высохли, а если сгибаются — сушка еще не окончена.

Высушенные травы нужно хранить так, чтобы они не поглощали влагу. Желательно хранить их в непроницаемом для влаги помещении. Мешки с травами надо подвешивать, а не ставить на пол. Ароматические травы следует хранить не более нескольких месяцев.

Пряные травы обычно продают в сухом измельченном виде. Для измельчения пользуются соломорезкой. Кулинарные приправы часто пропускают через решета для удаления стебельков и т. п.

ВЫРАЩИВАНИЕ СЕМЯН

Гидропоника дает возможность семеноводам регулировать многие факторы роста и развития растений. Например, на гидропонных грядах нет сорняков, почвенных вредителей. В течение всей жизни растения находятся в оптимальных условиях. Если замечена особенно интенсивная окраска цветов, растения можно держать на гряде до полного созревания семян и таким образом улучшать породные качества сортов.

В начале развития гидропоники предполагали, что таким способом нельзя получить хороших семян. Теперь доказано, что опасения совершенно не имеют оснований. В опытах сравнивали семена помидоров, выращенные в песчаной культуре, с семенами растений почвенной культуры. В первом опыте в вегетационных сосудах происхождение семян нисколько не влияло на урожай, число товарных плодов и их качество. Второй опыт был проведен на небольших грядах в теплице. В опыте было четыре пары гряд. В одну из каждой пары гряд насыпали стерилизованную почву, а в другую — песок.

В почву внесли основное удобрение при набивке гряд, кроме того, в течение вегетационного периода растения подкармливали. В грядах с песком растения поливали питательным раствором вручную. Для посева использовали два вида семян — обычные покупные, полученные с растений почвенной культуры, и семена с растений, которые в течение трех последовательных поколений росли в песке. На каждой гряде находилось 12 растений. В песке растения развивались очень хорошо и не отличались ни мощностью роста, ни продуктивностью от растений почвенной культуры.

Есть много дорогих семян, которые можно значительно дешевле выращивать в гидропонных условиях, чем в почве. Из таких семян следует назвать семена цикламенов, примулы, лютика, кальцеолярии, цинерарии и фреезии.

ВТОРАЯ ЧАСТЬ

АГРОТЕХНИКА

Субстраты. В местностях с небольшим количеством осадков и высокими температурами можно рекомендовать вермикулит, если транспортировать его приходится не более 160 км. В тропиках и субтропиках с высокими температурами и сезонными ливнями над поддонами должны быть укрытия. Если нет укрытий, в качестве субстрата используют смесь из равных объемов вермикулита и острого речного песка. Конечно, желательно над всеми грядами иметь укрытия, так как они обеспечивают примерно 15%-ное затенение, что благоприятно влияет на растения.

При умеренных температурах и значительных осадках вермикулит можно использовать только в защищенном грунте. В этих условиях рекомендуется смесь из одной части вермикулита и двух частей острого речного песка или гравия. Для решения вопроса о корневом материале важно также знать, каким количеством воды располагает хозяйство. При недостатке воды нужно добавить к субстрату вермикулит, чтобы уменьшить расход воды. Можно также использовать торф, но в правильном соотношении с песком.

Толщина слоя субстрата. Стандартный поддон имеет глубину 23 см. Если в качестве субстрата служит вермикулит, в поддон насыпают 2,5-сантиметровый слой щебня, 2,5-сантиметровый слой песка и 15-сантиметровый слой вермикулита. Если в качестве субстрата используют песок, то сначала насыпают 5-сантиметровый слой щебня, а сверху 15-сантиметровый слой песка. Субстратом может служить также один гравий (слой толщиной 20 см).

Для всех растений, кроме гвоздики, песок должен проходить через сито с отверстиями 1,6 мм и оставаться на сите с отверстиями 0,8 мм. Для гвоздики надо брать песок, проходящий через сито с отверстиями 0,8 мм. Мраморная крошка, гравий и галька должны проходить через сито с отверстиями 12,7 мм и удерживаться на сите с отверстиями 8,5 мм.

Рыхление поверхности. Вермикулит постепенно оседает и через 2—3 месяца, особенно при сильных ливнях, его глубина не превышает 10 см.

В поддон нужно добавить вермикулит, чтобы образовался плотный 15-сантиметровый слой. После сильного дождя поверхность вермикулита уплотняется, и ее следует слегка взрыхлить. При плохой аэрации в вермикулите начинают развиваться водоросли. Сосущие корни многих растений, в частности помидоров, сосредоточены в поверхностном слое; при глубоком рыхлении они могут быть повреждены. Все обычные огородные инструменты слишком грубы для рыхления вермикулита. Практика показала, что лучше всего пользоваться обычной столовой вилкой.

Рост водорослей на поверхности гряд. Появление водорослей в виде зеленого налета служит первым признаком избыточного увлажнения субстрата. Аэрация корневой среды, теплая погода и понижение уровня воды сразу же приводят к исчезновению водорослей. Этому содействует также легкое рыхление, если субстратом служит вермикулит. Цветоводам, использующим для выращивания гвоздики мелкий песок, всегда приходится бороться с водорослями, потому что песок медленно пропускает воду и воздух. Однако в последние годы эта проблема разрешена очень простым способом — на поверхность гряд стали насыпать 2,5-сантиметровый слой гравия. После уборки растений гравий оказывается смешанным с песком, но их можно разделить при помощи сита. Даже рекомендуется извлечь песок и гравий и хорошо промыть их перед наполнением поддона для следующей культуры.

Срок службы субстратов. Вермикулит частично теряется при уборке урожая, а также выдувается ветром из открытых поддонов. Все же в Южной Африке успешно используют вермикулитовые гряды, устроенные 10 лет назад. Необходимо только ежегодно добавлять в них слой вермикулита толщиной 2,5 см. Пористые гранулы вермикулита со временем разрушаются, поэтому сейчас часто применяют смесь из равных объемов вермикулита и острого речного песка. В передовых хозяйствах старый вермикулит смешивают с новым в равных количествах. Кроме того, сверху засыпают новый вермикулит.

В субстратах, содержащих кальций (например, гравий и песок), первый период трудно поддерживать оптимальный pH, потому что кальций образует нерастворимые фосфаты. После того как частицы покроются оболочкой из нерастворимых фосфатов и pH станет устойчивым, гравий и песок можно использовать многие годы.

После уборки растений в грядах всегда остаются корни, поэтому в конце каждого года рекомендуется вынимать субстрат из гряд и хорошо промывать его водой, pH которой должен быть доведен до 6. Одновременно надо просеять субстрат. Вермикулит промывать не следует, достаточно высушить его, после чего оставшиеся корни легко извлечь граблями.

Посадка растений. Чтобы рентабельно вести хозяйство, нужно использовать поддоны почти круглый год, лишь на короткий срок оставляя их без растений. Экономически нецелесообразно высевать семена непосредственно в гряды. Срок выращивания каждой культуры можно значительно сократить путем использования рассады, которая должна быть готова ко времени уборки предшествующей культуры. Это, конечно, не относится к таким растениям, как фасоль, горох, картофель, шпинат, свекла, морковь, которые сеют непосредственно в гряды.

В вермикулит семена высевают немного глубже, чем в почву, потому что он очень легкий. Рассаду, луковицы и клубни сажают в ямки, сделанные посадочным колом, и хорошо уплотняют вокруг них субстрат. Первое время в Гленхейзеле (ЮАР) семена высевали на поверхность вермикулита. При этом легко было проверить работу сеяльщиков. Затем семена вдавливали в вермикулит указательным пальцем на требуемую глубину. Однако через сутки все семена оказывались на поверхности вермикулита. Их снова вдавливали, но на следующий день случалось то же самое. В вермикулите создавались воздушные карманы, которые, действуя подобно поршню, вытесняли семена на поверхность. Поэтому для семян нужно делать ямки посадочным колом и засыпать семена вермикулитом.

Площадь питания. Гидропоника — это интенсивная система растениеводства, при которой растения непрерывно должны получать усвояемые питательные вещества и оптимальное количество воды. На грядах не нужно оставлять места для прохода машин по уходу за посевами и посадками. Благодаря всему этому можно размещать растения со значительно меньшими, чем обычно, площадями питания. Но все же следует помнить, что для хорошего роста и развития растениям требуется свет и воздух. При слишком загущенных посевах урожай снижается.

Площади питания уже указывались при рассмотрении отдельных культур (стр. 32). В общем можно сказать, что в гидропонных условиях растения размещают вдвое гуще, чем на почве. Факторами, определяющими густоту посева, является достаточная обеспеченность светом и воздухом. Если посев слишком загущен, то нижние листья становятся хлоротичными, потому что им не хватает света для образования хлорофилла.

Рассада. На гидропонные гряды рекомендуется высаживать рассаду, выращенную гидропонным способом. Выращенную в почве рассаду перед посадкой на гидропонные гряды следует тщательно промыть теплой водой, чтобы на корнях не оставались частицы земли. Вместе с почвенной рассадой можно занести в гряды нематод.

Благодаря тому, что в вермикулите у растений развивается прекрасная корневая система, я рекомендую выращивать рассаду в нем, даже если для набивки остальных поддонов используется другой субстрат (рис. 37). Рассаду таких растений, как помидоры и гвоздика, надо

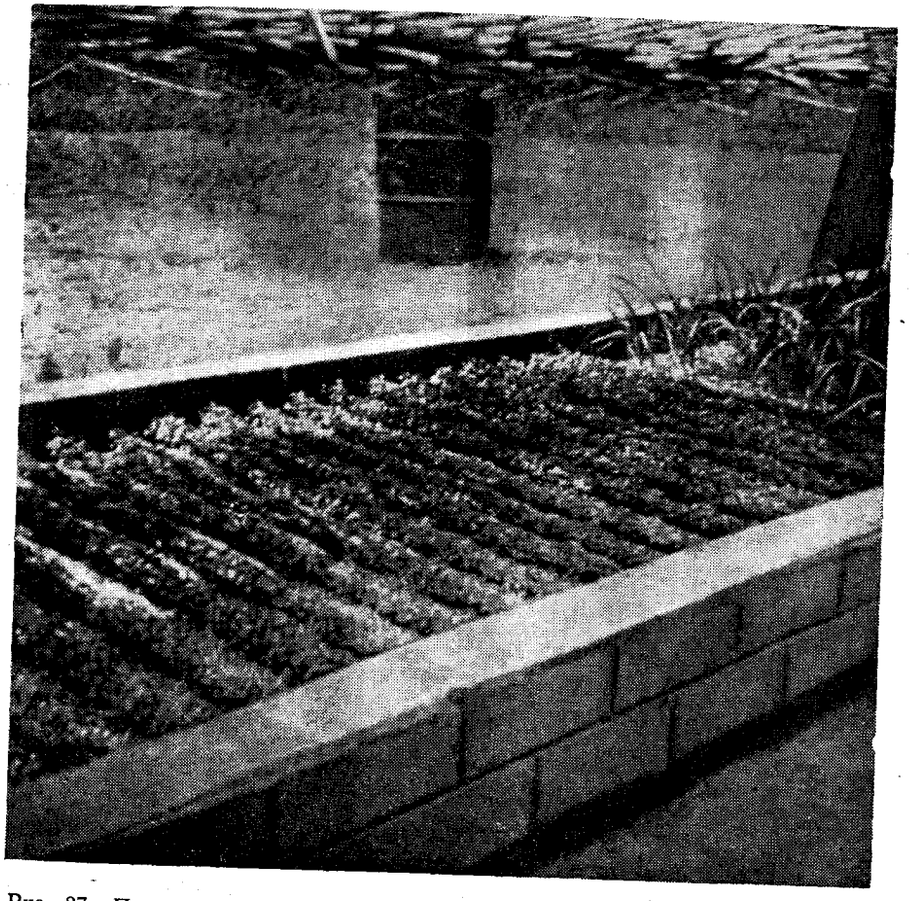


Рис. 37. Поддон с вермикулитом, на котором получают лучшую рассаду, чем на других субстратах.

выращивать в отдельных горшочках, так как при посеве на гряды корни этих растений переплетаются и могут быть повреждены при выборке рассады. Горшочки можно изготовлять из прочной бумаги, которая выдерживает нормальный полив до высадки рассады на постоянное место. При посадке горшочки не удаляют. Почвенные бактерии разрушают бумагу. Однако в вермикулите бумага сохраняется довольно долго. Поэтому желательно рассаду помидоров держать в горшочках до тех пор, пока корни не образуют ком с вермикулитом. После этого растение с

комом легко вынуть из горшочка и высадить в гряду. Никакой задержки роста не происходит (рис. 38).

Полив и подкормка, возможно, играют наиболее важную роль в успешной культуре растений гидропонным способом. В целом можно сказать, что успех гидропоники на 90% зависит от достаточно хорошего общего знакомства с агротехникой.

Многие люди, зная, что слово гидропоника означает «работа с водой», по-видимому, внушили себе, что при гидропонной культуре растений необходимо как можно чаще подкармливать и поливать их. Один гидропонист не мог понять, почему растения плохо росли у него, несмотря на то, что он подкармливал их раз, а иногда и два раза в день. Чтобы обеспечить растения водой, он закрывал выпускное отверстие и насыщал вермикулит водой в течение всей ночи. Такой уход и помешал хорошему росту растений.

Для нормального роста необходимо обеспечить доступ воздуха к корням. Никогда не следует забывать, что вермикулит удерживает воду, как губка, и поглощенная им вода доступна растениям. Как только запасы ее истощились, внешний вид растений начинает меняться. Если же растения здоровы и растут хорошо, их следует оставить в покое. Необходимо, конечно, принимать во внимание климатические условия. Если растения в 9 часов утра выглядят нормально, а к полудню температура может достигнуть 38°, то не исключено, что к 3—4 часам дня растения завянут. В этом случае лучше наполнить поддоны водой примерно в 11 часов утра.

В тропических районах вермикулитовые гряды зимой полностью насыщают водой один раз в неделю, весной и осенью — один раз в три дня, а летом — каждый день или дважды в день. Если субстрат не обладает водоудерживающей способностью, система полива должна быть совершенно иной. Песок удерживает больше воды, чем гравий. При набивке поддонов такими материалами следует предусматривать полив подтоплением. При этом способе питательный раствор подают в таком количестве, чтобы он примерно на 1,3 см не дошел до поверхности гряды. Через 15 минут открывают выпускное отверстие и раствор уходит в приемник. В процессе полива происходит также смена воздуха в корневом слое. Сроки подкормок и полив растений, развивающихся на песке и гравии, зависят от климатических условий.

Очень полезно вести учет поливов, который позволяет установить приблизительный годовой расход воды на единицу площади, а также выявить периоды максимального и минимального расхода воды. В контрольных опытах было установлено, что средний расход воды на стандартную вермикулитовую гряду площадью 21 кв. м равен 45 л в сутки. В середине лета расход воды составлял 360 л, а в зимние месяцы всего 4,5 л в сутки.

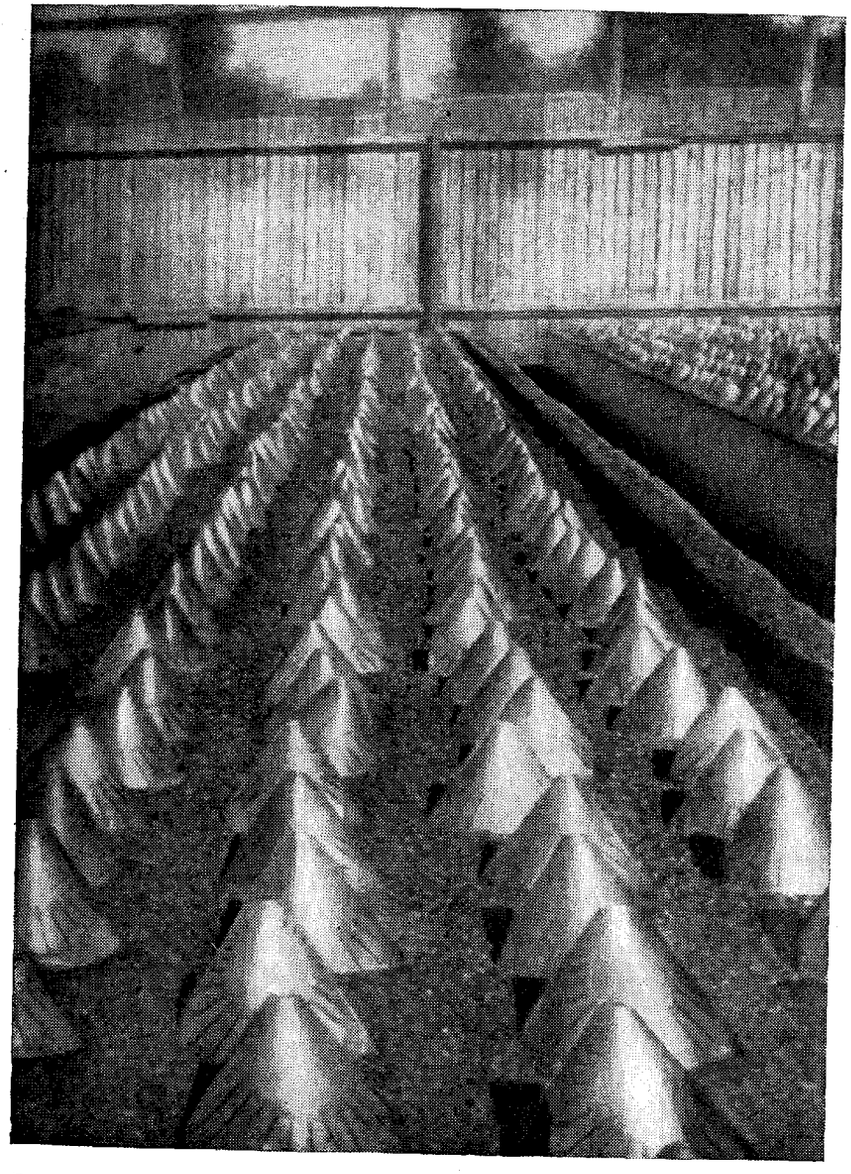


Рис. 38. Первые дни после посадки на постоянное место рассаду защищают от солнца и ветра колпаками из пленки.

Для любителей, имеющих всего один или два поддона, можно рекомендовать следующий простой способ полива. В верхнем конце гряды устанавливают питающий бак емкостью 200 л, а в нижнем конце — такой же бак для приема раствора.

При набивке поддонов вермикулит полностью насыщают питательными веществами. Поэтому если в гряду подать 180 л питательного раствора, то столько же раствора должно поступить в приемник. Разность между количеством поданного раствора и количеством поступившего в приемник раствора означает расход воды на испарение растениями и с поверхности гряд. Иногда в жаркие летние дни питательный раствор вовсе не стекает в приемник. В этом случае нельзя установить, сколько воды было использовано растениями и сколько потеряно. Поэтому необходимо подавать воду с оптимальным pH до тех пор, пока в приемнике не наберется 180 л раствора. Это означает, что вермикулит снова насыщен водой.

Вермикулит поглощает не только воду, но и химические вещества, поэтому его нужно насытить ими перед высадкой первой культуры.

Перед началом полива питательным раствором нужно закрыть выпускное отверстие и держать его закрытым еще 30 минут после того, как в гряду поступит последняя капля питательного раствора. Затем отверстие открывают и спускают раствор в приемник. После перекачки в питающий резервуар объем раствора доводят до 180 л, а один раз в неделю в него добавляют минеральные удобрения.

В больших хозяйствах резервуары должны вмещать двойное количество раствора, необходимого для насыщения гряд, учитывая максимальный расход воды в периоды наибольшего испарения.

В промышленных гидропоникумах питательный раствор анализируют по крайней мере один раз в неделю и доводят содержание отдельных элементов, а также pH до заданного уровня. Если содержание фосфатов поддерживают на уровне 90 мг/л и оно никогда не опускается ниже 65 мг/л, то pH характеризуется относительной устойчивостью. При добавлении фосфатов поддерживается устойчивая реакция раствора (pH) примерно на уровне 6.

После осадки субстрата нужно проверить дренаж гряд, так как он играет существенную роль. Нельзя перекармливать растения. При наличии пыли в воздухе устьица могут оказаться закупоренными. Поэтому желательно ежедневно опрыскивать растения очень тонко распыленной простой водой. На стандартную гряду достаточно израсходовать немногим более 1 л воды.

Смена питательного раствора. При небольших поддонах состав питательной смеси сильно зависит от выращиваемой культуры. Фасоль, например, созревает через семь недель после посева и ее можно выращивать, не меняя раствор. Достаточно один раз в неделю пополнять рас-

твор питательными элементами. Однако при выращивании других растений, например картофеля и помидоров, раствор следует полностью заменить через два месяца. Старый раствор можно использовать для полива садовых культур открытого грунта.

В промышленных гидропоникумах питательный раствор анализируют еженедельно и пополняют необходимыми элементами. Следует помнить, что некоторые элементы поглощаются быстрее, и их надо добавлять в избытке. На определенных этапах содержание отдельных элементов в растворе достигает слишком высокого уровня, что влияет на процесс осмотического поглощения. В этих условиях нужно слить половину питательного раствора и довести оставшийся в резервуаре раствор до требуемого объема простой водой, pH которой должен быть доведен до оптимального для выращиваемой культуры значения.

В последние годы разработаны простые методы химического определения различных элементов в питательных растворах и сконструированы приборы для проведения данных анализов. Если площадь гидропонных гряд составляет 0,4 га или более, необходим полный лабораторный контроль. Анализы описаны в разделе «Химический анализ питательных растворов» (см. стр. 288).

Питающие и приемные резервуары. В большинстве промышленных гидропоникумов устраивают бетонные резервуары, но в индивидуальных хозяйствах для этой цели применяют 200-литровые бочки или металлические баки. Все емкости нужно покрывать двумя-тремя слоями битумной краски, приготовленной на нефтяном, а не на каменноугольном битуме, так как последний может оказать на растения ядовитое действие. Хорошо покрывать резервуары битумной эмульсией флинткот, выпускаемой фирмой «Шелл».

Нельзя забывать, что цемент, песок и щебень, используемые для приготовления бетона, содержат кальций. Если внутренняя поверхность бетонных резервуаров не окрашена, то кальций изменяет pH питательного раствора. Равным образом нужно окрашивать также бетонные поддоны. Как правило, в промышленных гидропоникумах резервуары и металлические баки красят каждый год.

Стерилизация гряд. Одно из крупных преимуществ гидропоники по сравнению с почвенной культурой заключается в том, что она позволяет немедленно принять меры против бактериальных и грибных болезней и через двое суток поддоны снова готовы для растений. Есть два хороших способа стерилизации. Легче всего стерилизовать гряды формалином. Один литр 40%-ного формалина разводят в 100 л воды. Для обработки стандартной гряды (15×1,2 м) требуется 900 л раствора. Питающий и приемный резервуары освобождают от питательного раствора. Формалиновый раствор готовят в питающем резервуаре, который также необ-

ходимо простерилизовать. После того как в поддон будет выпущено 900 л формалинового раствора, гряду покрывают парусиной, брезентом или мешковиной.

Через сутки формалиновый раствор спускают в приемник порциями примерно по 180 л. Каждую порцию держат в приемнике 15 минут. Использованный формалиновый раствор сбрасывают туда же, куда был выпущен зараженный питательный раствор, чтобы обеспечить полную стерилизацию всей системы. Последними 50 л стерилизующего средства тщательно моют приемник и открытые части поддона.

Во время стерилизации желательно повторно окрасить битумной краской питающий и приемный резервуары, добавив к краске скипидар, чтобы ускорить ее высыхание. Гряду промывают водой в течение не менее 8 часов из напорного шланга. Затем поддон наполняют водой, которую спускают на следующий день. После такой обработки можно без всякого опасения высадить в субстрат новые растения и пустить в него питательный раствор.

Второй способ весьма успешно применяется во многих промышленных гидропоникумах. Поддоны стерилизуют натриевыми солями некоторых хлорированных фенольных соединений. В моей практике лучшие результаты дал трихлорфенат натрия. Можно также использовать тетрахлорфенат или пентахлорфенат натрия, но трихлорфенат натрия более токсичен для микроорганизмов и легче вымывается.

Питающий резервуар наполняют водой и добавляют в него 42 г едкого натра на 180 л воды. После растворения NaOH в воду добавляют такое же количество трихлорфената натрия. Раствор перемешивают до полного растворения соли. Готовый раствор выпускают в поддон. Для заполнения поддона нужно пять раз готовить раствор в питающем резервуаре. Стерилизующий раствор должен находиться в поддоне не менее суток. Последние порции выпускаемого из приемника раствора используют для стерилизации открытой части поддона и площади вокруг него.

Питающий резервуар промывают водой, заполняют его чистой водой и добавляют то же количество едкого натра, что и прежде. Аналогичным образом заполняют поддон раствором едкого натра (900 л). Через сутки раствор выпускают, а субстрат промывают 2—3 раза из шланга. Сильной струей промывают также верхний и нижний резервуары. После такой промывки всю систему наполняют чистой водой и оставляют на сутки. Промывку и заполнение водой на срок одни сутки проводят еще три раза. Такая продолжительная промывка необходима потому, что хлорфенаты очень токсичны для растений и ядовиты для человека. С ними следует обращаться очень осторожно. Необходимо надевать резиновые перчатки, при соприкосновении с концентрированными препаратами также маску.

В промышленных хозяйствах хлорфенаты дают хорошие результаты, но на стерилизацию ими уходит около семи дней. С точки зрения безопасности и несложности лучше применять формалин.

В промышленных гидропоникумах одновременно стерилизуют пять поддонов, поэтому сразу готовят 4500 л раствора.

Дожди. В сезон дождей растениям на открытых грядах нужно давать подкормку только при полной уверенности в том, что во время подкормки и выпуска раствора в приемник не будет дождя. Подкормка и выпуск раствора обычно продолжаются около двух часов. Как только раствор стечет в приемник, его сразу же нужно перекачать в питающий резервуар. В промышленных гидропоникумах раствор из поддонов стекает в общий подземный резервуар, который должен быть закрыт, чтобы в него не попадала дождевая вода. После подкормки все выпускные отверстия нужно держать открытыми до следующей подкормки. Благодаря этому после насыщения субстрата весь избыток воды стекает в приемник. Резервуар следует делать вдвое большего объема, чем требуется для питательного раствора.

В период дождей невозможно давать жидкую подкормку, особенно если поддоны набиты вермикулитом. При появлении у растений признаков голодания следует применить сухие подкормки из расчета 16 г на 1 кв. м. Туки рассыпают по поверхности субстрата. Потребность в сухой подкормке возникает очень редко. В местностях с сильными ливнями нужно устраивать над грядами укрытия (рис. 39).

Водоснабжение. Прежде чем принять решение о строительстве гидропоникума любой величины, нужно убедиться в том, что на месте строительства имеется вода (см. раздел «Вода», стр. 353). В небольших хозяйствах желательно иметь запасные цистерны, в которых воду можно доводить до требуемого pH, прежде чем использовать ее для приготовления свежего питательного раствора или для доведения готового раствора до необходимого объема. Если поддон занят одной культурой, pH воды доводят до оптимального значения для этой культуры. Большинство смесей, рекомендуемых в этой книге, обладает буферностью. pH питательных растворов оказывается довольно устойчивым, если не применяют воду со слишком высоким pH. Воду с pH выше 8 следует довести до требуемой реакции в запасной цистерне.

Затраты труда зависят от величины гидропоникума, местных условий и от выращиваемой культуры. Например, в Англии я видел гидропонные теплицы площадью по 5400 кв. м. Одну такую теплицу обслуживали восемь девушек под наблюдением техника. При выращивании гвоздики много труда приходится затрачивать на выщипывание бутонов, а также на сбор и упаковку цветов. После цветения надо вынимать и снова загружать субстрат и затем высаживать новые растения. Для обслуживания теплицы такой же площади с помидорами требуется всего четыре человека. При выращивании таких культур, как картофель, на площади 0,4 га достаточно двух человек, возглавляемых, конечно, техником.

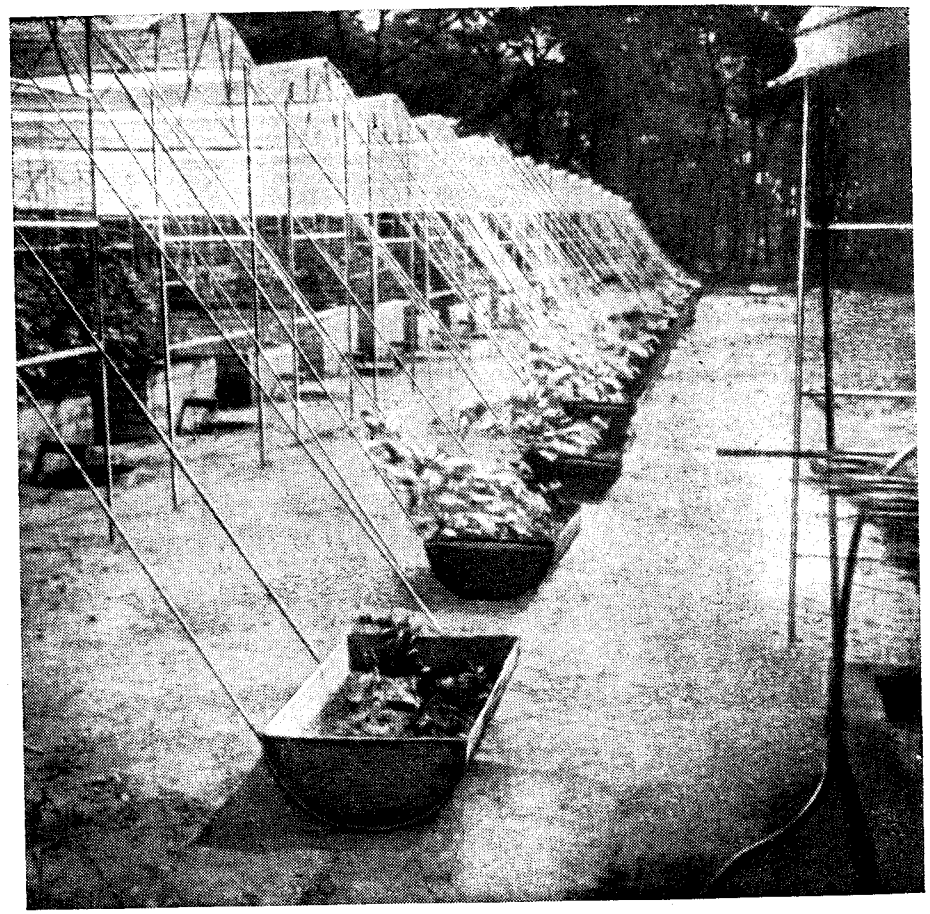


Рис. 39. Пленка между двумя слоями проволочной сетки защищает растения от ливней и яркого солнца.

Если гидропонное хозяйство занимает площадь свыше 2 га, то в напряженные периоды посева и уборки рабочих можно переводить с одной культуры на другую и таким образом несколько сократить общее число рабочих в хозяйстве. При расчетах потребности в рабочей силе нельзя руководствоваться соответствующими показателями обычного

земледелия, так как гидропоника является интенсивной системой растениеводства, при которой урожаи возрастают в 5—20 раз.

Следует принимать во внимание также местные условия. В Африке, например, труд подготовленного рабочего оплачивается значительно дешевле, чем труд женщины в Англии, несмотря на то, что женский труд в этой стране самый дешевый. В континентальной Европе нерентабельна гидропонная культура многих растений, которые успешно выращивают новым способом в других частях света. В настоящее время в крупных гидропонных хозяйствах Европы культивируют только розы, гвоздики и помидоры.

Затраты труда сильно зависят также от степени автоматизации гидропоники. В двух крупных гидропоникумах Швеции и США, в которых автоматически регулируется температура, относительная влажность воздуха, освещение и питание растений, затраты труда значительно снижаются (рис. 40).

Опоры для растений. В разных субстратах, особенно в вермикулите, растения закрепляются корнями несравненно слабее, чем в почве. Поэтому для некоторых культур нужно устраивать опоры. Они крайне необходимы для гладиолусов и помидоров. Не следует ставить опоры внутрь

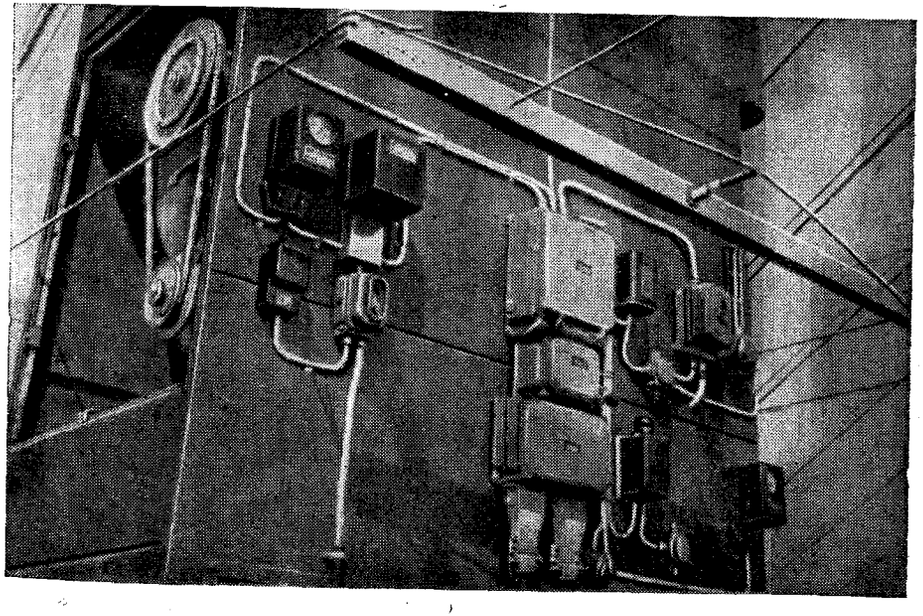


Рис. 40. Щит автоматического контроля в хозяйстве «Электрофлора» (Швеция).

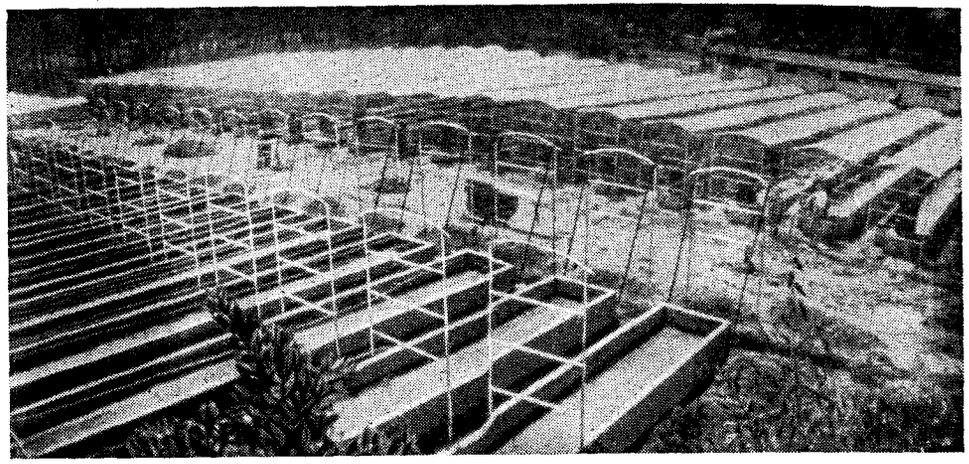


Рис. 41. Общий вид сооружаемого в Замбии гидропоникума.

поддона, так как они затрудняют уход за растениями и занимают ценную площадь.

Для изготовления опор можно использовать любой материал, но в промышленных хозяйствах лучше всего делать металлические опоры, так как они служат очень долго. В индивидуальных гидропоникумах достаточно забить колья по обоим концам поддона и натянуть между ними проволоку. Желательно использовать проволоку, покрытую пластиком, потому что она не ржавеет. Недавно я видел очень большой гидропоникум, в котором вместо проволоки применяли нейлоновую леску. Для подвязки растений гвоздики использовали раффию. Стебель обворачивали раффией дважды и затем ее привязывали к опоре. Таким образом не нарушалось передвижение соков в растении.

Многие гидропоникумы находятся в местностях с ливневыми дождями. Каркасы укрытий здесь могут служить также опорой для растений. В одном районе Замбии, где за три месяца выпадает 1250—1500 мм осадков, укрытия для защиты растений от ливней делают из полиэтиленовой пленки, закрепленной между двумя слоями проволочной сетки (рис. 41).

Хорошо известно, что затенение улучшает рост таких растений, как салат. Во многих местностях с высокими температурами стрелкования салата можно избежать путем затенения растений. Сейчас в продажу поступают полимерные пленки, дающие затенение от 18 до 85%. В тропических и субтропических районах наилучшие результаты получают при выращивании растений под пленкой, дающей 18% затенения.

Во многих частях Южной Африки летние ливни вызывают настолько сильное поражение помидоров фузариозом и черной пятнистостью, что выращивать их без укрытий невозможно. Новый пластик, используемый для затенения, пропускает воду. Однако его можно натянуть на арочный каркас и вода будет стекать в стороны. Мелкие капли, попадающие на растения, не причинят им вреда. См. также раздел «Затенение», стр. 113.

Климатические условия. В последние годы опубликовано большое число работ по беспочвенной культуре растений. Многие считают, что растения можно выращивать в подвалах, темных кладовых, баках круглый год, независимо от климатических условий. Это, конечно, совершенно неверно. Гидропонные растения реагируют на климатические условия так же, как и почвенные растения. Сроки посева и агротехника должны быть совершенно такими же, как и при культуре в почве. Вермикулит обладает термоизоляционными свойствами, поэтому картофель, который обычно не растет в районах с очень жарким климатом, довольно хорошо развивается на вермикулитовых грядах, потому что в зоне клубнеобразования поддерживается относительно невысокая температура.

Свет служит источником энергии для превращения углекислоты воздуха в органические соединения. Скорость фотосинтеза зависит от интенсивности света и уровня обеспеченности растений углекислотой. Вот почему растения развиваются значительно быстрее при ярком солнечном свете.

Солнечная радиация состоит из волн различной длины, и ее обычно делят на три части:

1) ультрафиолетовые невидимые лучи,
2) видимые лучи,
3) инфракрасные, или тепловые лучи.

Разница между перечисленными тремя формами лучистой энергии заключается лишь в длине волн и в цветах спектра, из которых состоят видимые лучи. Сбалансированный свет необходим для максимального развития растений.

В почвенных условиях количество доступной растениям пищи часто зависит от жизнедеятельности микроорганизмов, и площадь питания подбирают таким образом, чтобы каждое растение было обеспечено элементами питания для своего роста и развития. В гидропонных грядах растения в течение всей вегетации имеют в своем распоряжении необходимую пищу; площадь питания определяется лишь двумя факторами — достаточным доступом света и воздуха.

Воздух. Физиологи растений доказали, что основную массу питательных веществ растения получают из воздуха. 40% сухого вещества растений образуется из углекислого газа воздуха. Этот газ и кислород

растения поглощают через устьица листьев. В листьях из них образуются сахара́ и другие углеводы, которыми и питается растущее растение. Значительная часть кислорода проникает в растения в составе воды, поглощаемой корнями. Однако этого кислорода недостаточно. Для успешного роста и развития растений необходима постоянная циркуляция воздуха.

Ветер во многих местностях является серьезной помехой для растений. Субстраты часто бывают легче почвы и поэтому растения закрепляются в них непрочно. Кроме того, сильный ветер может переносить вермикулит из одного конца поддона в другой, оголяя корни или засыпая растения.

В местностях, где дуют сильные ветры, следует очень внимательно выбирать места для поддонов. Эффективность ветрозащитных полос зависит от их высоты. Приблизительно можно принять, что длина защищаемого участка равна четырехкратной высоте полосы. Например, изгородь высотой 1,5 м защищает гряды на протяжении 6 м. Я не сторонник сплошных ветрозащитных полос. Циркуляция воздуха вокруг растений нужна для максимального их роста. Поэтому полосы должны уменьшать его силу, но не преграждать ему дорогу сплошным барьером.

Если поддоны устраивают на площади 0,4 га, то ветрозащитные полосы высотой 2,4 м размещают на расстоянии 9,6 м друг от друга. По бокам участка высаживают деревья. Очень быстро растет и хорошо переносит стрижку тополь. Для низкой изгороди можно применять и бирючину и гибискус, которые растут медленнее, но образуют очень красивые и эффективные ветрозащитные полосы. На побережьи я рекомендую использовать кипарис *(Cupressus macrocarpa)*, который хорошо переносит морской воздух. Изгороди в летние месяцы могут служить опорами для фасоли, которая дает высокий урожай и украшает изгородь яркими цветами.

Затенение. Ряд культур хорошо растет только при затенении, например, салат в летние месяцы. Весной и осенью необходимость в затенении, конечно, отпадает. Затенение сильно удлиняет цветоножки лютиков, так как заставляет растения тянуться к свету. В тропических и многих субтропических районах затенение необходимо особенно в тех случаях, когда поддоны наполняют субстратами, не обладающими поглощающей способностью.

Последние наблюдения показали, что растения всегда лучше растут при умеренном затенении.

В одном гидропоникуме я видел сваренный металлический каркас с поперечинами, на которых закрепляют проволоку для подвязки растений. Основные арочные опоры имеют высоту 2,7 м. На арки натягивают сетку, затем накладывают полиэтиленовую пленку и покрывают ее

сверху слоем сетки. Пленка между двумя слоями сетки выдерживает самые сильные ливни и даже град.

Вредители и болезни. Почвенные вредители практически отсутствуют в гидропонных грядах, а если даже появятся, то их легко уничтожить стерилизацией (см. стр. 106). Болезни, поражающие надземные органы растений, в основном те же, что и в почвенной культуре. Однако следует всегда помнить, что борьбу с болезнями и вредителями нужно вести так, чтобы в вермикулите не накапливались остатки инсектицидов. Для обработки всех культур, растущих в вермикулите, нужно применять опрыскиватель, который очень мелко распыляет препарат и обеспечивает хорошее покрытие листьев при минимальном расходе яда. Растения, у которых используются подземные органы (картофель, морковь, редис, репчатый лук), не следует обрабатывать гексахлораном, потому что овощи приобретают неприятный вкус при варке. На этих культурах лучше применять ДДТ в виде эмульсии или смачивающегося порошка.

Хорошие результаты дает опрыскивание большинства гидропонных культур смесью следующего состава, г:

40%-ный никотин	14
жидкое мыло	57
50%-ный смачивающийся порошок ДДТ (сверхтонкий)	28
хлорокись меди	28
вода до	11,4 л

Жидкое мыло растворяют в кипятке, раствор охлаждают и добавляют в него другие вещества. Смесь хорошо взбалтывают перед употреблением.

Следует помнить одно хорошее правило: профилактика лучше лечения, поэтому нужно регулярно опрыскивать растения, даже если у них нет признаков повреждения насекомыми. В конечном счете профилактические меры обходятся дешевле лечения.

Помимо насекомых, растения в поддонах повреждают муравьи, крысы, мыши, ящерицы и птицы. Против муравьев 5%-ный гексахлоран насыпают вокруг поддонов полосой шириной 5—7,5 см. После соприкосновения с гексахлораном муравьи быстро погибают. К сожалению, дождь смывает гексахлоран, поэтому обработку приходится повторять.

Крысы и мыши уничтожают рассаду, проростки, а также высеянные семена и семена созревающих культур. Помимо мышеловок, крысоловок, ядовитых приманок и кошек, мы успешно использовали укрытия из проволочной сетки с отверстиями 6,3 мм. Сетки натягивали на

деревянные рамы, которые держали на поддонах до тех пор, пока они не мешали росту растений.

Птицы могут создать настоящую угрозу для таких, например, культур, как горох. Эффективным средством защиты оказались вертушки с пластмассовыми лопастями и проволочные сетки.

Собаки и кошки могут нанести культурам большие повреждения. У одного из моих друзей домашний любимец практически уничтожил грядку прекрасно развивающихся растений. Хорошие результаты дает следующий прием. Во время насыщения вермикулита в поддон бросают животное, которое никогда больше не посетит поддон.

Сорняки. Вермикулит — совершенно инертная среда, на которой почти не бывает сорняков. Это экономит затраты труда и, кроме того, культурные растения полностью используют питательные вещества субстрата. Сорняки, появляющиеся в результате заноса семян ветром, легко удалить из рыхлого вермикулита.

Учет. В промышленных гидропоникумах важно с самого начала вести учет, чтобы накопить как можно больше фактов, которые позволяют выявить и устранить ошибки. Необходимо учитывать количество израсходованных за год удобрений, расход воды, регистрировать максимальные и минимальные температуры, относительную влажность воздуха, заморозки, выпадение града, появление насекомых и болезней. Следует также вести наблюдения за растениями, учитывать фазы вегетации и урожаи.

Признаки недостатка элементов питания. Уже отмечалось, что при использовании субстратов, содержащих кальций, в первый период фосфаты питательного раствора переходят в нерастворимую форму. Вместе с фосфатами в осадок выпадают также микроэлементы, в первую очередь железо и марганец. О недостатке этих элементов часто можно судить по внешнему виду листьев. Визуальная диагностика освещена на стр. 347—352. Все гидропонисты должны хорошо изучить ее, особенно если они сами составляют питательные смеси.

При правильном использовании продажных питательных смесей никогда не появляются признаки недостатка элементов питания, за исключением железа. При устранении недостатка следует остерегаться внесения избытка микроэлементов. Если только появятся признаки избытка того или иного элемента питания, то лучше заменить весь питательный раствор.

Читателям разных континентов следует пользоваться питательными смесями, рекомендуемыми для их стран или же для стран со сходными климатическими условиями.

Выращивание нескольких культур в одном поддоне. Такие овощные культуры, как свекла, морковь, кочанная и цветная капуста и лук, лучше всего растут при pH 7,5. Всем им можно составить один пита-

тельный раствор. Листовая свекла, шпинат, редис, лук-порей, хрен, огурцы и цикорий предпочитают pH от 6 до 6,5. Фиалка, аквилегия, дельфиниум, георгин, флокс, исландский мак, левкой могут расти в одном поддоне, так как оптимальный pH для них равен 6,5. Выращивая совместно несколько культур, необходимо учитывать также период их максимального роста. Например, нельзя выращивать на одном поддоне нарциссы и левкои, хотя им требуется одинаковый pH. Регулярная подкормка левкоев оказывается избыточной для нарциссов до тех пор, пока у них не разовьется достаточная корневая система для поглощения элементов питания. Поэтому луковицы нарциссов начинают гнить.

Междурядные культуры. Количество питательных веществ в субстрате всегда превышает потребность основной культуры. Поэтому целесообразно выращивать еще одну культуру в междурядьях. Например, после уборки плодов с двух нижних кистей помидоров можно оборвать листья ниже третьей кисти. В междурядьях будет достаточно света, воздуха и места для выращивания других культур, таких, как салат, зеленый лук, редис или фасоль.

В местностях, где помидоры растут круглый год, вторую посадку проводят до полной уборки плодов с растений первой посадки. Лучше использовать новый гибридный сорт Голден Акрс (первое поколение), на одном растении которого можно оставлять до 20 кистей. После сбора плодов со второй кисти высаживают у основания стеблей рассаду высотой 15 см. Новые растения развиваются по мере сбора плодов первых растений. После окончательной уборки урожая второй культуры все корни удаляют из субстрата одновременно.

Оптимальная величина pH. В таблицах 2 и 3 указаны приблизительные значения pH, полученные на основе многочисленных опытов последних лет. Если при проверке питательного раствора для помидоров pH окажется равным не 6, а 6,2, то исправлять pH нет никакой необходимости. Отклонение от приведенной в таблицах величины на 0,2 в обе стороны допустимо.

Антибиотики в борьбе с бактериальным увяданием. На острове Аруба (расположен в южной части Карибского моря) в возрасте 60 дней помидоры были сильно поражены бактериальным увяданием (*Pseudomonas solanacearum*). В питательный раствор ввели дигидрострептомицин в концентрации 5 мг/л и довели реакцию раствора до pH 4, чтобы ускорить гибель бактерий. Через трое суток состояние растений начало заметно улучшаться. Несмотря на то, что погибло более 20% растений, урожай составил 71 т с 1 га. В литературе имеются многочисленные сведения о положительном влиянии внекорневой обработки растений антибиотиками, которые применяются как стимуляторы роста, а также как средство против болезней, например бактериоза перца и помидоров.

Таблица 2

Оптимальные величины pH для цветочных культур

Культура	pH	Культура	pH
Африканская маргаритка	6,5	Африканская фиалка	6,5
Амариллис	6,0	Анемон	6,0
Астра	6,5	Бегония	6,0
Кальцеолярия	6,5	Гвоздика	6,8
Хризантема	6,8	Цинерария	6,8
Кларкия	6,0	Колеус	6,5
Аквилегия	6,5	Цикламен	6,5
Нарцисс желтый	6,0	Дельфиниум	6,5
Георгин	6,5	Папоротник	6,0
Фреезия	6,5	Фуксия	6,0
Герань	6,5	Гладиолус	6,5
Гипсолюбка	6,0	Гиацинт	7,0
Ирис	6,0	Лилия	5,5
Ноготки	6,0	Нарцисс белый	6,0
Анютины глазки	6,0	Флокс Друммонди	6,5
Первоцвет	6,5	Примула	6,0
Левкой	6,0	Роза	6,5
Тюльпан	6,5	Душистый горошек	6,8
Цинния	6,5	Фиалки разные	6,8

Таблица 3

Оптимальные величины pH для овощных и плодовых культур

Культура	pH	Культура	pH
Артишок	7,5	Спаржа	7,5
Фасоль	6—6,5	Помидоры	6,0
Брокколи	6,5	Водяной кресс	6,5
Капуста кочанная	7,5	Свекла корневая	7,5
Морковь	7,5	Брюссельская капуста	6,5
Сельдерей	7,5	Дыня мускатная	6,8
Шнит-лук	6,5	Цветная капуста	7,5
Баклажан	6,5	Цикорий	6,5
Чеснок	6,5	Огурцы	6,5
Капуста листовая	6,8	Эндивий	6,5
Салат	7,0	Хрен	6,5
Лук репчатый	7,5	Лук-порей	6,5
Пастернак	5,0	Овес	6,0
Арахис	6,0	Петрушка	7,5
Батат	5,5	Горох	6,0
Редис	6,5	Картофель	5,5
Лук-шалот	6,0	Тыква	5,0
Кабачки	6,0	Ревень	6,0
Свекла листовая	6,5	Шпинат	6,5
Репа	6,0	Земляника	6,0

В корневой субстрат антибиотики раньше не вводили. Это возможно только в условиях гидропоники.

Лабораторное обслуживание. Даже для небольших гидропоникумов необходим лабораторный контроль. Хозяйствам с площадью 2 га и более нужны квалифицированные специалисты. Лаборант в хозяйстве на площади 0,4—0,8 га должен анализировать питательные растворы и регулировать их состав в соответствии с рекомендациями, приведенными в этой книге (рис. 42). В небольших хозяйствах регулярно проверяют pH питательных растворов, которые обычно заменяют через заранее установленные промежутки времени.

Град. Во многих местностях, особенно в Южной Африке, град причиняет значительный ущерб или даже полностью уничтожает посевы. Поэтому над поддонами натягивают сарановую пленку. Так как пояса градобития обычно проходят по местности с летним сезоном дождей, то укрытия необходимы также и для защиты от ливней. Новая нейлоновая ткань хорошо защищает растения от дождя и града.

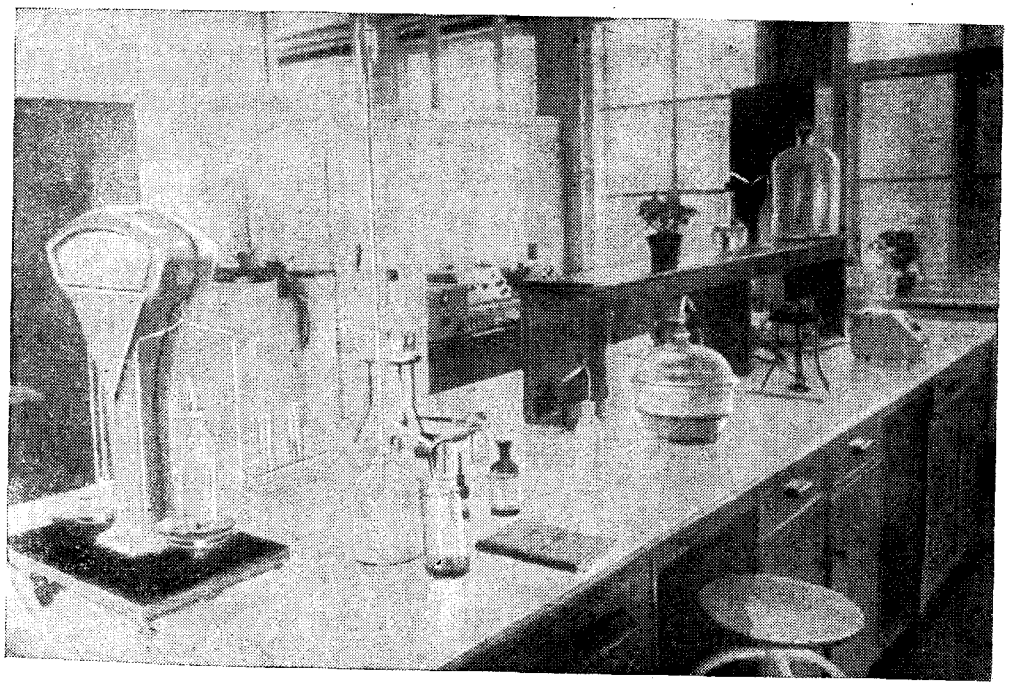


Рис. 42. Небольшая, но хорошо оборудованная лаборатория гидропонного хозяйства (Голландия).

Культурооборот. В обычном земледелии севооборот нужен для того, чтобы поддерживать плодородие почвы. В гидропоникумах вполне возможна монокультура в течение многих лет.

Температура является одним из важнейших факторов, от которого зависит выбор культуры и срок ее посева. Например, в некоторых тропических районах при затенении можно выращивать помидоры гидропонным способом круглый год. В таких жарких условиях невозможно поддерживать влажность почвы на высоком уровне, чтобы обеспечить соответствующую транспирацию растений. К сожалению, в жаркие периоды температура ночью часто превышает 16°, что препятствует завязыванию плодов. Такие культуры, как салат, горох и цветная капуста, плохо приспособлены к жаркой погоде и дают урожаи пониженного качества. Но и в этих условиях удается выращивать салат при правильном затенении. Правда, укрытия нельзя устанавливать близко к растениям, чтобы не вызвать их стрелкование.

Столь же вредны и низкие температуры для теплолюбивых культур. Поздние или ранние заморозки или неожиданное понижение температуры сильно повреждают такие растения, как фасоль, батат и помидоры.

Влажность воздуха. Мускатная дыня, например, любит сухой и теплый воздух, а такие листовые овощи, как капуста и салат, не могут расти в засушливых местностях по причине высокой транспирации, вызывающей временное завядание. Состояние растений значительно улучшается, если в качестве субстрата используют вермикулит. Избыточная влажность воздуха также вредна. Листья салата, например, при чрезмерной влажности становятся слишком сочными.

Солнечный свет и длина дня оказывают очень большое влияние на урожайность овощных культур. Эту особенность растений важно учитывать при выборе сортов для данной местности. Например, сорт лука Австралийский коричневый хорошо приспособлен к условиям западной части ЮАР, но в Трансваале, где день недостаточно длинный, он не образует луковиц или не вызревает. Сорта, требующие короткого дня, например Техсас Грано и Эрли Кейп Флэт, хорошо приспособлены к условиям Трансвааля. То же самое можно сказать относительно многих других культур.

Потребность в воде. При средних для Южной Африки условиях в гидропонном хозяйстве на площади 0,4 га расход воды составляет примерно 4500 л в сутки. На одном акре (0,4 га) размещается 100 стандартных поддонов площадью 15×1,2 м. Следовательно, на один поддон приходится 45 л воды в сутки. В тропических районах в середине лета расход воды на один поддон без притенения достигал 680 л в сутки.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО СВЕТА

Продолжительность периода от посева или посадки до цветения у большинства растений сильнее зависит от светового периода (количество светлых часов), чем от интенсивности света и состава лучей. Растениям, цветущим обычно весной и осенью, требуется короткий день, то есть относительно небольшое число светлых часов в сутки. Растениям, цветущим летом, нужен длинный день. Первую группу растений называют растениями *короткого дня*, а вторую — *растениями длинного дня*.

Если желают ускорить цветение растений длинного дня, чтобы возможно раньше пустить их в продажу, нужно удлинить день путем искусственного освещения. Этот свет не обязательно должен быть высокой интенсивности. Многие растения хорошо отзываются на освещение лампочками в 15 футосвечей. Некоторым растениям достаточны лампочки в 2 футосвечи. Для роз и орхидей требуется сильный свет порядка нескольких сот футосвечей. Наоборот, искусственное увеличение продолжительности дня задерживает цветение некоторых растений короткого дня, например хризантем.

Многие экспериментаторы считают, что длительное освещение лампами слабой мощности более полезно для растений, чем кратковременное освещение сильными лампами. Последние данные, однако, говорят о явном преимуществе кратковременного освещения мощными лампами по сравнению с длительным освещением слабыми лампами. Первые, конечно, более экономичны,

Положительное действие искусственного света проявляется в трех направлениях: а) цветение наступает раньше и тем самым сокращается срок вегетации растений на поддонах; б) возрастает число цветов на растении, что дает дополнительный доход; в) удлиняется стебель и увеличиваются размеры цветов, что повышает их стоимость.

Применение искусственного света значительно реже окупается при культуре овощей, чем при выращивании цветов. Исключением являются помидоры. Если рассада помидоров получает дополнительное освещение, то заметно сокращается опадение бутонов и сильно возрастает урожай. Для освещения рассады помидоров особенно пригодны рефлекторные лампы накаливания мощностью 150—300 ватт и прожекторные лампы. Иногда применяют лампы в 500 ватт с куполообразными отражателями.

Качество и количество света. Дневной свет, прошедший через обычное стекло, отличается от наружного дневного света тем, что содержит несколько меньше ультрафиолетовых лучей. Солнце посылает лучи в виде волн различной длины. В общем солнечный свет можно разделить на

три части: 1) невидимую ультрафиолетовую радиацию; 2) видимый свет; 3) инфракрасную, или тепловую, радиацию. Ультрафиолетовые волны самые короткие. Видимые лучи имеют длину от 385 до 760 миллимикронов. Инфракрасные лучи самые длинные. В видимой области света красная и синяя части спектра абсолютно необходимы для нормального роста растений. Возможно, что средняя область спектра (то есть желтый и зеленый свет) обеспечивает хороший рост растений, но она играет менее важную роль, нежели красная и синяя области спектра.

Источники искусственного света. Существуют разные источники искусственного света. Среди них можно назвать угольные дуговые лампы, кварцевые ртутные дуговые лампы, неоновые трубки, натриевые и люминесцентные лампы и лампы накаливания с вольфрамовой нитью (лампы Мазда). Наиболее практичны газонаполненные лампы накаливания с вольфрамовой нитью. Их излучение по составу приближается к свету, проникающему днем в оранжереи. Лампы Мазда посылают несколько меньше ультрафиолетовых и фиолетовых лучей и больше красных и инфракрасных лучей, чем содержится в дневном свете. Изменение при помощи светофильтров состава света, излучаемого лампами Мазда, не нужно для растений и нецелесообразно с экономической точки зрения. Все опыты говорят о том, что свет газополных ламп Мазда эффективен в такой же степени, как и равное количество дневного света (рис. 43, 44).

Интенсивность дневного света колеблется в очень широких пределах. В летний солнечный полдень она достигает 10 тыс. футосвечей. Хотя средняя для всех четырех времен года интенсивность света в дневные часы значительно снижается вследствие облачности, все же она остается довольно высокой, и заменять естественный свет искусственным нерентабельно. В тех случаях, когда сильный искусственный свет использовали в исследовательских целях, для защиты растений от излучаемого лампами тепла применяли водяные экраны.

Человеческий глаз хорошо видит предметы при искусственном свете, значительно менее интенсивном, чем дневной свет. Опыт показал, что на растения также можно воздействовать светом относительно низкой интенсивности. Даже свет интенсивностью менее одной футосвечи стимулирует рост растений. Последнее время применяются большей частью лампы интенсивностью от одной до 30 футосвечей. Мощность используемой лампы зависит от вида растения, цели дополнительного освещения и продолжительности его воздействия. При коротком освещении более выгодны обычные лампы с вольфрамовой нитью, нежели люминесцентные лампы. Последние выделяют значительно меньше инфракрасных лучей, или тепла, в пересчете на одну футосвечу видимого света, по сравнению с вольфрамовыми лампами, поэтому их применяют в местностях, где мало или совсем нет дневного света.

Рис. 43. Выращивание огурцов при искусственном свете.

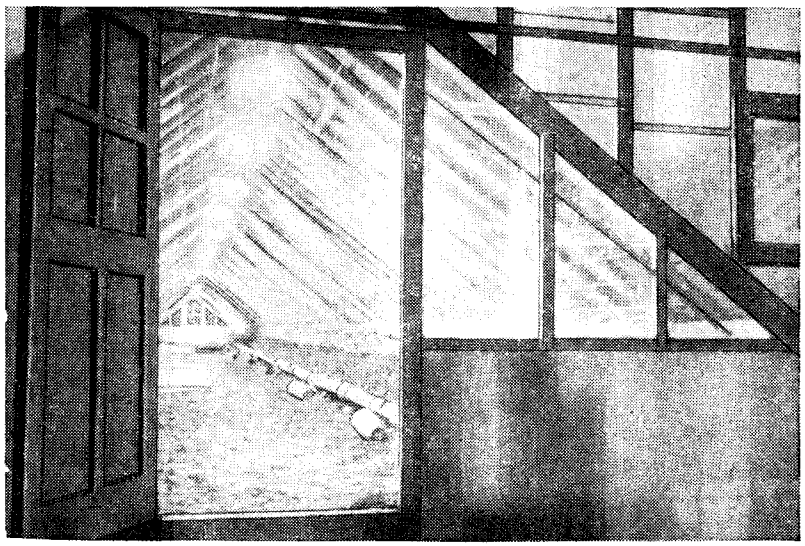


Рис. 44. Размещение осветителей в теплице.

Люминесцентные лампы не следует устанавливать в теплицах там, где солнце светит 6—8 часов в сутки. Чтобы получить свет необходимой интенсивности, нужно в обычный рефлектор вмонтировать не менее двух 100-ваттных трубовидных ламп и подвесить его на расстоянии 15—30 см от верхушек растений. Лампы должны гореть непрерывно в течение 12 часов каждую ночь. На день осветительное устройство убирают, потому что рефлекторы имеют довольно большие размеры и затеняют растения. Расположенные под рефлектором растения росли и цвели почти так же, как под одной 500-ваттной лампой Мазда, которая горела с перерывами, регулируемыми терморегулятором или реле времени, в сумме $4^1/_2$ часа каждую ночь. Лампы накаливания не так сильно затеняют растения днем и потому их не нужно перемещать.

Обычно подвешивают по одной 500-ваттной лампе накаливания через каждые 1,2 м стеллажа шириной 90 см. Рефлекторы с двумя люминесцентными лампами устанавливают вдоль центра стеллажа непрерывной цепью. Лампы накаливания несколько лучше влияют на рост и цветение растений, нежели люминесцентные лампы. Последние дают мало тепла и характеризуются очень низкой интенсивностью света. В связи с тем, что лампы накаливания выделяют много тепла, в сеть включают терморегуляторы. Благодаря своевременному выключению ламп растения не подвергаются ожогам.

Хорошо освещают теплицы 400-ваттные ртутные лампы Н-1. Их монтируют в обычные рефлекторы для 500-ваттных ламп накаливания. Рефлекторы подвешивают с промежутками 1,2 м над стеллажами шириной 90 см. Ртутные лампы непрерывно горят каждую ночь несколько часов подряд без всякого вреда для растений. По-видимому, очень хорошие результаты дает чередование ртутных ламп с 500-ваттными лампами накаливания при соблюдении интервала между ними в 1,2 м. Ртутные лампы могут гореть непрерывно 4—6 часов каждую ночь, а в сеть с лампами накаливания должны быть включены терморегуляторы (рис. 45).

Общие рекомендации. На основании накопленного опыта можно рекомендовать дополнительное освещение ночью некоторых растений. Лампы в 8—10 футосвечей надо включать на 4—6 часов. Анютины глазки и астры достаточно освещать каждую ночь лампами в 1,5 футосвечи в течение 10 часов. В защищенном грунте каждому однолетнему растению можно давать половину или две трети нормальной площади питания, если оно получает дополнительное освещение. Рассада должна получать дополнительное освещение только после того, как она достигнет высоты 7,5—10 см и разовьет сильную корневую систему. Весенняя выгонка однолетников является исключением из этого правила. Начатое дополнительное освещение нельзя прерывать до тех пор, пока у растений не появятся бутоны и стебли желаемой длины.

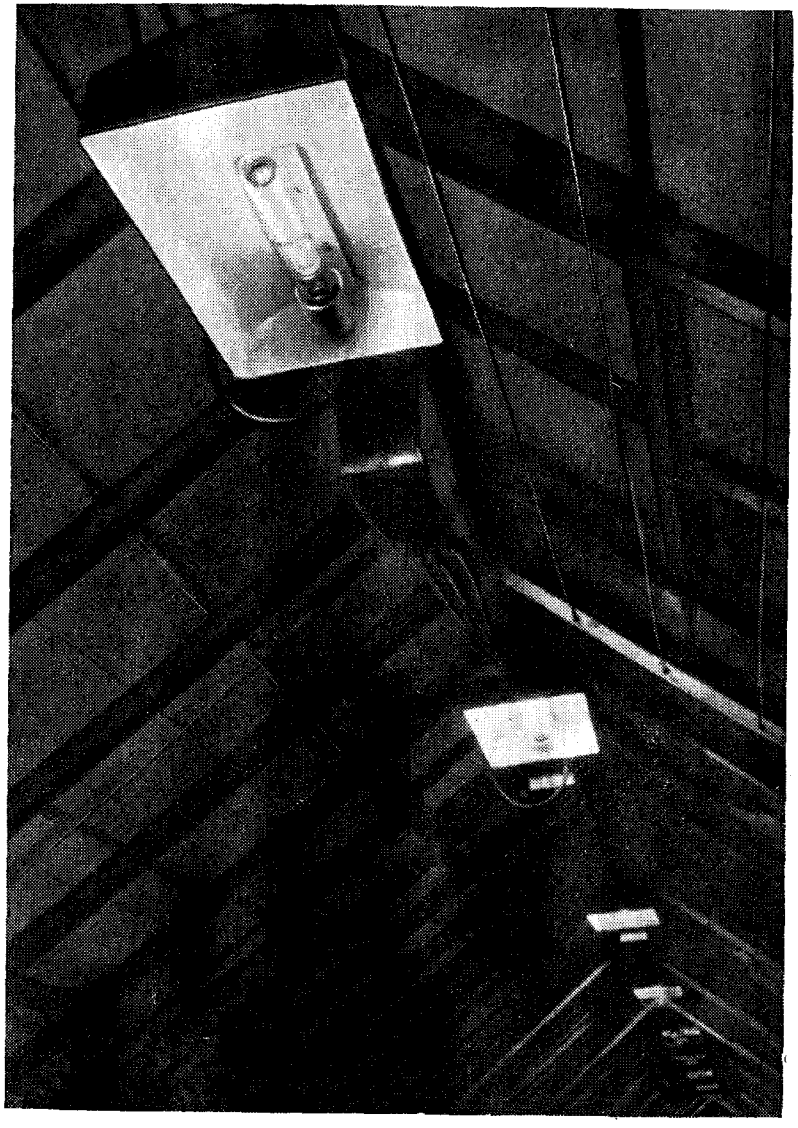


Рис. 45. Подвешенные к крыше осветители.

ОСТЕКЛЕННЫЕ И ПЛЕНОЧНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ И ПОСТОЯННЫЕ УКРЫТИЯ

В Южной Африке все время стоит солнечная погода, поэтому остекленные укрытия используются не так широко, как в Европе. Однако в прибрежных районах Южной Африки укрытия из стекла и полимерных пленок могут принести большую пользу. Фирма «Бритиш вискуин лимитед» поставляет новую полимерную пленку под названием термоплас 50, которой обтягивают домики новой конструкции, передвигаемые с одной культуры на другую. В Швеции работает теплица, построенная из легких алюминиевых деталей и очень крупных листов стекла. Ниже описаны укрытия разных типов.

Остекленные укрытия на 2—4 поддона (рис. 46). Проходы между грядами покрыты мелким гравием. Укрытие сконструировано в виде блока из двух секций. Общий размер его 9×18 м.

Пленочное укрытие (рис. 47) имеет деревянный каркас и арочную крышу. Площадь укрытия — 2,4×3,6 м. Укрытие, изображенное на рисунке 48, имеет обычную двускатную крышу. Площадь этого укрытия — 2,7×5,5 м.

Пленочное траншейное укрытие оригинальной конструкции построил один из моих друзей. Он выкопал траншею глубиной 1,2 м и шириной 2,4 м и облицевал ее кирпичом, сделав также кирпичные ступеньки в нее. Затем вокруг всей траншеи он выложил невысокую кирпичную стенку. Через каждые 1,2 м были установлены арки из углового железа. По центру траншеи к аркам приварили металлический брус, концы которого прикрепили к металлическим столбам диаметром 7,5 см. Полученный таким путем каркас обтянули полиэтиленовой пленкой и проволочными сетками для защиты растений от града.

В сущности все сооружение представляет собой крытую траншею. В траншее сделан поддон размером 1,2×6 м. По обеим сторонам поддона находятся проходы шириной 45 см каждый. Два боковых стеллажа шириной по 60 см используются для выращивания помидоров, которые подвязывают к проволокам, прикрепленным к металлическим опорам крыши. Перед входом в траншею, с наружной стороны ступенек, устроен кирпичный откос (45°), препятствующий проникновению дождевой воды в траншею.

Постоянные укрытия из проволочных сеток и полиэтиленовой пленки оказались самыми дешевыми и наиболее надежными в местностях с сильными ливнями. Если укрытие делают над одним поддоном, крыша должна быть шире грядки на 15 см с каждой стороны, чтобы стекающая

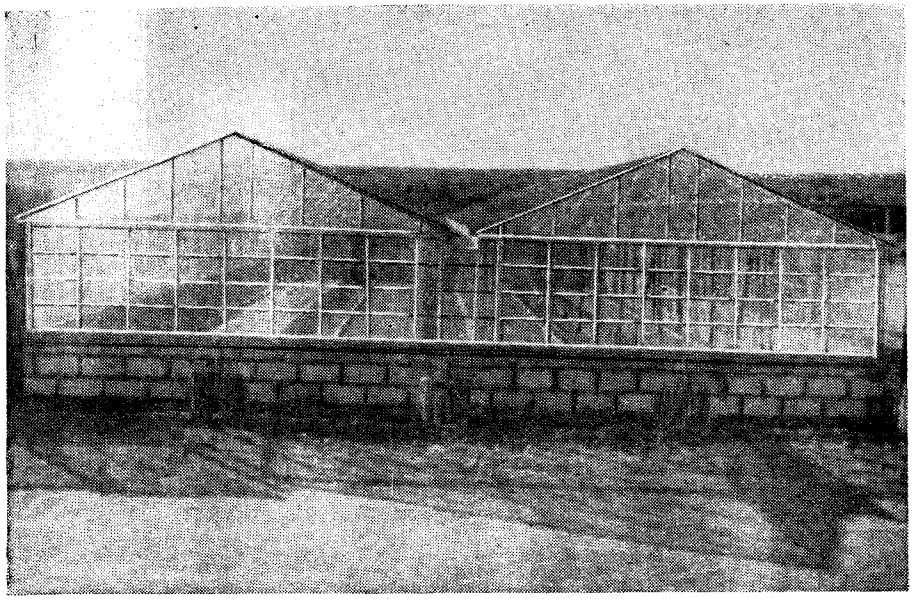


Рис. 46. Первая остекленная теплица на алмазных копях в Юго-Западной Африке. В теплице сооружены четыре стандартных поддона.

дождевая вода не попадала на растения. Если же укрытия устраивают над несколькими поддонами, то следует между ними устанавливать сварные металлические опоры в форме бувы V. Такие же опоры нужны и для укрытий из проволочных сеток и полиэтиленовой пленки, только поверх пленки на металлические V-образные опоры укладывают желоба для отвода дождевой воды, чтобы она не растягивала пленку. Проволочные оттяжки также покрывают проволочной сеткой.

На земле в распиленных пополам 200-литровых бочках хорошо растут помидоры, огурцы, вьющаяся фасоль, горох и даже пассифлора. В бочки один раз в неделю вносят сухие удобрения. Растения подвязывают к опорам.

Металлические опоры скрепляют поперечными брусьями, первый из которых находится на расстоянии 60 см от поверхности гряды. Брусья придают прочность всему сооружению. Кроме того, к брусьям прикрепляют проволоку, к которой подвязывают растения. К верхним концам опорных столбов приварена железная арка, и по ее центру и обеим сторонам прикрепляют проволоку и туго натягивают ее оттяжками.

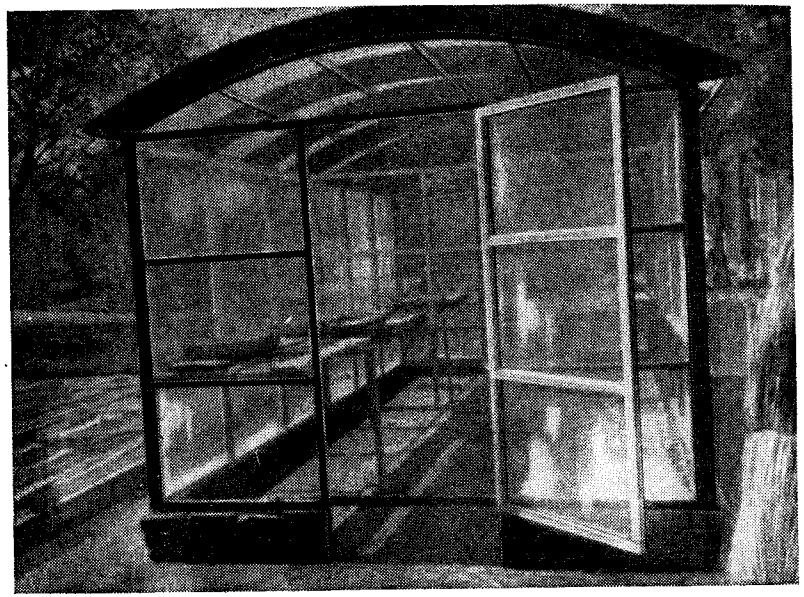


Рис. 47. Изготовленный в хозяйстве пленочный домик.

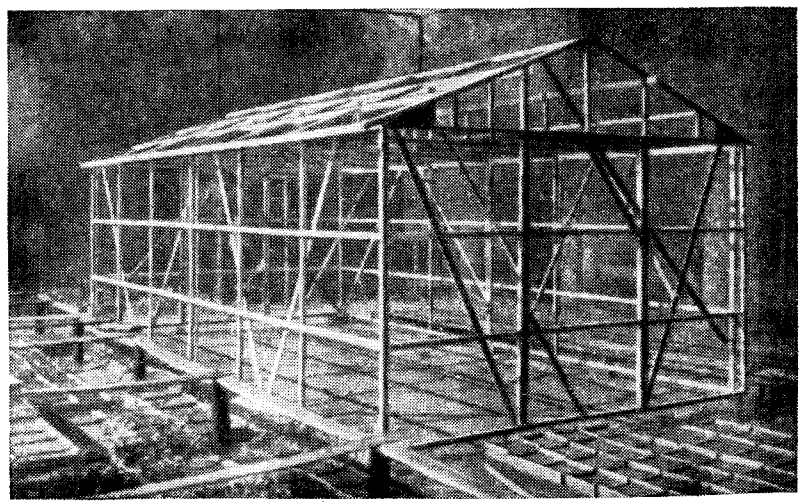


Рис. 48. Этот легкий деревянный каркас будет обтянут пленкой термоплас 50.

На концах оттяжек находятся металлические столбы, забетонированные в земле. Поверх проволоки на каркас крыши укладывают проволочную сетку, затем натягивают полиэтиленовую пленку, которую покрывают проволочной сеткой. Таким образом, пленка оказывается между двумя слоями проволочной сетки (рис. 49).

Пленку приходится менять каждые полтора-два года. Она хорошо сохраняется в дождливое время года, но делается хрупкой на солнце. Еженедельное опрыскивание пленки водой значительно увеличивает срок ее службы.

Теплицы со сборным алюминиевым каркасом сооружены в Швеции в гидропонном хозяйстве «Электрофлора».

Теплицы с покрытием из пленки термоплас 50. Это полиэтиленовая пленка, предназначенная для использования в садоводстве. Она обладает достаточной прочностью и может заменить стекло. Термоплас 50 гибок при всех температурах, не ядовит, не имеет запаха. Пленка совершенно водонепроницаема, изменения относительной влажности воздуха не оказывают на нее никакого влияния. Она проницаема для газов, особенно легко пропускает углекислый газ и плавится при 115,5°.

Свойство пленки пропускать больше ультрафиолетовых лучей, чем пропускает стекло, обусловливает повышенное содержание витаминов у растений, выращенных под пленкой. Кроме того, растения меньше поражаются некоторыми болезнями. Например, бурая пятнистость листьев у помидоров, выращиваемых под пленкой, наблюдается реже, чем у помидоров, культивируемых в остекленных теплицах.

В сооружениях с покрытием из пленки термоплас 50 относительная влажность воздуха всегда выше, чем в остекленных теплицах, потому что пленка практически исключает утечку воздуха. На внутренней поверхности пленки образуется конденсат; если крыша имеет недостаточный уклон, вода капает на растения, что очень вредно для некоторых культур. Большинство промышленных культур хорошо растет под пленкой. Отмечено, что некоторые цветы (незабудка, анемоны) имеют несколько более бледную окраску, а салат в необогреваемых культивационных помещениях достигает больших размеров и завивает кочаны под пленкой несколько позже, чем под стеклом.

Фумигация против вредителей и болезней в пленочных помещениях более эффективна и экономична, чем в остекленных. Фирмы, выпускающие фумиганты и аэрозоли, при составлении рекомендаций делают допуски на утечку воздуха из обычных остекленных помещений. Когда фумигацию проводят в пленочных помещениях, рекомендуемые фирмами дозы можно уменьшить на 30%. Следует заметить, что азобензол вызывает временное пожелтение пленки.

Для вентиляции снимают пленку с торцовой стенки помещения или между отдельными секциями делают просвет в несколько санти-

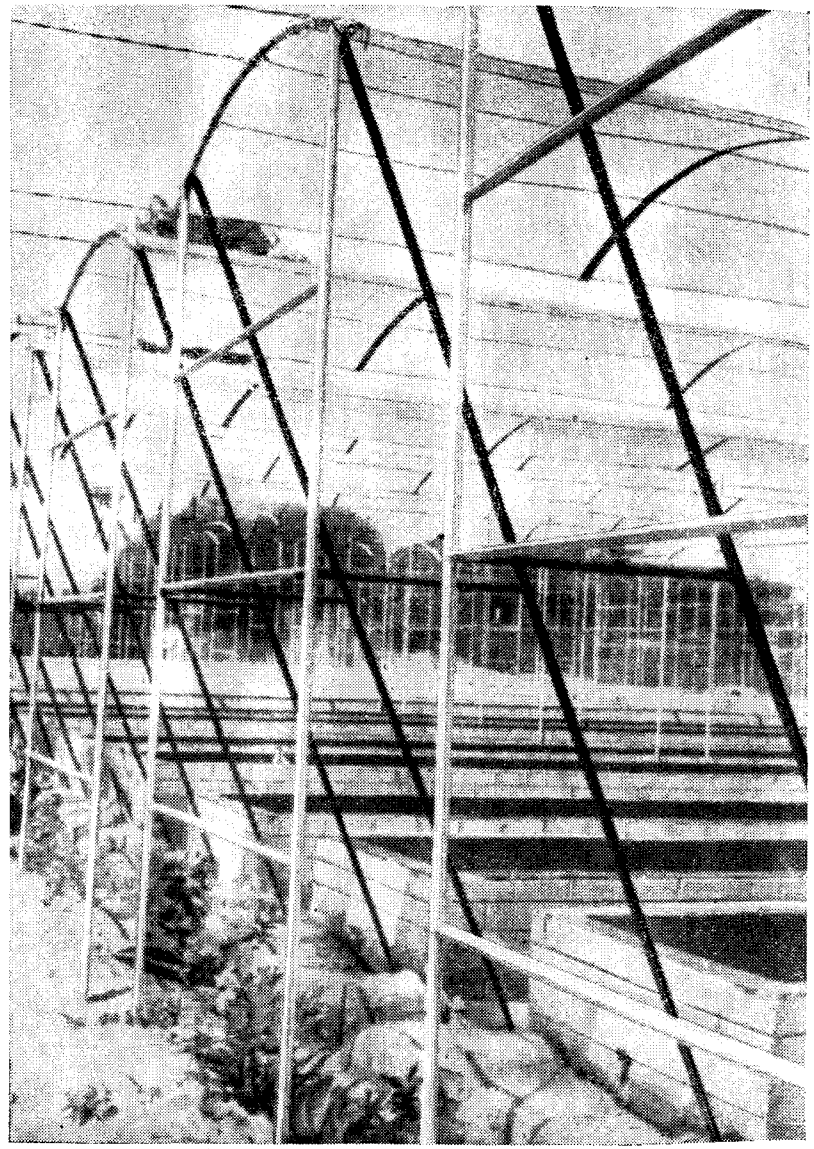


Рис. 49. Опоры из труб для укрытия поддонов пленкой.

метров. Можно устроить постоянную вентиляцию каждой секции, оставив со всех сторон под крышей щели шириной 2,5—5 см, но крыша должна достаточно перекрывать стенки, чтобы дождевая вода не попадала в помещение. В США для обмена воздуха в полимерных помещениях часто устанавливают вытяжные вентиляторы. Этой же цели можно достигнуть также вдуванием воздуха в помещение. Хорошая вентиляция уменьшает или полностью устраняет накопление конденсата на внутренней поверхности пленки.

Когда свет проходит сквозь любой прозрачный материал, около 4% его теряется на отражение от каждой поверхности, что в сумме дает 8%. Коэффициент прохождения видимой части спектра составляет у пленки термоплас 50 около 90%. Легкая белесоватость пленки объясняется рассеиванием света на поверхности и нисколько не влияет на пропуск света. После нескольких месяцев службы, особенно в промышленных районах, на поверхности пленки образуется налет грязи, который заметно ухудшает ее светопрозрачность. Такое же влияние, хотя и в меньшей степени, оказывает вода, конденсирующаяся на внутренней поверхности пленки.

Все выпускаемые в настоящее время светопрозрачные полимерные пленки имеют общий недостаток — они постепенно разрушаются под действием ультрафиолетовых лучей солнечной радиации. Это разрушение прямо пропорционально количеству прямого солнечного света, падающего на пленку. Прочность пленки термоплас 50 сильно уменьшается после одного летнего сезона использования. У некоторых растениеводов она служит два сезона, а в отдельных случаях даже три сезона. Срок службы пленки значительно возрастает, если ее прокладывают между двумя слоями проволочной сетки, которая служит также дополнительной защитой против града. При выращивании ценных и нежных растений в обогреваемых теплицах рекомендуется ежегодно менять пленку (рис. 50).

Обогрев теплицы с однослойным покрытием из полимерной пленки обходится дороже, чем обогрев остекленной теплицы, так как значительная часть тепла теряется через пленку. С другой стороны, в пленочных теплицах нет утечки теплого воздуха, которая происходит через стыки между листами стекла в обычной теплице. Пленочные теплицы можно обтянуть изнутри еще одним слоем пленки термоплас 50; промежуток между двумя слоями пленки должен быть около 5 см. Уже практикуется экономичный обогрев теплиц теплым воздухом, вдуваемым по каналам или трубам из полимерных материалов.

Преимущества новой пленки нельзя использовать в помещениях обычной конструкции, хотя ее выгодно можно применять для продления службы старых теплиц, которые не оправдали бы затрат на новое

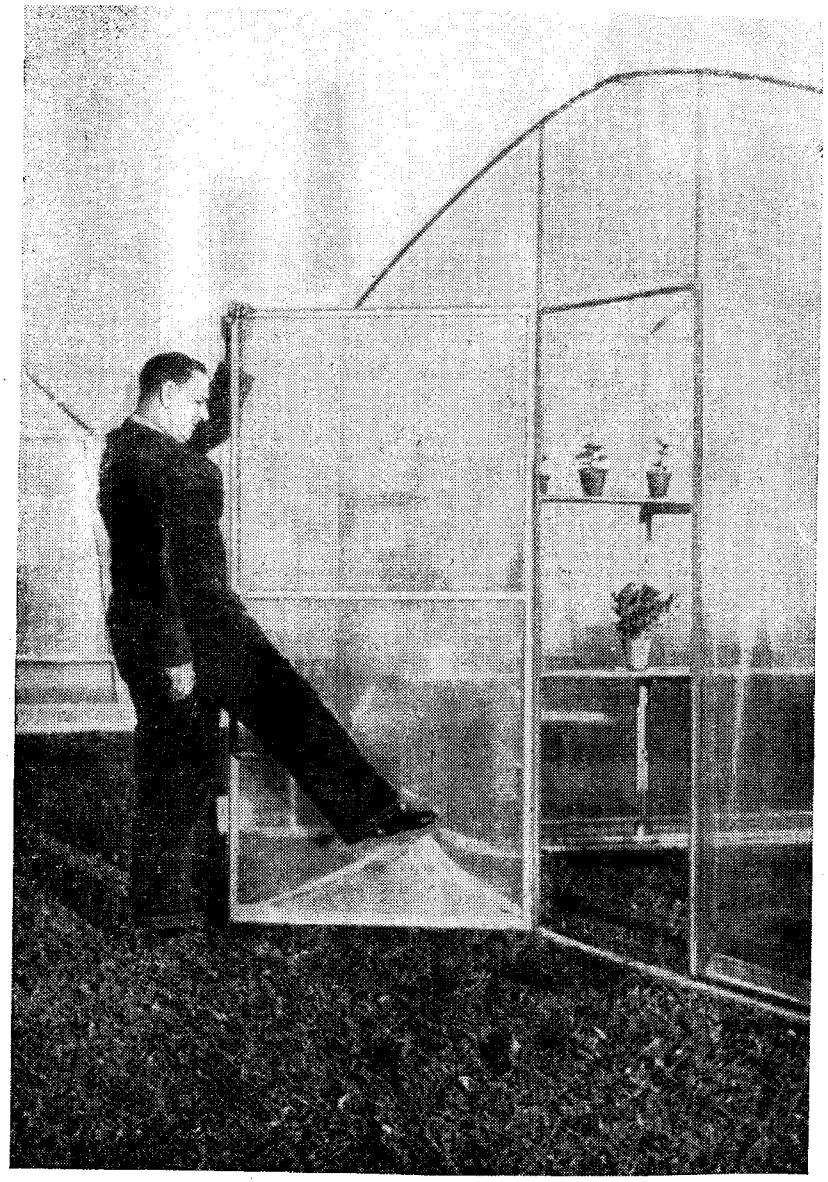


Рис. 50. Очень светлое помещение. Термопластичная пленка обладает большой прочностью.

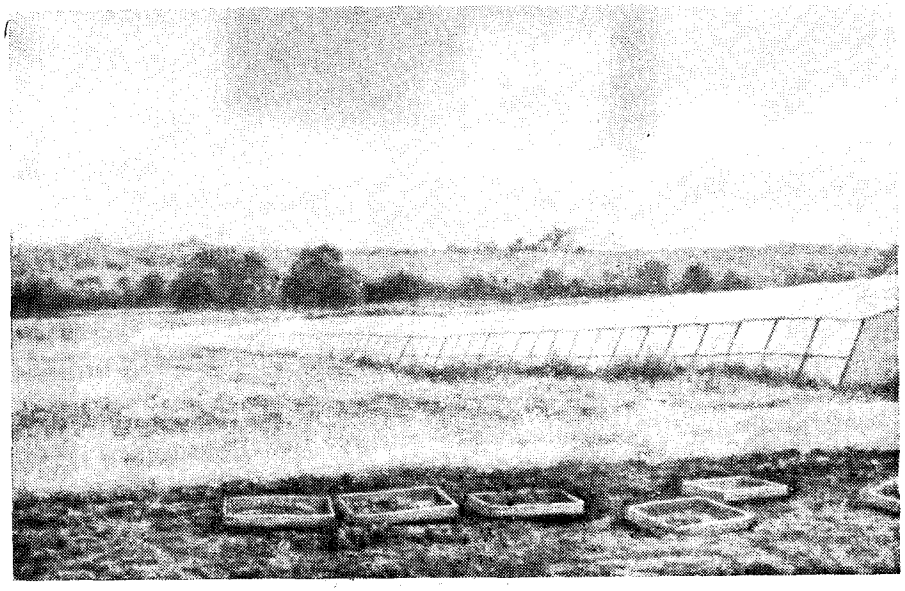


Рис. 51. Дешевое укрытие, состоящее из каркаса и пленки термоплас 50.

остекление. Если крыши помещений предполагают покрыть пленкой, то их делают изогнутыми. При проектировании укрытий следует учитывать давление ветра и нагрузки снега. В США считают, что при сбрасывании снега крыша должна иметь уклон не менее 40°.

Возможность легко переносить пленочные укрытия с одной культуры на другую сделает их, по-видимому, незаменимыми в будущем. Довольно большое секционное укрытие в виде колокола можно перенести на новое место, чтобы защитить растения в начале или конце вегетации. В одном случае одно и то же укрытие было использовано для защиты пяти культур в течение года. Поскольку переносное укрытие имеет легкий каркас, его нужно прочно прикреплять к земле (рис. 51).

Обычно каркасы для пленочных укрытий делают из дерева. Легче всего пленку прикрепить к дереву деревянными же рейками. Для этого пригодна выдержанная штукатурная дранка с поперечным сечением 6×25 мм. Недостаточно высушенная дранка может покоробиться и расщепиться. Рейки и деревянный опорный каркас желательно пропитать противогнилостной жидкостью, приготовленной на воде (например, хортицел). Если применяются жидкости, приготозленные на уайтспирите,

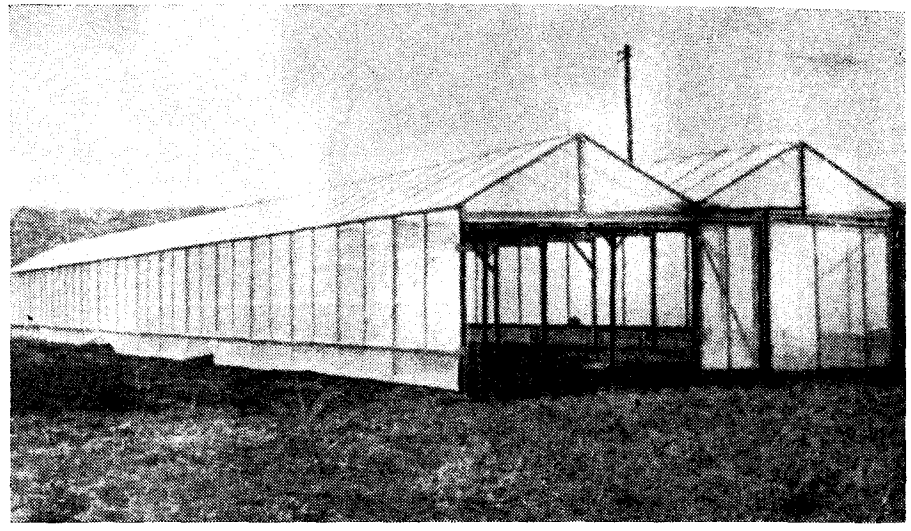


Рис. 52. Пленочная теплица.

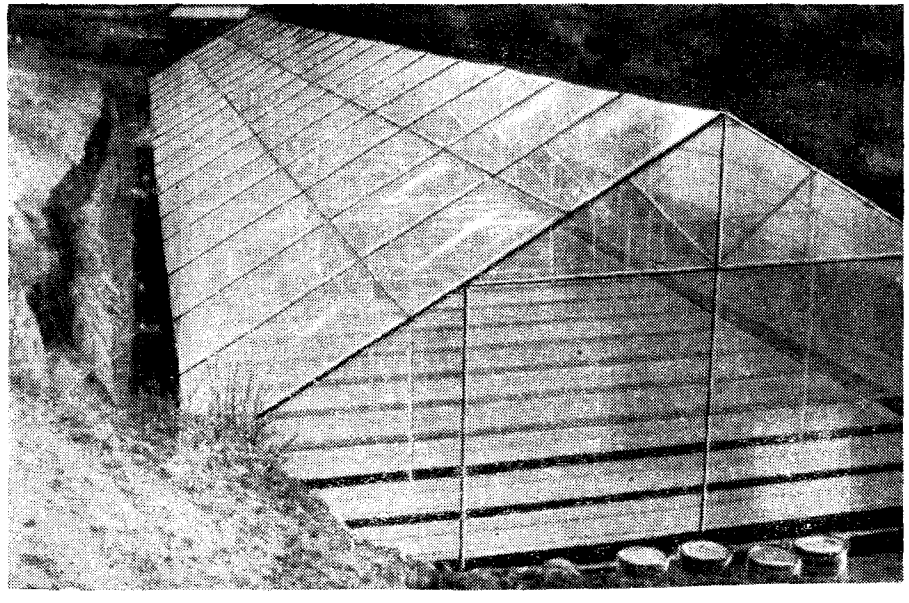


Рис. 53. Укрытие из сарановой пленки, которая притеняет растения, пропускает воздух, но задерживает воду.

древесину следует хорошо высушить прежде, чем она войдет в соприкосновение с полиэтиленовой пленкой.

Каркас можно делать из нестроганных пиломатериалов, так как шероховатая поверхность позволяет более равномерно натянуть пленку. Для покрытия пленкой следует выбрать тихий безветренный день. Целесообразно вначале закрепить пленку редко расположенными скобами, а затем уже прибивать рейки. В жаркую погоду нельзя натягивать пленку слишком сильно, так как при понижении температуры произойдет перенапряжение пленки. Пленку можно также прикрепить к каркасу проволокой или рыболовной сеткой. Чтобы пленка меньше двигалась от ветра, между опорами натягивают проволоку.

Учитывая, что пленку приходится заменять через 1—2 года, дранку прибивают гвоздями с двойными шляпками. Одна шляпка гвоздя выдается над поверхностью, и его нетрудно вытащить. Легкие недорогие укрытия показаны на рисунках 52 и 53. В таблице 4 сравнены свойства остекленной и пленочной теплиц.

Таблица 4

Свойства остекленной и пленочной теплиц

Свойства и другие особенности	Остекленная теплица	Пленочная теплица
Вес	Стекло для теплицы площадью 9×27 м весит более 6 т	Для покрытия такой же площади требуется всего 100 кг пленки
Каркас	Для каркаса нужен толстый лесоматериал или металл. Остекление крупными листами невыгодно	Каркас делают из более дешевого тонкого пиломатериала. Каркас меньше затеняет растения
Форма	Форма теплицы зависит от плоских листов стекла	Укрытиям придают наиболее удобную для данной культуры форму. Возможны экономичные арочные поверхности, обеспечивающие максимальное проникновение света
Подвижность	Остекленные помещения трудно передвигать с места на место	Пленочное укрытие нетрудно перенести с одной культуры на другую
Устойчивость	Очень тяжелы и поэтому ветер не может сдвинуть их	Необходимо хорошо прикрепить к земле, чтобы укрытия противостояли ветру любой силы
Почва и местоположение	Почва под остекленными укрытиями «утомляется». Ее приходится заменять или стерилизовать	Полимерное укрытие легко перенести на новое место или же можно снять пленку с каркаса, чтобы проявилось положительное влияние зимних дождей или морозов

Продолжение

Свойства и другие особенности	Остекленная теплица	Пленочная теплица
Срок службы	После капитальных затрат на строительство в дальнейшем требуются только расходы на ремонт и эксплуатацию	Солнце медленно разрушает пленку термоплас 50. Ее заменяют через 1—2 года
Температурный режим	Теплее зимой и жарче летом. Температура постепенно повышается в солнечный день. Стекло сохраняет тепло, излучаемое почвой	Прохладнее зимой и летом. Согласно бельгийским данным, температура не поднимается выше 40° даже в жаркие солнечные дни. Пленка пропускает большую часть тепла, излучаемого почвой, поэтому в пленочных укрытиях значительно прохладнее ночью. Слой влаги на пленке значительно уменьшает потери тепла
	В обогреваемой теплице на стыках между листами стекла теряется много теплого воздуха, особенно при сильном ветре	Потери нагретого теплого воздуха на стыках пленки исключены, но через всю пленку теряется очень много тепла

РАССАДА И ЧЕРЕНКИ

На гидропонные гряды нельзя высаживать рассаду, выращенную в почве, так как можно заразить субстрат нематодами. Хорошие результаты дает выращивание рассады в вермикулите. Даже для гравийной культуры лучше выращивать рассаду в вермикулите; при этом не наблюдается никакой задержки в росте. Всегда желательно сеять семена, если они достаточно крупные, прямо в субстрат поддона. На площадь для одного растения высевают два семени. После появления второго листа более слабый проросток вырывают.

Сильная здоровая рассада развивается в том случае, если она постоянно обеспечена оптимальным количеством воды. Очень удобными для выращивания рассады оказались ящики, изготовленные из смеси строительного вермикулита с цементом. При осторожном обращении ящики служат несколько лет. К шести объемам строительного вермикулита марки 5 добавляют один объем цемента. После тщательного перемешивания лопатой к смеси подливают воду в таком количестве чтобы она вытекала при крепком сжатии смеси в руке. Формы требуемого размера

заполняют приготовленной смесью. Удобны ящики 46×46 см, глубиной 7,5 см. В таких ящиках для растений остается пространство 33×33×5 см. Вермикулито-бетонная смесь, как губка, удерживает воду. Насыпанный в ящики садовый вермикулит содержит оптимальное для рассады количество влаги и не нагревается даже в самые жаркие дни. Наполненный мелким вермикулитом ящик ставят в металлический поддон глубиной 7,5 см и площадью 60×60 см. Вокруг ящика остается промежуток шириной 7 см. В металлический поддон подливают воду до полного насыщения вермикулито-бетонного ящика и насыпанного в него вермикулита. Вермикулит удерживает то количество воды, которое соответствует его максимальной влагоемкости; избыток воды стекает обратно в поддон. По мере испарения влаги в атмосферу новая вода поглощается вермикулитом из поддона.

Перед посевом семян поверхность вермикулита размечают в соответствии с необходимыми для рассады площадями питания. После развития у рассады второго листа воду в поддоне заменяют питательным раствором. Концентрация раствора должна составлять $^1/_4$ той, которую применяют в вермикулитовых грядах. При использовании продажных сухих удобрений следует выполнять рекомендации, указанные на пакетах.

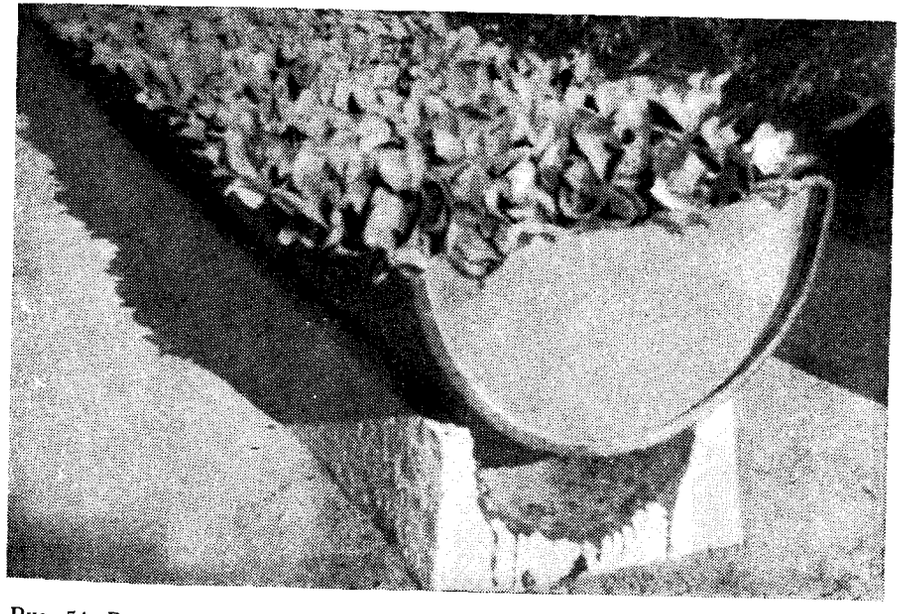


Рис. 54. Выращивание рассады в распиленной пополам бочке. Бетонный желоб служит для сбора питательного раствора.

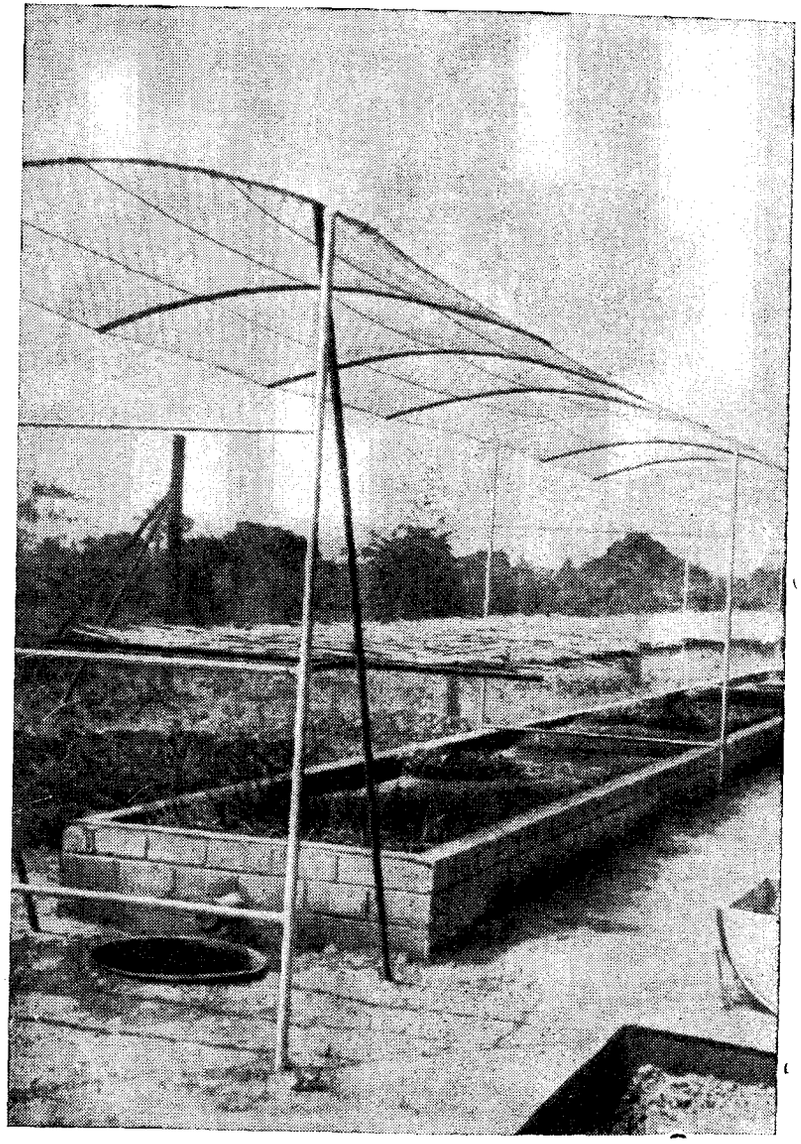


Рис. 55. Поддон, используемый для выращивания рассады. Укладываемые на проволоки стебли растений служат для затенения рассады.

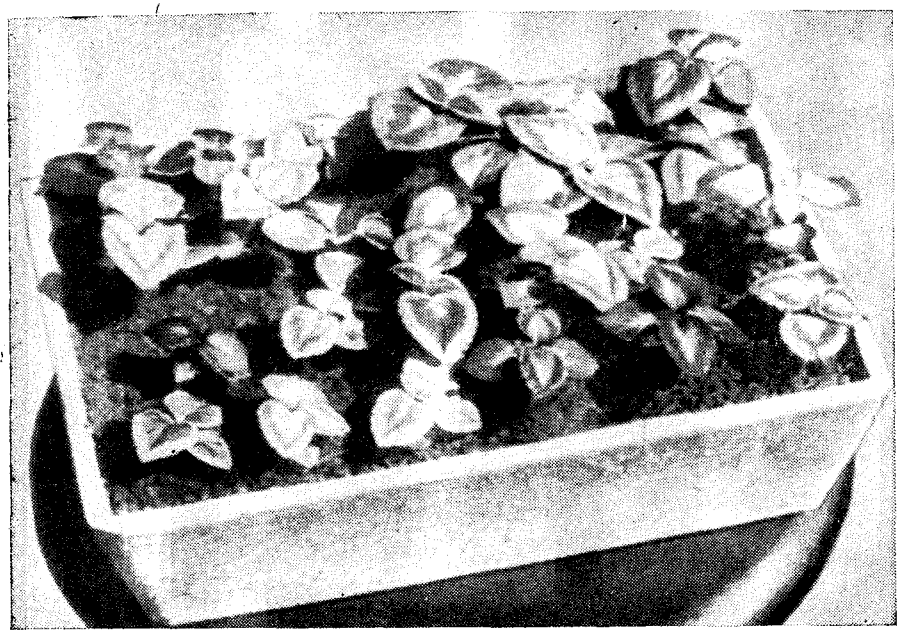


Рис. 56. Рассада колеуса в эверитовом ящике.

Для выращивания большого количества рассады вместо металлических поддонов устраивают цементированный кирпичный поддон на 12 ящиков. Цементированный поддон следует изнутри дважды покрыть битумной краской. У рассады развивается прекрасная корневая система. Рассаду нужно высаживать, не стряхивая с корней частицы вермикулита, так как они содержат поглощенные питательные вещества, которыми

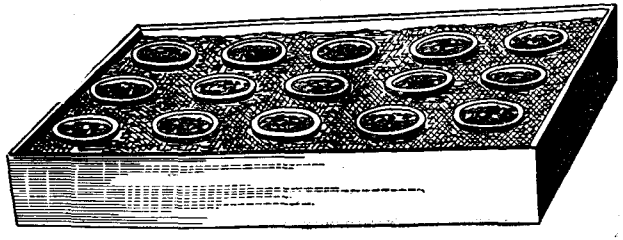


Рис. 57. Семена и рассаду отдельных растений высаживают в наполненные вермикулитом горшки, которые погружают во влажный вермикулит. Таким путем достигается равномерное увлажнение субстрата.

растения могут питаться до тех пор, пока не приживутся на грядах (рис. 54—59).

При другом способе рассаду выращивают в ящике, заполненном мелкими камнями и вермикулитом; для снабжения питательными веществами в центре ящика ставят обыкновенный цветочный горшок.

Бумажные стаканчики. Очень часто высадка рассады сопровождается приостановкой роста, что сказывается на дальнейшем развитии растений. В самое последнее время разработан способ выращивания рассады в стаканчиках из специально обработанной водостойкой бумаги.

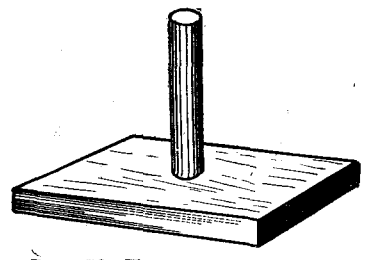


Рис. 58. Простое приспособление для вдавливания семян в вермикулит. Пользуясь приспособлением, избегают образования воздушных карманов в вермикулите

Рассаду вместе со стаканчиком высаживают в почву или вермикулит. В почве бактерии быстро разрушают бумажные стаканчики и растения продолжают нормально расти с непотревоженной корневой системой. В вермикулитовых грядах стаканчики разрушаются медленно, поэтому при высадке в вермикулитовые гряды следует отрезать нижнюю часть стаканчика. Через 7—10 дней нужно осторожно вынуть верхнюю часть стаканчика из гряды и уплотнить вермикулит вокруг молодого растения. Стаканчики дают особенно хорошие результаты при выращивании сеянцев и укоренении черенков древесных пород.

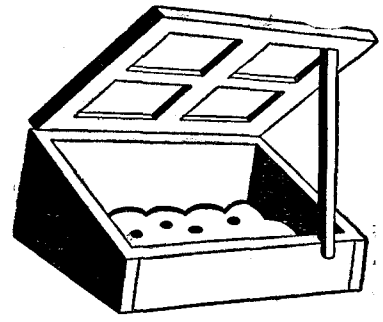


Рис. 59. Холодный парничок для выращивания рассады и укоренения черенков.

Полимерные стаканчики более удобны, нежели бумажные. Их делают из довольно плотного листа полимерного материала. Концы согнутого в трубку листа соединяют скрепками. У стаканчиков нет дна. Их ставят в неглубокий деревянный ящик, на дно которого насыпают 2,5-сантиметровый слой песка. Стаканчики вдавливают в песок, и они сохраняют вертикальное положение. Стаканчики наполняют вермикулитом, предварительно насыщенным питательным раствором. Когда рассада готова для пересадки, скрепки снимают и каждое растение высаживают на постоянное место с комом вермикулита. Такие стаканчики можно хранить в виде листов. Срок их службы исчисляется годами. Они очень дешевы.

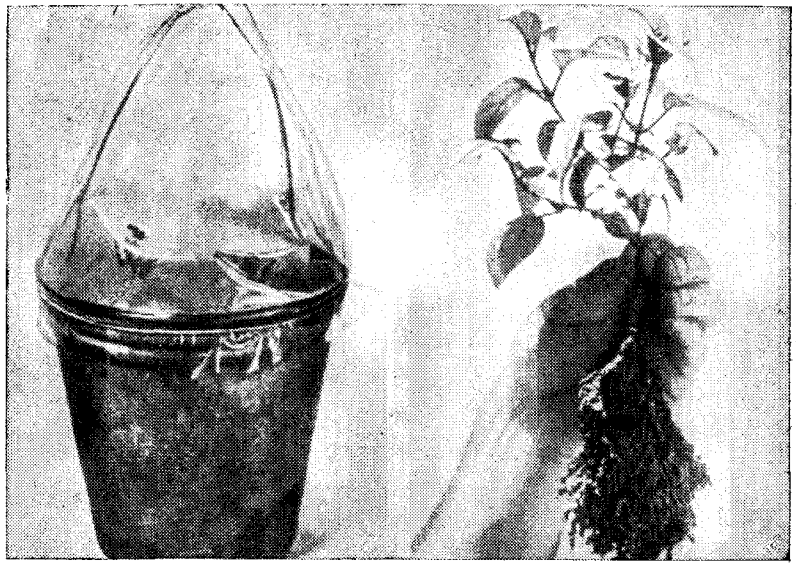


Рис. 60. Новый способ укоренения черенков:

Эверитовые горшки наполняют смесью из равных частей вермикулита и песка и хорошо увлажняют ее. Горшок закрывают полиэтиленовой пленкой, которую поддерживает проволочный каркас. Через час на внутренней поверхности пленки появляются капли воды. При постукивании по проволочному каркасу капли сбегают в субстрат. Укорененный в горшке черенок фуксии имеет прекрасную корневую систему.

Черенки. Одно из крупнейших преимуществ черенкования по сравнению с семенным размножением состоит в том, что выращенные из черенков растения в точности соответствуют типу растения, от которого были взяты черенки.

Есть три вида черенков: стеблевые (они в свою очередь делятся на одревесневшие и зеленые), листовые и корневые черенки. Зеленые черенки берут с активно растущих растений, например бегоний, колеуса, герани, гвоздики, хризантем и фуксий.

Одревесневшие черенки чаще нарезают с кустарников и деревьев. Нижнюю часть черенка (5—7,5 см) надо очистить от листьев острым ножом. Та часть, которая попадает в субстрат, должна быть без листьев. Если черенки высаживают не сразу после заготовки, их хранят влажными. Лучший субстрат для укоренения черенков, по нашим данным,— это смесь из равных частей острого речного песка и вермикулита. Для успешного укоренения черенкам нужна высокая относительная влажность воздуха.

В горшки с черенками вставляют две проволочные дуги накрест и связывают их сверху. Затем горшок покрывают пленкой, которую поддерживает проволочный каркас, чтобы она не соприкасалась с растениями. Уже через час на полиэтилене образуется пленка из конденсата. Каждый день постукивают по каркасу и накопившаяся на пленке вода стекает в горшок. Таким путем относительная влажность воздуха поддерживается на постоянном уровне. Один раз в неделю следует на короткое время снять пленку, чтобы проветрить черенки и осмотреть их. В таких условиях прекрасно укореняются черенки фуксии (рис. 60).

Развитие корневой системы у черенков зависит прежде всего от передвижения питательных веществ к основанию черенка, где начинается

Рис. 61. Лоток для укоренения черенков без полива.

деление и увеличение размеров клеток. Некоторые клетки дают начало новым корням, которые пополняют запасы питательных веществ в черенке. Ростовые вещества увеличивают скорость деления клеток черенков и значительно сокращают период укоренения. Черенки травянистых растений, как правило, укореняются легче черенков кустарников и деревьев как при обработке стимуляторами роста, так и без них. Поэтому для одревесневших черенков следует брать ростовые вещества в бо́льших концентрациях.

Ниже описан новый метод укоренения без полива в эверитовом лотке (30×23×10 см) без дренажных отверстий. В лоток насыпают вермикулит так, чтобы он не доходил до верха лотка на 4 см. Вермикулит предварительно выдерживают в воде неделю. Перед набивкой лотка избыток воды должен стечь из вермикулита. Вермикулит засыпают 2,5-сантиметровым слоем абсолютно сухого острого речного песка, который при необходимости сушат в печи. Черенки с пятками обрабатывают порошковым стимулятором. Колышком делают яму, достигающую дна лотка, и вставляют в нее черенок. Песок вокруг черенка уплотняют.

Черенки не поливают и не подкармливают. Вермикулит содержит достаточно воды на весь период укоренения. Укоренившиеся черенки пересаживают в сосуды с вермикулитом, насыщенным питательным раствором (рис. 61).

Гидропонные гряды никогда не должны пустовать, поэтому надо своевременно укоренять черенки. Лишние черенки всегда можно высадить в почву.

Определение всхожести семян. При посеве невсхожими семенами напрасно теряется драгоценное время и нарушается весь график работы гидропоникума. Семена, приобретенные даже от хорошо зарекомендовавшей себя фирмы, надо проверять самым простым способом. На мелкую тарелку кладут кусок влажной фильтровальной или промокательной бумаги, распределяют на ней семена и накрывают их одним листом такой же бумаги. Бумагу держат во влажном состоянии. Семена осматривают ежедневно. Если через десять дней они не прорастут, значит они непригодны для посева (рис. 62).

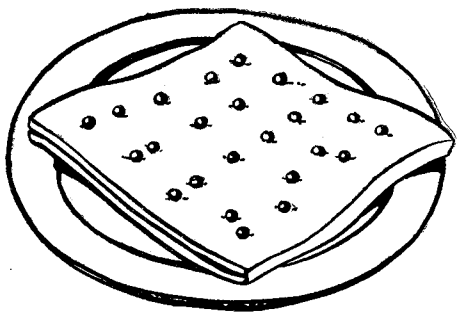


Рис. 62. Простой способ проверки всхожести семян на фильтровальной бумаге.

●

ИДЕАЛЬНОЕ ГИДРОПОННОЕ ХОЗЯЙСТВО

Идеальный участок для гидропонного хозяйства должен:

1) иметь небольшой уклон;
2) быть хорошо обеспеченным водой из реки или артезианского колодца;
3) находиться вне зоны ливневых дождей;
4) находиться за пределами градового пояса;
5) располагаться в безморозной местности;
6) находиться недалеко от каменных и песчаных карьеров;
7) размещаться достаточно близко от крупного населенного пункта, где можно было бы сбывать продукцию и найти рабочую силу;
8) находиться близ шоссейной дороги;
9) быть защищенным от господствующих ветров;
10) располагаться вблизи от источников энергии;

11) находиться на приемлемом расстоянии от складов цемента и строительных материалов;
12) стоить недорого.

Мне пришлось долго искать ферму, которая удовлетворяла бы всем перечисленным выше условиям. Наконец, я приобрел ее, и хозяйство уже создается. Мы назвали ферму «Голден Акрс». Она находится в 68 км от Иоганнесбурга и в 32 км от Претории и соединена с городами шоссейными дорогами. Общая площадь фермы равна 22 га, из них 14 га приходятся на гористую территорию и 8 га — на ровную местность с небольшим уклоном к шоссе. На участке есть хороший песок, гравий и камень. Линия электропередачи проходит в 800 м от участка.

В районе фермы совершенно не бывает морозов. Ферма обращена к северу, а с юга защищена горами, что превращает ее в настоящую солнечную ловушку. Запасы воды еще точно не выяснены, но артезианский колодец уже дает 4540 л/час, а его глубина не превышает 7 м. На ферме построены коттедж, домик управляющего и склад. Заканчивается строительство резервуара для дождевой воды емкостью 450 тыс. л. Здесь выпадает 1140 мм осадков в год. Общая площадь бетонного водосбора позволит создать большие запасы воды на случай крайней необходимости.

Прежде всего я хочу освоить ровную площадь, а затем устрою террасы на горе. Помимо промышленной гидропоники, я собираюсь заниматься исследованиями, построить лабораторию, лекционный зал, кинозал, остекленную теплицу и 24 поддона специально для научно-исследовательской работы. Я хочу глубже разобраться в возможностях гидропонной культуры эфиромасличных, лекарственных, пряных растений и водорослей, подобных хлорелле. Будет создано молочное стадо крупного рогатого скота, корма для которого будут выращиваться гидропонным способом. Вдоль дорог и вокруг усадьбы поднимутся гидропонные насаждения из цитрусовых и листопадных плодовых деревьев. Над основными поддонами будет устроено сплошное укрытие (6,4 га) из пористой полимерной пленки для защиты растений от ливней и насекомых.

Основной промышленной культурой будут помидоры. Практически все помидоры, продаваемые в Южной Африке, собирают зелеными, поэтому они имеют плохой вкус и низкую питательную ценность. Мы будем продавать красные помидоры в полиэтиленовых пакетах. Мы намереваемся отправлять нашу продукцию в автохолодильниках в такие места, где мало свежих овощей и цены на них высокие. В окончательном виде штат будет состоять из следующих лиц: управляющего (агронома), лаборанта, физиолога растений, инженера и агента по сбыту продукции. Наша ферма послужит образцом для предприятий такого рода в других странах Африки.

ЗЕЛЕНЫЙ КОРМ КРУГЛЫЙ ГОД

Значительный интерес вызвало применение гидропоники для производства кормовых трав. Новый способ получения зеленого корма сыграет особенно большую роль на горнорудных предприятиях, находящихся в пустынных местностях, где необходимо обеспечить рабочих мясом, а детей молоком. Гидропонную траву можно давать также свиньям, овцам, цыплятам и даже индейкам. В США (Спрингфилд, штат Огайо) компания «Бакай грасс инкубатор» недавно построила крупный гидропоникум, позволяющий выращивать большое количество дешевой зеленой травы с высокой кормовой ценностью. Многочисленными опытами установлено, что скармливание гидропонной травы молочному скоту дает такие же результаты, как и скармливание обычной весенней травы. Гидропоникум на 60 лотков может дать более 40 т зеленой травы в год с площади 11 кв. м (рис. 63, 64).

Технические данные гидропоникума на 60 лотков приведены в таблицах 5—7.

Таблица 5

Технические данные гидропоникума на 60 лотков

Площадь	11 кв. м
Высота	2,4 м
Обогрев и охлаждение	при помощи электрического теплового насоса
Освещение	люминесцентными лампами
Изоляционный материал	стекловолокно
Поддонники и лотки	из оцинкованного железа
Стеллажи для лотков	из сварного углового железа
Система полива	автоматическая (реле времени)
Расход воды	900 *л* в неделю
Транспортный вес гидропоникума	1890 кг
Фундамент и пол	монолитный бетон
Расход электроэнергии	4,38 квт
На сборку требуется	примерно два дня

Из таблиц 6 и 7 видно, насколько выгодно выращивать зеленый корм в гидропоникуме на 60 лотков.

Таблица 6

Прямые затраты в гидропоникуме на 60 лотков в день, доллары

Семенной овес	1,00
Электроэнергия (20 квт)	0,40
Удобрения	0,05
Оплата труда (30 минут по 1,5 доллара в час)	0,75
Итого . .	2,20

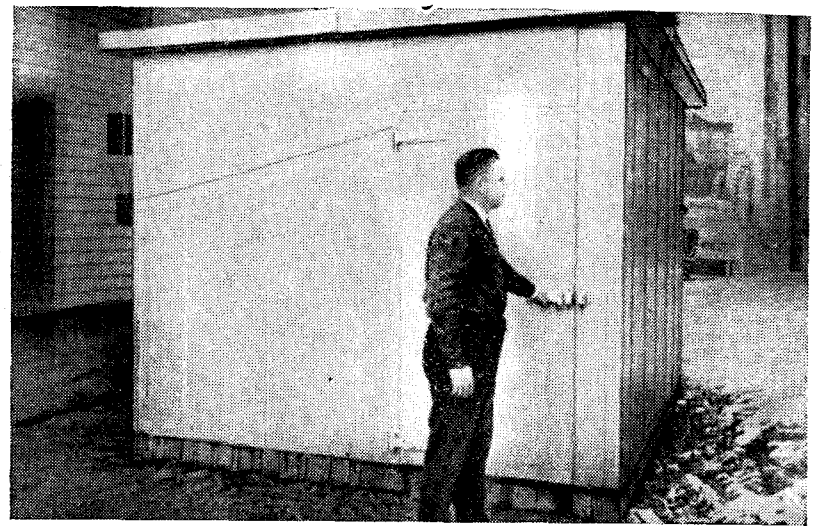


Рис. 63. Гидропоникум «Бакай» для выращивания травы.

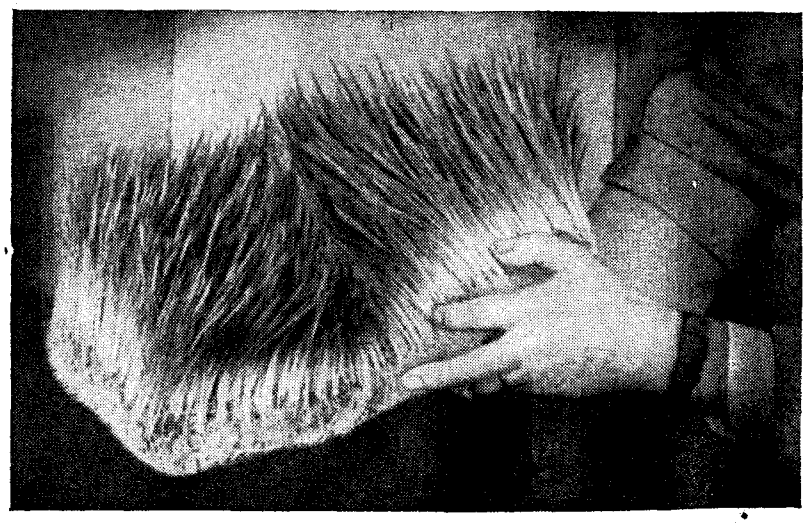


Рис. 64. Трава, выращенная в гидропоникуме, в возрасте пяти дней. Ее скармливают животным вместе с корнями.

Рис. 65. Обслуживание гидропоникума занимает всего 30 минут в день.

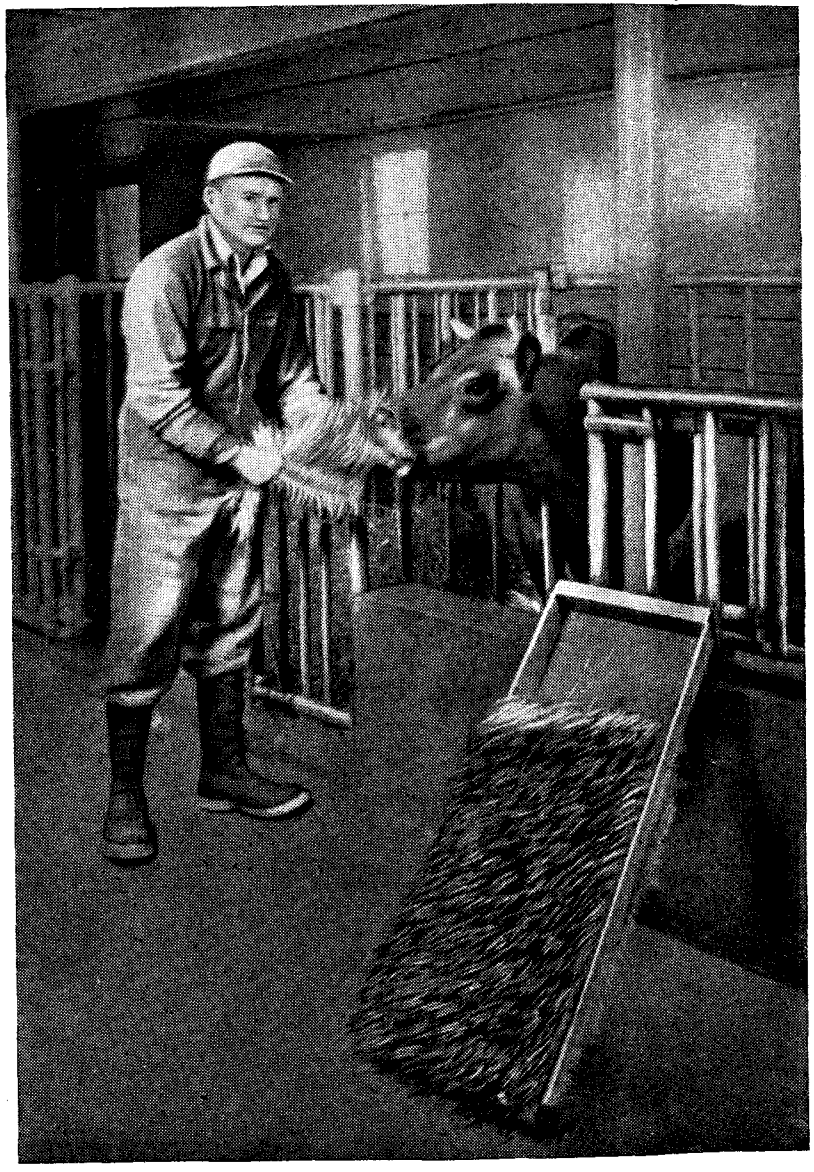


Рис. 66. Скармливание пятидневной травы скоту.

Накладные расходы

Проценты на капитал, исходя из 6% годовых	0,50
Амортизация (за 10 лет)	0,90
Всего	3,60

Гидропоникум на 60 лотков дает корм, приблизительно для 30 коров. Стоимость корма на одну голову в день 0,12

Примечание. В таблицу 6 включена стоимость овса (1 доллар в день). Практически овес для посева в гидропоникуме часто берут из суточного рациона животных, поэтому стоимость зернового рациона не увеличивается. Затраты труда на одну корову составляют одну минуту в день, независимо от числа коров.

Таблица 7

Повышение дохода от коровы в день, доллары

Лучшее поедание кормов Улучшение здоровья скота Повышение плодовитости	в сумме дают прибавку	свыше 0,10
Повышение надоев молока дает прибавку		0,27
После вычета дополнительных расходов в сумме 0,12 доллара чистый доход от коровы в день составляет		0,25

Количество животных, которых гидропоникум на 60 лотков может обеспечить зеленой травой в течение круглого года, видно из таблицы 8.

Таблица 8

Виды животных	Количество голов
Голштейнские или крупные коровы других пород	20—25
Джерсейские или мелкие коровы	30—35
Лошади	50
Мясной скот	40—60
Свиньи	100
Овцы	150—200
Цыплята или индейки	1500—2000

ТРЕТЬЯ ЧАСТЬ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СООРУЖЕНИЕ ПОДДОНОВ И РЕЗЕРВУАРОВ

В последние годы во многих странах созданы гидропоникумы, отвечающие местным климатическим и почвенным условиям. Дороже всего обходится строительство поддонов. В защищенном грунте можно делать менее прочные поддоны, чем в открытом. Я считаю, что в большом хозяйстве дешевле всего обходятся поддоны из монолитного бетона. Для устройства таких поддонов нужна передвижная форма — опалубка, которую устанавливают на месте будущего поддона и заливают бетоном за одну операцию. Опалубка может быть деревянной или металлической. Предварительно смазанная маслом металлическая опалубка делает поверхность бетона более гладкой. Монолитная отливка поддонов является значительным улучшением старого метода, при котором сначала готовили бетонное дно, а затем возводили на нем стенки из кирпича или же из бетонных блоков. Такие поддоны приходилось внутри штукатурить, чтобы придать им водонепроницаемость.

Первоначально дно каждого поддона делали в виде цельной бетонной плиты. Однако после ливней вследствие осадки грунта плита ломалась. Поэтому во всех поддонах необходимы деформационные швы через каждые 3 м. Теперь окончательно доказано, что ширина поддонов внутри не должна превышать 1,2 м. Длина поддона может быть любой. Мне не нравятся поддоны длиннее 15 м, но на острове Арубе сооружают поддоны длиной до 100 м. Глубина гряд должна быть в пределах 23—30 см в зависимости от культуры (рис. 67).

Гидропонная система Тегнера (Швеция) является последним словом в рассматриваемой отрасли хозяйства. В ней применена новая система регулирования питания. Строительство поддонов из готовых бетонных плит стандартного размера идет быстро и обходится относительно дешево. Плиты затем облицовывают полиэтиленовой пленкой.

Поддон с проточным питанием предназначается для любителей, которые используют в качестве корневого субстрата вермикулит или смесь вермикулита с песком. Растения развиваются хорошо в том слу-

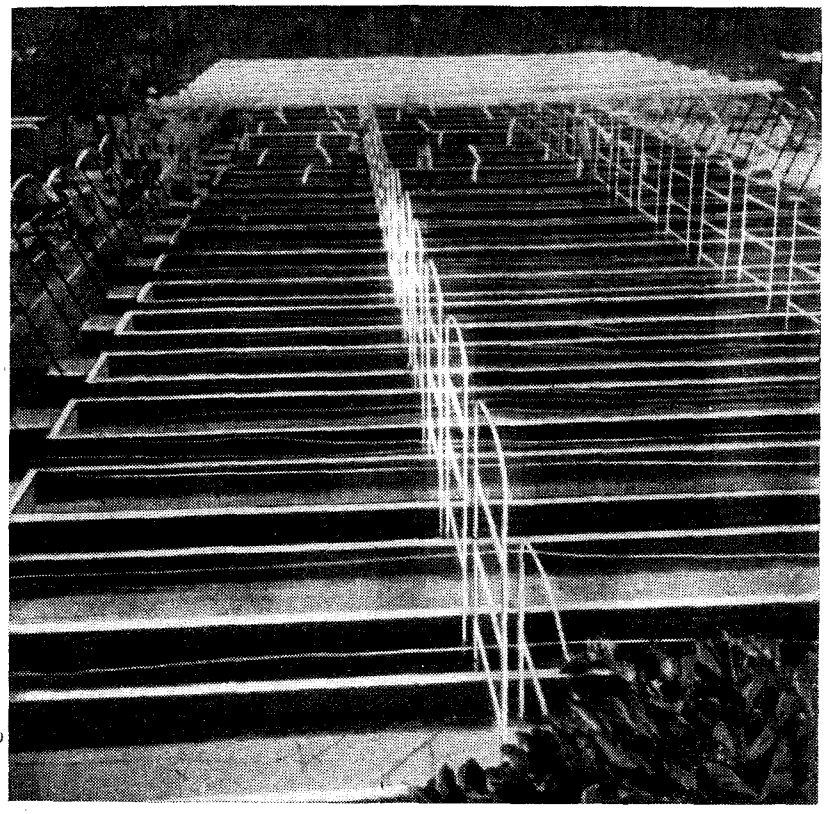


Рис. 67. Поддоны в процессе сооружения. Часть поддонов покрыта пленкой (Замбия).

чае, если вермикулит не бывает слишком влажным. Лучше держать его несколько сухим.

Стандартный поддон имеет длину 15 м, ширину 1,2 м и глубину 22,5 см (рис. 68). При такой ширине удобно ухаживать за растениями. Поддон послойно заполняют следующими материалами: на дно кладут 2,5-сантиметровый слой гравия, далее такой же слой промытого речного песка, затем 15-сантиметровый слой вермикулита. Оставшиеся 2,5 см до верхней кромки поддона оставляют незаполненными, чтобы предотвратить потери вермикулита. Если не позволяет место, длину поддона уменьшают, но ширину оставляют неизменной. Резервуар для питательной смеси устанавливают у верхнего конца поддона. Питательный раствор

поступает в субстрат, а затем стекает в приемный резервуар, размещенный ниже дна на другом конце поддона. В качестве резервуаров рекомендуется использовать старые 200-литровые металлические бочки из-под горючих или смазочных материалов. На внутренней поверхности бочек белой краской отмечают объем раствора, необходимый для насыщения субстрата.

Если поддон изготовлен из дерева и в нем есть щели, стенки и дно следует покрыть битумным материалом. Внутреннюю поверхность поддона из любого материала, а также внутренние стенки обоих баков дважды красят хорошей битумной краской. Краны, трубы и опрыскиватели должны быть изготовлены из стали или из черного железа. Нельзя устанавливать оцинкованные трубы, потому что цинк перейдет в питательный раствор и будет токсически действовать на растения.

Рекомендации по сооружению и эксплуатации стандартного поддона (рис. 69—81).

1. Для поддона устраивают бетонный фундамент длиной 15,4 м, шириною 1,5 м и толщиной 7,6 см. Фундамент должен иметь уклон в одну

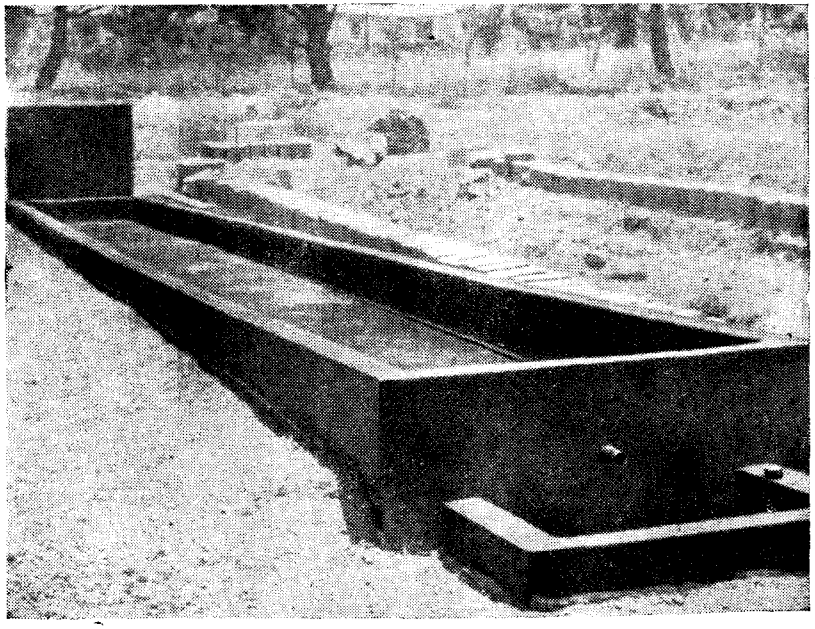


Рис. 68. Перед закладкой субстрата поддон нужно дважды покрыть битумной краской флинткот.

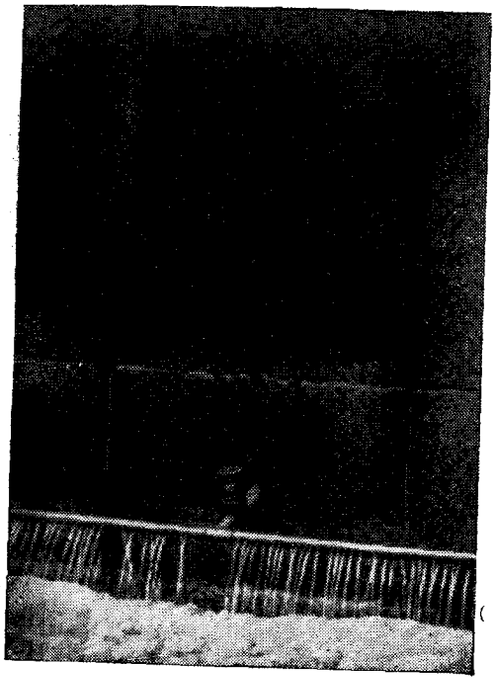


Рис. 69. Дюймовая (1″) труба обеспечивает равномерное распределение питательного раствора по всему поддону.

сторону с падением 2,5 см на 15 м. Материалом для фундамента служит смесь из пяти частей щебня, трех частей песка и одной части цемента. В фундаменте через каждые 3 м делают деформационный шов шириной 1,3 см, который заливают горячим битумом.

2. На фундаменте выкладывают три ряда кирпичей шириной 11,3 см. Таким образом сооружается стенка высотой 23 см по периферии всего фундамента. Оштукатуривают поддоны изнутри и снаружи, если хотят придать им опрятный вид. Для штукатурки используют раствор из четырех частей песка и одной части цемента.

3. У верхнего конца поддона на кирпичную подставку устанавливают 200-литровую бочку. Дно бочки должно опираться на кирпичную стенку поддона так, чтобы кран бочки несколько выходил за стенку. Теперь вместо бочек я устраиваю кирпичные цементированные резервуары в верхнем и нижнем концах поддона, как показано на рисунке 68.

4. В нижнюю торцовую стенку вставляют выводную 1,5-дюймовую трубку. Можно использовать трубки также меньшего диаметра. Трубка должна иметь завинчивающуюся крышку.

5. Под выводной трубкой копают яму для 200-литровой бочки. Землю хорошо уплотняют вокруг бочки. Верхний край бочки должен быть выше уровня почвы, чтобы в бочку не попадала грязь.

6. Всю внутреннюю поверхность поддона и обеих бочек покрывают двумя слоями битумной краски. Это очень важно, так как соприкосновение питательного раствора с неокрашенными поверхностями может изменить его pH.

7. Обе бочки должны иметь крышки. Их можно сделать из обрезков досок. Крышки необходимы для того, чтобы в питательный раствор не попадала грязь и дождевая вода.

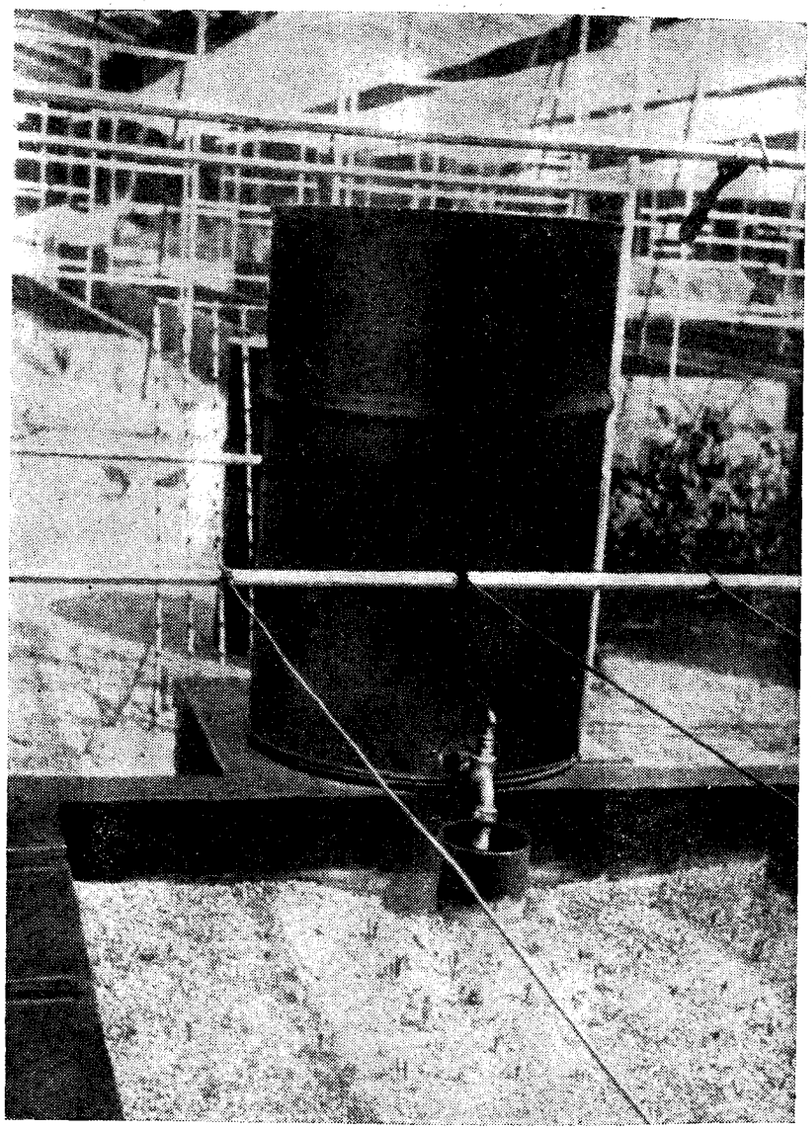


Рис. 70. Если раствор поступает в широкую трубу, опирающуюся одним концом на дно поддона, то можно наблюдать за уровнем раствора в субстрате. Это очень важно в тропических районах, где влага испаряется очень быстро. Резервуары и трубы следует покрыть двумя слоями битумной краски флинткот.

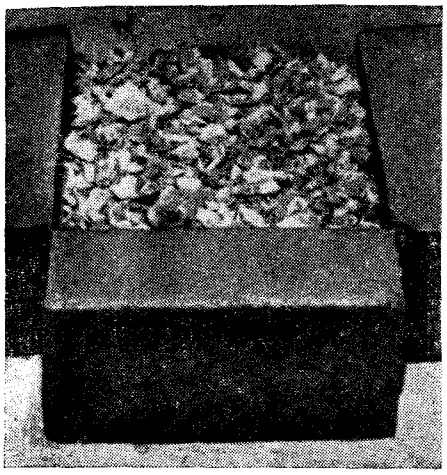
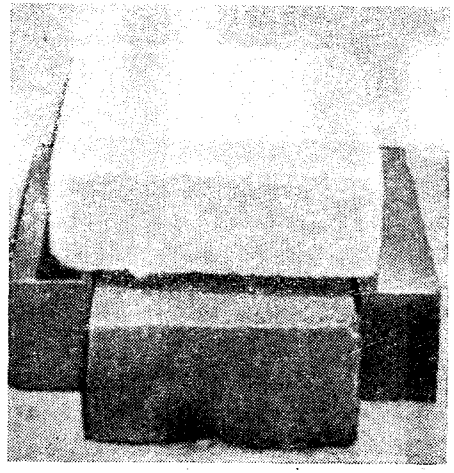


Рис. 71. 15-сантиметровый слой гравия с частицами диаметром 13 мм насыпан для дренажа между кирпичами перед выпускным отверстием внутри поддона.



ис. 72. На три кирпича следует положить бетонный блок.

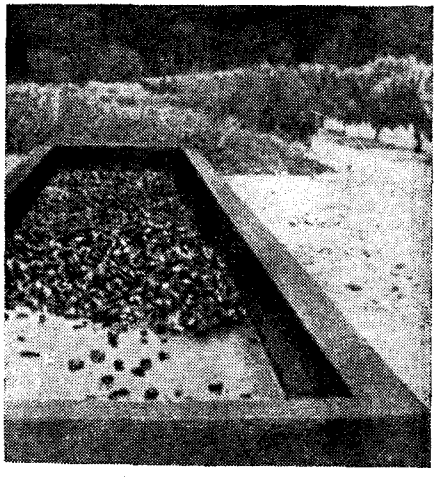


Рис. 73. На дно поддона насыпают 2,5-сантиметровый слой гравия, который разравнивают садовыми граблями. Поддон оштукатурен изнутри и снаружи и покрыт двумя слоями битумной краски флинткот.

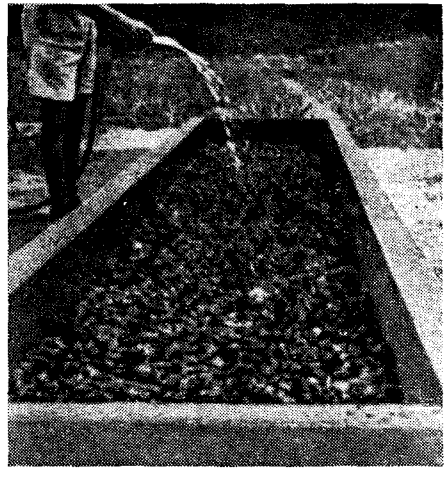


Рис. 74. Гравий хорошо промывают водой из шланга.

Рис. 75. На гравий осторожно насыпают промытый влажный речной песок.

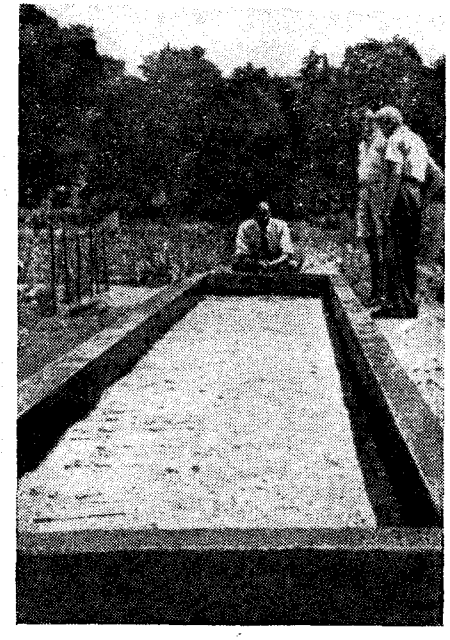


Рис. 76. Поверхность песка выравнивают обратной стороной лопаты, стараясь не касаться гравия.

8. Для равномерного распределения раствора по всей ширине поддона берут дюймовую трубу длиной 113 см и наглухо забивают оба ее конца. По всей длине трубы просверливают отверстия на расстоянии 2,5 см друг от друга. Затем трубу разрезают посредине, нарезают резьбу на двух ее концах и завинчивают оба отрезка в тройник, который до этого навинтили на патрубок верхней бочки (см. рис. 69).

Недавно разработано новое приспособление, которое позволяет увеличить полезную площадь гряд и визуально следить за количеством воды в поддоне. Отрезок 6-дюймовой трубы длиной 23 см устанавливают на дно поддона до его заполнения вертикально под краном верхней бочки. Предварительно внутри трубы на высоте 10 см от ее нижнего конца наносят белой краской линию. При закрытом выпускном кране пускают раствор из верхнего бака. После насыщения субстрата уровень раствора не должен находиться выше белой черты.

При этом раствором заполняется нижний 5-сантиметровый слой вермикулита. До наружной поверхности вермикулита раствор подни-

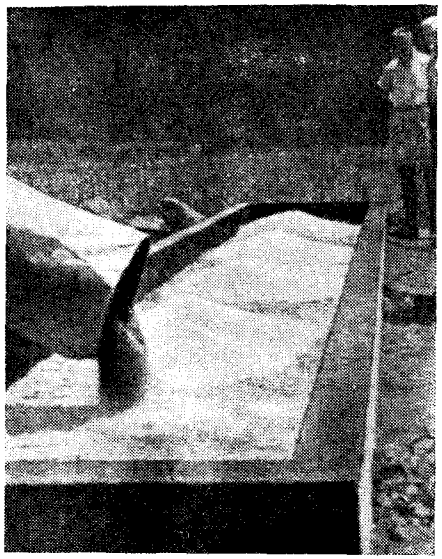


Рис. 77. Поддон заполняют вермикулитом. Поверхность вермикулита должна находиться на расстоянии 2,5 см от верхней кромки поддона.

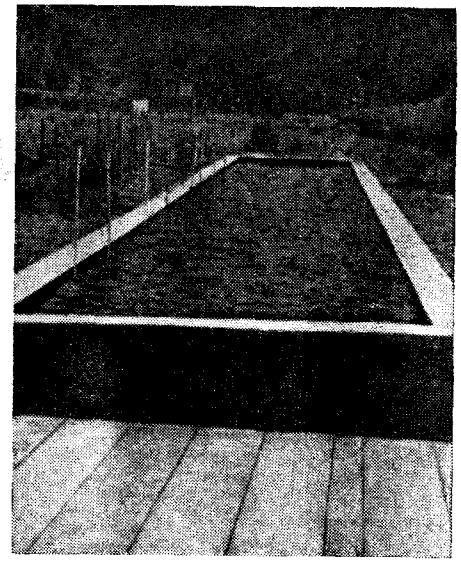


Рис. 78. После насыщения вермикулита влагой и питательными веществами его поверхность выравнивают доской. Поддон готов к посеву семян.

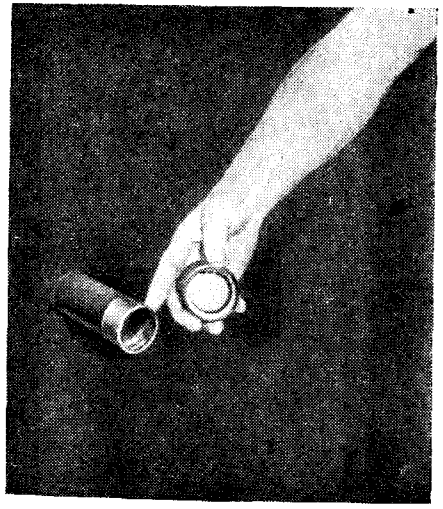


Рис. 79. Труба с резьбой и навинчивающейся крышкой — самое дешевое выпускное устройство.

Рис. 80. Питающая труба, под которой насыпан щебень (угол откоса 45°).

мается по капиллярам. Как только поверхность вермикулита становится влажной, открывают выпускное отверстие и избыток раствора стекает в приемник. Этот метод очень надежен в тропиках. При очень интенсивной транспирации уровень раствора можно все время поддерживать на высоте 10 см, то есть на уровне белой линии. К заходу солнца раствор выпускают в приемник и наполняют им поддон к середине следующего дня. При таком регулировании подачи раствора необходимо иметь 400-литровые, а не 200-литровые бочки.

9. Перед выпускной трубой укладывают три кирпича так, чтобы они образовали квадрат со стенкой поддона. Образовавшийся отсек заполняют щебнем или гравием с диаметром частиц 1,3 см. Гравий насыпают также вокруг кирпичей. Сверху отсек закрывают бетонной плитой. Таким путем предотвращается забивание выпускной трубы вермикулитом.

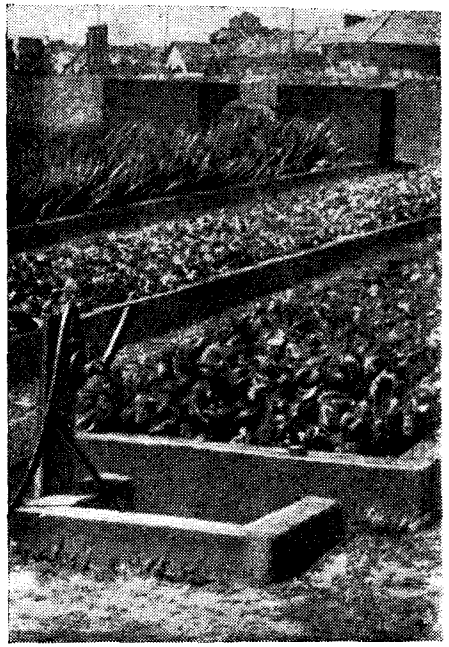


Рис. 81. Крыльчатый насос позволяет экономить время, так как не нужно вручную переносить раствор из приемника в питающий резервуар.

На поддон насыпают 2,5-сантиметровый слой хорошо промытого гравия с диаметром частиц 1,3 см. Покрывают гравий 2,5-сантиметровым слоем промытого речного песка, распределяя его лопатой и хорошо разравнивая обратной стороной полотна лопаты. Ни в коем случае нельзя перемешивать песок и гравий, потому что песок должен отделять гравий от вермикулита. На песок насыпают 15-сантиметровый слой вермикулита. Ровная поверхность вермикулита должна находиться на расстоянии 2,5 см от верхнего края стенки. При закрытой выпускной трубе хорошо смачивают вермикулит водой из шланга. Через некоторое время вермикулит всплывает. В таком состоянии гидропоникум оставляют на ночь, а утром выпускают избыток воды.

10. Субстрат готов для внесения удобрений. Открывают выпускной кран. Распределяют 450 г удобрения и поливают из шланга до тех пор, пока вода не начнет капать из выпускной трубы. Закрывают трубу до

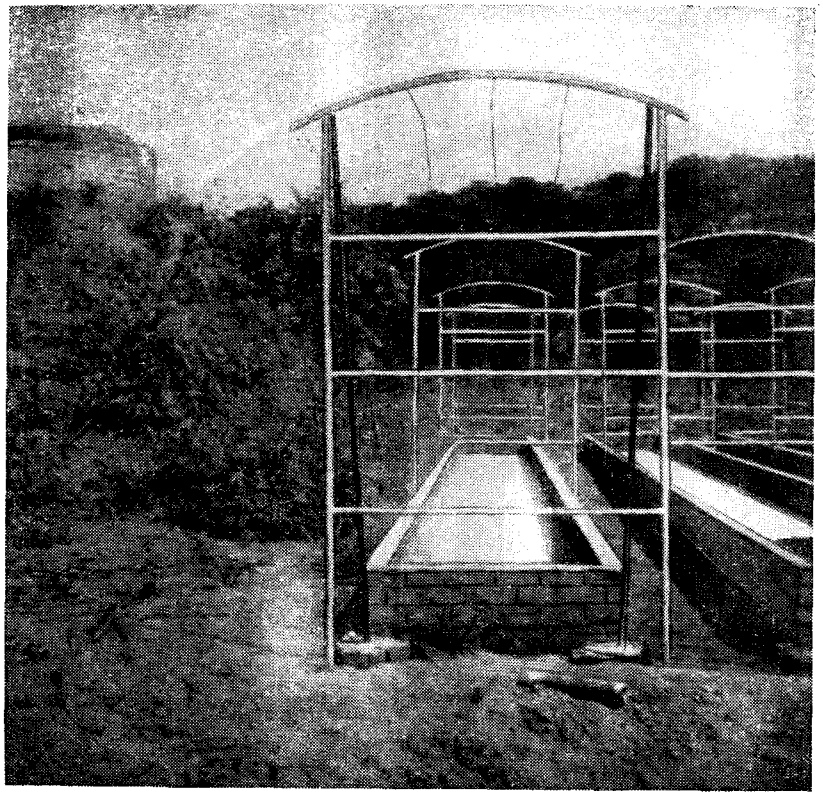


Рис. 82. Готовые для заполнения субстратом поддоны. В левом верхнем углу виден круглый кирпичный резервуар для питательного раствора (Замбия).

следующего дня. Повторяют эту операцию в течение 10 дней, пока в субстрат не будет внесено 4,5 кг удобрений. Такая обработка необходима для насыщения питательными веществами всей массы вермикулита. Весь питательный раствор, стекающий через выпускную трубу, следует перенести в верхний бак, чтобы не терять элементы питания. Удобрения следует равномерно рассевать по поверхности субстрата.

11. Теперь субстрат готов для посадки. Еженедельно вносят 450 г удобрений. Если возможно, удобрения распределяют на поверхности вермикулита. Важно, чтобы удобрения не попадали на листья растений. После внесения удобрений осторожно поливают субстрат из шланга,

одновременно обмывая растения. При подкормке растений обязательно поливают субстрат до тех пор, пока в приемный бак не стечет 180 л воды. Затем собранный раствор возвращают в верхний резервуар для подкормки. Если вермикулит влажный и растения растут хорошо, ежедневно их не подкармливают.

При подкормке открывают питающий кран и медленно пускают раствор, предварительно закрыв выпускной кран. Наполнив поддон, оставляют в нем питательный раствор на 30 минут, затем открывают выпускную трубу и спускают раствор в нижний бак. Раствор снова перекачивают в питающий бак, доливают обычной водой до первоначального объема.

В жаркие месяцы бывает так, что в нижний бак раствор вовсе не стекает. В этом случае поливают субстрат водой из шланга до тех пор, пока в нижнем баке не соберется 180 л воды. Обычно растения подкармливают летом ежедневно, осенью и весной — раз в три дня, зимой — раз в неделю. Крайне важно не допускать переувлажнения вермикулита. Еженедельную подкормку желательно проводить в определенный день, например каждую субботу.

12. Для таких культур, как картофель и помидоры, стенка должна быть выложена не из трех, а из четырех рядов кирпичей.

13. Для облегчения труда раствор из нижнего бака в верхний перекачивают крыльчатым насосом. На рисунке 82 изображены готовые для наполнения поддоны. На возвышенном месте построен резервуар для питательного раствора.

СООРУЖЕНИЕ ПОДДОНОВ*

Размеры стандартного поддона указаны на рисунке 83 (один штрих означает фут, или 30,5 см, два штриха — дюйм, или 2,5 см). Дно поддона горизонтальное, в нем устроен продольный дренажный канал. Во избежание осадочных трещин поддон разделен по длине на четыре секции, между которыми устроены деформационные швы.

Для каждого поддона необходимо подготовить площадку не менее 2,4×16,5 м. Ее следует расчистить, хорошо утрамбовать и очень тщательно выравнять. Ямы после выкорчевки пней заполняют плотным материалом и хорошо утрамбовывают. Делать насыпь нежелательно, но если без нее обойтись невозможно, то для устройства насыпи используют материалы, которые не разрушаются со временем. Насыпь возводят слоями толщиной не более 10 см. Каждый слой увлажняют и трамбуют. Основание для фундамента должно быть одинаково плотным на всей поверхности, чтобы не было осадок.

---

* Статья написана Фултоном, директором Института портландцемента.

По осевой линии подготовленной площадки делают канавку длиной 15,5 м, шириной 30 см и глубиною 5 см, точно соблюдая горизонтальность дна. В пределах каждой секции сначала заливают бетоном дно и отделывают его поверхность. После того как бетон дна достаточно затвердеет, на нем устанавливают опалубку для стен. Если требуется сократить сроки строительства, дно и стены бетонируют за одну операцию, но при этом стоимость опалубки несколько возрастает.

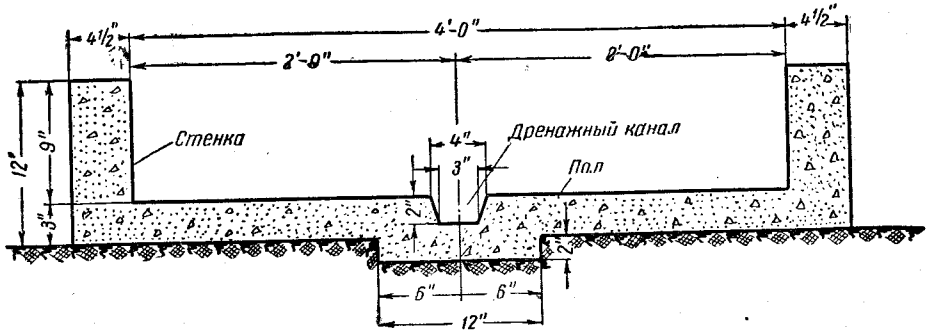


Рис. 83. Поперечный разрез стандартного поддона (длина 15 м).

На рисунке 84 показана часть типичной опалубки. Продольные доски могут иметь произвольную длину. Сначала укладывают рейки высотой 7,5 см, ограничивающие дно поддона. Рейки должны быть прочными и прямыми, их укладывают строго по уровню. При бетонировании поверхность дна выравнивают доской, передвигаемой по рейкам. Колышки должны быть прямыми и достаточно толстыми и длинными, чтобы поддерживать также борта опалубки. Опалубка должна быть чистой. Перед бетонированием ее нужно хорошо смазать со всех сторон маслом, чтобы бетон не приставал к ней.

Для придания поддону водонепроницаемости и долговечности необходимо использовать хороший бетон. Для этого в смеси должно быть достаточно цемента. Рекомендуется смесь следующего состава: 43 кг цемента на 0,07 куб. м песка и 0,1 куб. м щебня крупностью 1,9 см и не более 23 л воды. Если приходится брать из мешка часть объема цемента, соотношение между перечисленными материалами должно быть $1 : 1\frac{3}{4} : 2\frac{1}{2}$. Смесь, составленная из доброкачественных материалов, обладает пластичностью, связностью, легко уплотняется в опалубке и легко поддается окончательной отделке. Следует тщательно отмерять необходимое количество воды. Бетон не должен быть ни слишком жидким, ни очень густым.

Перед бетонированием дна нужно хорошо смочить водой подготовленное основание. Когда опалубка дна почти наполнена бетоном, рейку для образования дренажной канавки вдавливают до надлежащего уровня. Затем обрабатывают поверхность дна деревянной гладилкой. Те места, которые пойдут под стены, надо оставить шероховатыми.

Перед бетонированием стен дно под ними следует смочить цементной болтушкой для лучшего сцепления стен с дном. Опалубку стен надо

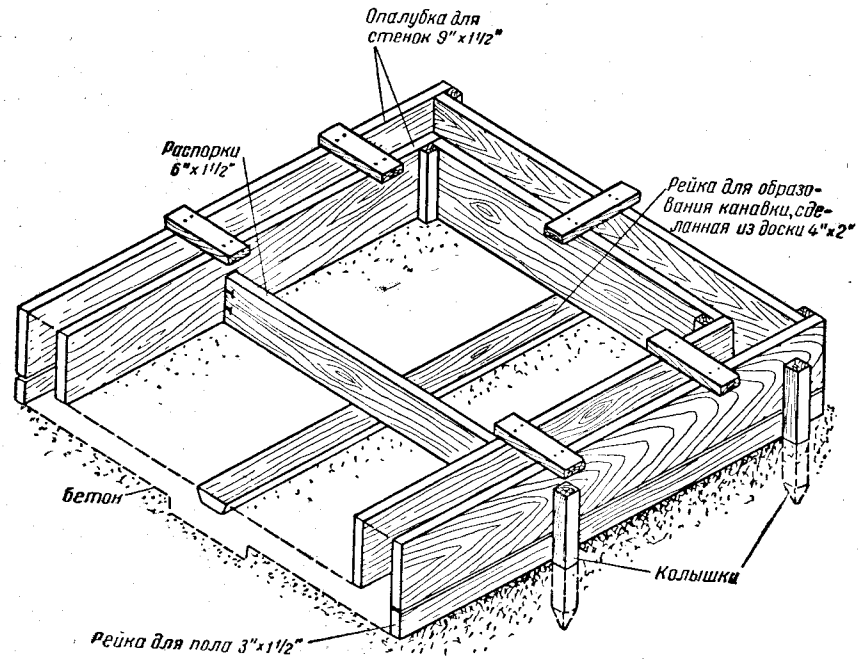


Рис. 84. Общий вид части опалубки для сооружения поддона.

заполнять бетоном равномерно по всей их длине. Все время необходимо штыковать бетон, чтобы хорошо уплотнить его. При плохом уплотнении в бетоне остаются раковины, которые нарушают водонепроницаемость поддона.

Бетон в опалубке надо держать влажным три, а лучше семь дней. Чем дольше находится бетон во влажном состоянии, тем выше его качество (рис. 85, 86).

В бетоне могут появиться трещины, если ему не придать некоторой гибкости. Поэтому деформационные швы устраивают через каждые

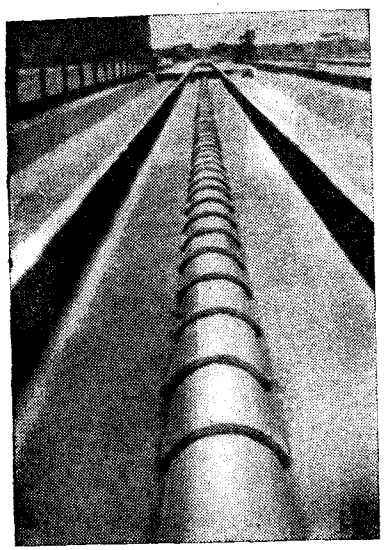


Рис. 85. Поддоны на острове Аруба (Малые Антильские острова). Дренажный канал закрыт черепицей. Под давлением раствора при поддонном орошении каждая черепица слегка приподнимается. После подачи раствора черепицы опускаются на прежнее место и замедляют вытекание раствора.

3,8 м (рис. 87). Место будущего шва заполняют деревянными рейками толщиной 1,3 см. На верхний край реек прибивают планки, которые снимают после затвердения бетона. В желобок, образованный снятыми планками, заливают пластичную замазку, которая обеспечивает водонепроницаемость шва. Пластичная замазка может вытечь из вертикального шва, поэтому в стенках герметичность достигается при помощи оцинкованного стального листа, изогнутого в виде буквы U.

Операции по устройству шва выполняются в следующем порядке. Прежде всего перпендикулярно к бортам опалубки жестко крепят горизонтальные рейки. На верхнюю сторону реек набивают временные планки высотой 1,9 см. Если одновременно сооружают стенки, то в опалубку устанавливают вертикальные рейки и U-образные оцинкованные листы. Бетон, укладываемый в опалубку, хорошо уплотняют вокруг шва. После затвердения бетона временные планки извлекают, а рейки оставляют на месте. Желобок, образованный снятыми планками, заливают пластичной замазкой.

Рейки для заполнения швов можно сделать из мягких досок, пропитав их битумом, но лучше приобрести готовые материалы, так как их легко подогнать к требуемым размерам ручной пилой. В качестве шовной замазки используют расплавленный битум. В данном случае нужен жидкий битум (показатель пропитки 80/100). Следует иметь в виду, что перегрев битума недопустим, потому что его свойства при этом меняются. Для лучшего сцепления замазки с бетоном поверхность предварительно покрывают битумной эмульсией. Так как с расплавленным битумом работать трудно, стоит пойти на некоторые дополнительные затраты и купить шовную замазку, которую можно применять в холодном виде.

Для сооружения стандартного поддона нужны следующие материалы:

цемента	1040 кг
песка (средней крупности)	1,72 куб. м
щебня (1,9 см)	2,48 » »

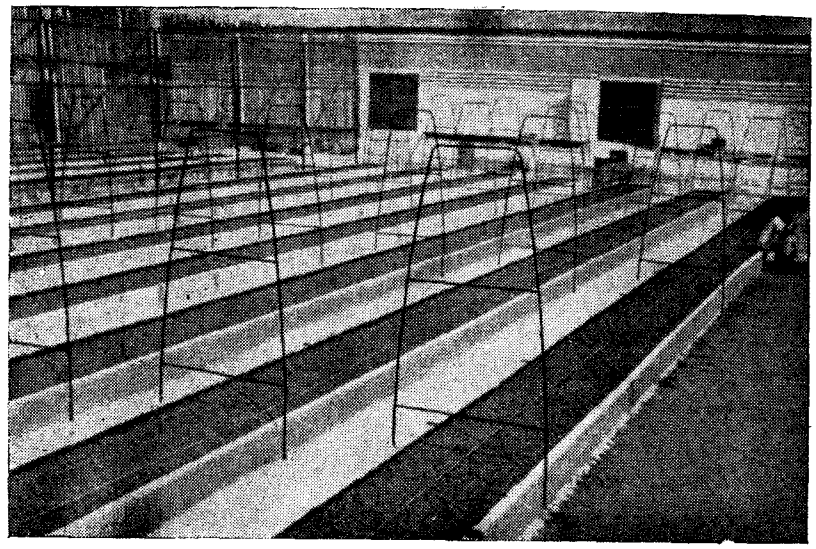


Рис. 86. Готовые к посадке растений поддоны на острове Аруба.

В указанное количество включены также небольшие потери.

Стенки поддонов можно делать также из обожженного кирпича хорошего качества или бетонных блоков, укладывая те и другие на цементный раствор и покрывая внутреннюю поверхность стенок штукатуркой. В кирпичных стенках, как и в бетонных, нужны деформационные швы. В бетонном дне обязательно устраивают деформационные швы. Кирпичную кладку с обеих его сторон прекращают на расстоянии 15—30 см от места деформационного шва. Промежутки между стенками и деформационным швом заполняют бетоном.

Для укладки кирпича и оштукатуривания стенок применяют раствор следующего состава: 43 кг цемента, 0,11 куб. м песка и 4,5 кг строительной гашеной извести. Если все материалы измеряют по объему в рыхлом состоянии, тогда цемент, песок и известь следует брать в соотношении $1 : 3 : {}^1/_5$.

Известь придает смеси жирность и удобообрабатываемость. Вследствие лучшего сцепления кирпичей с раствором повышается водонепроницаемость стен.

Для сооружения поддона с бетонным дном и кирпичными стенками необходимы материалы примерно в следующих количествах (небольшие потери включены):

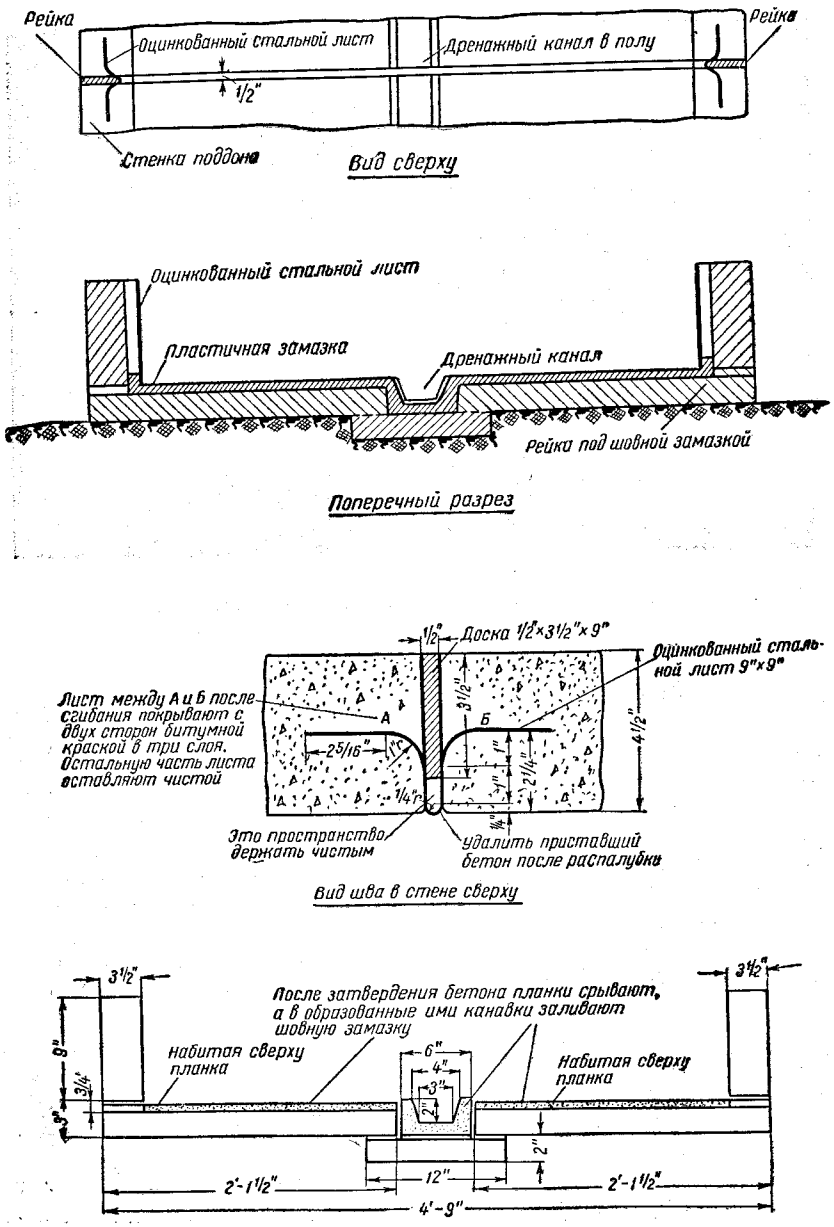


Рис. 87. Чертежи, иллюстрирующие устройство деформационных швов в поддоне.

кирпича стандартного (11,4×22,8×7,6 см) .	500 штук
цемента	820 кг
песка для раствора и штукатурки	0,38 куб. м
песка для бетона	1,14 куб. м
щебня (1,9 см)	1,72 куб. м

Проточная система питания растений возможна также при заполнении поддонов гравием и песком, но в этом случае уровень питательного раствора в субстрате должен быть выше, чем в вермикулите, потому что ни песок, ни гравий не обладают влагоемкостью. Верхний и нижний резервуары должны иметь большой объем. При подкормке следует доводить уровень питательного раствора до поверхности субстрата, чтобы он полностью увлажнял все корни. Резервуары сооружают на полную ширину поддона. Однако прежде чем строить резервуары, нужно провести пробную заливку заполненного субстратом поддона. Если для насыщения субстрата требуется 1100 л раствора, тогда верхний резервуар должен иметь длину 1,2 м, высоту 0,9 м и ширину 1,2 м (ширина поддона также 1,2 м). Нижний резервуар делают в полтора раза больше, чтобы в нем вмещалась также вода после ливней (рис. 88, 89).

ПОДДОНЫ В ПУСТЫНЕ КАЛАХАРИ

Управляющий копями Кейп Блу майор Аккерманн сконструировал опалубку, которая позволяет отливать бетонные поддоны на месте. Копи находятся в 160 км от ближайшего города, поэтому пришлось использовать имеющиеся на копях материалы. Поскольку камня и песка на копях сколько угодно, потребовалось доставлять только цемент.

На рисунках 90—94 показаны чертежи опалубки и поддоны в разных стадиях сооружения.

Имея две опалубки и шесть рабочих, можно сделать два поддона в день. Опалубку устанавливают с уклоном 3,8 см по уровню или по глухому нивелиру (лучше использовать последний). Небольшой болт *А* ввинчивают в верхнюю часть внутренней опалубки и прикрепляют к поперечному брусу *Б*. Это позволяет установить внутреннюю опалубку в правильном положении. Деревянные бруски длиной 7,5 см забивают в пространство между внутренней и наружной опалубкой в ее верхней части. Бруски служат распорками и удерживают оба борта опалубки на одинаковом расстоянии друг от друга. Срезанные углы опалубки соединяют скрепами из углового железа (рис. 91). Углы срезают для того, чтобы облегчить разборку опалубки.

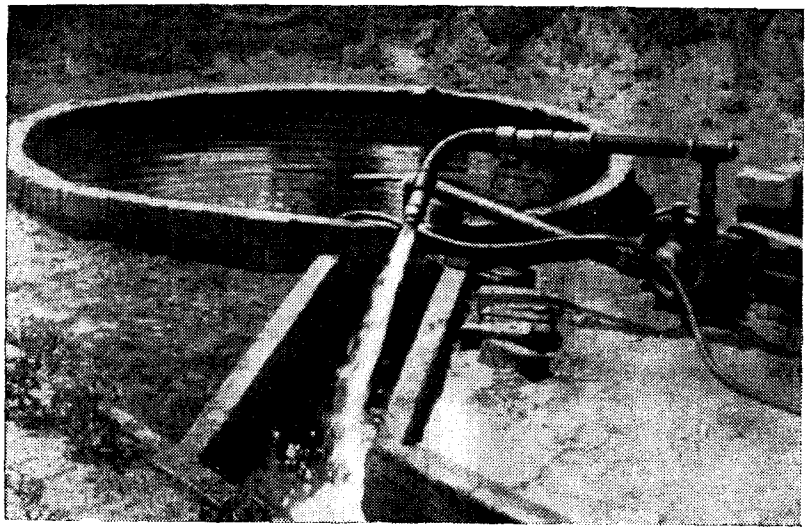


Рис. 88. Резервуар, питательный раствор из которого идет в поддоны по лоткам.

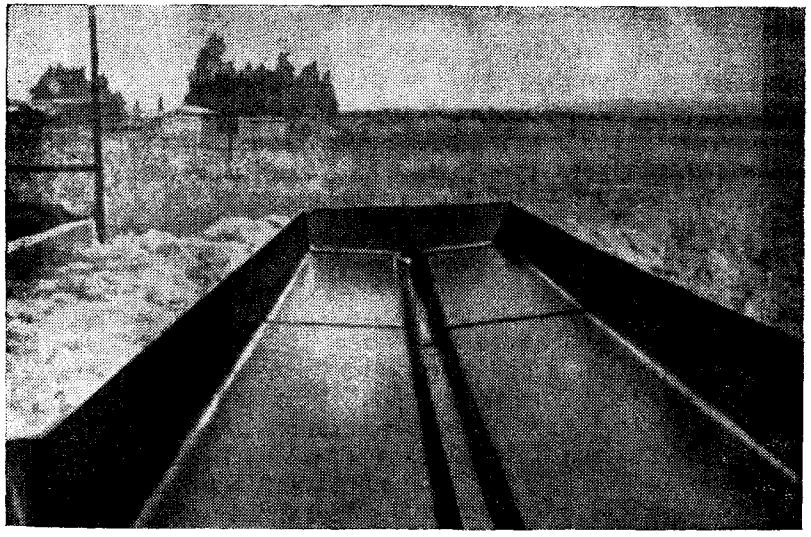


Рис. 89. Поддон, собранный в Израиле из готовых деталей. Таким путем удалось значительно снизить стоимость поддона.

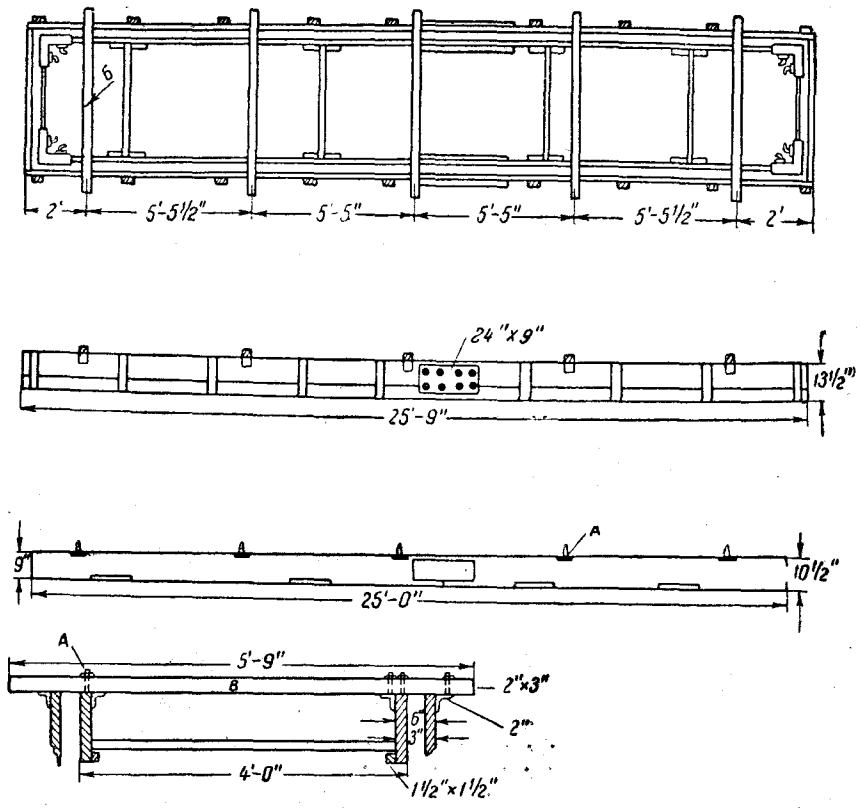


Рис. 90. Опалубка, применяемая в пустыне Калахари.

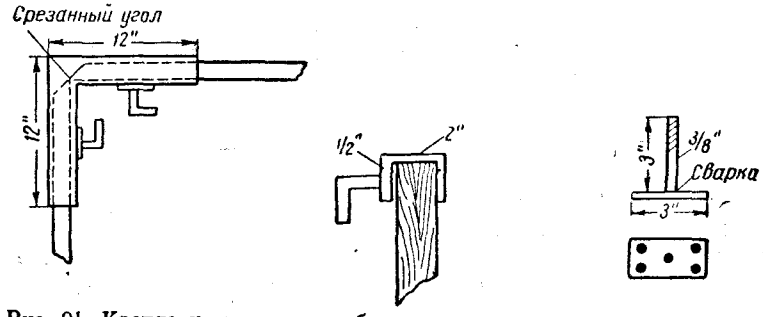


Рис. 91. Крепление углов опалубки.

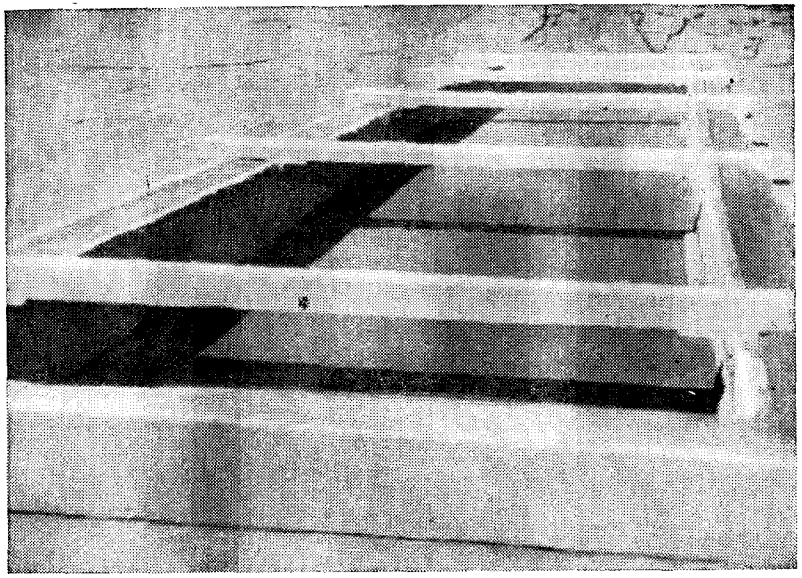


Рис. 92. Опалубка, заполненная бетоном.

Для одного поддона требуется:

цемента	430 кг
песка	1,15 куб. м
щебня	1,52 куб. м

Дно поддона делают из бетона, как обычно. Через каждые 3 м устраивают деформационные швы. Нижнюю часть опор каркаса для укрытия цементируют до начала кладки стен из блоков. Три поперечных трубы на каждой паре опор предназначаются для подвязки растений. Цементно-грунтовые блоки формируют на ручном прессе. Трое рабочих могут сделать 2000 блоков в день. Внутренние стороны стенки штукатурят.

ГИДРОПОННАЯ СИСТЕМА ТЕГНЕРА

Гидропоникум Тегнера «Электрофлора» в Швеции уже описывался на страницах 22—28. По-видимому, в Швеции строительство поддонов обходится дешевле, чем в любой другой стране мира. Поддоны делают из бетонных плит стандартного размера. На дно поддонов насыпают рыхлый песок, который для водонепроницаемости покрывают полиэтиленовой пленкой (рис. 95, 96).

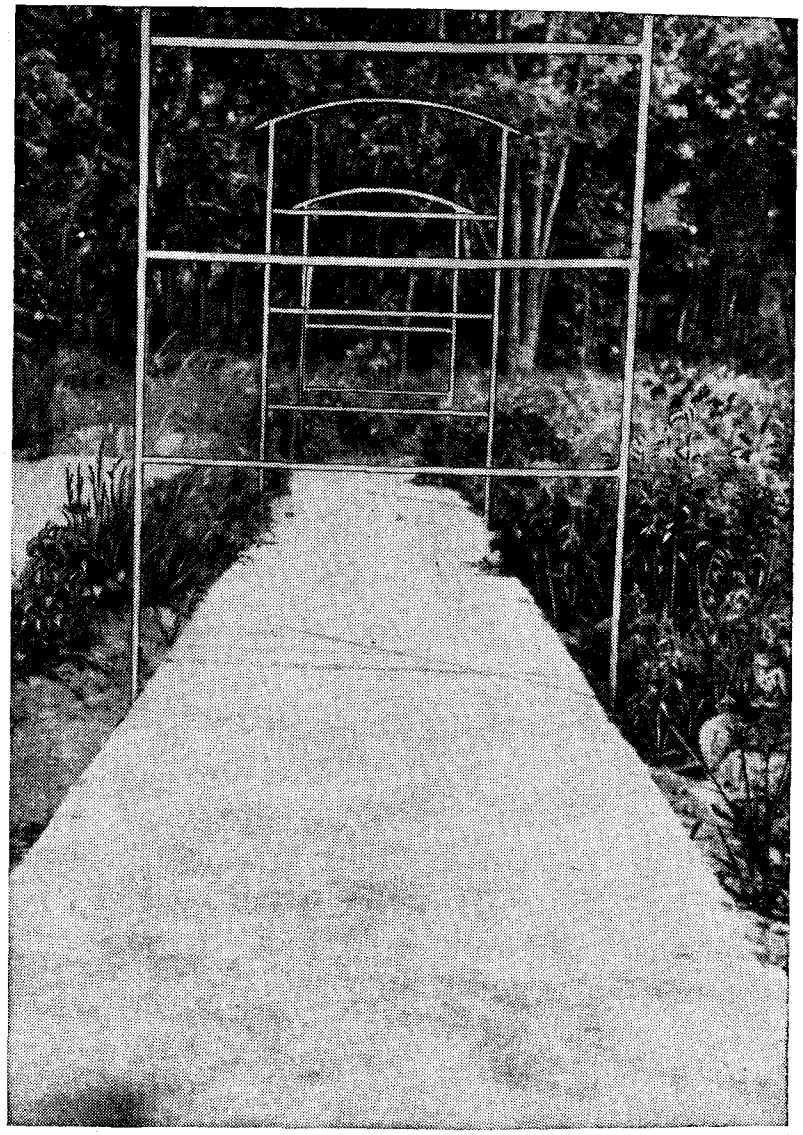


Рис. 93. Деформационные швы в бетонном дне сделаны через каждые 3,75 м. Стены будут сооружены из грунто-цементных блоков.

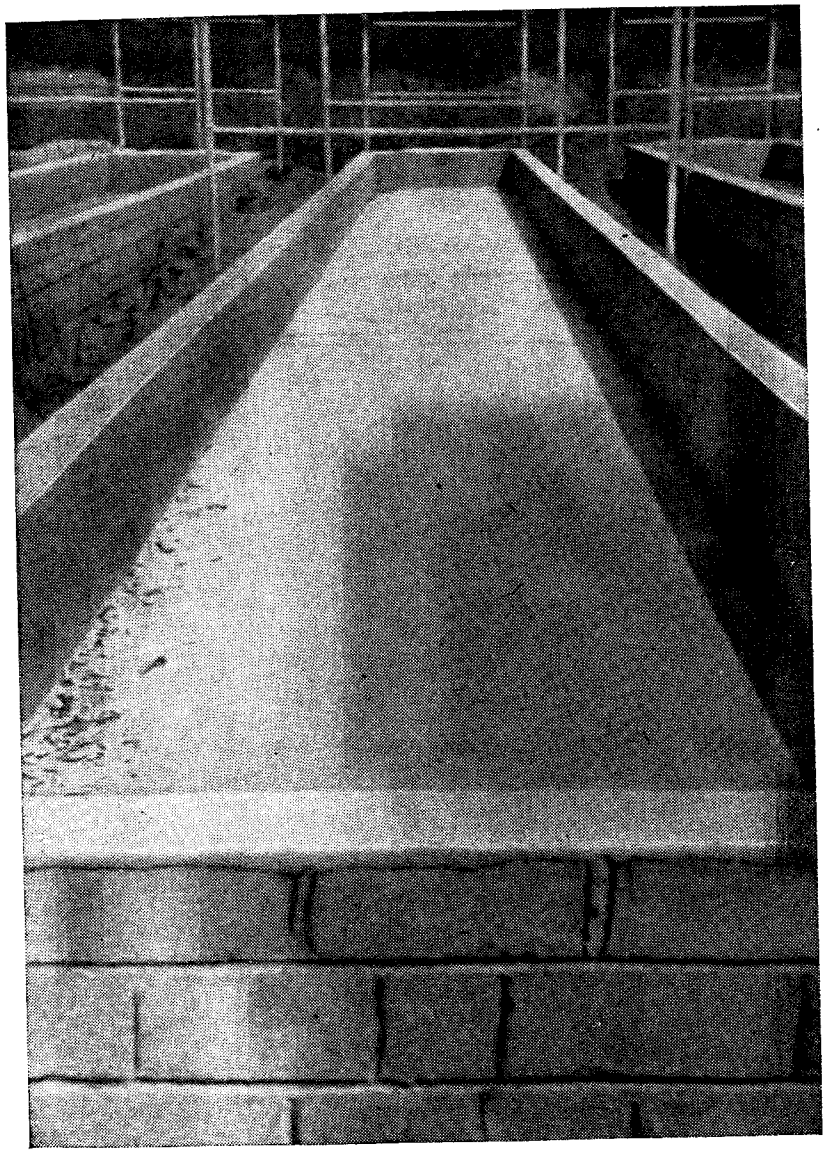


Рис. 94. Стандартный поддон со стенами из грунто-цементных блоков. Для покраски такого поддона требуется 13,6 л краски флинткот.

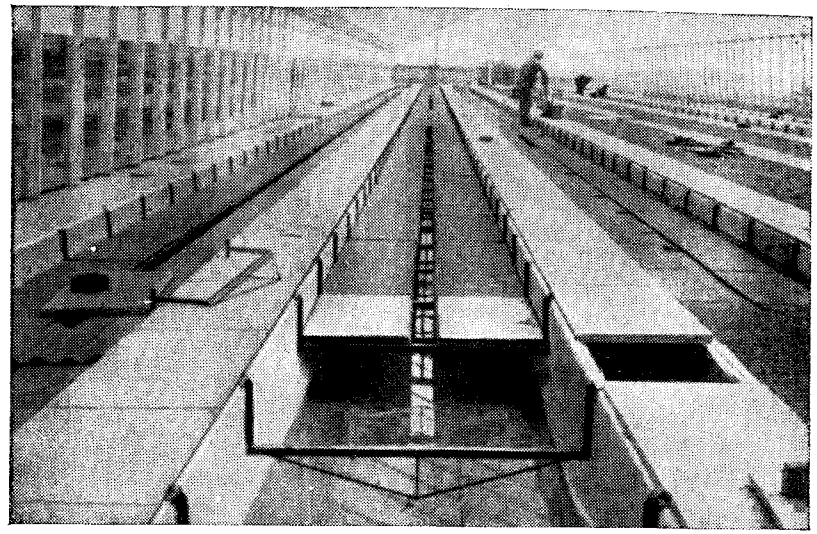


Рис. 95. Наиболее прогрессивный метод строительства поддонов применен в хозяйстве «Электрофлора» (Швеция). Поддоны делают из готовых бетонных плит, металлических распорок и водонепроницаемой полиэтиленовой пленки.

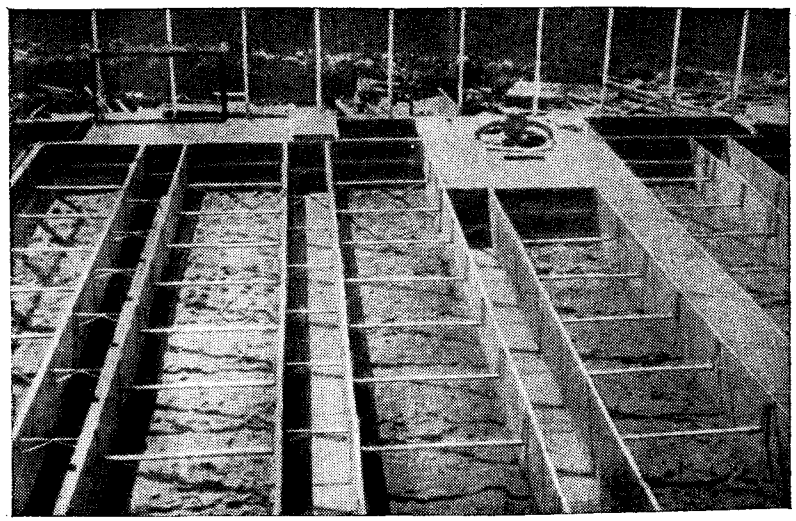


Рис. 96. Основанием служит мягкий песок, на который кладут пленку. Находясь на мягком ложе, пленка не режется и не рвется (хозяйство «Электрофлора»).

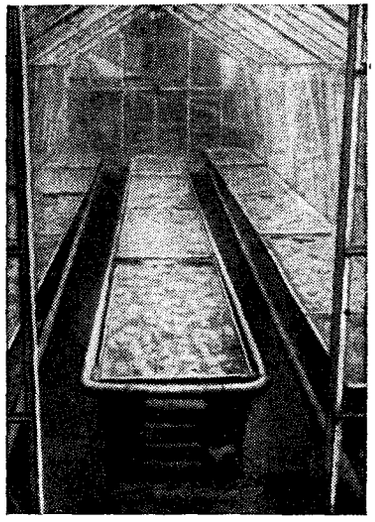


Рис. 97. В Йоркширской теплице (Англия) субстратом служит смесь песка с торфом. Поддоны металлические. Вокруг поддонов смонтированы обогревательные трубы.

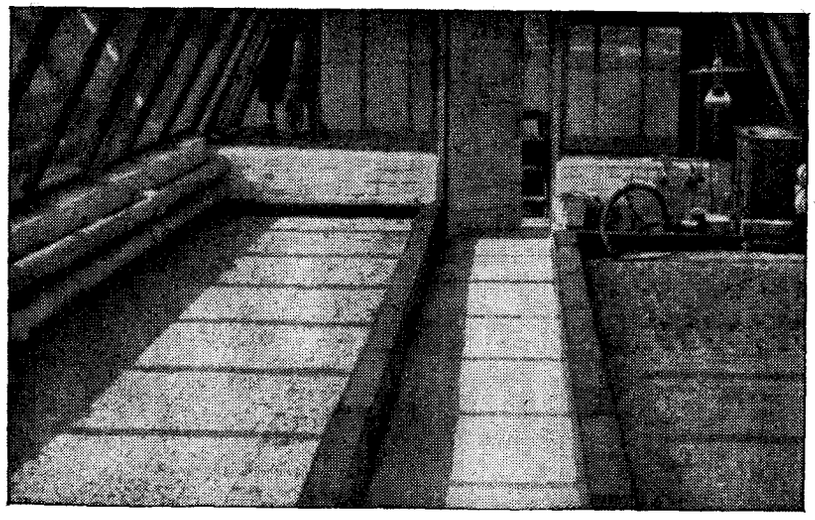


Рис. 98. Поддоны перед заполнением гравием. Видны проволоки для электрического обогрева субстрата (Стаффордшир, Англия).

Два типа английских поддонов представлены на рисунках 97 и 98.

Американская конвейерная система. В Америке впервые применен конвейер в гидропонике. Вся работа ведется в остекленных теплицах. Каждый металлический лоток имеет перфорированное дно и наполнен вермикулитом. Лотки медленно двигаются над поддонами. В одной теплице происходит укоренение черенков, а в другой цветочные растения достигают стадии срезки. В конце второй теплицы лотки снимают с поддона и переносят в теплицу для укоренения черенков. Здесь лотки снова наполняют вермикулитом и ставят на конвейер.

ГИДРОПОНИКУМ АРМИИ США

Одна из крупнейших гидропонных ферм создана армией США в Чофу, близ Токио (Япония). Такое же хозяйство я организую у себя для проведения научно-исследовательских работ. В гидропоникуме армии США применена проточная система питания растений. Питательный раствор проникает через субстрат под действием силы тяжести. Такая система особенно пригодна для участков с небольшим уклоном.

Обычная гидропонная установка состоит из десяти поддонов, заполненных промытым гравием, а также речным или силикатным песком и вулканическим шлаком. Длина поддона 100 м, ширина 90 см. Каждый поддон разделен на три секции, находящиеся на трех разных уровнях. Поддоны сооружены из бетона или дерева и облицованы готовым битумным материалом. Установка, состоящая из 10 поддонов, занимает площадь около 0,2 га.

Для удобства и повышения производительности обычно пускают в работу по 10 гряд. Они орошаются следующим образом. Сначала наполняют питательным раствором верхнюю секцию. Раствор поступает через дно поддона из находящегося выше резервуара. Постепенно поднимаясь, раствор смачивает гравий и корни растений. Вентиль, соединяющий верхнюю и среднюю секции, остается закрытым до тех пор, пока раствор в верхней секции не достигнет заданного уровня. После открытия вентиля раствор под действием силы тяжести перетекает из верхней секции в среднюю. Аналогичным образом раствор направляют в нижнюю секцию. Из нижней секции раствор стекает в находящийся ниже уровня поверхности почвы приемный резервуар. Раствор перекачивают в верхний резервуар, анализируют, добавляют в него воду и элементы питания, а затем уже снова пускают в поддоны.

Поддонное орошение. 1) Подача раствора снизу. Питательный раствор из подземного резервуара перекачивают в поддоны центробежным насосом. После наполнения поддонов насос останавливают и раствор снова стекает под действием силы тяжести через насос в подземный резервуар. Если применяются пневматические насосы, для

выпуска раствора открывают вентиль. Питательный раствор поступает в каждый поддон и вытекает из него через дренажный канал, закрытый сверху кусками черепицы, битым кирпичом, отрезками досок или любым другим доступным материалом. Раствор можно выпускать из поддона также через уложенные в один ряд перевернутые полукруглые черепицы или через сбитый из досок лоток, которые образуют дренажную канавку на дне поддона (рис. 99).

2) Проточная система. Каждый поддон разделен на три секции, находящиеся на трех разных уровнях (перепад 30 см или больше). В секциях часть питательного раствора расходуется растениями и испаряется с поверхности субстрата, поэтому каждая нижняя секция должна быть несколько короче верхней, чтобы хватало раствора для насыщения субстрата (рис. 100). Раствор в верхний поддон поступает из находящегося над ними резервуара. Скорость подачи раствора регулируют вентилем, установленным между резервуаром и верхней секцией поддона. Как только уровень раствора в верхней секции достигнет заданной отметки, вентиль закрывают. После этого открывают вентиль в трубе, соединяющей верхнюю и среднюю секции, и раствор стекает в среднюю секцию. Точно также направляют раствор и в нижнюю секцию. Из нижней секции раствор стекает в желоб и, наконец, в приемный резервуар, находящийся ниже поверхности почвы.

Через несколько часов раствор перекачивают в верхний резервуар. Мощность насоса должна позволять перекачивать раствор из нижнего резервуара в верхний за 2—3 часа. Проточная система с использованием силы тяжести позволяет обходиться маломощным насосом и сократить расход энергии на перекачивание раствора.

При обеих системах поддонного орошения для набивки поддонов применяют любые природные материалы с крупными частицами. Следует только тщательно отсеять частицы мельче 1,6 мм и частицы крупнее 6,3—12,7 мм, в зависимости от их пористости и формы. Если используются известковые субстраты, их следует предварительно обработать раствором фосфатов, как описано в разделе о корневых субстратах (стр. 190).

Поддонная система орошения дает возможность более равномерно орошать субстрат питательным раствором, чем при песчаной культуре. Если состав раствора в приемном резервуаре подвергают регулярной проверке, а затем в раствор вносят необходимые питательные вещества, то растения получают то, что им требуется. Так как поддоны заполняют субстратами с более крупными частицами, чем частицы песка, корни лучше аэрируются и поливать растения можно так часто, как это нужно для обеспечения растений водой. При каждом поливе полностью обновляется воздух в корневой среде, потому что поднимающийся питательный раствор вытесняет воздух из промежутков между частицами

субстрата. При вытекании раствора свежий воздух заполняет эти промежутки. Частота поливов зависит главным образом от размеров растений, климата и водоудерживающей способности субстрата.

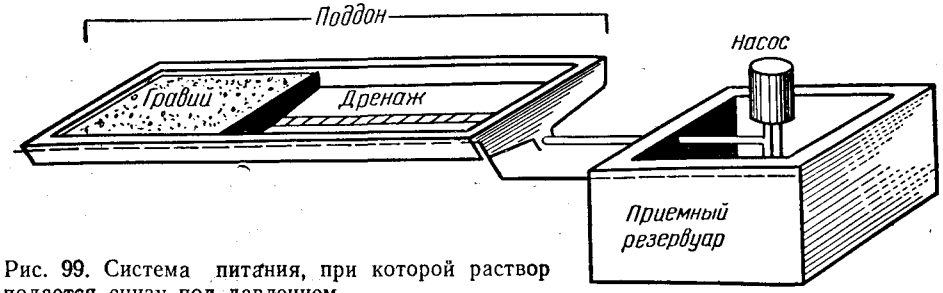


Рис. 99. Система питания, при которой раствор подается снизу под давлением.

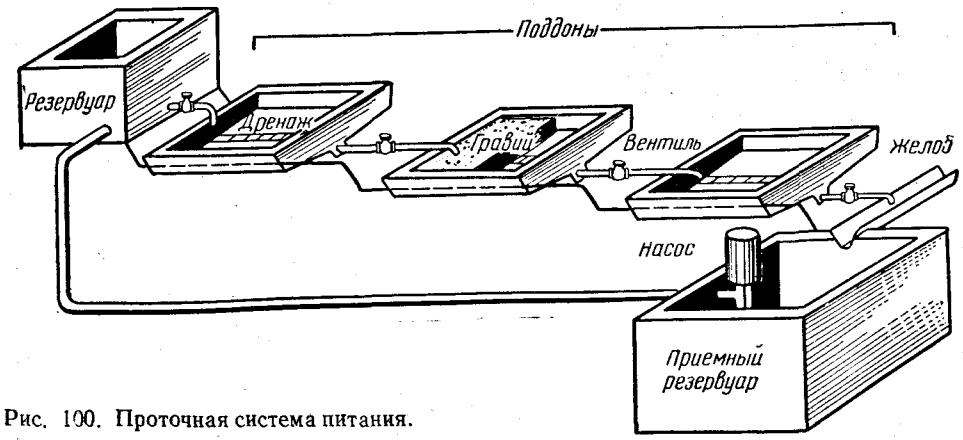


Рис. 100. Проточная система питания.

3. Размещение поддонов при наличии водопроводной сети (рис. 101—104). а) Поддоны сооружают на поверхности почвы или немного ниже ее поверхности. Стенки поддонов должны возвышаться над землей не менее чем на 10—15 см, чтобы в гряды не попадала грязь из проходов. Поддоны имеют три секции: верхнюю; среднюю и нижнюю. Между верхним и нижним концом каждой секции должен быть перепад не менее 2,5 см, а между секциями — не менее 30 см. Верхняя секция должна быть длиною 36 м, средняя — 30 м и нижняя — 24 м. Для пропуска раствора из одной секции в другую исполь-

зуют быстродействующие вентили. Если перепад между двумя секциями составляет менее 60 см, то устанавливают двухдюймовые вентили. Если же перепад превышает 60 см, достаточно установить полуторадюймовый вентиль.

б) Желоб представляет собой открытый лоток для подачи раствора из нижних секций в приемный резервуар, а также для сбора и отвода избыточной дождевой воды. На десять поддонов устанавливают один желоб (рис. 101).

в) Сливная труба диаметром не менее 25 см служит для направления воды в сток. Эту трубу для удобства прокладывают поперек приемного резервуара. Можно применить также другие устройства для спуска избыточной воды из желоба. После сильного ливня желоб будет частично наполнен водой, которая заполнит приемный резервуар до отказа. В районах сухого климата можно обойтись без желоба. Воду из поддонов направляют в длинный узкий приемный резервуар.

г) Приемный резервуар является главным резервуаром для питательного раствора. Емкость резервуара при расчете на один поддон равна 50% пустот между частицами субстрата в верхней секции. Емкость резервуара для десяти поддонов составляет около 27 куб. м. Минимальное количество бетона затрачивается на сооружение резервуара кубической формы. В верхней плите резервуара можно сделать лаз. Насос устанавливают непосредственно над резервуаром. Однако при кубической форме резервуара дорого стоит выемка грунта. По-видимому, наиболее дешево обойдутся узкие длинные коллекторы.

д) Емкость питающего резервуара должна быть близкой к емкости приемного резервуара. Поскольку в питающем резервуаре раствор находится недолго, можно обойтись без крышки. Следует отдать предпочтение длинному питающему резервуару, расположенному в верхней части поддонов. Из одного резервуара через короткие патрубки с вентилями раствор поступает в десять поддонов.

е) При наличии электросети для привода насосов следует устанавливать электродвигатели. Однако значительно легче приобрести насосы, работающие от бензиновых двигателей. Один насос производительностью 220 л/мин достаточен на 20 поддонов. Сперва насос перекачивает питательный раствор из приемного резервуара первых десяти поддонов в первый питающий резервуар. Затем при помощи системы вентилей этот же насос перекачивает раствор из второго приемного резервуара во второй питающий резервуар (рис. 103). Можно одновременно перекачивать раствор из двух приемных резервуаров, если для всех 20 поддонов требуется питательный раствор одинакового состава. Однако лучше иметь насос для каждых десяти поддонов, особенно при наличии электросети, потому что на обслуживание электродвигателей тре-

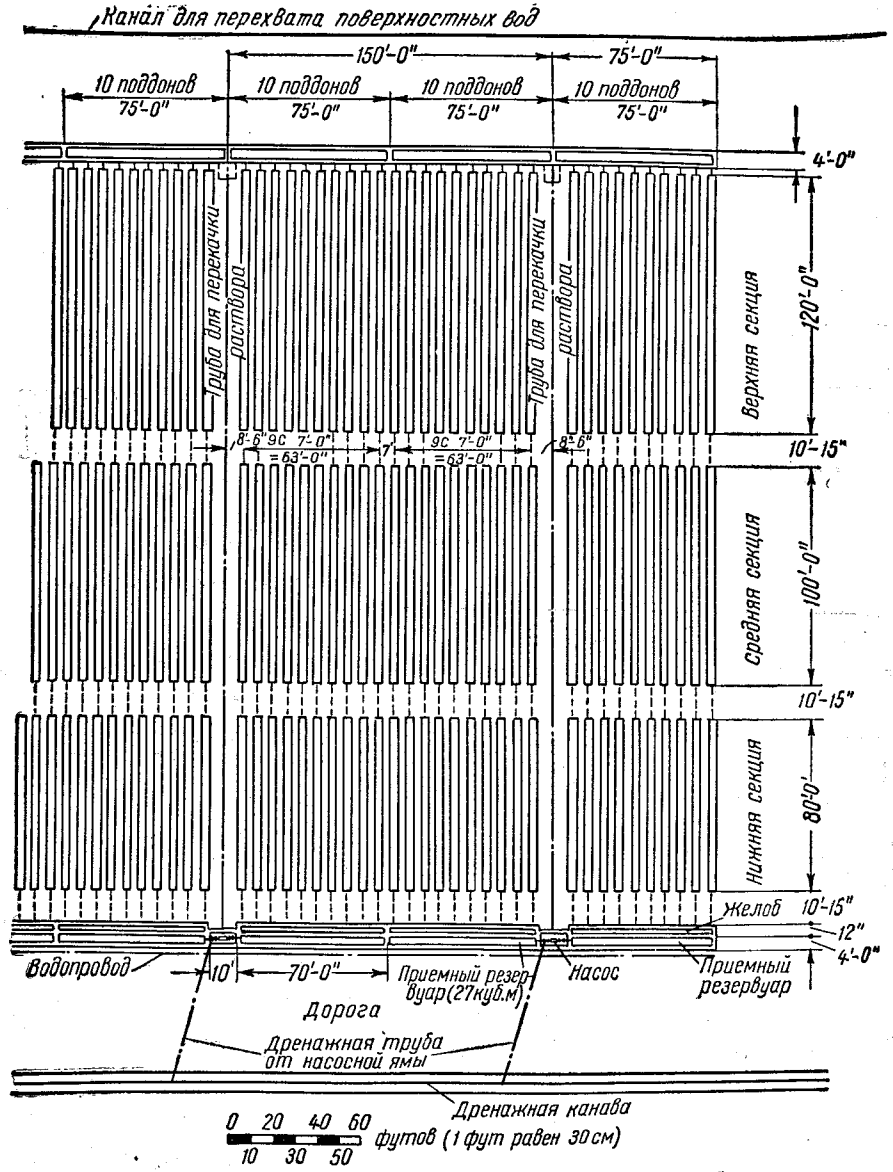


Рис. 101. Схема размещения поддонов при наличии водопроводной сети.

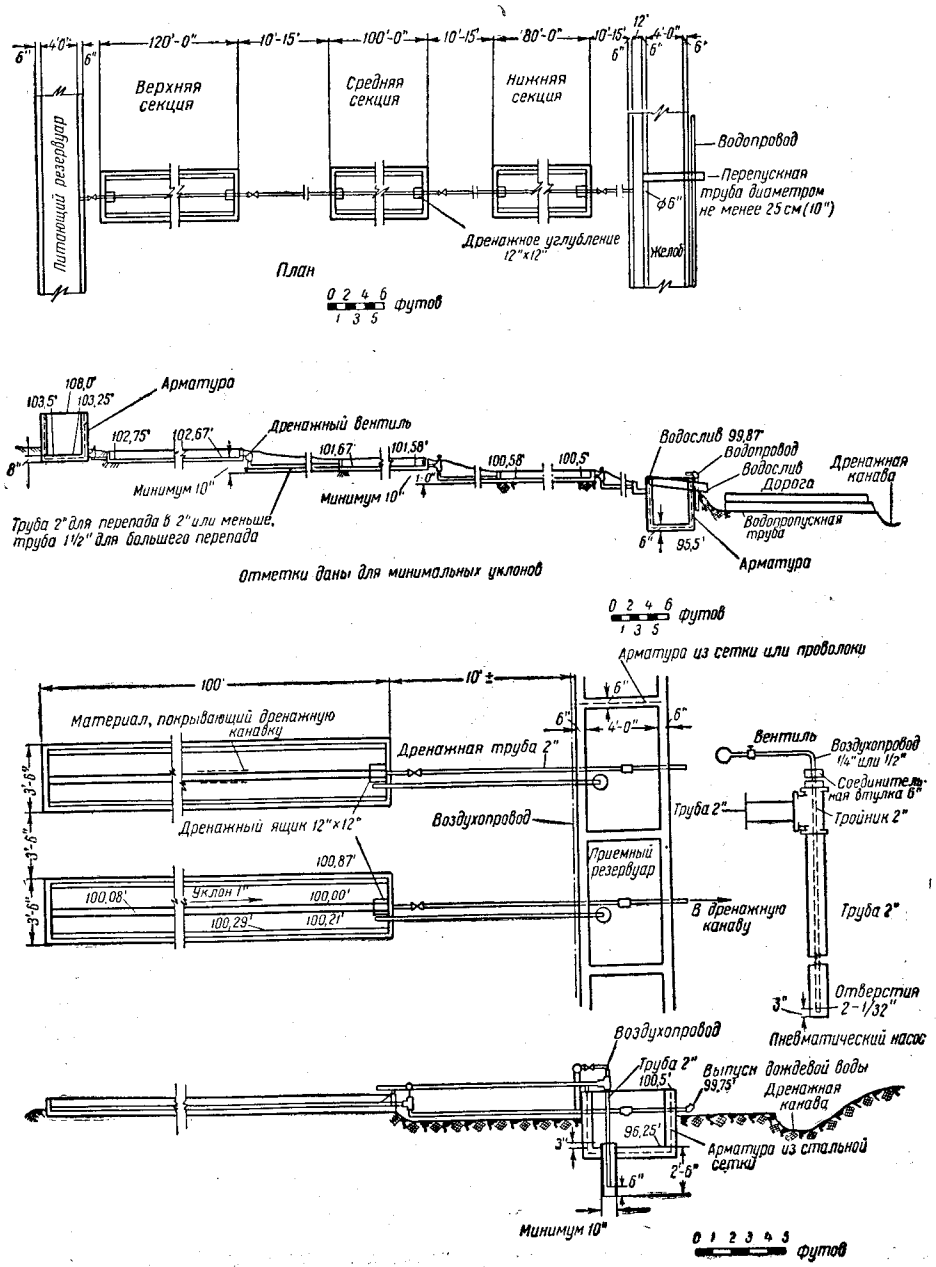


Рис. 102. Устройство поддонов.

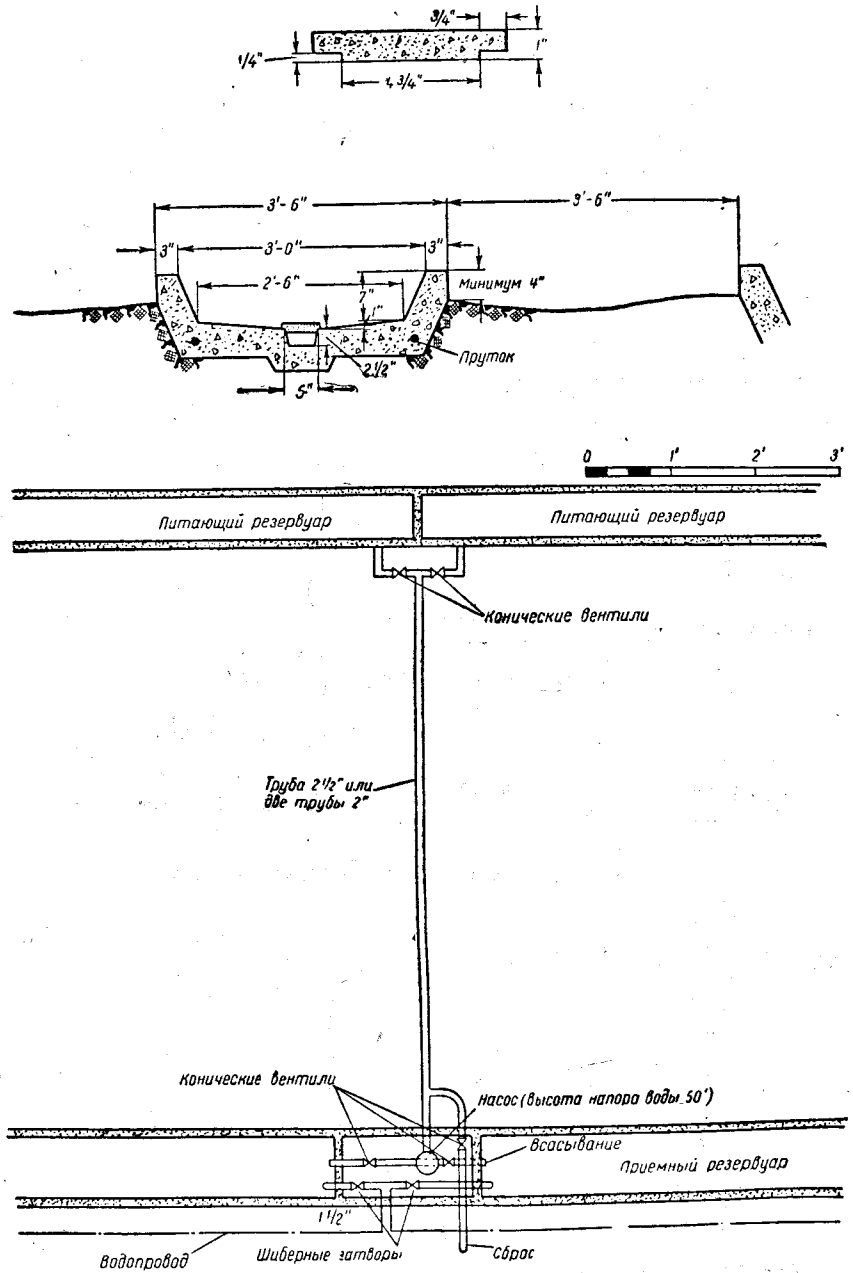


Рис. 103. Трубопроводы и дренаж поддонов.

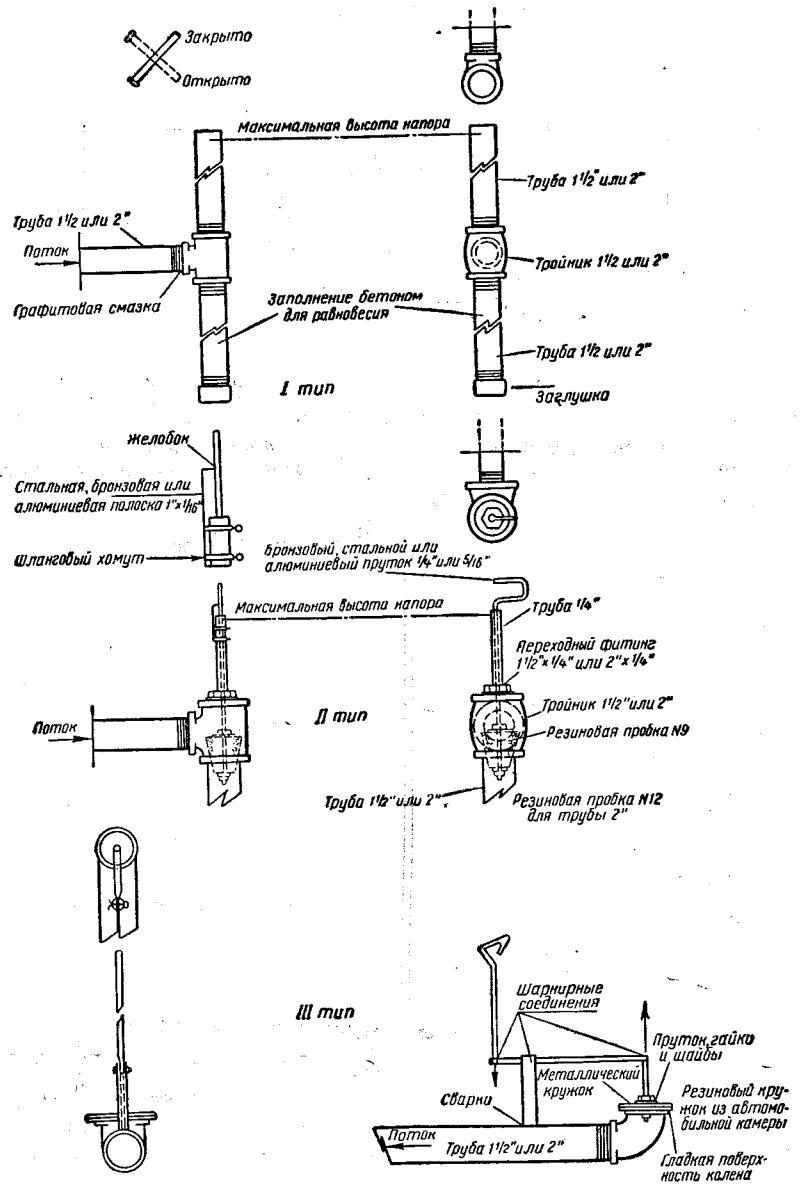


Рис. 104. Три типа клапанов, применяемых в поддонах.

буется очень мало времени. Один насос производительностью 120 л/мин достаточен на 10 поддонов.

ж) Добавляемые в приемный резервуар сухие туки должны раствориться, а для этого питательный раствор надо хорошо перемешивать. Для перемешивания раствора используют насос. Устроив обходное соединение, пускают раствор из насоса снова в приемный резервуар, вместо того чтобы направлять его в питающий резервуар. Это вызывает быстрое перемешивание раствора. Отверстие для перепуска раствора должно находиться с одной стороны резервуара, чтобы придать жидкости вращательное движение.

з) Следует надеть сетку на всасывающую трубу насоса, чтобы твердые частицы удобрений не засорили его. Для этого пригодна латунная, медная или бронзовая сетка, но ни в коем случае нельзя применять оцинкованную сетку. Нужно, чтобы сетка легко снималась для очистки.

и) В каждом поддоне устанавливают четыре быстродействующих вентиля или клапана (затвора), которые легко открывать и закрывать вручную. Шиберные затворы и шаровые клапаны непригодны, так как они действуют слишком медленно. Больше подходят конические вентили, но их трудно открывать и закрывать. На рисунке 104 показано три типа вентилей или клапанов. Клапан первого типа открывается и закрывается при повороте тройника. Так как толщина слоя раствора в поддоне невелика, то клапан закрывается, как только отверстие его покажется над раствором. Труба, соединяющая две секции, не должна входить в нижнюю секцию в том месте, где находится дренажная канавка (рис. 102).

к) Клапан второго типа, по-видимому, лучший из трех, потому что он легко работает благодаря движению плунжера вверх или вниз. Плунжером может служить лабораторная резиновая пробка, вставленная в трубу, присоединенную к нижнему концу тройника. Затвор можно сделать также из плоского резинового кружка.

л) Клапан третьего типа очень прост. Его устанавливают в дренажном углублении внутри поддона. Затвором служит резиновый кружок.

ПОДДОНЫ, В КОТОРЫХ ПРИМЕНЯЮТСЯ СУХИЕ УДОБРЕНИЯ

Такие поддоны очень просты, так как состоят только из стенок для удержания вермикулита (рис. 105). Если хотят, чтобы поддоны служили долго, их делают из кирпича. Фундаментом для стенок служит слой бетона толщиной 7,5 см, уложенного в канавку глубиной 5 см и шириной 11,5 см. На фундаменте возводят стенки в три кирпича (высота стенок 23 см, ширина 11,5 см). Почву в пределах фундамента заливают

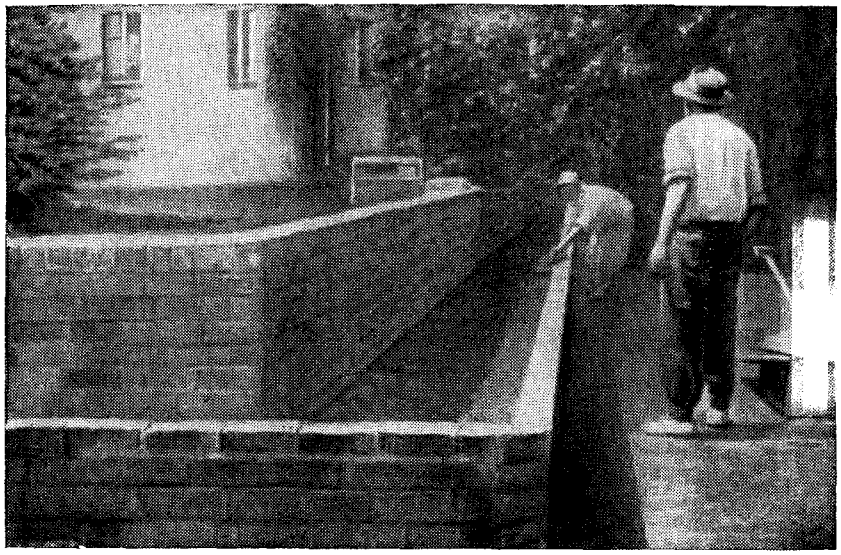


Рис. 105. В изображенном на рисунке поддоне нет дна. При использовании сухих удобрений вместо питательного раствора дно не нужно.

водой и учитывают время, в течение которого она уходит в почву. Если вода стоит долго, например на глинистой почве, следует вынуть почву на глубину не менее 30 см.

Образовавшуюся траншею до основания кирпичных стен заполняют жестяными банками, камнем, стеклянным боем и любым другим материалом, от которого давно нужно было избавиться. Поверх мусора насыпают 2,5-сантиметровый слой гравия с диаметром отдельных частиц 1,3 см и 2,5-сантиметровый слой промытого речного песка. Песок тщательно разравнивают в мокром состоянии. На песок насыпают вермикулит слоем толщиной 15 см. Если поддон имеет стандартный размер, вермикулит насыщают питательными веществами, как описывалось в разделе о поддонах проточного типа.

При сооружении небольших поддонов на один квадратный метр поверхности вермикулита расходуют 540 г удобрений. При еженедельной подкормке удобрения вносят в количестве 25 г на 1 кв. м. Для того, чтобы внести удобрения во время вегетации листья и стебли растений раздвигают. После внесения сухих туков вермикулит поливают, при этом струю воды направляют также на листья, чтобы смыть с них пыль. Струя воды не должна быть слишком сильной, чтобы не образовались ямки в вермикулите и не оголились корни.

ПОДДОНЫ ИЗ ДЕКОРАТИВНОГО КАМНЯ

Многие лица, желающие выращивать цветы гидропонным способом, возражают против устройства в садах некрасивых бетонных поддонов. На рисунке 106 показан поддон из декоративного камня.

Поддон из эверита. Во многих местностях можно приобрести обрезки кровельного асбоцемента (эверита). Высота обрезков обычно равна 30 см. Края листов накладывают друг на друга, просверливают в них отверстия и скрепляют болтами. Заполняют эверитовые поддоны так же, как и другие поддоны, в которых применяют сухие удобрения (рис. 107).

В одном гидропонном хозяйстве в Иоганнесбурге имеется свыше ста поддонов стандартного размера с асбоцементными стенками. В них выращивают шпинат и мяту. Если стенки и дно покрыты полиэтиленовой пленкой, то в эверитовых поддонах можно использовать готовые питательные растворы.

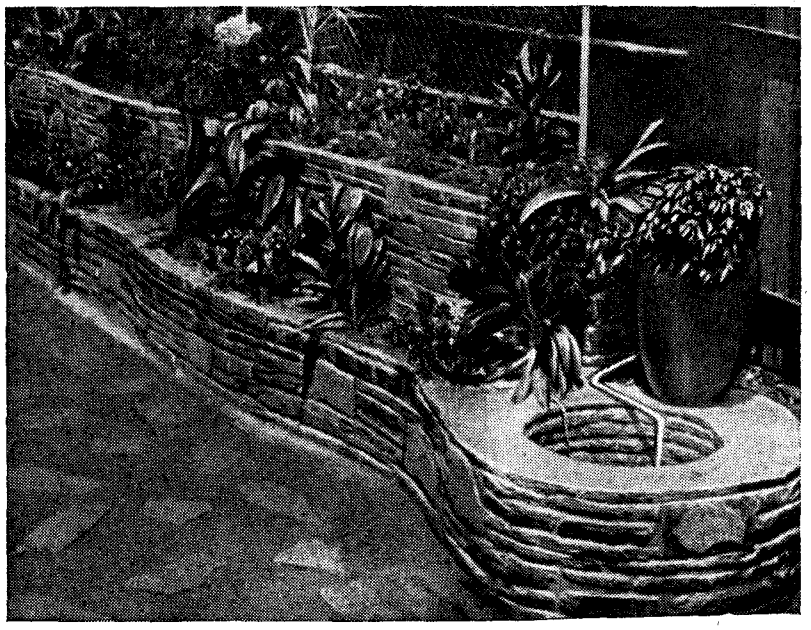


Рис. 106. В саду можно делать поддоны не из бетона, а из декоративного камня.

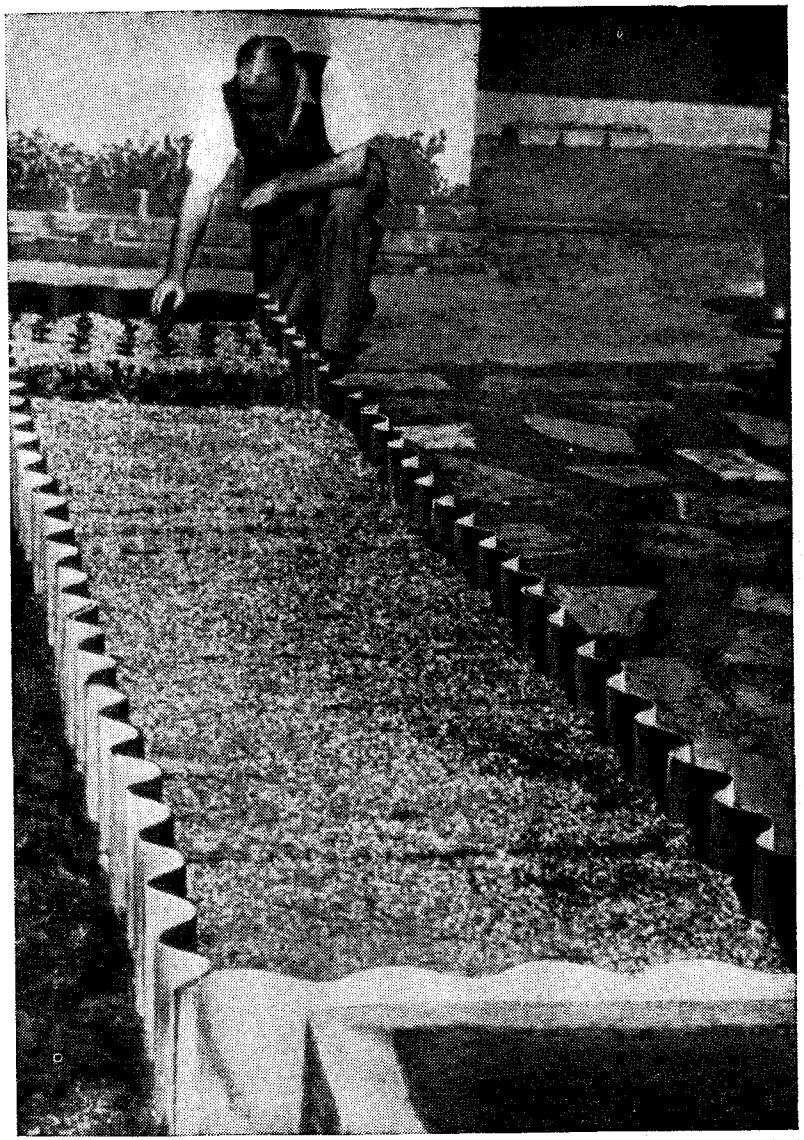


Рис. 107. Поддон из обрезков кровельного эверита толщиной 6 мм. Удобрения применяют в сухом виде.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПИЛЕННЫХ ПОПОЛАМ БОЧЕК В КАЧЕСТВЕ ПОДДОНОВ

Во многих хозяйствах, расположенных в отдаленных местностях, накапливаются металлические бочки и банки емкостью 18—23 л из-под горючих и смазочных материалов. Из них нетрудно сделать очень хороший гидропоникум. В таких поддонах хорошо растут вьющиеся растения; для других культур они непригодны. Я решил занять поддонами из банок площадь в 0,4 га. Вся эта площадь будет окружена изгородью из горбыля. Изгородь будет служить защитой от ветра, а также опорой для вьющихся растений. За пределами изгороди предусматривается

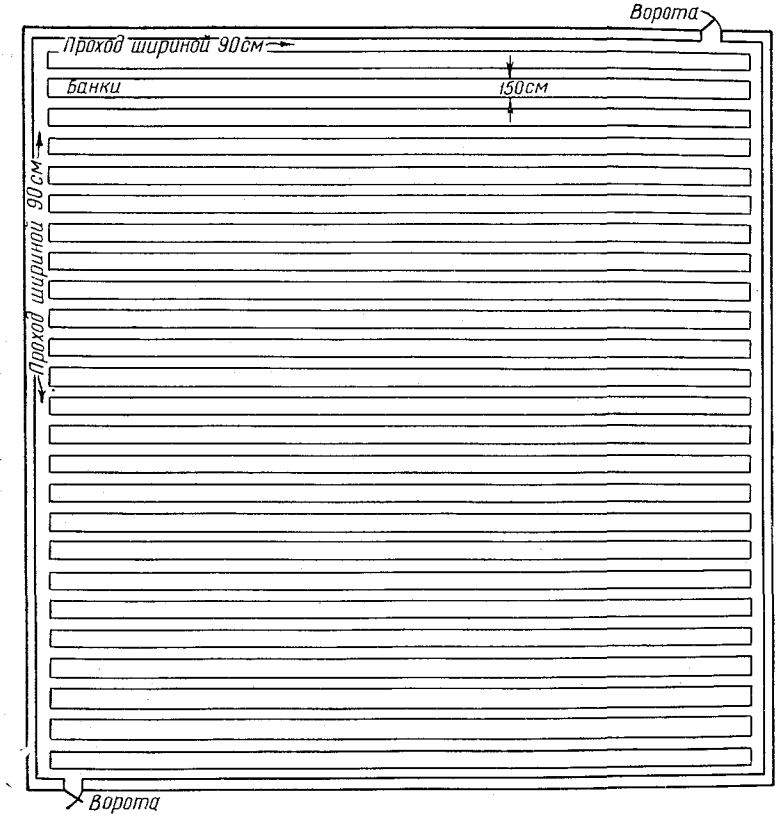


Рис. 108. Общая схема размещения 15 тыс. жестяных банок емкостью 18 л каждая на площади 0,4 га.

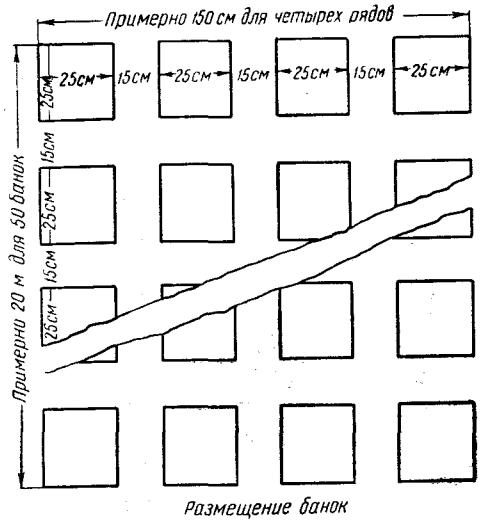


Рис. 109. Детальная схема размещения банок на участке площадью 0,4 га.

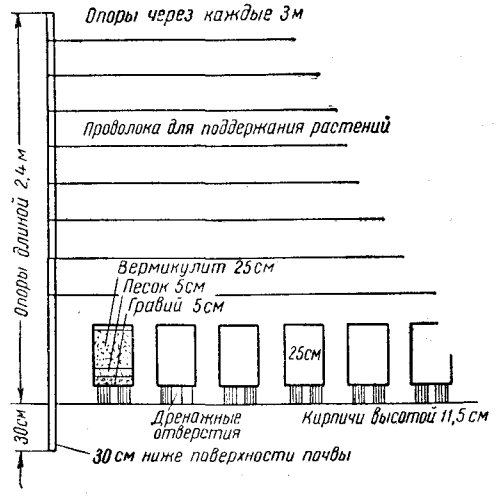


Рис. 110. По экономическим соображениям в банках следует выращивать высокорослые растения. На схеме показано устройство опор для таких культур, как помидоры.

устройство резервуара с небольшим центробежным насосом для полива растений питательным раствором из шланга.

Каждую распиленную банку ставят на два кирпича, чтобы по вытекающему раствору видно было, что субстрат насыщен питательным раствором. Если в хозяйстве мало воды, банки ставят на бетонные желоба, имеющие небольшой уклон к коллектору, чтобы собирать вытекающий питательный раствор. Банки расставляют рядами. В одном ряду находится 50 банок. Промежуток между банками со всех сторон равен 15 см (рис. 108—110). Деревянные (лучше металлические) опоры устанавливают через каждые три метра.

Со всех сторон участка, вдоль изгороди, также размещают бочки или банки. Банка из-под минерального масла емкостью 18 л занимает площадь 25×25 см. Банки и бочки покрывают изнутри и снаружи битумной краской. В дне просверливают дренажные отверстия. На дно насыпают 5-сантиметровый слой гравия, затем такой же слой песка. Остальное пространство до метки, проходящей на расстоянии 2,5 см от верхней кромки, заполняют вермикулитом. Вермикулит предварительно насыщают питательными веществами, как рассказано в разделе о горшечных культурах (см. стр. 82). Следует применять общую питательную смесь № 1. Для приготовления раствора на 1000 л воды берут 1 кг смеси.

В банку высаживают одно рассадное растение помидоров высотой 15 см. Пассифлору выращивают в банках, установленных вдоль общей изгороди. Растения подвязывают, чтобы они могли виться по проволокам. Горох и фасоль высаживают по четыре растения, огурцы — по одному растению в банку. В несколько бочек можно посадить перец, баклажаны, ревень, мяту, шалфей, редис и салат для нужд семьи, но не для продажи.

Выращивая помидоры в качестве основной культуры (пассифлора, горох, фасоль, огурцы за изгородью) получают до 110 т плодов с 1 га или в среднем 3,2 кг с одного растения. Урожай может быть еще выше, если использовать гибридные семена первого поколения.

На одной ферме в Южной Родезии применяют разрезанные пополам 200-литровые бочки для промышленной культуры помидоров (рис. 111). В дне каждой бочки просверливают дренажные отверстия. Бочки ставят на бетонный желоб, который служит также дренажной канавой для вытекающего из них питательного раствора. Питающий резервуар делят на три секции, чтобы хлорированная вода могла проветриваться в течение двух дней перед использованием. Раствор к растениям течет по шлангу. Приемный резервуар находится ниже поверхности почвы. Раствор из приемного резервуара насосом перекачивают в питающий резервуар. На ферме уже используются две тысячи бочек. Запланировано установить еще 5000 бочек. В каждой бочке выращивают шесть растений помидоров (рис. 112).

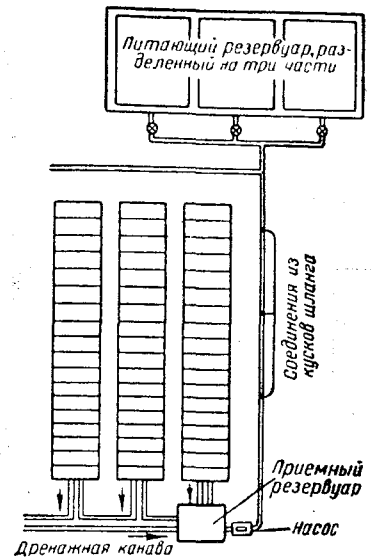


Рис. 111. Схема размещения 200-литровых бочек.

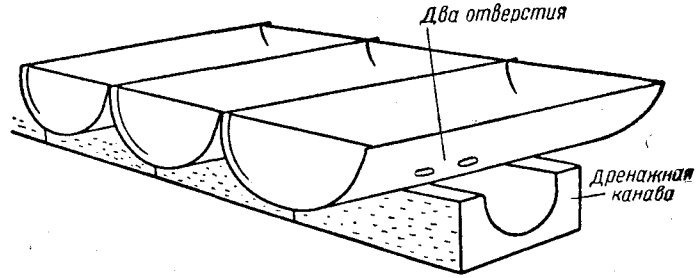


Рис. 112. Схема размещения бочек на бетонном желобе.

ГИДРОПОННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ДЕРЕВЬЕВ

Поддоны для выращивания деревьев в лаборатории Рубиду (Риверсайд, Калифорния) делают из бетона. Толщина стенок составляет 10 см, внутренняя площадь поддона 0,9×3 м, а глубина — 1,8 м. Всего в лаборатории сооружено 20 поддонов. Они возвышаются на 30 см над поверхностью земли, 1,5 м высоты поддонов находятся в почве. Питающие резервуары установлены несколько выше поверхности земли. Корневой субстрат покрывают 2,5-сантиметровым слоем гравия, чтобы предотвратить испарение влаги и развитие водорослей (рис. 113).

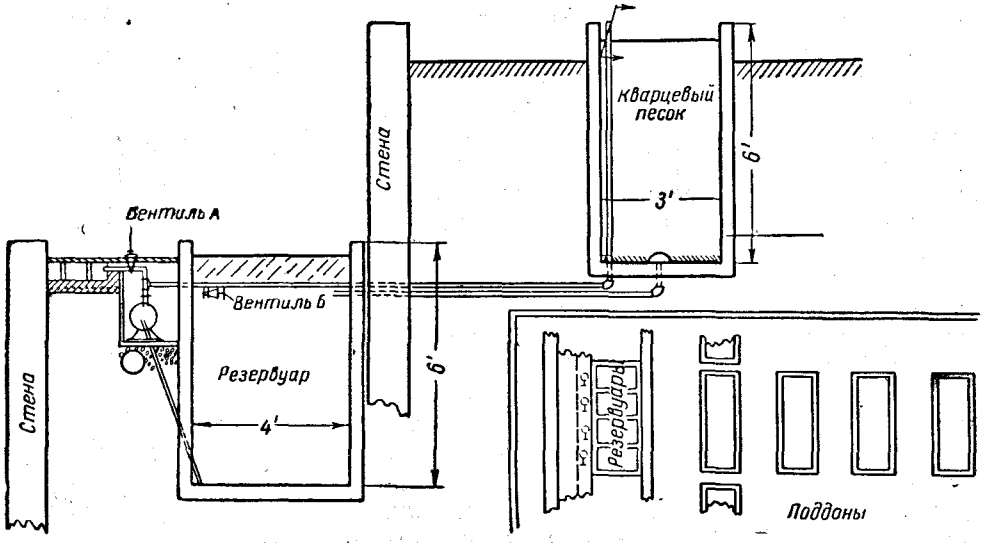


Рис. 113. Схема гидропоникума для выращивания деревьев.

ПУСТОТЕЛЫЕ СТЕНЫ

Во многих засушливых местностях декоративное садоводство сопряжено с огромными трудностями. В этих условиях на помощь приходит гидропоника. Вокруг участка можно устроить изгородь из пустотелых стен. Внутрь стены насыпают 2,5-сантиметровый слой гравия, такой же слой песка и 15-сантиметровый слой вермикулита, а затем высаживают такие однолетние цветы, как петуния, флоксы, вербена, настурция (рис. 114).

Рис. 114. В саду автора пустотелые стены заполнены вермикулитом, на котором растут прекрасные цветы.

КОРНЕВЫЕ СУБСТРАТЫ

Для наполнения поддонов пригодны многие материалы. Они необходимы только для того, чтобы поддерживать растения. Вермикулит и торф являются абсорбентами, другие материалы не обладают свойством поглощать воду и элементы питания. Вермикулит и торф представляют собой мягкие материалы, поэтому корни в них развиваются лучше, чем в твердых материалах, например в гравии. Песчаная и гравийная культура означают выращивание растений на материалах с различной величиной частиц, не обладающих поглотительной способностью. Если диаметр частиц менее 2 мм, материал называют песком, если же частицы крупнее 2 мм, материал называют гравием.

Песок и гравий сильно различаются по химическому составу. Речной гравий, известняк и ракушечник содержат много углекислого кальция, который вступает в реакцию с растворимыми фосфатами питательных растворов и образует нерастворимый двух- и трехзамещенный кальцийфосфат. Данный процесс продолжается до тех пор, пока нерастворимые фосфаты не образуют оболочку на поверхности каждой частицы субстрата. В дальнейшем химическое связывание фосфатов не происходит и растения используют весь фосфор питательного раствора.

Материалы, содержащие много кальция, следует предварительно обработать следующим образом.

На 100 л воды берут 0,5 кг тройного суперфосфата (45% P_2O_5). Вычисляют емкость поддона в кубометрах, делят полученный результат на два, потому что половину объема занимает гравий. Например, емкость поддона составляет $15{,}2 \times 1{,}2 \times 0{,}23 = 4{,}2$ куб. м. Если 4,2 куб. м разделить на два, то получим 2,1 куб. м, то есть для заполнения загруженного гравием поддона требуется 2100 л воды. Следовательно, 10,5 кг тройного суперфосфата надо растворить в 2100 л воды. При большом числе поддонов потребное количество воды лучше определить путем пробного заполнения поддона раствором.

Количество раствора суперфосфата на один поддон зависит не только от величины частиц песка или гравия, но и от щелочности субстрата. Для насыщения ракушечника нужно очень много суперфосфата. В течение нескольких часов pH раствора устойчиво повышается, а содержание фосфора в нем столь же устойчиво падает. Если количество фосфора (P) в растворе опускается ниже 100 мг/л, то суперфосфат добавляют. Установление pH, равного 6,8, означает, что частицы субстрата покрылись оболочкой из нерастворимых фосфатов. Если поддоны заполняют известковыми субстратами, следует давать растениям богатую

фосфором питательную смесь и поддерживать его содержание в питательном растворе на уровне 90 мг/л (ни в коем случае не ниже 62 мг/л).

Вермикулит и песок имеют довольно высокий pH, поэтому их можно посыпать суперфосфатом и затем обильно полить водой. Поверхность вермикулита и песка должна быть влажной весь период насыщения фосфором.

Установлено, что для насыщения субстрата в стандартном поддоне достаточно 4,5 кг тройного суперфосфата. После установления постоянного pH раствор суперфосфата спускают из поддона, а субстрат промывают чистой водой.

Песок. Свойства песка сильно зависят от рельефа и состава горной породы. Иногда песок получают путем дробления гравия и камня. Самой распространенной составной частью песка является кварц. В реках откладывается более крупный песок, потому что мелкие частицы уносит вода. Такой песок называют острым речным. Он наиболее пригоден для гидропоники. Песок, используемый в производстве стекла и состоящий почти из чистого кварца, также пригоден для гидропоники.

Гравий может состоять из частиц гранита, мрамора, песчаника, известняка, базальта, долерита, мергеля, глинистого сланца, латерита, речной гальки, гнейса, кремневой гальки. Необходимо подбирать гравий с округлыми частицами. Острые зерна могут поранить стебли растений при сильных ветрах. Обычно в образце гравия определяют щелочность. Гравий должен быть чист и хорошо отсортирован по крупности. Каким бы чистым гравий ни казался, его обязательно промывают на решетах и лишь после этого переносят в поддоны. Относительно размера частиц гравия для гидропоники мнения сильно расходятся. В хозяйстве «Электрофлора» в Швеции отдают предпочтение гравию с частицами диаметром 8 мм. Я стараюсь использовать округлые частицы диаметром от 6,4 до 9,5 мм.

Следует избегать мягких, легко разрушающихся видов гравия, потому что мелкие частицы забивают дренажные отверстия и ухудшают аэрацию корневой среды. Указанный недостаток характерен для некоторых песчаников.

Гравий из местностей с обильными осадками обычно не содержит ядовитых примесей. В районах с небольшим количеством осадков гравий может иметь в своем составе ядовитые растворимые вещества. Без предварительного анализа и промывания его нельзя использовать в гидропонике.

Пемза. Пористые материалы, например пемза и вулканическая лава, обладают влагоемкостью. Это делает их более пригодными субстратами, особенно в тропиках, чем песок и гравий. Пемза обнаружена в нескольких районах мира, но главные промышленные разработки

пемзы находятся на Липарских островах (Италия). К сожалению, пемза постепенно разрушается. Там, где есть пемза, ее можно успешно использовать для гидропоники.

Торф. Я имею связь почти со всеми промышленными гидропонными хозяйствами мира. Интересно отметить, что в ряде районов в гидропонике удачно используют торф. В Великобритании применяют смесь торфа с песком. В ФГР и ГДР большинство гидропоникумов работает на торфе. Имеется, конечно, множество видов торфа. Для использования в садоводстве торф проходит специальную обработку. В Южной Африке торф добывают в нескольких районах. Местный торф имеет pH 6,7, содержит примерно 2% азота, 2% P_2O_5, 1,5% калия и 1,5% кальция. Такого количества питательных элементов недостаточно для растений.

Вермикулит. Широкие слои населения во всем мире только еще узнают о существовании вермикулита. Однако в США его уже несколько лет применяют в различных отраслях промышленности, в частности для термоизоляции и для изготовления легких строительных конструкций. Вермикулит принадлежит к слюдяным породам и является вторичным минералом, образующимся в результате изменения биотита и преобразования биотитовой и флогопитовой слюд. Его обычно находят вместе с такими основными породами, как пироксенит, серпентин и апатит. Часто его называют разложившейся слюдой. Это комплексная алюмомагниевожелезная соль кремниевой кислоты. Механически вермикулит состоит из множества прилегающих друг к другу пластиночек (несколько тысяч в одном погонном дюйме).

Вермикулит обжигают в специальных печах при температуре около 1100°. Между пластинками есть вода, которая превращается в пар и увеличивает объем первоначального материала в 10—15 раз. Обожженный вермикулит обладает очень ценными качествами: он очень легкий, сильно абсорбирует, а также адсорбирует питательные вещества и воду.

Благодаря воздействию столь высокой температуры достигается и полная стерилизация вермикулита. Совокупность перечисленных физических свойств делает вермикулит прекрасным субстратом для беспочвенной культуры растений.

Вермикулит найден во многих странах земного шара, однако, насколько мне известно, только в США и ЮАР имеются достаточно крупные для промышленной разработки залежи *. Для гидропоники пригоден любой вермикулит независимо от его pH, потому что он очень быстро принимает pH питательного раствора. В большинстве случаев для питания растений используют буферные смеси, поэтому pH верми-

* В последние годы в СССР (Кольский полуостров, Урал, Сибирь) открыты крупные месторождения вермикулита и начата их промышленная разработка.— *Прим. ред.*

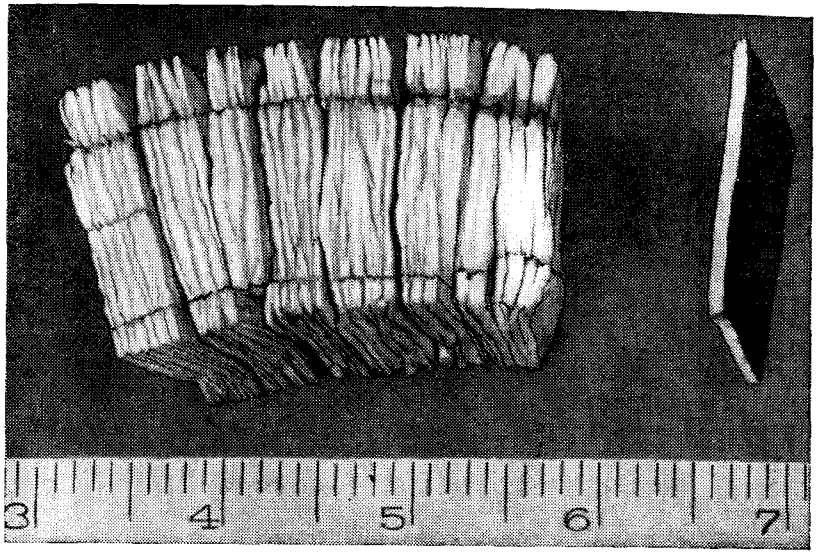


Рис. 115. *Справа* — пластинки сырого вермикулита, *слева* — тот же вермикулит после обжига. Деления на линейке в дюймах.

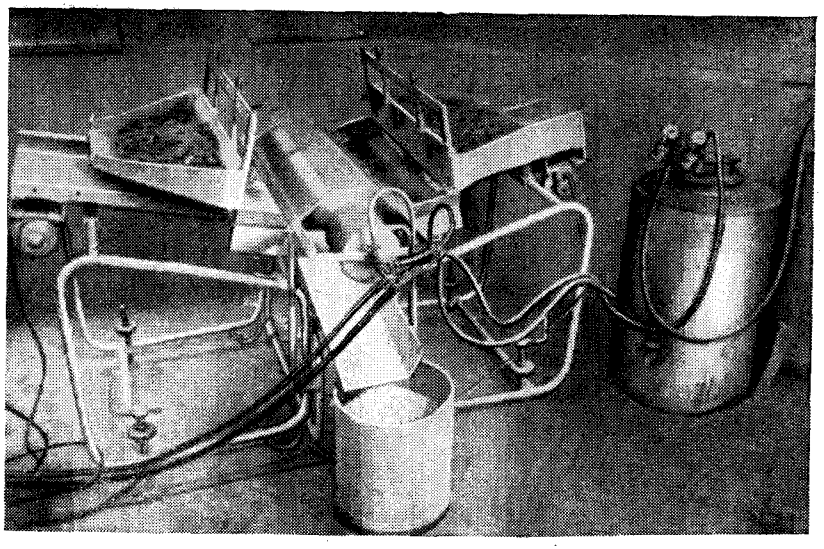


Рис. 116. Переносная печь для обжига вермикулита.

кулита поддерживается на нужном уровне просто путем еженедельного добавления питательной смеси в раствор.

При заполнении поддонов вермикулитом следует предварительно обработать его раствором фосфатов, чтобы pH достиг постоянного уровня. Наиболее пригоден вермикулит с частицами размером от 5 до 15 мм. В более мелком вермикулите затрудняется аэрация корневой среды (он становится мыльным на ощупь).

Очень низкий объемный вес обожженного вермикулита сильно удорожает его перевозку и хранение. Сырой материал, отправляемый на обжиг, имеет объемный вес примерно 1,1 г/см³ (один кубический метр весит 1100 кг), а после обжига кубометр вермикулита весит от 48 до 160 кг (рис. 115). По-видимому, в будущем в больших городах будут сооружены печи для обжига вермикулита, потому что обожженный вермикулит нерентабельно перевозить на расстояние свыше 160 км. Широкое использование портативных печей для обжига вермикулита также будет содействовать развитию гидропоники.

Во время последнего путешествия в Европу я видел новую портативную печь для обжига вермикулита, которая удобна в обращении и доступна по стоимости. Она дает обожженный вермикулит высокого качества. Эту печь выпускает лондонская фирма. На трубчатой стальной раме закреплены вибрирующий ковш и топочная плита. Подача руды на плиту регулируется ручной заслонкой. Источником энергии могут быть нефть, газ или электричество (рис. 116). Установка такой печи при наличии электропроводки занимает меньше 30 минут. Печь может начать обжиг вермикулита уже через час после доставки ее на место. Обычно обжиг вермикулита начинается через 15 мин. после того, как в печи зажжен огонь. Если печь работает на газе, ее производительность составляет примерно 50 кг обожженного вермикулита в час, а расход газа равен 4,9 м³/час. Работая на нефти, печь дает около 100 кг готового продукта в час, а расход топлива составляет 4 л/час.

Обычно сразу же после обжига один кубический метр южноафриканского вермикулита весит: II сорт — 96 кг, III сорт — 71 кг, V сорт — 64 кг, VI сорт — 48 кг. Точка плавления вермикулита около 1360°.

●

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В крупном гидропонном хозяйстве приходится строить не только поддоны, но и хранилища, лаборатории, насосные будки, резервуары и т. п. Ниже рассмотрены материалы, применяемые при создании гидропонного хозяйства.

ЦЕМЕНТ

Цемент надо хранить в сухом месте. Нельзя складывать мешки с цементом непосредственно на землю. Если в цементе появляются комки, которые не рассыпаются в порошок при разминании пальцами, такой цемент не пригоден для строительства. Цемент нужно использовать возможно быстрее после получения с завода, так как в обычных условиях он теряет около 20% вяжущих свойств через три месяца хранения, 30% — через шесть месяцев, 40% — через год и не менее 50% — после двух лет хранения.

Так называемый «горячий» цемент годится для приготовления бетона. Его теплота говорит просто о том, что он не успел остыть за время доставки потребителю. Температура такого цемента становится равной температуре окружающего воздуха после хранения в течение 1—2 дней в мешках, сложенных в один ярус. Если начать готовить бетон из цемента, имеющего температуру 49°, то температура бетона повысится лишь на 1°, а это несколько ускорит схватывание.

Цвет портландцемента зависит от сырья, из которого он получен, и не является показателем его качества. Для большинства бетонных работ применяют обычный портландцемент. Если требуется, чтобы бетон обладал повышенной прочностью в первые дни после его укладки, нужно использовать быстротвердеющий цемент. Быстрое твердение позволяет раньше снять формы. В продаже имеется также цветной портландцемент, особенно светлых тонов. Обычный и быстротвердеющий портландцемент продают в бумажных мешках, содержащих 1 куб. фут (0,027 куб. м) цемента. Вес цемента в мешке составляет 43 кг. В бетонных работах никогда нельзя применять известь вместо цемента.

ЗАПОЛНИТЕЛИ

Заполнители добавляют к цементу главным образом в целях экономии последнего. Они могут быть мелкими и крупными. Крупный заполнитель позволяет достичь максимальной экономии цемента. Мелкий заполнитель используют для заполнения пустот между частицами крупного заполнителя. Таким путем достигается максимальная плотность и водонепроницаемость бетона. В качестве заполнителей используют различные инертные материалы, в первую очередь песок и щебень.

Мелкий заполнитель. В обычных бетонных работах следует применять естественный песок, но допустимо также заменять его молотым или дробленым песком. Клинкер, котельный шлак и золу используют только для приготовления специального легкого бетона, но такими заполнителями никогда нельзя заменять песок в обычном бетоне.

Песок должен быть чистым, твердым, механически прочным и химически стойким. Содержание глины и ила (но не грязи) в песке не должно превышать 4%. Органические примеси вредны; их избыток может оказаться причиной несхватывания или медленного схватывания бетона. Если имеется предположение, что песок содержит органические вещества, его нужно подвергнуть лабораторному анализу. Обычно речной песок более пригоден для бетона, чем карьерный, так как он чище и частицы отличаются более округлой формой. Такие частицы лучше прилегают друг к другу и делают поверхность бетона менее шероховатой.

Следует избегать очень мелкого и очень крупного, плохо отсортированного песка. Лучше всего подходит песок средней крупности. Вполне пригоден также песок, содержащий крупные, мелкие и промежуточные частицы. Мелкий заполнитель проходит через сито с отверстиями 4,8 мм, а крупный остается на нем. В мелком заполнителе должно быть 10—30% частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями 0,5 мм, и не более 10% частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями 0,25 мм. Не следует применять сырой шахтный (горный) песок; его можно использовать только в виде небольшой добавки к крупному песку.

При отсутствии других материалов применяют морской песок, но часто он бывает слишком мелким, содержит органические вещества и обломки мягких ракушек.

Песок почти всегда содержит воду, которая увеличивает его объем. Это необходимо учитывать при дозировании материалов.

Недостаток молотого песка состоит в том, что в нем слишком много пылеватых и длинных плоских частиц, обладающих малой прочностью. Если пылеватых частиц в молотом песке более 10%, то их нужно отделить при помощи сита с отверстиями 0,25 мм. Хорошие результаты дает добавление молотого песка (25%) к речному песку (75%).

Всегда нужно очень осторожно подбирать песок. Плохое качество бетона чаще всего объясняется плохим качеством песка. Очень грубо состав песка можно определить путем взбалтывания его с водой в градуированном стеклянном цилиндре. На дне окажутся крупные частицы, а сверху — илистые и глинистые. О загрязнении песка можно судить по окраске воды над осевшим материалом. При легком помутнении воды песок пригоден для бетона. Сильное загрязнение воды говорит о том, что песок надо исследовать в лаборатории. Гумусные вещества определяют следующим образом.

Цилиндр емкостью 350 мл наполняют песком до метки 135 мл. Растворяют три части едкого натрия в 100 частях воды и выливают раствор на песок. После взбалтывания жидкость в цилиндре должна находиться на уровне метки 210 мл. Цилиндр закрывают пробкой, хорошо взбалтывают его содержимое и оставляют на 24 часа. Если жидкость над песком будет окрашена в соломенно-желтый цвет, песок

пригоден для бетона. Если же она темно-желтая или коричневая, нужно или отказаться от песка, или хорошо промыть его.

Вес одного кубометра песка колеблется от 1,4 до 1,8 т в зависимости от крупности, степени уплотнения и влажности.

Крупный заполнитель. В большинстве районов чаще всего используют щебень. Гальку или камень, отсеянный из гравия, также применяют, если они соответствуют требованиям, предъявляемым к щебню. Щебень, как и песок, должен быть чистым, твердым, прочным и стойким, не содержать пыли и слишком плоских и длинных частиц; в щебне не должно быть солей, глины и посторонних примесей. Минимальный размер частиц щебня 4,8 мм. Благодаря хорошей сортировке щебня в бетоне бывает меньше пустот, которые приходится заполнять раствором, следовательно, сокращаются затраты на цемент. Почти округлые и кубические частицы лучше уплотняются и требуют меньше раствора, чем частицы неправильной или удлиненной формы. Чем крупнее частицы щебня, тем меньше в нем пустот и тем меньше площадь поверхности его частиц.

Щебень с частицами размером не более 19,1 мм лучше всего подходит для большинства железобетонных работ. В таком щебне от 50 до 67% частиц должны оставаться на сите с отверстиями 9,5 мм, причем их содержание ни в коем случае не должно быть ниже 45 или выше 75%.

Щебень с максимальным размером частиц 38,1 мм пригоден для бетонных фундаментов и железобетона, в котором стальные прутья расположены не очень густо. В этом щебне от 65 до 90% частиц должно оставаться на сите с отверстиями 9,5 мм и от 30 до 70% — на сите с отверстиями 19,1 мм.

Щебень с частицами размером до 76 мм является самым крупным в железобетоне и тяжелом монолитном бетоне. Такой щебень должен содержать от 85 до 95% частиц, остающихся на сите с отверстиями 9,5 мм, от 65 до 75% частиц, остающихся на сите с отверстиями 19,1 мм, и от 45 до 55% частиц, остающихся на сите с отверстиями 38,1 мм.

Согласно строительным нормам, максимальный размер частиц заполнителя не должен превышать $^1/_5$ наиболее узкого расстояния между двумя бортами опалубки.

Чтобы получить щебень необходимого сорта, часто приходится смешивать щебень двух или трех размеров. Лучшую смесь можно получить только пробным путем, потому что щебень, выпускаемый различными заводами, различается по размерам частиц. В общем, довольно хорошие смеси образуются, если поступают следующим образом: 1) смесь составляют из одной части щебня с частицами не менее 19,1 мм и трех частей щебня с частицами 12,7 мм; 2) смесь составляют из двух частей щебня с частицами 38,1 мм, одной части щебня с частицами 19,1 мм и одной части с частицами 12,7 мм. Щебень одного размера использо-

вать целесообразно, потому что для заполнения пустот требуется много раствора.

Щебень получают из различных горных пород, например из гранита, кварцита, доломита, долерита, норита, песчаника, известняка. Для высокопрочного бетона наиболее подходят доломит и долерит. Некоторые граниты, кварциты, песчаники и известняки слишком мягки и хрупки, они делают бетон непрочным. Слоистые породы, например сланец, для бетона применять нельзя. Котельный шлак и клинкер пригодны только для приготовления легкого бетона. Очищенный от штукатурки битый кирпич дает малопрочный бетон. Один кубический метр большинства щебней весит от 1300 до 1500 кг.

Модуль крупности. Для определения модуля крупности песка или камня необходим набор из девяти сит (пять для песка, три для щебня, одно одновременно для песка и щебня. Британские стандартные сита для песка имеют отверстия 4,76, 2,41, 1,20, 0,60, 0,30 и 0,15 мм. Соответствующие сита для песка в США имеют отверстия: 4,70, 2,36, 1,17, 0,59, 0,30 и 0,15 мм. Для анализа щебня в обеих странах применяют сита с диаметрами отверстий 4,8, 9,5, 19,1 и 38,1 мм. Диаметр отверстий большего сита равен диаметру отверстий соседнего, меньшего сита, умноженному на два. Диаметр сит для песка обычно равен 20 см, а для камня — 60 см.

Образцы, отбираемые для определения модуля крупности, должны быть типичными для всей партии материала. Из кучи нужно взять 12 образцов, избегая тех мест, где скапливается только крупный или мелкий материал. Общий объем образцов должен быть приблизительно 0,014 куб. м. Смешанный образец рассыпают слоем толщиной 8—10 см и делят его по диагоналям на четыре равные части. Две противоположные четверти отбрасывают. Две оставшиеся четверти снова перемешивают. Деление по диагоналям и отбрасывание продолжают до тех пор, пока не останется образец, например, песка весом от 0,5 до 1 кг.

Окончательный образец высушивают и просеивают, начиная с сита с самыми большими отверстиями. Остаток на каждом сите взвешивают. Вес песка записывают в три колонки: в первой — вес остатка на каждом сите, во второй — общий вес остатка на ситах, в третьей — общий вес остатка на ситах в процентах от веса образца. Разделив суммарный процент различных фракций, взятый из последней колонки, на 100, получают модуль крупности. В таблице 9 приведен состав образца песка весом 560 г до и после ситового анализа и процент остатка на каждом сите.

Образец щебня должен весить от 4,5 до 6,8 кг. Его просеивают сначала через сито с отверстиями 38,1 мм, а затем через сита с меньшими отверстиями, кончая ситом с отверстиями 4,8 мм. Остаток на каждом сите взвешивают и записывают по той же форме, что и для песка. Способ определения модуля крупности щебня показан в таблице 10. Для анализа был взят образец щебня весом 6,8 кг. В двух последних колонках таблицы для сравнения приведен состав щебня с максимальным размером частиц 38,1 и 76,2 мм.

Таблица 9

Модуль крупности песка

Диаметр отверстий сит, мм	Вес остатка на сите, г	Общий вес остатка на ситах, г	Процент от общего веса
38,10	—	—	—
19,05	—	—	—
9,53	—	—	—
4,76	28	28	5,00
2,41	56	84	15,00
1,20	84	168	30,00
0,60	168	336	60,00
0,30	112	450	80,00
0,15	84	532	95,00
Материал, прошедший через сито с отверстиями			
0,15 мм	28	—	—
Вес образца	560	—	285,00

$$\text{Модуль крупности песка} = \frac{285}{100} = 2{,}85.$$

Мелкий песок имеет модуль крупности от 2,00 до 2,50. У очень мелкого песка модуль крупности может опуститься до 1,50. Средний песок имеет модуль крупности от 2,50 до 2,80, крупный песок — от 2,80 до 3,20.

Зная модули крупности различных мелких заполнителей, легко определить их пропорции при смешивании. При построении экспериментальных кривых зависимости прочности бетона от водо-цементного отношения была использована смесь из 25% каменной пыли и 75% речного песка. Модуль крупности пыли составлял 2,12, а песка — 3,02. Полученная из них смесь имела модуль крупности:

$$\frac{(2{,}12\times 1)+(3{,}02\times 3)}{4} = 2{,}79.$$

Отсортированный щебень с максимальным размером частиц 19,1 мм должен иметь модуль крупности от 6,25 до 6,80; щебень с максимальным размером частиц 38,1 мм — от 6,60 до 7,10; щебень с максимальным размером частиц 76,2 мм — от 7,0 до 7,75. Щебень одного сорта

Таблица 10

Модуль крупности щебня

Диаметр отверстий сит, мм	Вес остатка на сите, г	Общий вес остатка на ситах, г	Процент от общего веса	Типичный щебень с максимальным размером частиц 38,1 мм	Типичный щебень с максимальным размером частиц 76,2 мм
38,10	—	—	—	5	45
19,05	336	336	5	30	55
9,53	3696	4032	60	60	65
4,76	2352	6384	95	95	95
2,41	336	6720	100	100	100
1,20	—	6720	100	100	100
0,60	—	6720	100	100	100
0,30	—	6720	100	100	100
0,15	—	6720	100	100	100
Вес образца	6720	—	660	690	760

$$\text{Модуль крупности щебня} = \frac{660.}{100} = 6{,}60;\ \frac{690}{100} = 6{,}90;\ \frac{760}{100} = 7{,}60.$$

характеризуется более высоким модулем крупности, чем описанный выше образец, вследствие преобладания частиц с размерами, близкими к максимальным. Например, в описанных выше опытах продажный отсортированный щебень с максимальным размером частиц 38,1 мм имел модуль крупности 7,17, а щебень с максимальным размером частиц 12,7 мм имел модуль крупности 6,60. Смесь первого щебня со вторым в отношении 1 : 3 характеризовалась модулем крупности, равным 6,74. Практически модуль крупности щебня, составленного из крупных и мелких фракций, колеблется в пределах от 4 до 7.

Наличие разных фракций в заполнителе. В состав заполнителя должны входить частицы разных размеров. На основании результатов просеивания можно построить кривую фракционного состава заполнителя. Обычно для построения кривых учитывают не вес (в %) остатка на ситах, а вес прошедших сквозь сита частиц (по разнице от 100). Кривая фракционного состава должна находиться между двумя кривыми, представляющими допустимую мелкость и крупность заполнителя.

Камни, включаемые в бетонную смесь. В бетонных конструкциях толщиной свыше 30 см в качестве заполнителя применяют крупные камни в количестве не более 20% от объема бетонной конструкции. Диаметр отдельных камней не должен превышать $^1/_3$ наименьшего сечения конструкции. Нельзя применять камни диаметром более

30 см. Толщина бетона со всех сторон камня должна быть не меньше 7,5 см. Каждый камень перед закладкой в бетон желательно смочить водой.

Береговой гравий. Естественную смесь песка и гальки, часто встречающуюся по берегам рек, нельзя использовать в качестве заполнителя без предварительного разделения на сите с диаметром отверстий 4,8 мм на крупный и мелкий заполнители. Каждый из полученных заполнителей должен удовлетворять приведенным выше требованиям.

Несортированный дробленый щебень содержит наряду с частицами определенной крупности также мелкие фракции. Такой щебень можно использовать для бетона только после отделения мелких частиц. Во время транспортировки частицы разделяются по крупности, что не позволяет приготовить однородный бетон. Доставленный в хозяйство щебень следует разделить на фракции, а затем составить требуемую смесь, как описано в разделе о крупных заполнителях. К сожалению, затраты на сортировку щебня в хозяйстве не всегда оправдывают себя.

Вода. Для приготовления бетона пользуются водой, не содержащей сильных кислот, щелочей, масел или органических веществ. Это должна быть пригодная для питья вода. При отсутствии пресной воды морскую воду можно использовать в неармированном бетоне, однако она несколько задерживает схватывание цемента.

Армирование. Бетон обычно армируют проволокой или прутами из мягкой стали. На металле не должно быть ржавчины, окалины или другого покрытия, которое может нарушить сцепление между арматурой и бетоном. Для слабого армирования часто применяют стальную проволоку, причем закаленная проволока не имеет никаких преимуществ по сравнению с обычной. Нельзя армировать бетон новым или старым стальным кабелем и колючей проволокой.

БЕТОН

Основное качество бетона — это прочность на сжатие, или сопротивление раздавливанию. Прочность устанавливают в зависимости от назначения бетона. Обычно она определяется на основании рабочих усилий, которые должны составлять $^1/_3$ минимальной прочности 28-дневного бетона. Отношение между фактической и запроектированной прочностью на сжатие называют запасом прочности. Это отношение равно трем. Если из-за плохого качества бетона запас прочности снизится до 2 или еще меньше, то сооружение окажется в опасности. Кроме того, желательно, чтобы бетон обладал такими качествами, как долговечность, водонепроницаемость, а бетонный пол — сопротивлением истиранию при движении транспорта.

Схватывание и твердение. При добавлении воды к цементу происходит сложная химическая реакция, в результате которой образуются новые химические соединения, связывающие вместе всю массу и, как клей, пристающие к заполнителю. Примерно полтора часа после затворения бетон сохраняет пластичность и его легко укладывать в формы или опалубку. По истечении указанного периода в зависимости от марки цемента и температуры воздуха бетон начинает застывать, или схватываться. Схватывание продолжается около 10 часов. В этот промежуток времени бетон не следует мешать или трясти. Далее идет твердение, или нарастание прочности, бетона. Сначала бетон твердеет быстро, а затем медленно. Хотя твердение продолжается несколько лет, обычно через 28 дней после закладки бетон должен обладать расчетными показателями. Около 10% 28-дневной прочности бетон приобретает за первый день, 30% — за три дня и 60% — за семь дней.

Быстротвердеющий цемент отличается от быстросхватывающегося цемента, потому что схватывание обоих видов цемента происходит почти с той же быстротой, что и у обычного портландцемента, но после схватывания быстротвердеющий цемент твердеет быстрее и достигает 28-дневной прочности примерно за десять дней, а 7-дневной — за три дня. 28-дневная прочность быстротвердеющего цемента на 20% выше прочности обычного бетона такого же возраста, хотя с годами разница в прочности сглаживается.

Цементно-водный фактор. Чистое цементное тесто действует подобно клею, поэтому, чем плотнее тесто, тем сильнее проявляются его вяжущие свойства и, наоборот, чем больше воды взято на данный объем цемента, тем слабее получается бетон. При этом следует учитывать также удобообрабатываемость смеси. Другими словами, при постоянном цементно- водном факторе, или отношении, бетон имеет одинаковую прочность в данном возрасте, которая не зависит от количества добавленных заполнителей, если смесь сохраняет пластичность и удобообрабатываемость. Этот закон крайне важен. Он говорит о необходимости точного регулирования количества воды, добавляемой к цементу для приготовления бетона.

Минимальное количество воды, требующееся для химических изменений, или гидратации, цемента, равно от $^1/_5$ до $^1/_4$ веса цемента, то есть от 0,2 до 0,25 л воды на 1 кг цемента. Однако при таком количестве воды цементное тесто оказывается настолько вязким, что с ним трудно работать. Кроме того, в реакцию с цементом в смеси вступает не вся вода, а только около половины ее, так что для полной гидратации требуется водо-цементное отношение, равное 0,4. Но даже при таком количестве воды тесто в большинстве случаев получается слишком вязким, хотя его можно использовать для некоторых работ. Практически приходится терять некоторую долю прочности, чтобы получить

удобоукладываемый в опалубку бетон. Удобообрабатываемый бетон получается при водо-цементном отношении от 0,45 до 0,75.

Избыточная вода испаряется из бетона и оставляет в нем мелкие поры, которые не только уменьшают его прочность, но и понижают его водонепроницаемость и долговечность.

Количество материалов для получения одного кубического метра бетона приведено в таблицах 11 и 12. Составляя смету, количество каждого материала следует увеличить примерно на 5%. При увеличении крупности щебня или уменьшении крупности песка количество щебня на кубометр бетона несколько увеличивают. Из таблиц 11 и 12 видно, что использование более крупного щебня позволяет снизить расход цемента.

Таблица 11

Количество материалов, расходуемых на кубометр бетона (щебень с максимальным размером частиц 19,1 мм)

Соотношение объемов в рыхлом состоянии	Цемент, кг	Песок, куб. м	Щебень, куб. м	Вода, л
1:1 3/8:2 1/2	505	0,44	0,82	220
1:1 1/2:2 3/4	465	0,46	0,82	220
1:1:3/4:3	428	0,49	0,82	220
1:2:3 1/4	389	0,52	0,82	220
1:2 1/2:3 1/2	346	0,55	0,82	220
1:2 3/4:4	312	0,57	0,82	220
1:3 1/4:4 1/2	281	0,59	0,82	220
1:3 1/2:5	253	0,60	0,82	220

Таблица 12

Количество материалов, расходуемых на кубометр бетона (щебень с максимальным размером частиц 38,2 мм)

Соотношение объемов в рыхлом состоянии	Цемент, кг	Песок, куб. м	Щебень, куб. м	Вода, л
1:1 3/8:2 3/4	481	0,44	0,865	208
1:1 1/2:3	448	0,46	0,865	208
1:1 3/4:3 1/4	402	0,48	0,865	208
1:2:3 1/2	369	0,51	0,865	208
1:2 1/2:4	328	0,54	0,865	208
1:2 7/8:4 1/2	289	0,56	0,865	206
1:3 3/8:5	267	0,58	0,865	208
1:3 3/4:5 1/2	241	0,60	0,865	208

Выход бетона. Полезно знать, сколько бетона может дать смесь, состоящая из данного количества материалов. Объем бетона будет равен сумме объемов твердых частиц цемента, песка и щебня плюс объем воды. Объем твердых частиц в объеме рыхлых частиц называют абсолютным объемом и вычисляют его путем деления веса материала на его удельный вес, умноженный на вес кубометра воды:

$$\text{абсолютный объем} = \frac{\text{весу материала}}{\text{удельный вес материала} \times \text{вес кубометра воды}}.$$

Следовательно, для вычисления абсолютного объема нужно знать вес одного кубометра всех материалов и их удельные веса. Удельный вес — это отношение веса твердых частиц материала к весу равного объема воды. Удельный вес воды равен 1, цемента — около 3,14, песка и щебня — от 2,60 до 2,80.

Пример. Определить выход бетона из одного кубометра цемента при соотношении между цементом, песком и щебнем, равном $1 : 2\frac{1}{2} : 3\frac{1}{2}$ и цементно-водном факторе 0,61, если объемный вес цемента равен 1500 кг/м³, рыхлого сухого песка — 1400 кг/м³, рыхлого щебня — 1300 кг/м³ и воды — 1000 кг/м³, а их удельные веса равны соответственно 3,14, 2,61, 2,70 и 1.

Абсолютные объемы четырех материалов вычисляют следующим образом:

1) цемент . . . . $\frac{1500 \times 1}{3{,}14 \times 1000} = 0{,}48$ куб. м

2) песок . . . . . $\frac{1400 \times 2\frac{1}{2}}{2{,}61 \times 1000} = 1{,}33$ куб. м

3) щебень . . . . $\frac{1300 \times 3\frac{1}{2}}{2{,}70 \times 1000} = 1{,}64$ куб. м

4) вода . . . . . $\frac{0{,}61 \times 1500}{1000} = 0{,}92$ куб. м

4,37 куб. м

Из одного кубометра цемента (1500 кг) можно получить 4,37 куб. м бетона.

Количество материалов для получения 1 куб. м бетона вычисляют следующим образом: 1 куб. м цемента делят на 4,37 и получают его дозу, равную 0,23 куб. м. Дозы песка и щебня вычисляют, умножив 0,23 на их отношение в смеси:

песок . . . $2{,}5 \times 0{,}23 = 0{,}57$ куб. м
щебень . . . $3{,}5 \times 0{,}23 = 0{,}80$ куб. м

Сравнение этих показателей с данными таблицы 11 для такой же смеси (346 кг цемента, 0,55 куб. м песка, 0,82 куб. м щебня) говорит о незначительном расхождении. Цемент в количестве 0,23 куб. м весит 345 кг ($0{,}23 \times 1{,}5$).

Можно применить и другой метод, основанный на учете процента пустот в заполнителях и в цементе. Объем пустот заполнителя определяют довольно точно, наполнив резервуар известной емкости сухим заполнителем и затем залив его известным объемом воды. Крупный заполнитель нужно предварительно насытить водой, а затем дать его поверхности подсохнуть, иначе он может поглотить некоторую часть воды.

Этот метод выгодно отличается от первого тем, что не требует оперирования удельными и объемными весами. Порозность цемента можно принять равной 50%.

Производя приблизительные расчеты выхода бетона, считают, что в крупном и мелком заполнителях, а также в цементе объем пустот составляет 50%. В этом случае расчеты имеют следующий вид:

цемент . . . $1{,}0 \times {}^{50}/_{100} = 0{,}50$ куб. м
песок . . . . $2{,}5 \times {}^{50}/_{100} = 1{,}25$ куб. м
щебень . . . $3{,}5 \times {}^{50}/_{100} = 1{,}75$ куб. м
вода, как и раньше . . . $0{,}92$ куб. м
выход бетона . . . . $4{,}42$ куб. м.

Расхождение между результатами двух методов не превышает 1%.

ДОЗИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Дозирование по весу более точно, нежели дозирование по объему. При выполнении важных и больших бетонных работ необходимо взвешивать материалы. Для отмеривания составных частей бетона по весу имеются специальные дозаторы. Состав смеси определяют в зависимости от свойств заполнителей. Однако чаще только цемент берут по весу, а заполнители и воду дозируют по объему.

Цемент. Дозирование цемента по объему может дать значительную ошибку, потому что кубометр цемента весит от 1200 до 1750 кг в зависимости от размера его частиц и его плотности в дозировочном ящике.

Песок. Песок следует отмерять ящиком с дном. Из кучи песок всегда нужно насыпать в дозировочный ящик, а не прямо в бетономешалку. Дозировочный ящик должен быть подобран удобного размера для данной смеси и бетономешалки. Бетономешалку нельзя перепол-

нять, потому что в переполненной бетономешалке материалы плохо смешиваются. Ящик емкостью 0,056 куб. м могут нести двое мужчин, но лучше пользоваться ящиками меньшего размера.

Ящик 30×30×30 см (внутренние размеры) имеет емкость 0,028 куб. м. При каждом увеличении длины ящика на 1,9 см его емкость возрастает на 0,0018 куб. м. Следовательно, ящик длиной 37,5 см вмещает материала 0,035 куб. м, ящик длиной 45 см — 0,042 куб. м, ящик длиной 53 см — 0,049 куб. м и ящик длиной 60 см — 0,056 куб. м.

Дозирование песка ящиком без дна потребует двух перебросок его лопатами. Кроме того, если ящик установлен на земле, вместе с песком лопаты захватят и грунт.

Совершенно сухой и полностью насыщенный влагой песок имеет постоянный объем, который является минимальным. По мере добавления воды к сухому песку объем его увеличивается, так как вода раздвигает его частицы. При определенной влажности объем достигает максимума. При дальнейшем добавлении воды объем уменьшается. В момент полного насыщения водой объем песка снова становится равным объему сухого песка. Степень увеличения объема зависит от типа песка. Мелкий песок набухает сильнее, чем крупный; максимальный объем достигается при слабом смачивании песка. Объем песка может увеличиться на 5—50%.

Из сказанного выше ясно, что, если не учесть поправку на влажность песка, его будет взято меньше, чем требуется. Если в смесь нужно внести две части сухого песка, а вносят две части влажного песка, объем которого увеличивается на 25%, значит, смесь будет содержать 1,6 части песка, то есть недостаточное количество песка. Так часто бывает. Увеличение объема песка определить очень просто. Это определение следует проводить дважды в день или даже чаще, если влажность песка меняется быстро.

Берут любой цилиндрический сосуд с дном, например 25-сантиметровый отрезок оцинкованной железной трубы диаметром 7,5 см. Один конец трубы закрывают. Трубу наполняют доверху влажным песком, не уплотняя его. Полностью высыпают песок в какой-нибудь сосуд. Наливают в трубу 7,5-сантиметровый слой воды и медленно ссыпают в него весь песок, слегка встряхивая сосуд для удаления воздуха. Уровень воды должен едва покрывать песок. После того как весь песок будет высыпан обратно в цилиндр, измеряют расстояние от края цилиндра до поверхности песка. Сравнив высоту оставшегося пустым отрезка с высотой песка, получают степень увеличения объема песка. Например, если высота пустого отрезка равна 5 см, значит высота столбика песка равна 20 см и увеличение объема составляет 25%. Если объемная дозировка смеси указана для сухих материалов, следует увеличить количество песка на 25%.

В приведенные выше объемные дозировки введена 11-процентная надбавка на расширение. Следовательно, нужно внести только поправку на фактическое расширение, если оно больше или меньше 11%.

Дозировочный ящик должен иметь запас высоты 7,5—10 см. На ящике следует указать проценты расширения, превышающие 11-процентную надбавку, а также поставить метки для объемов песка с меньшим расширением, нежели 11%.

Щебень. Увлажнение крупного заполнителя почти не увеличивает его объем. Однако некоторые виды щебня поглощают до 2% воды. Чтобы не уменьшился объем воды, необходимой для гидратации цемента, незадолго перед смешиванием составных частей бетона щебень в куче надо полностью насытить влагой, но к моменту загрузки щебня в бетономешалку его поверхность должна высохнуть. Щебень дозируют так же, как и песок. Нельзя насыпать щебень в дозировочный ящик выше уровня стенок ящика. Щебень разного гранулометрического состава надо держать в отдельных кучах и брать для смеси необходимое количество щебня из каждой кучи.

При выполнении небольших бетонных работ песок и щебень часто дозируют тачками, высыпая материал прямо в бетономешалку. Это допустимо только в том случае, если тачка точно оттарирована, и заполняется она до установленного уровня. Без соблюдения этих условий дозировка может настолько нарушиться, что ухудшится удобообрабатываемость бетона.

Вода. Все бетономешалки должны иметь дозаторы воды, которые нужно постоянно проверять. При небольшом объеме работ и отсутствии дозатора воды на бетономешалке воду отмеряют ведрами известного объема с метками на боках, указывающими части этого объема.

ПЕРЕМЕШИВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Перемешивание вручную применяется только при небольшом объеме работ или при выходе бетономешалки из строя. Бетон никогда нельзя смешивать прямо на земле. Для этого необходимы легкая деревянная платформа, металлический лист или бетонный пол.

Процесс перемешивания играет важную роль. Сначала нужно насыпать щебень довольно широкой, а не высокой кучей. С высокой кучи крупные камни скатываются и собираются по ее краям. На щебень ровным слоем насыпают песок, а затем на песок таким же слоем высыпают цемент. В сухом состоянии щебень, песок и цемент перелопачивают три раза. Начинают перелопачивать от центра, чтобы образовалось кольцо из сухой смеси. Затем смесь снова бросают к центру. Материалы не просто перебрасывают с места на место, но и добиваются их перемешивания, поворачивая ручку лопаты, когда она находится в воздухе.

В центр образовавшегося после перелопачивания кольца выливают от половины до трех четвертей потребного количества воды. Сбрасывают материалы к центру, а затем снова перебрасывают их на периферию. После этого медленно вливают в центр кольца остаток воды, постоянно перемешивая смесь. Если всю воду вылить сразу, часть ее утечет и унесет с собой цемент. При перемешивании вручную нужно увеличить дозу цемента на 10%, так как неизбежны потери. Перемешивание продолжают до тех пор, пока вся масса не приобретет одинаковый цвет и консистенцию.

Перемешивание в бетономешалке. В ковш бетономешалки сначала засыпают щебень, затем песок и цемент, так что щебень последним попадает в барабан бетономешалки. В очень маленьких бетономешалках нет бункера, поэтому в барабан в первую очередь засыпают щебень. Барабан должен вращаться до того, как станут добавлять воду. Кроме того, воду надо подливать не сразу, а постепенно, чтобы цемент не сбивался в комки. После внесения всех составляющих, включая воду, перемешивание продолжают не менее 1—1½ минуты. Такой срок достаточен для всех смесей, кроме сухих, которые лучше перемешивать в течение двух минут. Продолжительность перемешивания никогда не должна превышать 20 минут.

Барабан надо полностью освобождать от готовой массы перед следующим наполнением, так как иначе невозможно точно регулировать количество воды. После завершения работы барабан надо тщательно промыть, чтобы бетон не застыл в нем. Так как на загрузку бетономешалки и перемешивание уходит всего 2—3 минуты, целесообразно сразу же после окончания перемешивания выгружать готовую массу на металлический лоток, расположенный на уровне тачки, или в бункер, если бетономешалка приподнята над землей. В этом случае не бывает простоев при погрузке бетонной смеси в тачки или другие транспортные средства.

УКЛАДКА БЕТОНА

Каким бы способом ни доставлялась бетонная смесь к месту укладки, нельзя допускать ее расслоения. С момента выгрузки из бетономешалки до укладки в опалубку не должно проходить более 40 минут. Все оборудование должно быть совершенно чистым. Бетонные работы нужно вести быстро, чтобы вся бетонная смесь обладала пластичностью и легко укладывалась в опалубку и между арматурой. Ни в коем случае нельзя укладывать полузатвердевший бетон или бетон, содержащий посторонние примеси. Последние совершенно недопустимы при бетонировании стен котлованов. Никогда не следует пытаться повторно перемешивать затвердевшую бетонную смесь.

В опалубке не должно быть стружек или другого мусора. Начатое бетонирование нужно беспрерывно вести до конца. Никогда нельзя оставлять бетонную массу в виде откоса.

Лицевые стороны швов нужно чисто загладить, смочить водой и покрыть тонким слоем жидкого раствора, приготовленного из чистого цемента или из смеси цемента с песком в отношении 1 : 1. Только после этого можно укладывать новую порцию бетона. Таким путем достигается водонепроницаемость стен. Все цементное молоко с поверхности нужно удалять.

Там, где это возможно, высота свободного падения бетонной смеси не должна превышать 90 см, иначе произойдет расслоение бетона, образование воздушных карманов, или раковин. При большей высоте падения смеси лучше сначала уложить 5-сантиметровый слой массы, на который будет падать остальная бетонная смесь.

В процессе бетонирования нужно внимательно следить за опалубкой, чтобы она не выпучивалась вследствие ослабления болтов, проволоки, клиньев и т. п. Следует тщательно уплотнять бетонную смесь в углах, вокруг арматуры, а также возле вертикальных стенок опалубки. Хорошее уплотнение улучшает также качество поверхности бетона.

Уход за бетоном. Бетон затвердевает в результате химической реакции между цементом и водой, а не вследствие испарения воды. При быстром высыхании бетона теряется вода, которая должна реагировать с цементом. Поэтому очень важно поддерживать бетон во влажном состоянии и защищать его от солнца и сухих ветров в течение первых 7—10 дней. Горизонтальные поверхности надо покрывать водонепроницаемой бумагой, пропитанной битумом, мешковиной, песком, брезентом или каким-либо другим материалом, который все время поддерживают в мокром состоянии. Вертикальные поверхности обычно в течение нескольких дней находятся под защитой опалубки. После удаления опалубки эти поверхности следует часто поливать водой или укрывать влажными материалами. Уход за бетоном с быстротвердеющим цементом можно ограничить 3—5 днями.

Температура также играет важную роль в процессе твердения бетона. Чем ниже температура, тем медленнее твердеет и дольше набирает прочность бетон. При температуре ниже 4,5° бетон твердеет очень медленно, а при нуле почти не твердеет. Если бетон замерзнет, то он вообще не твердеет. Оптимальная для бетонирования температура находится между 16 и 21°. Бетон, выдержанный при 1,5—4,5°, имеет через три дня только 30% прочности, через семь дней — 40—45%, через 14 дней — 65% и через 28 дней — 90% прочности бетона, выдержанного при 18°.

Наружные поверхности нужно утеплять просмоленным брезентом, соломой или мешками. В очень холодную погоду приходится использовать паровые обогреватели и жаровни.

Распалубка. Срок распалубки зависит от жирности смеси, количества воды в ней, марки цемента и особенно от температуры воздуха. В холодную погоду распалубку производят значительно позже, чем в теплую. Холодной считают погоду с температурой 4,5° и ниже, а теплой — 16° и выше. При температуре около 12° опалубку снимают в средние между теплой и холодной погодой сроки.

Рекомендуемые смеси. При отсутствии спецификаций на составление бетонных смесей можно использовать смеси, указанные в таблице 13.

Типы А, Б, В и Г. Для высокопрочного железобетона, водонепроницаемых стен, резервуаров, колодцев, тонких конструкций, например столбов для изгородей, и для мелких изделий.

Типы Г, Д и Е. Для различных железобетонных конструкций в зданиях, мостов, водопропускных сооружений, силосных башен, бункеров, дорожных плит, полов, мостовых, фундаментов с тяжелой нагрузкой и вибрацией, нештукатуренных стен, расположенных над поверхностью земли. Тип Г применяют, когда желательно иметь более жирную смесь. Смеси типов Д и Е являются нежирными.

Прочность этих смесей убывает от А до Е. Разница в прочности двух соседних смесей составляет 35 кг/см².

Таблица 13

Тип бетона

Тип	Дозировка по рыхлым объемам на один мешок цемента	
	щебень 19,1 мм	щебень 38,2 мм
А	1:1 3/8:2 1/2	1:1 3/8:2 3/4
Б	1:1 1/2:2 3/4	1:1 1/2:3
В	1:1 3/4:3	1:1 3/4:3 1/4
Г	1:2:3 1/4	1:2:3 1/2
Д	1:2 1/2:3 1/2	1:2 1/2:4
Е	1:2 3/4:4	1:2 7/8:4 1/2

Деформационные швы. Бетон расширяется при повышении температуры и влажности и сокращается при уменьшении температуры и влажности. Если бетонные конструкции не могут свободно расширяться и сжиматься, то в результате перенапряжения бетон трескается. Бетон сжимается также и по мере твердения и высыхания, особенно в первые дни после укладки. Поливка и защита бетона от высыхания первые десять дней замедляют сокращение его объема и предотвращают появление трещин в нем. Крупные бетонированные площади надо разделять на мелкие участки температурными швами. Поверхности, находящиеся на

открытом воздухе, например дороги, дорожки, платформы, должны иметь усадочные швы на расстоянии не менее 3,6 м друг от друга и расширительные (деформационные) швы через каждые 15—18 м. Полы внутри зданий должны иметь швы не реже чем через 6 м, обычно по осевым линиям расположения колонн и вокруг стен. Особенно большое внимание следует уделять швам в водонепроницаемых стенах или полах.

Усадочные и расширительные швы делают различными способами. Простейший из них состоит в том, что для сокращения оставляют промежуток шириной от 6,4 до 9,5 мм, а для расширения—от 12,7 до 19,1 мм. После высыхания бетона промежуток заливают горячим битумом. Битум должен быть среднего сорта (пенетрация 50/60). Слишком мягкий битум плавится и вытекает из швов в жаркую погоду, а слишком твердый сокращается в холодную погоду.

Следует проконсультироваться с поставщиками битума относительно сорта, наиболее пригодного для данных условий, а также относительно температуры, при которой его следует заливать в швы. Очень важно, чтобы битум прочно прилипал к стенкам шва.

Деформационные швы можно делать также из готовых заполнителей толщиной от 12,7 до 19,1 мм и высотой в полную глубину шва или на 19,1 мм меньше глубины шва. Остающиеся пространства заливают битумом или мастикой. В сооружениях, предназначенных для наполнения водой, в швах используют медные полоски.

В качестве усадочных швов могут служить также узкие прорези, сделанные на глубину, составляющую около одной трети толщины конструкции. В дальнейшем точно по прорезям образуются трещины. Возможно также шпунтовое соединение; чтобы нарушить связь, шпунтованные поверхности покрывают битумом.

Деформационные швы делают на всю глубину и ширину бетонной конструкции. В заполняющем шов материале не должно быть отверстий, через которые мог бы вытечь бетон в период его укладки. Арматура не должна пересекать шов.

Отделка поверхности бетона. Если не требуется специальной отделки, например штукатурки, обмазки, отески, вертикальные поверхности стен, колонн и балок затирают смоченным водой карборундовым или другим твердым бруском. Делают это сразу же после распалубки, но не позднее суток. При затирке удаляется цементный камень, выступивший через щели и края формы, а образующееся жидкое цементное тесто заполняет выемки на поверхности и придает бетону однородный вид. Крупные углубления на поверхности следует заделать таким же раствором, какой вошел в состав бетона. Горизонтальные поверхности полов и платформ следует разровнять брусом и затереть деревянным мастерком. Если необходима особенно гладкая поверхность, применяют стальной мастерок (рис. 117).

Армирование. Бетон очень устойчив к сжатию, но крайне неустойчив к изгибам, вызывающим его растяжение. Сталь в сочетании с бетоном представляет собой идеальный материал, хорошо выдерживающий сжатие и растяжение. Бетон обычно армируют стальными прутьями или стержнями. В небольших деталях применяют стальную проволоку. Другой способ армирования состоит в том, что в бетон закладывают сетку из развальцованных прутьев или проволоки.

Совершенно очевидно, что армировать бетон нужно там, где он подвергается растяжению.

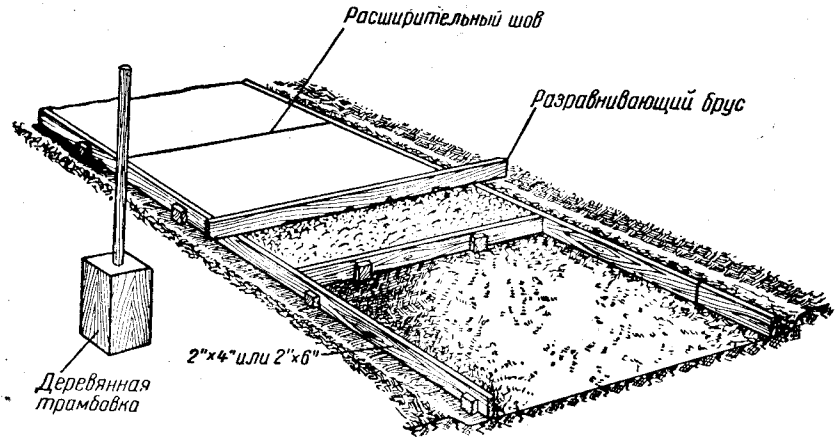


Рис. 117. Укладка бетона на горизонтальную поверхность.

Чтобы предохранить арматуру бетона от коррозии и придать ей огнестойкость, необходимо покрыть арматуру слоем бетона толщиной не менее 1,3 см в плитах и не менее 2,5 см в стенах, балках и колоннах. Если железобетон применяется на берегу моря, необходимо увеличить толщину защитного слоя. Когда бетон укладывают непосредственно на землю, например в фундаментах, защитный слой должен быть не менее 7,5 см. Если после распалубки бетон соприкасается с землей, защитный слой должен быть не менее 3,8 см для стержней диаметром до 16 мм и 5 см для более толстых стержней.

Водонепроницаемый бетон. Чтобы придать бетону водонепроницаемость, нужно использовать хорошо отсортированный заполнитель, жирную смесь, возможно меньше воды и хорошо уплотнить массу. Благодаря соблюдению всех перечисленных условий сокращается число пор в бетоне, через которые проникает вода. В очень важных сооружениях к бетону добавляют различные порошки и жидкости, придающие ему водонепроницаемость. Добавки действуют по-разному. Одни из них делают смесь более удобообрабатываемой, благодаря чему в бетоне остается меньше пустот. Другие добавки вступают в химическую реакцию с цементом, образуя нерастворимые соединения, которые закупоривают поры. Однако никакое вещество неспособно придать водонепроницаемость плохому бетону, оно может лишь улучшить средний по качеству бетон. Существуют водонепроницаемые обмазки и краски, но их эффективность сильно зависит от качества бетона. Промышленность выпускает также специальные водонепроницаемые цементы.

Дешевые гидроизоляционные цементные растворы готовят из цемента, воды и связующего вещества с пигментом или без него. Эти растворы эффективны при нанесении на твердые однородные поверхности. К сожалению, растворы нужно повторно наносить время от времени. Кроме того, они не мешают влаге проходить через трещины и отверстия в бетоне. Гидроизоляционный цементный раствор можно приготовить одним из трех способов.

1. 0,5 кг концентрированного щелока и 2,5 кг квасцов растворяют в 10 л горячей воды. На 1 л этого раствора берут 8 кг цемента и, если необходимо, добавляют воду. Раствор наносят кистью, тщательно заполняя им все поры. Лучший результат бывает в том случае, если раствор применяют не позже чем через 3—4 дня после распалубки.

2. Растворяют 3 кг крупной соли в 25 л воды и добавляют цемент до тех пор, пока раствор не приобретет консистенцию жидких сливок. Сначала кистью смачивают поверхность раствором одной соли, а в последующие дни покрывают ее двумя слоями цементного раствора.

3. Смешивают 12,5 кг цемента, 7,5 л сырого льняного масла и от 2,5 до 3,8 л парафина. Оставляют смесь для созревания в течение суток, но периодически ее перемешивают. Раствор наносят кистью. Этим раствором хорошо покрывать оцинкованное железо, которое находилось на открытом воздухе не менее шести месяцев.

Поверхности, обработанные приведенными цементными растворами, следует слегка обрызгивать водой в течение трех дней подряд после применения.

Твердение бетона. В некоторых случаях, в частности при бетонировании полов, требуется более твердая поверхность чем та, которую образует обычный бетон. Для придания бетону твердости применяют добавки. Одни добавки смешивают с бетоном, другие используют для покрытия поверхности пола. Первые обычно состоят из мелкого металлического порошка или химического препарата, который соединяется с содержащимся в цементе гидратом окиси кальция и образует твердый силикат. Вторые добавки представляют собой жидкий силикат, который твердеет также в результате химической реакции. Бетон покрывают жидким силикатом 2—3 раза.

Крупные и волосные трещины. Трещины образуются в неправильно спроектированных конструкциях, при неустойчивости фундамента или вследствие отсутствия усадочных и деформационных швов. Чтобы уменьшить или полностью устранить растрескивание под влиянием сжатия, необходимо долго выдерживать бетон во влажном состоянии и медленно сушить его, о чем говорилось ранее. Если невозможно оставлять швы, нужно сильно армировать бетон. Металл внутри бетона принимает на себя температурные напряжения. Армирование не полностью предотвращает появление трещин, потому что напряжение передается связанному с арматурой бетону. В армированном бетоне вместо крупных трещин появляются мелкие волосные, невидимые простым глазом трещины. Трещины образуются также при использовании слишком жирного раствора или избыточного количества воды.

Трещины между верхним и нижним покрытием пола часто возникают вследствие того, что более жирный верхний слой укладывают на слой тощего грунта. Верхний слой обладает большей способностью к растяжению и сжатию, чем нижний. Как правило, смесь для наружного бетона не должна отличаться по составу от смеси нижних слоев бетона более, чем на две части заполнителя в отношении к цементу. Если для верхнего покрытия берут цемент и заполнитель в отношении 1 : 3, то для нижнего слоя смесь должна быть не слабее чем 1 : 5, то есть состава 1 : 2 : 4 или $1 : 2\frac{1}{2} : 3\frac{1}{2}$.

Так как из влажной смеси испаряется много воды, она сильно сокращается, а следовательно, в ней появляется больше трещин. Сеть мелких волосных трещин образуется также вследствие недостаточной выдержки бетона.

Ремонт. Иногда приходится заделывать трещину, ремонтировать разбитый угол или плохой участок пола или дороги. Прежде всего нужно расчистить слесарным зубилом поврежденное место до сплошного бетона и кистью удалить все отставшие частицы. Где возможно, полость по мере углубления должна расширяться, чтобы новый бетон прочно держался в ней. Затем следует смочить водой старый бетон до полного насыщения. После того как стечет избыток воды, непосредственно перед укладкой нового бетона, поверхность старого бетона для сцепления покрывают цементным раствором, используя для этого кисть. Новая бетонная смесь по возможности не должна отличаться от состава смеси, использованной для старого бетона. В смесь добавляют минимальное количество воды, чтобы придать ей пластичность. Новый бетон вдавливают в трещину или плотно укладывают на старый бетон и затирают деревянным мастерком.

После того как бетон или раствор пройдет фазу начального схватывания, его тесно прижимают во всех местах соприкосновения со старым бетоном, чтобы избежать появления волосных трещин. Стальной гладилкой пользуются только в том случае, если нужно хорошо сровнять поверхность нового и старого бетона. Отремонтированное место закрывают от воздействия воздуха. Не менее 10 дней его держат под мокрым мешком, под опилками или другим подходящим материалом. После этого бетону дают медленно высохнуть. Чистота швов и достаточная выдержка играют важную роль при ремонте бетона. Узкие трещины необходимо расширить, чтобы можно было затереть в них раствор на полную глубину.

ЖИДКИЙ ЦЕМЕНТНЫЙ И СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАСТВОРЫ

Жидкий раствор готовят из чистого цемента или из смеси цемента с песком в отношении 1 : 2 по весу. Этот раствор прочнее обычного, так как для его приготовления берут больше воды, а следовательно, и больше цемента. Жирные жидкие растворы растекаются лучше, чем тощие, поэтому они лучше проникают в трещины. Простейший способ применения жидкого раствора состоит в том, что им, как краской, покрывают поверхность старого бетона. Для этого используют чистый цементный раствор или раствор, содержащий мелкий песок, причем отношение цемента к песку должно быть не менее 1 : 1. Жидкий раствор применяют иногда при устройстве бетонных полов или дорог и даже при изготовлении железобетонных конструкций, но в последнем случае работа с ним требует высокой квалификации.

Строительный раствор может состоять из цемента и песка, из цемента, извести и песка или из одной извести. Наибольшей прочностью обладает цементный раствор. Добавление извести или замена цемента известью ослабляют раствор. Однако в некоторых случаях вместо цементного раствора лучше использовать цементно-известковый раствор. Добавление небольшого количества извести (не более 25% по объему) увеличивает жирность и обрабатываемость раствора. Добавление цемента к чистому известковому раствору повышает прочность последнего. Под известью в строительстве подразумевают только гашеную известь. Подбор состава смеси зависит от типа работ, для которых она предназначается, от требуемой прочности, степени подверженности атмосферным воздействиям и т. д.

Строительное бюро стандартов классифицирует растворы следующим образом: тип А — цементный раствор, тип Б — цеметно-известковый раствор; тип В — цементно-известковый раствор, но более слабый, чем раствор типа Б; тип Г — известковый раствор. В таблице 14 даны объемные дозировки материалов.

Ниже указано, для каких работ пригоден тот или иной тип раствора.

Тип А:

а) для стен высокой начальной прочности;

Таблица 14

Классификация и состав растворов в объемах

Тип раствора	Портланд-цемент	Гашеная известь или известковое тесто	Мелкий заполнитель во влажном и рыхлом состоянии
А	1	0—1/4	Не более 4 объемов цементирующего материала
Б	1	1—1 1/4	Не более 6 объемов цементирующего материала
В	1	2—2 1/2	Не более 9 объемов цементирующего материала
Г	0—1/2	1—1 1/4	Не более 3 объемов цементирующего материала

б) для стен, находящихся в очень влажных условиях;
в) для стен, несущих очень большую нагрузку.

Тип А или Б:

а) для пустотелых стен;
б) для несущих стен толщиной 11,5 см;
в) для парапетных стенок;
г) для всех стен, находящихся ниже гидроизолирующего слоя, или для стен без гидроизоляции;
д) для стен фундаментов;
е) для стоек и колонн;
ж) для несущих или наружных стен из пустотелого бетона или пустотелых глиняных блоков.

Тип В:

а) во всех сплошных стенах толще 11,5 см, за исключением перечисленных выше.

Тип Г:

а) для стен без нагрузки
б) для несущих сплошных каменных или кирпичных стен, за исключением перечисленных выше случаев, когда требуются более жирные растворы.

В таблице 15 указана прочность растворов в возрасте 28 дней, полученная при испытании 5-сантиметровых кубиков.

Таблица 15

Требуемая прочность растворов

Раствор	Состав смеси (расход цемента, извести и песка соответственно на 1 куб. м)	Прочность на сжатие, кг/см²
Цементный (А)	1:3 (535 кг, 1,1 куб. м)	140
Цементно-известковый (Б)	1:1:6 (267 кг, 107 кг, 1,1 куб. м)	42
Цементно-известковый (В)	1:2:9 (183 кг, 149 кг, 1,1 куб. м	14
Известковый (Г)	1:3 (214 кг, 1 куб. м)	5

Чистые цементные растворы надо использовать в течение 45 минут после смешивания. Повторное перемешивание частично схватившегося раствора не допускается.

Цементно-известковые растворы готовят следующим образом. Сначала смешивают известь, песок и воду, дают этой смеси вызреть в течение 7—10 дней и только после этого добавляют цемент. Смесь должна быть использована в течение 45 минут после добавления цемента.

Известковый раствор должен созревать также 7—10 дней. Ни в коем случае нельзя смешивать содержащие гипс материалы с цементом.

Цементная штукатурка обычно применяется для покрытия наружных поверхностей. Качество штукатурной работы зависит прежде всего от состояния поверхности, которая должна быть чистой, то есть свободной от грязи, пыли, масел. Для хорошего сцепления поверхность должна быть шероховатой.

Слишком гладкую поверхность можно сделать шероховатой путем насечки или обработки соляной кислотой, разведенной водой 1 : 6. Перед обработкой кислотой поверхность смачивают водой. После того как кислота достаточно разъест бетон, остаток ее тщательно удаляют путем обильного промывания водой. Предназначенную к штукатурке кирпичную стенку следует выкладывать с пустыми швами глубиной не более 6,5 мм или оставлять грубые швы вподрезку.

Слишком гладкую поверхность обрызгивают раствором, состоящим из одной части цемента и полутора частей крупного песка. Раствор распределяют по поверхности сильными, резкими бросками под прямым углом к стене. Стену нужно предварительно увлажнить, но не сильно, чтобы раствор не соскальзывал с нее. На подготовленную таким образом стену штукатурку наносят в 1—2 слоя. Если штукатурку накладывают в один слой, загрунтованную стену увлажняют, а затем ее покрывают раствором слоем от 3 до 6,5 мм. Раствор готовят из одной части цемента

и 3—6 частей мелкого речного песка. Когда нужно только выровнять поверхность, можно применять более тощие смеси. Если же цементную штукатурку применяют в качестве гидроизоляции, смесь должна быть более жирной (1 : 3 или 1 : 4). Не следует забывать, что жирный раствор нельзя накладывать на тощий бетон. Оштукатуренные поверхности семь дней поддерживают во влажном состоянии, слегка смачивая водой или накрыв мокрой мешковиной либо другим материалом. Это очень важно, так как предотвращает образование волосных трещин.

При оштукатуривании в два приема первый слой толщиной 9 мм наносят, как описывалось выше, но раствор готовят из одной части цемента и трех частей более крупного песка. В начале схватывания на поверхности раствора делают волнистые горизонтальные борозды глубиной несколько менее 3 мм, располагая их по возможности чаще. Расстояние между гребнями волн должно составлять примерно 20 см. Первый слой держат сырым не менее двух дней, а потом дают ему медленно высохнуть. Перед нанесением второго слоя свежий бетон увлажняют. Чтобы второй раствор приобрел необходимую консистенцию, к смеси (1 : 3) медленно добавляют воду и массу непрерывно размешивают. Поверхность второго слоя толщиной примерно 3 мм выравнивают деревянным мастерком. Следует по возможности избегать применения стальной гладилки. Поверхность держат влажной семь дней.

Вместо отделки поверхности затиркой можно отделать ее начесом. В последнем случае в раствор нужно вводить не мелкий песок, а более крупный заполнитель. Для штукатурки начесом готовят сметанообразный цементный раствор и наносят его сильными бросками на влажную поверхность, до того как затвердеет первый слой. Чтобы бетон получился светлого тона, к смеси добавляют белую гашеную известь в количестве, не превышающем 10% веса цемента.

Можно отделать поверхность каменной штукатуркой. Для этого чистый влажный гравий или гальку с частицами диаметром от 6,5 до 19 мм с силой бросают на еще не схватившийся первый слой. Приставшие к раствору камешки надо слегка вдавить деревянной гладилкой или доской. Все виды отделочных штукатурных работ должны выполнять опытные штукатуры.

Отделка начесом имеет то преимущество, что стекающие по шероховатой поверхности струйки воды раздробляются и каплями падают на землю. Таким образом, шероховатые стены обладают более высокой гидроизоляционной способностью, чем гладкие.

Цементно-известковая штукатурка. Содержание цемента, извести и песка в растворе зависит от его назначения и характера поверхности, на которую его наносят. Чисто цементная штукатурка отличается большой прочностью и высокой скоростью твердения. По мере замены цемента все возрастающими дозами извести прочность штукатурки падает, а продолжительность твердения увеличивается. Чистая известковая штукатурка сравнительно непрочна и схватывается медленно. Однако с увеличением количества извести в растворе возрастает пластичность и удобообрабатываемость штукатурки.

Доля песка в смеси должна не более чем в три раза превышать суммарное количество цемента и извести. Как и при работе с цементными штукатурками, нельзя наносить жирные цементно-известковые штукатурки на тощий, пористый грунт или жирную накрывку на тощий первый слой.

Для покрытия таких плотных материалов, как бетон и твердые глиняные кирпичи низкой пористости, лучше всего применять штукатурки следующего состава: одна часть цемента, одна часть штукатурной извести и шесть частей песка (по объему). В составе штукатурки для наружных стен, подвергающихся воздействию ливневых дождей, можно уменьшить содержание извести и увеличить количество цемента. В этом случае смесь может иметь состав $1\frac{3}{4} : \frac{1}{4} : 6$ или 1 : 4+известь (10% веса цемента) для повышения удобообрабатываемости.

Наружные поверхности низкой плотности и высокой порозности, например стены из низкокачественных кирпичей или шлакобетонных блоков, следует штукатурить смесью не жирнее чем 1 : 1 : 6. Нельзя использовать жирные цементные штукатурки с небольшой примесью извести или совсем без нее. На внутренних поверхностях можно применять штукатурки следующего состава: для грунта — 1 : 1 : 6 или 1 : 2 : 9, для отделочного слоя — известковую штукатурку 1 : 3 или 1 : 4 с добавлением 10% цемента.

Известково-цементные штукатурки готовят следующим образом. Сначала смешивают известь и песок с водой, добавленной в таком количестве, чтобы образовалось вязкое тесто, которое для созревания держат в течение 7—10 дней под мокрыми мешками. После добавления цемента к тесту образуется штукатурка, которую нужно израсходовать в течение 45 минут. Наружные поверхности начинают штукатурить с теневой стороны здания, чтобы возможно дольше избегать воздействия солнечных лучей на смесь. Дефекты штукатурных работ обычно объясняются описанными ниже причинами.

Волосные трещины появляются из-за плохого, неотсортированного песка, чрезмерного выравнивания поверхности гладилкой, слишком короткого интервала между нанесением грунта и накрывки или слишком быстрого высыхания накрывки.

Рыхлые пятна, раковины, отслоение или осыпание накрывки происходят вследствие проникновения влаги изнутри стен. Широкие трещины обычно появляются в результате осадки фундамента, расширения или сжатия бетона, а иногда вследствие недостаточной выдержки слоев цементно-известковой штукатурки, содержащей слишком много цемента.

Вспучивание появляется вследствие местного нагрева солнечными лучами.

Вздутия, а затем небольшие раковины образуются при попадании частиц негашеной извести и других посторонних примесей в раствор; инородные материалы расширяются при поглощении воды.

Размягчение происходит, когда грунт поглощает слишком много влаги из отделочного слоя (накрывки), при чрезмерном выравнивании поверхности гладилкой, если в период схватывания отделочный слой перегревается или высушивается на сквозняке.

Выцветы образуют кристаллы из гигроскопичных солей, если для приготовления растворов была использована морская вода.

●

СТРОИТЕЛЬСТВО РЕЗЕРВУАРОВ

В некоторых районах Южной Африки часто бывают замлетрясения, поэтому в разервуарах обязательно должны быть деформационные швы. В местностях с ливневыми дождями земля может дать осадку, и крупные бетонные плиты могут поломаться, что приведет к большим неприятностям. Ниже приведена инструкция по строительству резервуаров, составленная сотрудниками Бетонной ассоциации Южной Африки.

Наиболее экономичным является круглый резервуар. На него затрачивается минимальное количество материалов. Любой контейнер под влиянием направленного изнутри давления стремится принять цилиндрическую или сферическую форму. Если, например, сделать игрушечный воздушный шар в виде куба, при надувании он примет сферическую форму, если не будет достаточно укреплен по углам. Те же самые аргументы можно применить и к резервуарам, на стены которых равномерно давит изнутри содержащаяся в них вода. Следовательно, квадратный или прямоугольный резервуар требует сильного армирования углов или дополнительного утолщения стен.

Емкость круглого резервуара легко определить, пользуясь диаграммой (рис. 118).

Чтобы вычислить емкость квадратного или прямоугольного резервуаров, нужно площадь дна умножить на толщину слоя воды.

Для экономии труб резервуар обычно строят в непосредственной близости к воде. Желательно, чтобы площадка была ровной, твердой и однородной во избежание осадки. Рыхлый грунт необходимо вынуть, образовавшиеся ямы заполнить гравием, щебнем или другим материалом и хорошо утрамбовать. Следует очистить площадку от крупных камней, пней и расположенных близ поверхности корней. Однородность грунта играет бóльшую роль, нежели его твердость, потому что осадка должна быть равномерной. На глинистом или другом грунте, который

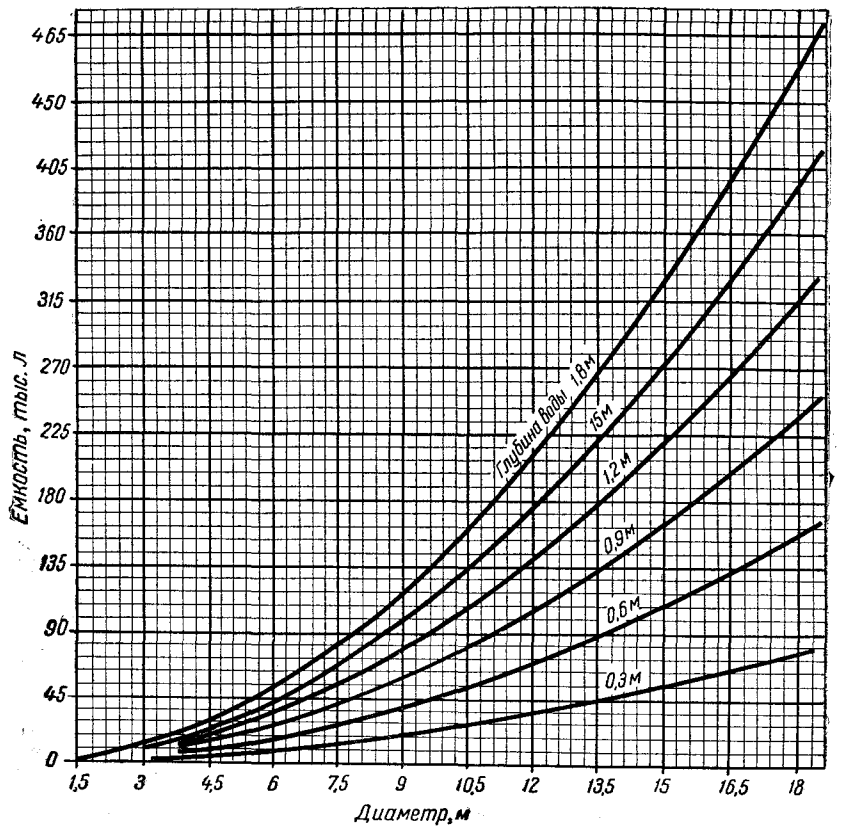


Рис. 118. Диаграмма для определения емкости круглых резервуаров.

меняет свой объем при насыщении водой и высыхании, рекомендуется устраивать под резервуаром подушку толщиной 7,5 см из хорошо утрамбованного гравия.

При строительстве резервуара на склоне холма необходимо соблюдать ряд предосторожностей. Наружная стенка резервуара должна находиться на расстоянии не менее 1,5 м от края склона. Если склон очень крутой, это расстояние нужно увеличить. Ни в коем случае нельзя соору-

жать резервуар на искусственной насыпи. В верхней части склона, примыкающей к резервуару, нужно вынуть грунт так, чтобы между резервуаром и склоном осталась свободная полоса шириною около 90 см с равномерным уклоном от резервуара к склону. У подошвы склона следует выкопать канавку для сбора поверхностных вод и предотвращения просачивания их под дно резервуара.

После подготовки площадки выкапывают траншею под фундамент стены. Глубина траншеи зависит от особенностей грунта и величины резервуара. Копать нужно до твердой породы. Траншея должна быть достаточно глубокой, чтобы фундамент лежал на непромерзающем грунте. Важно, чтобы дно траншеи было ровным. Вырытую траншею заполняют на требуемую глубину фундамента бетоном следующего состава: 43 кг цемента, 0,1 кубического метра чистого крупного речного песка и 0,14 куб. м щебня, имеющего в своем составе мелкие, средние и крупные частицы. Для более высококачественных работ можно применять смесь 1 : $3\frac{1}{4}$: $4\frac{1}{2}$. Бетонирование фундамента по всему периметру резервуара ведут непрерывно, не допуская вертикальных соединений. При сооружении прямоугольных резервуаров бетонирование нужно начинать с одного угла, чтобы единственный шов в фундаменте пришелся на угол.

Поверхность фундамента должна быть горизонтальной, что проверяют по ряду колышков, установленных вокруг траншеи и выравненных по линейке и ручному уровню.

Для круглых резервуаров на твердых грунтах рекомендуются фундаменты следующих размеров:

Диаметр резервуара, м	Фундамент, см
До 7,5	40×15
9—15	50×18
16,5—18	63×20

Стены выкладывают по центру фундамента. Если основание недостаточно прочно, фундамент следует армировать стержнями диаметром 9,5 мм, уложенными на расстоянии 5 см от дна фундамента с интервалами 19 см. Это значит, что для резервуаров диаметром до 7,5 м требуется два таких стержня, при большем диаметре — три.

Фундамент прямоугольных резервуаров должен быть на 30 см шире основания стены и выдаваться на 15 см с каждой ее стороны. Глубина должна быть не менее 30 см в хорошем твердом грунте. Если же резервуар строят на твердой скальной породе, можно обойтись без фундамента.

При сооружении прямоугольных резервуаров необходимо надлежащим образом привязать стены к фундаменту. Для этого верхнюю поверхность фундамента оставляют шероховатой. Желательно сделать в ней канавку, проложив для этого по центру фундамента деревянную рейку (15×7,6 или 23×7,6 см) и заделав ее в бетон заподлицо. Края рейки нужно сделать косыми, чтобы ее легче было удалить после схватывания бетона. Желательно также армировать верхнюю часть фундамента и нижнюю часть стены прямоугольных резервуаров вертикальными стыковыми стержнями длиной 75 см и толщиной 12,7 мм, установив их на расстоянии 45 см друг от друга. В круглых резервуарах, наоборот, стены нельзя связывать с фундаментом. Для этого следует выравнять верх фундамента стальной гладилкой и покрыть бетон двумя слоями битума, а затем уже возводить стены. Металлические водяные затворы следует ставить так, чтобы стена могла скользить по фундаменту.

Дно делают лишь после того, как стены немного поднимутся над фундаментом. Прежде чем бетонировать дно, следует смочить и хорошо утрамбовать грунт в непосредственной близости к фундаменту. Верх фундамента нужно покрыть слоем битума. Наибольшей прочностью отличается дно из простого или армированного бетона. Неплохим является дно из булыжника, который заливают жидким цементным раствором. Булыжник должен быть величиной с кокосовый орех или страусовое яйцо. Камни следует укладывать плотно друг к другу и хорошо трамбовать, чтобы обеспечить равномерное давление на грунт. Поверхность уложенного булыжника хорошо подметают. Затем на булыжник высыпают сухой песок и заливают его водой, чтобы песок наполовину заполнил промежутки между камнями. Нежелательно расходовать избыточное количество воды, потому что цементный раствор нельзя применять до тех пор, пока не уйдет в грунт вся вода. Раствор делают из одной части цемента и трех частей песка и доверху заполняют им промежутки между булыжниками. Толщина слоя раствора должна быть не менее 5 см. Для бетонирования дна применяют смеси 1:$2\frac{3}{4}$:4 или 1:$2\frac{1}{2}$:$3\frac{1}{2}$. Толщина дна из неармированного бетона должна составлять 13 см, из армированного — 10 см.

Для армирования дна на хорошем грунте используют проволочную сетку (проволоки пересекаются на расстоянии 7,5 см друг от друга). Толщина слоя бетона от сетки до нижней поверхности плиты должна составлять 4 см. Сначала укладывают бетон, затем сетку и остальной бетон. Всю работу выполняют без перерыва. Если грунт подвержен оседанию, дно следует делать толщиной 12,5 см, а для армирования использовать стержни диаметром 9,5 мм, располагая их через 30 см в каждом направлении от центра и на расстоянии 4 см от нижней поверхности плиты.

Если диаметр дна резервуара превышает 3 м или дно имеет площадь более 9 кв. м, вокруг плиты устраивают деформационный шов. Во

всех прямоугольных резервуарах и в круглых резервуарах диаметром до 7,5 м ширина шва составляет 1,3 см. При большем диаметре резервуара ширина шва должна быть 2,5 см. Простейший способ устройства деформационного шва, особенно в круглом резервуаре, состоит в том, что перед бетонированием дна вдоль стены укладывают рейки толщиной 1,3 см, нарезанные из мягких досок. После того как бетон затвердеет, рейки вынимают и паз заливают битумом. Рейку перед укладкой бетона нужно покрыть битумом (лучше битумной эмульсией).

Чтобы предотвратить растрескивание дна вследствие расширения или сжатия, дно, имеющее более 3,6 м в поперечнике, следует разделить деформационными швами на участки площадью не свыше 4,2 кв.м. Эти участки должны быть по возможности квадратными. Деформационные швы между участками делают шириной 1,3 см. Так как деревянные рейки трудно вынимать, вместо горячего битума применяют специальные материалы, которые остаются между плитами. Однако для герметичности эти материалы следует заливать горячим битумом слоем 2,5—4 см.

Каждый новый участок пола нужно бетонировать не ранее, как через сутки после бетонирования соседнего участка. Это упрощает и удешевляет устройство опалубки и позволяет покрыть края большей части участков битумной эмульсией, когда они еще легко доступны. Верхние края всех участков нужно слегка закруглить, чтобы предотвратить их обламывание.

Битум надо заливать в швы только после полного высыхания бетона. Кроме того, перед заливкой швов их следует хорошо очистить, особенно от пыли, и загрунтовать битумом, то есть покрыть битумной эмульсией поверхности, на которые попадет горячий битум. Тщательная грунтовка обеспечивает сцепление горячего битума с бетоном, необходимое для получения водонепроницаемых швов. Нижнюю часть шва, не доходя 1,3 см до верхней кромки, наполняют твердым битумом с пенетрацией 30/40. Верхнюю часть шва заполняют мягким битумом с пенетрацией 80/100.

Твердый битум в нижней части шва не выдавливается, а мягкий — в верхней части не разрывается. Если имеется только твердый битум, то им заполняют швы несколько ниже верхней кромки бетона.

Битум нужно нагревать до температуры, рекомендуемой фирмой. Появление пузырьков указывает на перегрев битума. Пузырьки образуются также при заливке битума на недостаточно сухой бетон. Чтобы битум не потерял пластичность в результате перегрева, сначала нагревают на слабом огне пустой сосуд, затем в него маленькими кусочками кладут битум. Остывание сосуда допускают лишь после того, как из него выльют расплавленный битум. Литр битума весит немногим более килограмма. Необходимое количество битума легко вычислить по объему швов.

Арматуру нужно обрезать вблизи швов, чтобы она не пересекала их.

В больших резервуарах промышленных гидропоникумов дно нужно армировать. Под деформационными швами должны находиться бетонные ребра (30×15 см), которые делают до начала бетонирования дна. Поверхность ребер заравнивают стальной гладилкой, а после высыхания бетона ее покрывают битумом. Дно заравнивают брусом и обрабатывают деревянной гладилкой. После этого дно выдерживают под мокрыми мешками не менее недели или же два дня под мешками, а остальные пять дней под 2,5-сантиметровым слоем воды.

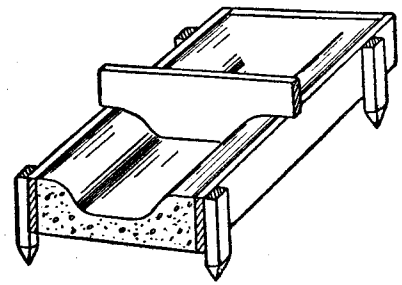


Рис. 119. Бетонная канавка для сброса воды.

Питающая труба должна входить в резервуар над стеной. Если раствор поступает в резервуар самотеком, в трубе часто устраивают шаровой клапан, автоматически закрывающий трубу при наполнении резервуара. Но даже при наличии шарового клапана нужно пропустить через стену сливную трубу диаметром 10 см, чтобы ее нижняя часть находилась на уровне раствора или воды в заполненном резервуаре. Через трубу вода будет вытекать в том случае, если откажет шаровой клапан. Воду, вытекающую из сливной трубы, следует отвести в сторону, чтобы она не размывала фундамент. Для этого под трубой устраивают для сброса воды бетонированную канавку. На уровне дна резервуара сквозь стену пропускают выводную трубу диаметром не менее 10 см.

Для чистки резервуара иногда устраивают моечную трубу диаметром 10 см. Ее пропускают сквозь стену немного ниже выводной трубы. Дну резервуара придают небольшой уклон к отверстию моечной трубы. Моечная и выводная трубы должны быть снабжены кранами с внешней стороны стены. При сооружении стен лучше вставлять в них короткие отрезки труб, к которым в дальнейшем легко присоединить основные трубопроводы. Можно также во время бетонирования стен оставлять в них промасленные деревянные пробки или патрубки из строительного картона или металла. Позднее через отверстия пропускают трубы и надежно заливают их цементным раствором.

Если требуется пропустить трубы под стеной, их следует прокладывать до бетонирования фундамента.

Рекомендуется наполнять траншею, в которой проложена труба, тощим бетоном до нижней поверхности фундамента. Пропускать трубы сквозь фундамент нельзя.

Все трубопроводы должны быть из материала, который не оказывает химического действия на питательные растворы. Можно использовать трубы, краны, вентили из темно-серого чугуна или меди. Ни в коем случае нельзя применять трубы и арматуру для труб из оцинкованного железа, так как цинк может очень быстро создавать в поддонах токсичные для растений условия. На моей новой ферме все трубы будут сделаны из асбестоцемента, который успешно применяется во многих крупных гидропонных хозяйствах.

Цемент наращивает прочность постепенно и только в сыром виде. Поэтому очень важно достаточное время держать бетон влажным, и лишь после этого резервуар можно заполнить водой. В круглых бетонных резервуарах утечка бывает минимальной, потому что они устроены из монолитного бетона. В цементной штукатурке кирпичных резервуаров всегда могут появиться волосные трещины, сама штукатурка часто бывает пористой. Кроме того, в кирпичной кладке всегда могут образоваться многочисленные трещины.

Опалубку делают целиком из дерева, из дерева и листового металла или из волнистых листов железа. Чаще всего опалубка имеет высоту 60 см (рис. 120). После укладки и схватывания бетона (обычно через 24 часа) опалубку поднимают выше. Лучше всего иметь наружные и внутренние кольцевые формы, чтобы избежать вертикальных швов, а также трудностей, связанных с пересечением этих швов периферической арматурой в полукружной или дуговой опалубке. Длина опалубки, то есть окружность стен, равна диаметру, умноженному на $3^1/_7$. Наружная опалубка длиннее внутренней на $6^2/_7$ толщины стены.

Существуют различные способы изготовления деревянной опалубки, но во всех случаях необходимы криволинейные верхний и нижний пояса толщиной не менее 3,8 см с набитыми на них узкими досками или планками или вогнутыми металлическими полосами. На рисунке 120 показан один из обычно применяемых типов опалубки. Когда используют полный набор форм, нужно предусмотреть возможность легкой съемки внутренних бортов опалубки. Для этого между примыкающими друг к другу секциями оставляют зазор шириной 2,5—5 см и закрывают его одним или несколькими клиньями или полоской листового металла (рис. 120). По всей длине опалубки между обоими бортами устанавливают деревянные распорки, нарезанные соответственно толщине стены. На время укладки бетона распорки снимают.

Если опалубку устанавливают только для четверти или половины окружности стены, концы опалубки скрепляют перемычкой. К последней прибивают скошенную деревянную рейку (7,5×3,8 см), чтобы в укладываемом бетоне образовался замок для связывания с последующим слоем бетона. Как перемычка, так и рейка должны иметь прорези для пропуска арматуры. Трудности работы с неполной опалубкой заключа-

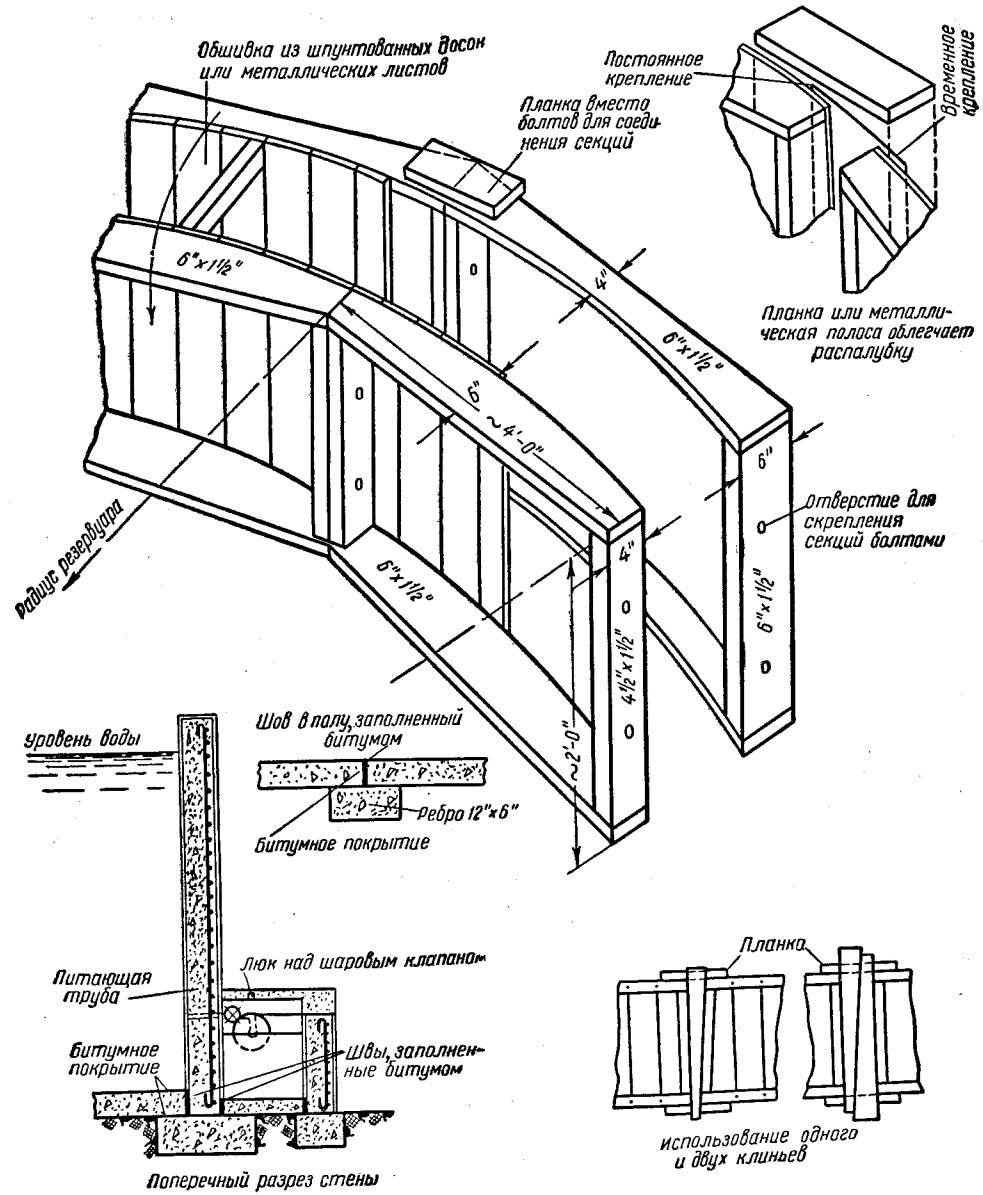


Рис. 120. **Опалубка для сооружения круглого бетонного резервуара.**

ются также в том, что ее нужно жестко связывать. Опалубку нельзя поднимать выше до тех пор, как не будет забетонировано все кольцо. Для связки бортов опалубки применяют колья (10×5 см), которые ставят парами по одному на противоположных стенках опалубки. У основания опалубки и как раз над ней колья связывают проволокой, скручивая ее ручкой молотка, предназначенного для выдергивания гвоздей.

Отдельные секции криволинейных поясов изготовляют следующим образом.

Сперва вычисляют длину внутренней и наружной окружности с допуском на толщину опалубки. Делят окружность на четное число равных частей длиной около 1,2 м каждая. Берут две доски длиной 1,5 м, шириной 15 см и толщиной 3,8—5 см. Вбивают в грунт в центре круга кол. В верхушку кола вбивают гвоздь. На гвоздь накидывают петлю веревки или проволоки. В петлю на противоположном конце веревки или проволоки вставляют карандаш или гвоздь и отмечают на полуторараметровых досках окружности внутреннего и внешнего бортов опалубки. Лишние концы секций отрезают. Ширина секции должна быть не менее 10 см. Если секции скрепляются внахлестку, а не впритык, следует добавить 15 см к вычисленной длине.

В качестве примера рассмотрим резервуар с внутренним диаметром 9 м. Для опалубки потребуется 24 отрезка. Длина каждого отрезка для внутреннего борта составит 100 см, а для наружного — 142 см, если их собирают впритык, или на 15 см больше, если их собирают внахлестку. Концевые секции внутренней опалубки делают примерно на 2,5 см короче, чтобы можно было вогнать клинья.

Опалубку следует побелить или покрыть маслом, прежде чем начинать бетонирование. После работы опалубку нужно очищать от приставшего к ней раствора.

Минимальная толщина стен для резервуаров различной высоты и диаметра приведена в таблице 16.

Раствор для бетонирования стен делают из одной части цемента, двух с половиной частей песка и трех с половиной частей щебня с частицами размером 3,8 см и мельче. Бетон укладывают 15-сантиметровыми слоями равномерно по всей окружности стены, каждый раз хорошо разравнивая и утрамбовывая его.

После распалубки следует выдержать бетон мокрым не менее семи дней; лучше всего покрыть его мокрой мешковиной. Бетон затирают карборундовым бруском, смоченным цементным раствором, имеющим консистенцию краски. Влажный брусок снимает следы досок опалубки и закрывает поры цементом, благодаря чему повышается водонепроницаемость стен. Если используется неполная опалубка, в стене будет два или больше вертикальных шва. После распалубки поверхность бетона в месте шва очищают и делают шероховатой. Непосредственно перед укладкой нового бетона шероховатую поверхность покрывают жидким цементным раствором.

Таблица 16

Толщина железобетонных стен круглых резервуаров, см

Высота, м	Диаметр резервуара, м							
	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0
1,8	10	10	10	10	11,4	12,5	13,8	15,0
2,4	10	10	10	12,5	15,0	16,3	17,6	20,0
3,0	—	10	12,5	15,0	17,6	20,0	22,5	25,0

Давление жидкости создает в стене резервуара напряжение, которое прямо пропорционально его глубине и диаметру. Поскольку бетон или раствор (у блочных резервуаров) обладает недостаточной прочностью, его нужно армировать. В железобетонных резервуарах напряжение воспринимают совместно бетон и арматура. Однако как только в бетоне появляются трещины, напряжение воспринимает только арматура. Поэтому в основу проектирования должно быть положено правильное соотношение между толщиной стены и армированием, которое, с одной стороны, сделало бы невозможным появление трещин, а с другой, было бы достаточным для предотвращения разрывов резервуара даже при появлении трещин в бетоне.

Площадь стальной арматуры в квадратных дюймах на фут (30 см) высоты можно найти по формуле:

$$A = 0{,}002Dh,$$

где D — диаметр резервуара,

h — глубина воды в футах.

Площадь арматуры складывается из площадей поперечного сечения стержней или проволок известного диаметра. В таблице 17 указаны примерные площади поперечного сечения и количество стержней или проволок для армирования круглых резервуаров. Для облегчения подбора арматурных стержней или проволоки различных диаметров приведена таблица 18. Рекомендуемая арматура — это обычные стержни из мягкой стали или мягкая черная проволока. Лучше армировать стержнями, так как им легче придать требуемую форму и они не образуют петель. При данной площади сечения и одной и той же длине толстая арматура выгоднее, потому что килограмм толстой проволоки или стержней стоит дешевле.

Таблица 17

Сечение и виды арматуры круглых резервуаров

Диаметр резервуара, м		Глубина резервуара (замер от поверхности раствора), см					
		30	60	90	120	150	180
3,0	Пс	0,129	0,258	0,387	0,516	0,645	0,774
	Ст	1 × № 8	2 × № 8	3 × № 8	2 × 1/4″	2 × 1/4″	3 × 1/4″
	Пр	1 × № 8	2 × № 8	3 × № 8	4 × № 8	5 × № 8	6 × № 8
3,6	Пс	0,155	0,310	0,465	0,619	0,774	0,912
	Ст	2 × № 10	4 × № 10	6 × № 10	2 × 1/4″	3 × 1/4″	3 × 1/4″
	Пр	2 × № 10	4 × № 10	6 × № 10	5 × № 8	6 × № 8	7 × № 8
4,2	Пс	0,181	0,361	0,542	0,715	0,903	1,089
	Ст	1 × № 6	2 × № 6	3 × № 6	2 × 1/4″	3 × 1/4″	3 × 1/4″
	Пр	1 × № 6	2 × № 6	3 × № 6	6 × № 6	5 × № 6	6 × № 6
4,8	Пс	0,206	0,413	0,619	0,830	1,030	1,240
	Ст	2 × № 8	4 × № 8	2 × 1/4″	3 × 1/4″	4 × 1/4″	4 × 1/4″
	Пр	2 × № 8	4 × № 8	5 × № 8	6 × № 8	8 × № 8	10 × № 8
5,4	Пс	0,232	0,464	0,708	0,905	1,116	1,400
	Ст	2 × № 8	4 × № 8	3 × 1/4″	3 × 1/4″	4 × 1/4″	5 × 1/4″
	Пр	2 × № 8	4 × № 8	6 × № 8	7 × № 8	9 × № 8	11 × № 8
6,0	Пс	0,258	0,516	0,774	1,032	1,290	1,548
	Ср	2 × № 8	2 × 1/4″	3 × 1/4″	4 × 1/4″	4 × 1/4″	5 × 1/4″
	Пр	2 × № 8	4 × № 8	6 × № 8	8 × № 8	10 × № 8	12 × № 8
7,5	Пс	0,327	0,645	0,968	1,290	1,613	1,936
	Ср	3 × № 8	2 × 1/4″	3 × 1/4″	4 × 1/4″	5 × 1/4″	6 × 1/4″
	Пр	3 × № 8	5 × № 8	8 × № 8	10 × № 8	5 × 1/4″	6 × 1/4″
9,0	Пс	0,397	0,774	1,161	1,548	1,936	2,322
	Ст	3 × № 8	3 × 1/4″	4 × 1/4″	5 × 1/4″	6 × 1/4″	7 × 1/4″
	Пр	3 × № 8	6 × № 8	9 × № 8	12 × № 8	15 × № 8	7 × 1/4″
10,5	Пс	0,452	0,903	1,354	1,807	2,258	2,710
	Ст	4 × 3,26	3 × 1/4″	5 × 1/4″	6 × 1/4″	7 × 1/4″	9 × 1/4″
	Пр	4 × № 8	7 × № 8	11 × № 8	6 × 1/4″	7 × 1/4″	9 × 1/4″
12,0	Пс	0,516	1,032	1,548	2,064	2,580	3,097
	Ст	2 × 1/4″	4 × 1/4″	5 × 1/4″	7 × 1/4″	8 × 1/4″	10 × 1/4″
	Пр	4 × № 8	8 × № 8	5 × 1/4″	7 × 1/4″	8 × 1/4″	10 × 1/4″
13,5	Пс	0,581	1,161	1,742	2,322	2,903	3,484
	Ст	2 × 1/4″	4 × 1/4″	6 × 1/4″	8 × 1/4″	9 × 1/4″	11 × 1/4″
	Пр	5 × № 8	9 × № 8	7 × № 4	9 × № 7	11 × № 4	13 × № 4

Продолжение

Диаметр резервуара, м		Глубина резервуара (замер от поверхности раствора), см					
		30	60	90	120	150	180
15,0	Пс	0,645	1,290	1,936	2,581	3,326	3,871
	Ст	2 × 1/4″	4 × 1/4″	6 × 1/4″	8 × 1/4″	10 × 1/4″	12 × 1/4″
	Пр	5 × № 8	10 × № 8	7 × № 4	10 × № 4	12 × № 4	15 × № 4
16,5	Пс	0,719	1,419	2,129	2,839	3,548	4,258
	Ст	3 × 1/4″	5 × 1/4″	7 × 1/4″	9 × 1/4″	11 × 1/4″	14 × 1/4″
	Пр	6 × № 8	11 × № 8	8 × № 4	10 × № 4	13 × № 4	16 × № 4
18,0	Пс	0,774	1,548	2,323	3,097	3,871	4,645
	Ст	3 × 1/4″	5 × 1/4″	8 × 1/4″	10 × 1/4″	12 × 1/4″	15 × 1/4″
	Пр	6 × № 8	12 × № 18	9 × № 4	12 × № 4	12 × 1/4″	15 × 1/4″

Пс — поперечное сечение арматуры, кв. см;
Ст — число стержней, номер проволоки;
Пр — эквивалентное число проволок и их номер.

Соответствующий номеру диаметр проволоки или стержня указан в таблице 18.

Наиболее удобная и дешевая арматура получается из стержней диаметром 6,4 мм (1/4″).

В дополнение к арматуре, указанной в таблице 17, нужно номинально армировать также и ту часть стены, которая находится над уровнем жидкости в резервуаре. Обычно для верхней части стены достаточна та же густота армирования, что и для первых 30 см ниже этого уровня. Важно также армировать стену между верхней поверхностью фундамента и дном. Обычно здесь требуется такая же густота армирования, как в последних 30 см стены. Однако нельзя армировать подвижное соединение между фундаментом и основанием стены.

Два или три стержня могут потребоваться для одного арматурного кольца. Стержни стыкуют внахлестку, причем длина стыка стержней должна составлять не менее 40 диаметров стыкуемых стержней, а на концах должны быть 10-сантиметровые крюки. Стержни в стыках скрепляют вязальной проволокой. Если для армирования используют проволоку, длина стыка должна быть не менее 30 см, причем проволоки нужно неплотно переплести. Стыки следует располагать ступенями, а не на одной вертикали.

В бетонных резервуарах необходима также вертикальная арматура для поддержания кольцевой арматуры. Для этого устанавливают в

Таблица 18

Сечение арматуры, кв. см.

Число проволок или стержней	Номер проволоки (в скобках — диаметр)				Диаметр проволоки и стержней		
	10 (3,25 мм)	8 (4,06 мм)	6 (4,88 мм)	4 (5,89 мм)	1/4" (6,4 мм)	5/16" (7,9 мм)	3/8" (9,5 мм)
1	0,0830	0,1290	0,1871	0,2709	0,3161	0,4968	0,7097
2	0,1660	0,2580	0,3742	0,5418	0,6322	0,9936	1,4194
3	0,2490	0,3870	0,5613	0,8127	0,9483	1,4904	2,1291
4	0,3320	0,5160	0,7484	1,0836	1,2644	1,9872	2,8388
5	0,4150	0,6450	0,9355	1,3545	1,5805	2,4840	3,5485

Примечание. Бухта проволоки № 8 весит 45,4 кг, длина проволоки в бухте 444 м. Бухта проволоки диаметром 1/4 дюйма весит 136 кг, длина проволоки в бухте 540 м. Бухта проволоки диаметром 5/16 дюйма весит 136 кг, длина проволоки в бухте 345 м. Стержни диаметром 3/8 дюйма и больше продают отрезками от 3 до 13,2 м, разница между двумя смежными размерами составляет 60 см.

вертикальном положении на расстоянии 75 см друг от друга стержни диаметром 9,5 мм (3/8") или стержни диаметром 12,7 мм (1/2") на расстоянии 90 см друг от друга. Концы стержней загибают в виде крючков. Стержни привязывают к кольцевой арматуре проволокой.

Лучше начинать армировать стену после установки внутреннего борта опалубки, закладывая между вертикальными стержнями и опалубкой куски дерева. Кольцевую арматуру следует располагать на расстоянии 3,8 см от наружной поверхности стены.

КРУГЛЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ ИЗ БЕТОННЫХ БЛОКОВ И КИРПИЧЕЙ

При строительстве резервуара из кирпичей или готовых бетонных блоков можно обойтись без опалубки. Сооружать очень большие или очень высокие резервуары из кирпичей и блоков не рекомендуется, так как в швы трудно уложить достаточное количество арматуры. Кроме того, в многочисленных швах всегда могут появиться трещины. Небольшая осадка фундамента вызывает трещины в штукатурке, которые трудно ликвидировать. Блочные и кирпичные резервуары следует сооружать на твердом, хорошо дренированном грунте.

Бетонные блоки и кирпичи не должны пропускать воду. Для их изготовления необходимы жирные смеси, например смесь из 43 кг цемента, 0,071 куб. м песка и 0,113 куб. м щебня с частицами не крупнее 19 мм. Если нет щебня, используют смесь из 43 кг цемента и

0,170 куб. м крупного, чистого, хорошо отсортированного песка. Смесь не должна быть слишком сухой, так как при недостаточном содержании влаги ее невозможно хорошо уплотнить в форме и поэтому образуется непрочный пористый бетон. При правильном количестве воды бетон не расплывается, если с него снять форму сразу же после укладки.

Свежеотформованные блоки и кирпичи нельзя подвергать действию солнца и ветра. Их нужно выдержать сырыми по крайней мере семь дней, а еще лучше — две недели. Затем они должны медленно высохнуть и быть совершенно сухими во время кладки.

Блоки и кирпичи должны иметь толщину не менее 11,4 см. Более крупные размеры вполне допустимы. Для резервуаров используют только сплошные блоки. Кирпичные резервуары нужно строить только из кирпича стандартных размеров, около 22,8×6,35×11,4 см. Вертикальные швы должны быть толщиной 6,4 мм, а горизонтальные — 12,7 мм. При этих условиях на каждые 30 см высоты потребуется 4 ряда кирпичей. Блоки крупнее кирпичей. Они могут иметь толщину 11,4 см и более, длину от 30 до 45 см и ширину не более 16,5 см.

Чем больше диаметр резервуара, тем длиннее должны быть блоки, применяемые для его строительства. Если блоки длиннее 30 см, лучше скашивать их внешние торцы параллельно радиусу, иначе с наружной стороны стены швы будут значительно шире, чем с внутренней. При кладке стен резервуара диаметром 6 м из нескошенных блоков толщиной 11,4 см и длиной 45 см ширина наружных швов достигает 25,4 мм, а внутренних составляет 6,4 мм. При диаметре резервуара 3,6 м для блоков тех же размеров наружные швы достигают ширины 35 мм, а внутренние составляют 6,4 мм. Нежелательно, чтобы наружная и внутренняя ширина швов сильно различалась. Торцы блоков можно скосить, вставив в углы форм соответствующим образом скошенные рейки.

Преимущество кирпичных резервуаров заключается в том, что они требуют меньшей густоты армирования швов, что позволяет применять более тонкую проволоку. Однако в кирпичной кладке больше швов, а трещины образуются именно в швах. Общее сечение арматуры в блочных и кирпичных резервуарах одинаковое. В обоих случаях кладку производят на растворе, составленном из 43 кг цемента, 4,5 кг продажной гашеной извести и 0,11 куб. м песка. Все швы делают сплошными. Раствор необходимо использовать в течение 30 минут после приготовления. Глиняные обожженные кирпичи перед кладкой выдерживают в воде 30 минут, а бетонные блоки и кирпичи укладывают сухими.

Кладку кирпичей ведут от одного свободного конца армирующей проволоки к другому. Концы проволоки не скрепляют до тех пор, пока не будет выложен ряд почти полностью, иначе проволока может выскочить из стены. Нельзя использовать битые или неправильной формы кирпичи. Стены резервуара нужно оштукатурить изнутри и снаружи.

Толщина стен круглых резервуаров в зависимости от их диаметров и глубина приведены в таблице 19.

Таблица 19

Толщина блочных или кирпичных стен круглых резервуаров, см

Глубина воды, м	Диаметр резервуара, м							
	7,5 и менее	9	10,5	12	13,5	15	16,5	18
0,75	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
0,90	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	22,8	22,8	22,8
1,05	11,4	11,4	11,4	11,4	22,8	22,8	22,8	22,8
1,20	11,4	11,4	11,4	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8
1,35	11,4	11,4	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	35,0
1,50	11,4	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	35,0	35,0
1,65	11,4	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	35,0	35,0
1,90	11,4	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	35,0	35,0
1,95	11,4	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	35,0	35,0

Количество арматуры для блочных и кирпичных стен вычисляют так же, как и для бетонных, поэтому можно пользоваться таблицей 17. В блочных резервуарах арматуру закладывают в швы между блоками, поэтому число проволок нужно разделить на число блоков в 30-сантиметровом слое. Для обычной кирпичной кладки число проволок делят на четыре. Если, например, нужно уложить семь проволок, по две проволоки кладут на три нижних ряда кирпичей и одну проволоку — на четвертый, верхний ряд. Если требуется уложить девять проволок, три проволоки кладут на нижний ряд и по две проволоки — на три остальных ряда. Стержни распределяют совершенно так же, как и проволоки.

Если высота ряда кирпичей или блоков не кратна 30 см, то пользоваться таблицей 17 неудобно и лучше вычислить армирование для каждого отдельного шва по формуле

$$a = \frac{1,35}{100000\ Дбв},$$

где a — площадь сечения арматуры, необходимой для одного шва, кв. дюймы;

$б$ — высота ряда непосредственно над этим швом, включая толщину шва, дюймы;

$в$ — глубина воды до этого шва, дюймы;

$Д$ — диаметр резервуара, футы.

Затем подбирают подходящую арматуру для каждого шва, пользуясь таблицей 18. Желательно, чтобы стержни или проволоки как можно меньше различались своим сечением.

В блочных и кирпичных резервуарах необходимо армировать стены над уровнем жидкости и ниже уровня дна, о чем уже говорилось ранее.

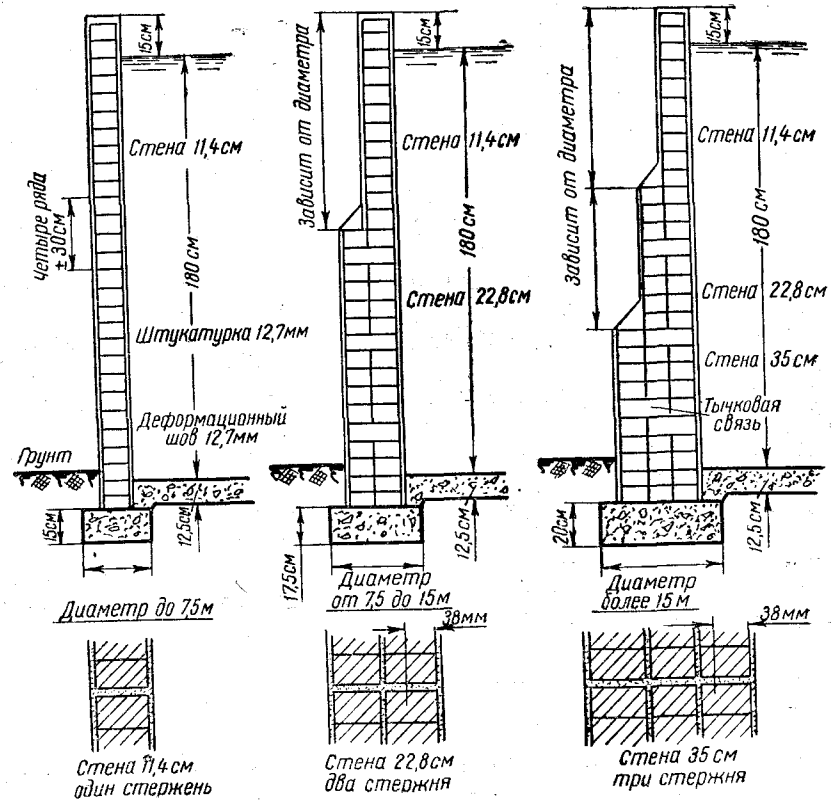


Рис. 121. Разрез кирпичной стены круглого резервуара.

На блоки или кирпичи сперва кладут арматурную проволоку, а затем накладывают на нее раствор. После этого слегка приподнимают проволоку так, чтобы она покрылась раствором со всех сторон. Проволока должна иметь форму круга, петли в ней недопустимы.

Чтобы обеспечить хорошее соединение арматуры с раствором и защитить ее от ржавления, число стержней или проволок в шве должно

быть ограничено восемью в стене толщиной 35 см, пятью — в стене толщиной 22,8 см и тремя — в стене толщиной 11,4 см. Арматура должна располагаться не ближе чем 3,8 см от наружной поверхности стены. Чтобы соблюсти перечисленные условия, густо армированные стены делают несколько более толстыми, чем указано в таблице 19, особенно если стены кладут из относительно толстых блоков. Для более толстых стен требуются также и более широкие фундаменты.

Стены толщиной 22,8 и 35 см следует скреплять тычковой перевязкой, приходящейся на пятый ряд. Вертикальные и горизонтальные швы должны быть хорошо заполнены раствором (рис. 121).

Стены штукатурят цементным раствором, приготовленным из смеси 1 : 4. Первый слой накладывают толщиной около 9,5 мм. Для лучшей связи со вторым слоем первый слой насекают скребком. Второй слой должен иметь толщину 6,4 мм; раствор для него готовят, используя более мелкий песок. Оштукатуренную поверхность обрабатывают деревянной гладилкой. Иногда ограничиваются только одним слоем штукатурки, который затирают.

Швы следует расчистить на глубину около 6,5 мм, а лицевой стороне блоков придать шероховатость. Для этого проволочную щетку протягивают по сырому раствору. Важно не допускать быстрого высыхания штукатурки.

Можно улучшить и сделать более водонепроницаемой внутреннюю поверхность, покрыв ее до начала твердения раствора сметанообразной смесью цемента и воды, к которой добавляют по 0,5 кг соли или квасцов на каждые 10 л воды. Менее жирный раствор, например состоящий из одной части цемента и 5—6 частей песка, пригоден для оштукатуривания наружной поверхности стены, находящейся выше уровня воды или над поверхностью земли.

СООРУЖЕНИЕ КРУГЛЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ ПОМОЩИ ПЕРЕДВИЖНЫХ ФОРМ

Передвижные формы позволяют бетонировать стены горизонтальными рядами. Каждый ряд состоит из серии отлитых на месте бетонных блоков. Формы устанавливают на стену или на фундамент и наполняют бетоном. Затем каждую форму передвигают по горизонтали на расстояние, которое немного меньше длины формы. Форму двигают до тех пор, пока не будет закончен весь ряд. Существуют приспособления, облегчающие передвижение форм и установку их для укладки каждого блока (рис. 122, 123).

Подвижные формы для стен круглых резервуаров всегда делают с торцевыми затворами, в которых предусматривают прорези для арматуры. Прорези удерживают арматуру на заданном уровне. Арматура

оказывается погруженной в бетон, что значительно лучше, нежели армирование одних только швов между слоями, особенно при относительно большой высоте этих слоев. Формы обычно имеют глубину 22,8 см. Это дает ряд высотой 21,6 см, так как необходимо, чтобы форма на 1,2 см захватывала нижний ряд. Поэтому размеры формы определяются толщиной стены и диаметром резервуара.

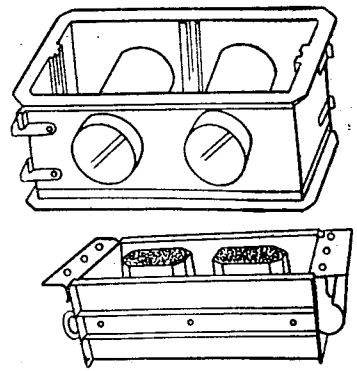


Рис. 122. Два типа обычно используемых стальных форм.

Минимальная толщина стен для резервуара разных диаметров приведена в таблице 20.

В таблице 20 указано также сечение арматуры для каждого слоя толщиной 21,5 см ($8^1/_2$ дюйма). Высота стены над уровнем воды обычно составляет 15 см. (Примечания к таблице 18 относятся также и к таблице 20). Каждый слой армирован не более, чем восемью стержнями. В боковых затворах формы должно быть восемь отверстий, то есть по одному для каждого стержня. Если в

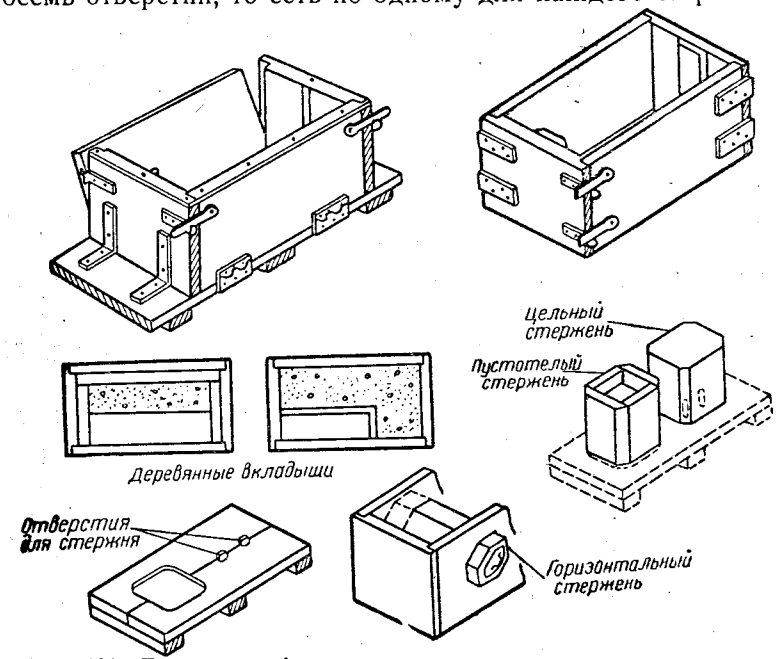


Рис. 123. Деревянные формы и их детали.

Таблица 20

Армирование круглых резервуаров, сооружаемых при помощи передвижных форм

Для каждого диаметра резервуара под номером ряда (счет рядов ведется от верхней кромки стены) указаны: первая строка — требуемое сечение арматуры (кв. см), вторая, третья и четвертая строки — число витков арматуры различного диаметра.

Диаметр резервуара, м	Толщина стены, см	Номер или диаметр стержней или проволоки	1-й слой (21,5 см)	2-й слой (43 см)	3-й слой (64,5 см)	4-й слой (86 см)	5-й слой (107,5 см)	6-й слой (129 см)	7-й слой (150,5 см)	8-й слой (172 см)	9-й слой (193,5 см)
			0,023	0,097	0,174	0,250	0,342	0,400	0,477	0,555	0,632
3,6	15	№ 10	2	2	2	3	4	5	6	7	8
		№ 8	1	1	2	2	3	3	4	5	5
			0,026	0,116	0,200	0,290	0,381	0,472	0,555	0,645	0,743
4,2	15	№ 10	2	2	3	4	5	6	7	8	9
		№ 8	1	1	2	3	3	4	5	5	6
		№ 6	1	1	1	2	2	3	3	4	4
			0,029	0,128	0,232	0,336	0,433	0,536	0,639	0,736	0,846
4,8	15	№ 8	1	1	2	3	4	4	5	6	7
		№ 6	1	1	2	2	3	3	6	4	5
			0,037	0,161	0,291	0,413	0,542	0,672	0,794	0,922	1,060
6,0	15	№ 8	2	2	3	4	4	5	6	7	8
		№ 6	1	1	2	3	3	4	5	5	7
		1/4″	1	1	1	2	2	2	3	3	4
			0,055	0,245	0,433	0,626	0,814	1,000	1,192	1,381	1,588
9,0	15	№ 6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		1/4″	1	1	2	2	3	3	4	5	5
			0,065	0,284	0,503	0,730	0,950	1,170	1,388	1,673	1,842
10,5	15	1/4″	1	1	2	3	3	4	5	5	6
		5/16″	1	1	1	2	2	3	3	4	4
			0,074	0,328	0,590	0,835	1,105	1,334	1,588	1,836	2,117
12,0	22,5	1/4″	1	1	2	3	4	4	5	6	7
		5/16″	1	1	2	2	3	3	4	4	5
			0,083	0,368	0,652	0,936	1,220	1,521	1,787	2,069	2,378
13,5	22,5	1/4″	2	2	2	3	4	5	6	7	8
		5/16″	1	1	2	2	3	3	4	5	5
		3/8″	1	1	1	2	2	2	3	3	4
			0,093	0,406	0,723	1,038	1,354	1,673	1,978	2,302	2,642
15,0	22,5	1/4″	2	2	3	4	5	6	6	8	8
		5/16″	1	1	2	3	3	4	4	5	6
		3/8″	1	1	1	2	2	3	3	4	4
			0,105	0,452	0,793	1,142	1,491	1,840	2,180	2,522	2,903
16,5	30	1/4″	2	2	3	4	5	6	7	8	—
		5/16″	1	1	2	3	3	4	5	6	6
		3/8″	1	1	2	2	2	3	3	4	4

Продолжение

Диаметр резервуара, м	Толщина стены, см	Номер или диаметр стержней или проволоки	1-й слой (21,5 см)	2-й слой (43 см)	3-й слой (64,5 см)	4-й слой (86 см)	5-й слой (107,5 см)	6-й слой (129 см)	7-й слой (150,5 см)	8-й слой (172 см)	9-й слой (193,5 см)
			0,112	0,490	0,872	1,244	1,620	2,045	2,380	2,768	3,155
18,0	30	1/4″	2	2	3	4	5	7	8	—	—
		5/16″	1	1	2	3	4	4	5	6	7
		3/8″	1	1	2	2	3	3	4	4	5

Примечания. 1. Используют только один из приведенных для каждого слоя вариантов. 2. Заказывая формы для бетонирования, указывают толщину стены и диаметр резервуара.

слое меньше восьми стержней, то первые четыре стержня закладывают в ближайшие к наружной стороне стены отверстия, а остальные распределяют между четырьмя отверстиями, находящимися ближе к внутренней стороне стены. В тех случаях, когда резервуары армируют проволоками, их скручивают парами, чтобы общее число арматурных тяжей довести до восьми.

РЕЗЕРВУАРЫ ИЗ ГОФРИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗА И БЕТОНА

Во временных резервуарах стены делают из гофрированного железа, а дно из бетона. Не рекомендуется связывать железо с бетоном пола без применения других материалов, потому что расширение железа в жаркую погоду вызовет растрескивание бетона. Кроме того, железо приходится менять или использовать вместо него более постоянный материал. Фундаменты и дно делают так же, как и в круглых резервуарах других типов, но размеры фундамента несколько уменьшают. Наружный диаметр фундамента должен быть на 30 см больше диаметра резервуара. Ширина фундамента должна равняться 30 см. Если грунт твердый, достаточен фундамент высотой 15 см. На более мягком грунте высоту фундамента увеличивают до 20 см.

Необходимо иметь круглую опалубку высотой не менее 5 см над внутренней поверхностью фундамента. Ее нетрудно сделать из полосок оцинкованного железа толщиной 0,7—0,9 мм. Для придания опалубке жесткости ее прибивают к деревянным рейкам, уложенным в виде радиусов на землю и закрепленным вбитыми в землю кольями. Бетонирование фундамента начинают с нижней его части. Как только бетон схватится, примерно через 1—2 часа, переходят к бетонированию верх-

ней части фундамента, удерживаемой формой из полосового железа. Между краем дна и верхней частью фундамента должна оставаться канавка глубиной не менее 5 см и на 2,5 см шире глубины гофрировки стены (рис. 124).

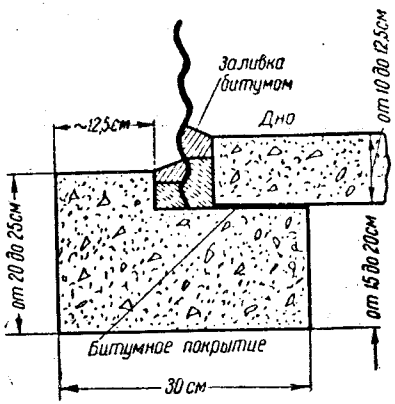


Рис. 124. Соединение стены с дном в резервуарах из разных материалов.

После выдержки бетона в течение трех недель собирают стены из гофрированного железа, которое аккуратно вставляют в канавку. Между железом и бетоном должен оставаться зазор не менее 1,25 см. Шов заливают горячим битумом. Так как утечка чаще всего происходит именно через этот шов, необходимо обеспечить хорошее сцепление между битумом и бетоном. В тех местах, где железные стены соприкасаются с землей, их нужно покрыть двумя слоями горячего дегтя или битума для защиты от коррозии.

Если заранее известно, что железная стена будет в дальнейшем заменена кирпичной или железобетонной, фундамент сразу нужно делать так, как об этом сказано выше (стр. 222).

В таблице 21 приведены габариты прямоугольных резервуаров.

Таблица 21

Ширина основания стен прямоугольных резервуаров при разной длине и высоте стен, см

Длина стены, м	Общая высота стены, см									
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
3,0	30	41	51	61	71	81	91	102	112	122
4,5	30	43	56	69	81	94	107	119	132	145
6,0	30	46	61	76	91	107	122	137	152	168
7,5	38	53	69	84	99	114	130	145	160	175
9,0	38	55	71	88	104	121	137	154	170	187
9,0 и более	38	56	74	91	109	127	145	163	180	198

Использование битумных эмульсий. В самое последнее время для армирования резервуаров и заделки трещин стали применять плетеную стеклянную ткань, пропитанную битумными эмульсиями. Будучи покрыта при помощи кисти несколькими слоями битумной эмульсии, например флинткота, ткань приобретает большую прочность на растяжение.

Эмульсиями нужно окрашивать все внутренние поверхности поддонов, резервуаров и других контейнеров, соприкасающихся с питательными растворами. Все поверхности нужно регулярно осматривать и подкрашивать. Эмульсия флинткот химически инертна, не ядовита для растений. Благодаря эмульсии не нарушается состав питательного раствора.

Поверхность следует тщательно очистить от пыли, остатков цементного раствора и других инородных материалов. Для грунтовки применяют смесь эмульсии флинткот типа 1 с равным объемом чистой холодной воды. Смесь наносят жесткой кистью. На 1 кв. м расходуют примерно 0,25 л смеси, не допуская, чтобы она стекала и оставалась у основания стены.

Поверхность считают сухой, когда к слегка увлажненному пальцу битум не пристает.

Во многих случаях загрунтованную поверхность окрашивают два или три раза чистой (неразведенной) эмульсией типа 1. Расход эмульсии на один слой составляет 0,5 л на 1 кв. м. Каждый новый слой наносят кистью под прямым углом к предыдущему и дают ему полностью высохнуть.

Для повышения защитных свойств можно после грунтовки затереть поверхность смесью эмульсии флинткот типа 7 с высококачественным штукатурным песком в отношении 3 : 1 по объему. Штукатурный песок не содержит соль, глину, ил или органическое вещество. Слой сырой затирки должен быть толщиной 4,8 мм, чтобы после высыхания осталась пленка толщиной 3,2 мм. Расход эмульсии типа 7 на затирку составляет приблизительно 5 л на 1 кв. м. Затирку лучше производить стальными гладилками, смачивая их периодически водой, чтобы облегчить разравнивание смеси. Обработку поверхности нужно начинать снизу. Последний слой должен сохнуть не менее семи дней.

Цементирование поверхностей. Пустотелые цементные блоки характеризуются повышенной пористостью, потому что их обычно делают из очень сухой смеси. Некоторые цементно-песчаные штукатурки, особенно приготовленные из очень плохо отсортированного крупного песка или очень мелкого песка, также имеют высокую пористость. Цементирование поверхности существенно уменьшает проницаемость

бетона, обусловленную пористостью. Первый слой цемента энергично втирают в поры бетона жесткой кистью из щетины или деревянной гладилкой. Последующие два слоя наносят обычной побелочной кистью. Каждый слой должен затвердевать сутки. После нанесения последнего слоя поверхность выдерживают мокрой в течение трех дней.

Цементирование поверхностей дает значительно лучший результат, если оно производится по невызревшему влажному бетону. Старый бетон перед цементированием нужно очистить и хорошо промыть его поверхность. Чтобы усилить сцепление, к цементу часто добавляют соль или квасцы, а для повышения водонепроницаемости цемента иногда применяют такие добавки, как масло или мыло. Обычно используют растворы следующего состава.

1. Растворяют 0,5 кг концентрированной щелочи и 2,5 кг квасцов в 10 л горячей воды. Этот раствор используют как маточный. К одному литру маточного раствора прибавляют 8 кг цемента и полученное тесто разводят водой, чтобы смесь хорошо распределялась по бетону при помощи побелочной кисти и заполняла все поры поверхности. Смесь более эффективна на свежем, а не на старом бетоне. Ее применяют в течение 3—4 дней после бетонирования.

2. Готовят рассол из 0,6 г крупной соли и 5 л воды и натирают им поверхность бетона. К рассолу добавляют цемент, чтобы получилась сметанообразная жидкость, которой дважды покрывают бетон. После каждого покрытия бетон должен подсыхать сутки.

3. Делают сухую смесь из одной части цемента и двух частей мелкого песка, причем 1,2 кг порошка квасцов берут на 0,1 куб. м песка. Затем добавляют раствор мыла в воде (1 кг в 14 л) и хорошо смешивают.

4. Смешивают 11,35 кг цемента, 6,8 л сырого льняного масла и 2,3—3,4 л парафинового масла. Оставляют смесь на сутки для вызревания, по временам помешивая ее. Наносят побелочной кистью. Этой смесью можно покрывать также гофрированное железо и сталь. Важно готовить ее на натуральном льняном масле (олифе). Синтетическое масло (оксоль) непригодно. Смеси можно придать окраску, для чего соответствующий пигмент добавляют к сухому цементу.

Битумные вещества. Поверхность бетона во время покрытия битумом или дегтем должна быть совершенно сухой. Обычно бетон покрывают два раза горячим каменноугольным дегтем, на литр которого добавлено 0,1 кг смолы. Одним литром этой смеси можно обработать около 2 кв. м поверхности при первом покрытии и несколько бо́льшую площадь при втором.

На влажных поверхностях для гидроизоляции наносят в два слоя 55%-ную битумную эмульсию, применяемую на дорожных работах.

ЧЕТВЕРТАЯ ЧАСТЬ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Правильно составленный питательный раствор обеспечивает растение всеми питательными элементами, которые растение могло бы взять из высокоплодородной почвы. Известно, что растения обладают избирательной способностью в отношении элементов питания, поглощая их в различных количествах. Кроме того, потребление элементов питания зависит от климатических условий. Летом растения поглощают больше азота, а зимой — больше калия. В Южной Африке, где в течение многих часов ежедневно светит солнце, составляют смеси, которые заметно отличаются от смесей, применяемых, например, в Великобритании. Но даже в Южной Африке состав смеси следует менять при переходе от летних месяцев к зимним. Я установил, что в большинстве районов ЮАР восемь месяцев в году можно использовать один раствор, а четыре месяца — другой.

Элементы питания растений делят на две группы: макроэлементы, или основные элементы, и микроэлементы (необходимы растениям в малых количествах). Макроэлементы хорошо известны. К ним относятся калий, азот, фосфор, магний, сера и кальций. Некоторые растения потребляют много также натрия. Из микроэлементов одни играют важную роль в питании растений, другие не являются существенными. По-видимому, вторые всегда содержатся в почве и даже в химических соединениях, используемых для приготовления питательных растворов. К числу важных микроэлементов относятся железо, бор, марганец, медь и цинк. Многие физиологи растений важными считают также молибден и кобальт. Однако в настоящей книге в питательные смеси введены только пять микроэлементов.

Теперь вкратце рассмотрим роль каждого элемента в жизни растения.

Азот. Одно из наиболее важных условий приготовления хорошего питательного раствора заключается в выборе правильной дозы азота. Азот доступен растениям в двух формах — в виде нитратного иона или

иона аммония. Нитратные ионы содержатся в азотнокислом калии, кальции и натрии. Последнюю соль не следует применять как единственный источник азота. Ее лучше использовать в качестве дополнения к другим солям азота. Не поглощаемый растениями натрий постепенно накапливается в растворе и повышает его щелочность.

Аммиачный азот содержится в сульфате и нитрате аммония, а также в мочевине. По неизвестной причине нитрат аммония не обеспечивает хорошего роста, и поэтому его не нужно включать в питательные смеси. Аммиачный азот очень легко усваивается растениями. Слишком высокие его концентрации вызывают буйный рост растений. Аммиачный азот должен составлять не более 25% общего количества азота в растворе.

В промышленных гидропоникумах растворы готовят в больших количествах и каждое соединение вносят в резервуар отдельно. В этих условиях в качестве источника азота и растворимого кальция лучше всего использовать нитрат кальция. Однако нитрат кальция в розничной упаковке стоит довольно дорого. Кроме того, он очень плохо сохраняется. При наличии небольшого числа поддонов приобретенный нитрат кальция нужно быстро использовать. В небольших хозяйствах лучше применять доступный и дешевый нитрат калия, но при этом надо использовать также другие источники азота, потому что нитрат калия содержит почти в три раза больше калия, нежели азота.

Азот необходим для построения тканей листьев. Такие овощные культуры, как салат, капуста и шпинат, требуют питательных растворов с высоким процентом азота. Однако избыток азота подавляет развитие цветков и плодов. Азот необходим для образования протоплазмы растительной клетки. Он играет важную роль во всех процессах роста растения. Азот необходим также для образования хлорофилла. Недостаток азота быстро проявляется в виде бледно-зеленой окраски листьев.

Калий. О функциях калия в жизни растения известно мало, но он, по-видимому, стоит на втором месте после азота по своему значению. Мы больше знаем о том, что происходит с растением при недостатке калия (см. стр. 350). Установлено, что калий повышает устойчивость растений к болезням. В зимние месяцы растениям нужны более высокие дозы калия. Калий участвует в образовании углеводов и белков. Он отличается большой подвижностью и, вероятно, находится во всех органах растения в растворимой форме. Очень важную роль играет соотношение между калием и азотом. При правильном соотношении указанных элементов растения поглощают их в равных количествах. При недостатке калия растения поглощают избыток азота. Калий обычно вводят в питательную смесь в виде нитрата или сульфата калия.

Фосфор стимулирует рост корней, особенно у молодых растений. Недостаток фосфора сильно задерживает рост всего растения. Он необходим также для использования азота. Видимо, по этой причине признаки недостатка фосфора очень сходны с признаками недостатка азота. В питательные растворы часто вводят повышенное количество фосфора, чтобы придать устойчивость pH, когда нужно поддерживать его на уровне 6,5 или ниже.

Фосфор можно вводить в раствор в виде монокальцийфосфата, суперфосфата, фосфорнокислого аммония или фосфорнокислого калия. Если в качестве корневого субстрата используют щелочные материалы, то их следует насытить фосфором (см. стр. 190). Установлено, что нерастворимые фосфаты осаждаются на щелочном материале и содержание фосфора в питательном растворе следует поддерживать на уровне 120 мг/л, до тех пор пока не установится постоянный pH. Если содержание фосфора поддерживается в пределах 65—80 мг/л, то раствор в поддонах будет иметь pH около 6 при использовании любой буферной смеси, рекомендуемой в разделе о питательных смесях.

Кальций находят главным образом в листьях и корнях растений, и в первую очередь в точках роста листьев и кончиках корней. Важное значение имеет правильное соотношение между кальцием, магнием и калием, потому что от этого соотношения зависят все функции растения. В питательный раствор кальций вводят в виде суперфосфата, монокальцийфосфата, гипса, сернокислого или азотнокислого кальция.

Магний необходим для образования хлорофилла. Он тесно связан с фосфором в растении и является переносчиком этого элемента. Магний играет существенную роль в росте корней и образовании жиров, и поэтому он важен для производства хороших семян. В питательный раствор его неизменно вводят в виде сульфата магния.

Сера встречается в растении в составе белков. Она необходима для образования хлорофилла. Бобовым нужно больше серы в питательном растворе, чем другим культурам. Растения часто получают серу в составе дождевой воды, особенно в промышленных районах. В питательный раствор ее вводят в составе суперфосфата, который содержит много сернокислого кальция, в виде солей магния, калия или аммония или, наконец, в виде гипса или сернокислого кальция.

Железо. Растения используют железо в значительно меньших количествах, чем основные элементы, но тем не менее оно абсолютно необходимо для максимального роста растений. Образование хлорофилла не может идти без железа, хотя оно не входит в его состав; по-видимому, железо играет роль катализатора. Поглощение железа из питательного раствора зависит от нескольких факторов. Один из них — интенсивность света. Я наблюдал, как в одном поддоне, находящемся против выбеленной стены в саду, в нескольких метрах от моря, все внесенное в раствор железо было использовано растениями за три дня. Недостаток калия также может влиять на поглощение железа. При высокой интенсивности света потребление железа зависит и от марганца.

Обычно считают, что при содержании железа 10 мг/л проявляется его токсическое действие. Я ввожу во все питательные растворы по 4 мг/л железа и еженедельно добавляю по 1 мг/л. При интенсивном освещении образуется и используется больше хлорофилла, следовательно, растениям нужно давать больше железа.

В отличие от других элементов в питательном растворе нельзя создать запасы железа, потому что высокие его концентрации вызывают гибель растений. Его следует вводить в раствор часто, но небольшими дозами. В общем, можно сказать, что растения с тонкими листьями, например салат, требуют больше железа, чем растения с толстыми листьями, например кочанная капуста. Теневыносливые растения, например папоротники, расходуют значительно меньше железа, чем кустарники. Железо обычно вводят в питательный раствор в форме сернокислой закисной соли. Оно доступно растениям в кислом питательном растворе (pH ниже 7), но при щелочной реакции закись железа переходит в окись и выпадает в осадок, а растения сразу же начинают испытывать недостаток железа. Для тех растений, которые предпочитают pH 7 или выше, сернокислое закисное железо совершенно непригодно. Значительно большей растворимостью отличается железоаммонийная лимоннокислая соль; она доступна для растений даже при pH 8.

В последние годы химики разработали процесс обработки металлов, который значительно меняет их химические свойства. Этот метод получил название хелатирования. Слово «хелатирование» произошло от греческого «Kelos», что значит клешня. Образно говоря, хелат — это клешня, удерживающая ионы металла в растворе. При хелатировании поливалентные металлические ионы взаимодействуют с органическими реагентами (хелатирующими веществами). В результате химической инактивации поливалентных металлических ионов образуются крайне устойчивые растворимые в воде хелаты.

Большинство хелатирующих веществ — это производные аминокарбоксильной кислоты. Одно из них — ЭДТУ — представляет собой этилендиаминтетрауксусную кислоту. Тетранатриевую соль этой кислоты под названием версин выпускает американская компания «Дай кемикл». Именно этот хелат мы широко используем теперь в питательных растворах. Версин является наиболее универсальным членом ряда хелатов. Он связывает большинство поливалентных металлических ионов во всем диапазоне pH, но для версина характерно одно интересное исключение. Он связывает железо только в кислой среде. В целях экономии в растворы, имеющие pH выше 7, то есть щелочную реакцию, мы вводим версин Fe_3 специфический, который прекрасно хелатирует также медь, никель и кобальт. Химики, желающие хелатировать микроэлементы по своему выбору, могут пользоваться таблицей 22.

Таблица 22

Соотношение между хелатирующими веществами и хелатируемыми металлами

Металл	Версин 67	Версин 100	Версин в порошке или гранулах	Версиновая кислота	Оптимальные пределы pH	Версинол 120	Версинол в порошке или гранулах	Оптимальные пределы pH
Fe^{+3}	26,8	17,9	8,4	5,3	Ниже 7,0	14,9	7,8	До 10,0
Fe^{+2}	26,8	17,9	8,4	5,3	—	14,9	7,8	—
Cu^{+2}	23,6	15,8	7,4	4,7	До 12,5	13,2	6,9	Ниже 12,5
Ni^{+2}	25,4	17,0	7,9	5,0	» 13,7	14,2	7,4	» 12,5
Po^{+2}	7,2	4,8	2,2	1,4	» 12,1	4,0	2,1	» 12,5
Zn^{+2}	22,8	15,3	7,1	4,5	» 12,9	12,8	6,7	» 12,5
Co^{+2}	25,4	17,0	7,9	5,0	» 13,4	14,2	7,4	» 12,5
Al^{+3}	55,4	37,1	17,2	10,9	—	30,9	16,1	—
Mn^{+2}	27,2	18,2	8,5	5,4	До 12,4	15,2	8,0	Ниже 12,5
Ca^{+2}	37,3	25,0	11,6	7,4	Выше 6,0	20,8	10,9	Выше 6,0
Mg^{+2}	61,3	41,1	18,1	12,1	До 11,9	33,4	17,4	Ниже 11,9
Ba^{+2}	10,9	7,3	3,4	2,2	Выше 6,0	6,1	3,2	Выше 6,0

Особенно подходят для гидропонных питательных растворов хелаты железа — версин и версинол, специально выпускаемые для устранения дефицита железа у вегетирующих растений. Они содержат соответственно 8 и 9% железа. Этими хелатами насыщают вермикулит, на котором выращивают цитрусовые. Расчет доз хелатов ведут по Fe, а не по Fe_2O_3.

В разделе о фосфоре говорилось, что в щелочном субстрате фосфаты переходят в нерастворимую форму и выпадают в осадок. Этот процесс влияет также и на содержание микроэлементов, в частности железа. Органические соли железа дают лучшие результаты при pH выше 7. Лимоннокислое железо находится в растворе при pH не выше 7,4, но только в том случае, если содержание фосфатов стабилизировано.

В последние годы хелатирование микроэлементов позволило по-новому регулировать количество железа в питательных растворах. Применение ЭДТУ и новых хелатов Гейги дает возможность поддерживать стабильное содержание железа даже при pH 8,5. Подробности об этих хелатах даны в разделе о питательных растворах (см. стр. 252).

Бор способствует переходу кальция в растворимые формы. По-видимому, он играет роль катализатора. Бор встречается во всех органах растений, но главным образом в листьях. Недостаток бора останавливает рост растений, а избыток быстро убивает их. Некоторые растения, однако, испытывают потребность в повышенных дозах бора. В настоящее время, например, ведутся опыты с фасолью; трехкратное повышение дозы бора в питательном растворе дало очень высокие прибавки урожая. Бор обычно вводят в раствор в виде борной кислоты.

Марганец в тесной связи с железом участвует в образовании хлорофилла. Об этом говорит хлороз растений, испытывающих недостаток марганца. Избыточные концентрации марганца понижают растворимость железа и могут обусловить недостаток последнего для растений. Марганец играет важную роль при выращивании помидоров, так как он улучшает качество (особенно вкус) плодов. Поэтому питательная смесь для помидоров обычно содержит высокие дозы марганца. Этот элемент вводят в питательный раствор в форме сернокислой соли.

Цинк. О функциях цинка в питательном растворе накоплено мало сведений, но его недостаток сильно напоминает недостаток бора. Возможно, цинк играет в растении роль катализатора и он необходим для образования хлорофилла, так как при недостатке цинка у растений развивается хлороз листьев. В питательный раствор вводят сернокислый цинк.

Медь, подобно цинку, действует в качестве катализатора. Она играет важную роль в жизни растений. Внесение меди на пастбищные угодья заметно усиливало рост трав. Медь полезна в питательном растворе не только как элемент питания растений, но и потому, что она служит средством борьбы с водорослями. В питательную смесь обычно вводят сернокислую соль меди.

Молибден. Об этом микроэлементе очень мало известно. Он не включен ни в одну из питательных смесей, приведенных в этой книге. Возможно, молибден содержится в виде примесей к основным элементам питания, используемым для приготовления питательного раствора. Доказано, что он необходим для образования клубеньков у бобовых. Лабораторные опыты показали, что его необходимо включать в питательный раствор для бобовых.

СБАЛАНСИРОВАННЫЕ ПИТАТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

После краткого описания различных элементов, необходимых растениям, рассмотрим теперь, как они должны распределяться в питательном растворе. Это очень важно. Когда все элементы находятся в правильных пропорциях, то раствор называют сбалансированным, или уравновешенным. Прежде всего следует помнить, что в раствор нельзя вводить большое количество тех элементов, в которых растения нуждаются меньше всего, так как, во-первых, их уровень может стать токсичным и, во-вторых, они без надобности повысят общую концентрацию солей в растворе. Питательный раствор всегда должен иметь низкую концентрацию солей и тем не менее содержать все необходимые элементы питания (см. раздел об осмотическом давлении, стр. 363).

Состав сотен питательных смесей опубликован со времени появления смеси Сакса в 1861 г. Каждая из них имеет свои достоинства.

Считают, что можно составить одну общую питательную смесь, которая при небольших изменениях будет пригодна для довольно разнообразных климатических условий. В этой книге даны питательные смеси для условий Южной Африки, где много солнца и тепла. Правда, читатель найдет также несколько американских и английских смесей.

Выбирая химические вещества для приготовления питательных смесей, следует учитывать их стоимость, доступность, растворимость и сохраняемость. Например, кальциевая селитра является прекрасным источником азота, но она, во-первых, очень дорогая, а во-вторых, отличается высокой гигроскопичностью, то есть легко поглощает атмосферную влагу и расплывается. Сухие смеси, в состав которых входит кальциевая селитра, быстро уплотняются и делаются влажными. Кальциевую селитру нужно расходовать сразу же после покупки.

Обычно несведущие лица полагают, что растение поглощает все необходимые ему соли, одновременно, то есть так, как оно поглощает воду. На самом деле питание растений происходит иначе. Рассмотрим этот процесс подробнее. Если, например, внести в питательный раствор азотнокислый калий, он делится, или диссоциирует, на две части — калий и нитрат. Эти части называют ионами, и они несут положительный и отрицательный электрические заряды. Именно на основе электролитической диссоциации молекул и составляют питательные растворы.

Положительные ионы, или катионы, должны быть уравновешены равным количеством отрицательных ионов, или анионов. Раствор, содержащий равные количества тех и других ионов, называют нейтральным. Растения поглощают азот и в форме нитратов (отрицательный заряд) или аммония (положительный заряд). Растения предпочитают нитратную форму азота, если pH раствора равен 6,5 или меньше, но из щелочных растворов они успешно используют аммиачный азот, если он не превышает 25% общего содержания азота в питательном растворе. Растения поглощают калий, магний и кальций в виде катионов, а азот, серу и фосфор — в виде анионов (азот — NO_3, сера — SO_4, фосфор — PO_4).

Идеальным можно было бы назвать такой раствор, из которого растения поглощали бы равные количества катионов и анионов, так как при этом условии раствор всегда оставался бы уравновешенным. К сожалению, растения берут из раствора одни элементы в большем количестве, а другие — в меньшем. Кроме того, если в раствор введены высокие дозы некоторых элементов, например азота, калия и фосфора, растения поглощают их соответственно больше, тогда как потребление серы не меняется при разных ее уровнях в питательном растворе.

Содержание микроэлементов в питательном растворе следует регулировать очень точно, так как избыток в 1 мг/л может оказаться токсичным. Если растение поглощает больше отрицательных ионов, чем положительных, раствор подщелачивается, и наоборот. Вот почему

нужно готовить сбалансированные растворы, в которых противоположно заряженные ионы поглощались бы растением парами.

Питательные растворы составляют, исходя из того, что́ нужно растению, а не на основе того, что́ оно поглотит из раствора. Нужно тщательно регулировать количество тех ионов, которые растение поглощает с наибольшей быстротой и легкостью, чтобы не задержать поступление в растение ионов, поглощаемых медленно. Например, растение поглощает больше азота, чем других элементов, поэтому его нужно вводить в раствор в более высоких, но не избыточных дозах, чтобы не повлиять на поглощение других элементов. Обычно растения берут из питательных растворов много азота и фосфора, а поэтому раствор постепенно становится щелочным. Чтобы избежать подщелачивания, в раствор часто вводят повышенные дозы фосфатов и сернокислого аммония. Такие растворы являются буферными. В вермикулитовых грядах с проточной системой питания растений раствор доводят до исходного объема непосредственно перед подкормкой, а раз в неделю добавляют в него необходимое количество сухих питательных солей.

После окончательной уборки урожая питательный раствор выбрасывают, субстрат промывают водой и готовят новый питательный раствор для следующей культуры. Начинающие гидропонисты могут выбрасывать раствор раз в месяц, промывать гряды и наполнять их новым раствором без малейшей задержки роста растений. Следует, однако, заранее приготовить новый раствор в резервуаре, чтобы можно было возобновить питание растений сразу же после промывки субстрата.

В настоящее время на рынке можно приобрести несколько очень хороших готовых питательных смесей. Они окажутся очень удобными для лиц, не имеющих времени или оборудования для приготовления собственных смесей. В состав продажных смесей включены микроэлементы. Необходимо лишь по мере роста растений дополнительно вводить в раствор соединения железа. Вообще говоря, основные питательные смеси № 1 и № 2 можно использовать для многих культур.

Прежде чем выбрать окончательно ту или иную смесь для приготовления питательного раствора, следует принять во внимание качество воды, состав корневой среды (чистый вермикулит или вермикулит в смеси с песком или гравием), климатические условия, тип выращиваемого растения и его возраст.

Недостаток того или иного элемента питания в использованном растворе определяется особенностями роста растений. Например, одни культуры расходуют больше азота, нежели другие. Иногда поглощение азота уравновешивается поглощением доступного калия. При использовании воды, содержащей соли, избыток ионов кальция, магния, сульфатов и хлоридов может сильно повлиять на состав раствора. Высокое содержание кальция в песчано-вермикулитовых и гравийно-вермикулитовых субстратах значительно изменяет состав раствора. Известковые субстраты сильно изменяют также pH раствора.

Климатические условия влияют на тип и скорость роста растений, а содержание азота, например, уменьшается тем скорее, чем быстрее растут растения. Возраст растений также имеет большое значение, потому что молодым и старым растениям нужно значительно меньше питательных веществ, чем быстро развивающимся растениям. Высокая концентрация даже одного иона может оказаться вредной. Быстро растущие культуры могут за неделю поглотить до 30% общего количества азота в растворе; почти так же интенсивно они расходуют и калий. Если в питательную смесь входят соли аммония, растения берут азота даже больше; одновременно уменьшается содержание фосфатов на 25%.

Грубо можно считать, что содержание любого питательного элемента не должно опускаться ниже 50% от его исходной концентрации, но раствор всегда должен содержать не менее 65 мг/л фосфора. Достаточное количество фосфора в растворе особенно необходимо, если субстратом служит песок или другой содержащий кальций материал. Конечно, только что сказанное не относится к системе сухого питания, при которой раз в месяц полностью возобновляются запасы питательных веществ. Это позволяет поддерживать нужное осмотическое давление. Благодаря еженедельной добавке к раствору необходимого количества питательных элементов растения развиваются нормально.

В Гленхейзеле применяли буферные питательные растворы и ежедневно очень тщательно проверяли pH. Если к концу недели pH раствора поднимался до 7, то раз в неделю вносили сухую питательную смесь, благодаря чему pH не поднимался выше 6,2 и в раствор никогда не приходилось добавлять серную кислоту.

Вопрос о сроках смены питательных растворов всегда вызывает споры. Одни считают, что их нужно менять раз в неделю, другие — раз в месяц, третьи — раз в шесть месяцев или даже в год. Практика в Гленхейзеле показала, что растворы можно использовать очень долго, если периодически анализировать их и доводить содержание отдельных элементов до заданного уровня.

При составлении питательных смесей следует учитывать один очень важный фактор — примесь посторонних ионов. Источником этих ионов служит вода или химические соединения. Если используют технические соли или минеральные удобрения, в растворах накапливаются ионы, которые чрезмерно повышают осмотическое давление раствора, потому что они не поглощаются растениями. Обычно об этом узнают по виду самих растений, так как они замедляют рост. В этом случае раствор нужно сильно развести или заменить новым. Очень внимательно нужно следить за содержанием в растворе сульфатов и хлоридов, особенно если они находятся в нем в виде солей натрия.

ХЕЛАТЫ ЖЕЛЕЗА В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ *

В статье показана роль хелатов железа в питательных растворах в вегетационных и полевых опытах. Хелаты используются как средство борьбы с хлорозом, вызванным недостатком тяжелых металлов и извести. Значительное внимание уделено вопросу стабильности хелатов железа в водных растворах и почвах, их поглощению, передвижению и обмену в растениях. Отмечено, что хелаты можно использовать в качестве стимуляторов роста растений.

Питательные растворы. Комплексные соединения железа используют в питательных растворах уже много лет. Как указывают Стюарт и Леонард, Гюйон использовал цитрат, малонат и таннат железа еще в 1895 г., но впервые комплексные соли серьезно изучали Гайл и Карреро. Рид и Хаас подтвердили свойство цитрата и тартрата железа, а также салициловокислого железа удерживаться в питательных растворах в растворимом состоянии. Хек и Бейли показали, однако, что введение в питательный раствор некоторых сильных хелатирующих веществ, таких, как карбамат, нитрозо-R-соль и хинализарин, вызывает недостаток железа у растений.

В 1950 г. Хантер и другие исследователи использовали хелат железа этилендиаминтетрауксусной кислоты (Fe-ЭДТУ) при изучении роста водорослей, однако Джекобсон первый провел обширные опыты с этим хелатом железа в культуре высших растений. Он установил, что соединение Fe-ЭДТУ (1 : 1, молярное отношение) сохраняло стойкость в течение трех месяцев, если его вводили в питательные растворы с pH 6 в дозе 5 мг/л Fe, а растворы хранили в темноте. При pH 7 осаждалось 18%, а при pH 8 — приблизительно 30% железа, но даже при pH 9 в растворе оставалось 10% железа. На основе своих опытов с помидорами, подсолнечником, кукурузой и ячменем Джекобсон пришел к выводу, что доза 5—10 мг/л Fe в виде Fe-ЭДТУ является оптимальной для этих культур. Дозы свыше 50 мг/л оказались токсичными для помидоров и кукурузы.

Стюарт и Леонард установили, что доза 5 мг/л Fe в форме Fe-ЭДТУ достаточна для цитрусовых в песчаной культуре, но Вольц заметил признаки токсичности у гладиолусов при дозе 2 мг/л Fe.

Де Кок показал, что некоторые хелатирующие вещества проявляли большую эффективность, чем хлорное железо, в устранении хлороза, вызванного недостатком железа у сеянцев горчицы, росших в питательном растворе с pH 7,8 в присутствии бикарбонатных ионов. Когда хелатирующие вещества использовали в качестве источников железа в дозах 1 мг/л Fe, интенсивность хлороза изменялась в следующем порядке:

* Статья написана сотрудником Лонг-Аштонской научно-исследовательской станции Боулдом (Бристоль, Великобритания).

хлорное железо = Fe-ЭДТУ > окисной формы версинола (Fe-ГЭЭДТУ) > > окисной формы версинтдиола (Fe-ГЭЭДДУ).

Де Кок и Стремецкий обратили внимание на стимулирующее влияние лигнита (бурого угля) на рост, которое они приписали его способности хелатировать железо и другие металлы. Опыты с рассадой помидоров в Лонг-Аштоне показали, что лигниновый сульфонат железа (отход бумажного производства) может удовлетворить потребность в железе растений, выращиваемых в питательных растворах.

Все накопленные до настоящего времени данные говорят о том, что хелаты железа полиаминополикарбоксиловой кислоты (то есть Fe-ЭДТУ и др.) являются наиболее эффективными носителями железа для питательных растворов, особенно при pH выше 7.

Почвы. Стюарт и Леонард первые успешно применили хелаты железа в полевых опытах. Они установили, что Fe-ЭДТУ в дозе 10—20 г Fe на одно дерево хорошо устраняет хлороз цитрусовых деревьев на кислых почвах (pH 4). Рейтер и Смит показали, что устраненный Стюартом и Леонардом хлороз был вызван недостатком меди. Стюарт и Леонард пришли к выводу, что для ликвидации хлороза, вызванного избытком извести, требуются дозы от 100 до 300 г Fe на одно дерево. Такие высокие дозы экономически невыгодны. Эти и другие отрицательные результаты, полученные на щелочных почвах, заставили искать другие вещества, хелаты железа которых отличались бы большей стойкостью, нежели Fe-ЭДТУ. Чаберек и Берсуорт описали два таких хелатирующих вещества, а именно NN′-дигидроксиэтилэтилендиаминдиуксусную кислоту (ГЭЭДДУ, или версинтдиол) и N-гидроксиэтилэтилендиаминтриуксусную кислоту (ГЭЭДТУ, или версинол). Хелаты окисного железа этих двух кислот (1 : 1) более стабильны в щелочных водных растворах, чем Fe-ЭДТУ.

Уоллес и другие исследователи установили, что хелаты железа ГЭЭДДУ, ГЭЭДТУ и диэтилентриаминпентауксусной кислоты (ДТПУ, или Хел-330 Fe) характеризовались большей эффективностью, чем Fe-ЭДТУ, в устранении хлороза, вызванного избытком извести у декоративных деревьев. Однако Леонард и Стюарт получили противоречивые результаты при использовании этих хелатов на цитрусовых культурах. На одной почве с pH 8,1, содержавшей от 15,5% углекислого кальция в поверхностном слое до 31% в подпахотном слое, деревья, получившие Fe-ГЭЭДТУ в дозах 75—100 г Fe на дерево, совершенно избавились от хлороза, тогда как на двух других участках с подобными же почвами хелаты никаких изменений не вызвали.

Работая с сильно хлоротичными грушами на очень богатой кальцием почве, Боулд добился устранения хлороза на весь вегетационный период путем подкормки сравнительно небольшими дозами Fe-ЭДТУ (32 г Fe на дерево) и Fe-ДТПУ (23 г Fe на дерево). Хелаты железа

вносили в почву, а затем обильно поливали ее. Позже Боулд показал, что можно добиться значительной экономии, если вводить водные растворы хелатов железа в корневую зону деревьев.

В последнее время Уоллес с сотрудниками, а также Холмс и Браун испытывали хелаты железа двух новых веществ, а именно: циклогексан-1 : 2-диаминтетрауксусной кислоты (ЦДТУ) и ароматической полиаминополикарбоксиловой кислоты (формула неизвестна, ее называют Хел-138). Оба соединения оказались более эффективными в борьбе с хлорозом на щелочных известковых почвах, чем другие хелаты. Хел-138 даже мобилизовала железо самих известковых почв. Хел-138 и хелат, описанный Гассером и Мюллером под наименованием RA-157, являются наиболее многообещающими хелатами железа, примененными на щелочных почвах.

Хотя хелаты железа естественных продуктов использовались довольно мало, Уоллес и Ашкрофт утверждают, что им удалось добиться некоторого успеха, применяя хелат железа аммонийлигнинсульфоната (отход бумажного производства) в борьбе с хлорозом сои. Однако они установили, что действовали только очень высокие дозы — 220 кг/га вместо 7—22 кг/га Хел-138. Работая с хлоротичными грушами, Боулд не получил заметного эффекта от внесения в почву лигнинового сульфоната железа в дозе 20—40 г Fe на дерево. В его опытах не дало никаких видимых результатов также внесение в поверхностный слой почвы или в подпахотный слой двух таннатов железа в таких же дозах, как лигнинового сульфоната железа.

Стойкость хелатов железа. Константа стойкости Fe^{3+}-ЭДТУ (lg K=25) говорит о том, что данный хелат отличается исключительной стойкостью, однако разбавленные водные растворы медленно разрушаются на свету. Окисное железо сначала переходит в закисное, а затем выпадает в осадок в виде гидроокиси железа. Этот процесс заметили Джонс и Лонг и независимо от них — Хилл-Котингем. В умеренно кислых растворах Fe-ЭДТУ очень стоек, но по мере увеличения pH от 6, в присутствии двухвалентных катионов, например кальция, стабильность этого хелата железа быстро падает; железо вытесняется кальцием и переходит в осадок в форме гидроокиси. Отсюда понятно, почему Fe-ЭДТУ эффективен в борьбе с хлорозом, вызванным недостатком меди в кислых почвах (при pH 4 Fe^{3+}-ЭДТУ значительно более стоек, чем хелаты всех других металлов, являющихся элементами питания), и почему он был мало эффективен, а иногда и совершенно не действовал на известковых почвах.

Противоречивые результаты применения хелатов Fe-ГЭЭДТУ и Fe-ДТПУ, которые, как известно, стойки в щелочных растворах, вначале казались загадочными. Однако изучение их действия в почвенных условиях, проведенное Стюартом и Леонардом, Лантом и его сотрудниками, Хилл-Котингемом и Ллойд-Джонсом, помогло понять некоторые случаи необычного поведения хелатов в почвах. Работы этих авторов показали, что при внесении в известковую почву Fe-ЭДТУ, Fe-ГЭЭДТУ и Fe-ДТПУ происходят реакции двух основных типов. Реакция первого типа протекает быстро; некоторое количество молекул хелата поглощается глинистыми частицами, вследствие чего затрудняется их передвижение в почве. Реакция второго типа протекает медленно, но все же значительно быстрее, чем реакция в питательных растворах с таким же pH; часть железа теряется вследствие замещения кальцием. Щелочные глинистые почвы, по-видимому, катализируют реакцию второго типа. Эти результаты подчеркивают значение быстрого передвижения хелатов железа к корням после их внесения в почву.

Уоллес и его сотрудники показали, что Хел-138 и Fe-ЦДТУ значительно устойчивее в известковых почвах (32% $CaCO_3$), чем остальные испытанные хелаты железа. Хел-138 не поглощается глиной. Хел-138 и Fe-ЦДТУ устойчивы к биологическому разрушению.

Поглощение и использование хелатов железа растениями. Хелаты железа представляют собой эффективное средство борьбы с хлорозом, хотя железо в них находится не в форме ионов. Поэтому возникает вопрос: передают ли хелаты свои ионы железа более сильным хелатирующим веществам на поверхности корней путем обмена ионов, или же корни поглощают и передают хелаты в листья в виде молекул? Стюарт и Леонард, работая с Fe-ЭДТУ, меченным C^{14}, пришли к выводу, что растения поглощают железо в форме молекул. Аналогичное заключение сделали также Уоллес и Норт, которые применяли Fe-ЭДТУ, меченный N^{15}. Вейнштейн с сотрудниками подтвердил поглощение ЭДТУ. В опытах Вейнштейна половина корней растения получала ионное железо в составе полной питательной смеси при pH 7. Железо, поступившее в растение, инактивировалось, что приводило к хлорозу листьев. Na_2-ЭДТУ, введенный через вторую половину корневой системы, хелатировал инактивированное железо и тем самым устранял хлороз.

Уоллес с сотрудниками выращивали авокадо в питательных растворах, содержащих Fe-ЭДТУ, и определяли содержание железа и ЭДТУ в листьях. Они показали, что ЭДТУ переходит в листья и довольно долго сохраняется в них.

Холмс и Браун работали с Fe-ДТПУ, меченным C^{14}. При помощи автодиаграмм они установили равномерное распределение C^{14} в надземной массе растений. Количество C^{14} увеличивалось прямо пропорционально дозам, внесенным в корневую среду. Радиоактивное железо накапливалось в зачатках листьев и цветков, при этом количество C^{14} соответственно не увеличивалось. Следовательно, можно предположить, что в растении железо отделяется от хелатирующего вещества.

Проведенные исследования показывают, что хелаты железа полиаминополикарбоксиловой кислоты поглощаются растением в виде молекул. Но как же, однако, растение извлекает железо из этих устойчивых комплексов?

Порядок вхождения катионов металлов в комплекс зависит от pH и от природы и концентрации осаждающих анионов. Об этом следует помнить при использовании констант стойкости хелатов железа, чтобы предвидеть ход реакций с металлами. Однако существует очень большая разница между стойкостью хелатов окисного и закисного железа, например lg K для Fe^{3+}-ЭДТУ равен 25,1, а lg K для Fe^{2+}-ЭДТУ составляет 14,2. Хилл-Котингем показал, что все три хелата — Fe-ЭДТУ, Fe-ГЭЭДТУ и Fe-ДТПУ — восстанавливаются на свету. Хилл-Котингем предполагает, что свет вызывает освобождение железа в листьях.

Опрыскивание листьев. В связи с неустойчивостью ряда хелатов железа в известковых почвах и высокими расходами при внесении их в почву некоторые работники пытались вносить хелаты путем опрыскивания листьев. Боулд установил, что листья груш можно без вреда опрыскивать хелатами в концентрациях 0,05—0,10%. Для полного устранения хлороза требовалось несколько опрыскиваний растворами указанных концентраций. Наиболее эффективными оказались Fe-ЦДТУ и Fe-ГЭЭДТУ.

В других опытах с плодовыми культурами одна обработка 0,1%-ным Fe-ДТПУ почти полностью устранила хлороз персиков. Сливы и красную смородину можно было обрабатывать более концентрированными растворами, чем груши. При опрыскивании хелатами железа, как и всякими другими питательными растворами, важно применять смачивающее вещество и очень тщательно обрабатывать верхнюю и нижнюю поверхность листьев. Поглощенное листьями железо медленно передвигается в растении, поэтому при появлении новых побегов обработку надо повторить. Борьба с хлорозом носит сезонный характер, исключением является применение Fe-ЦДТУ.

Стимулирование роста хелатирующими веществами. Холмс и Браун заметили, что Хел-138 оказывает значительное влияние на общее содержание микроэлементов в сое. Они предположили, что этот хелат влияет на обмен веществ в корнях. Недавно Хит и Кларк наблюдали, что ЭДТУ в концентрации 10^{-5} М стимулировала рост колеоптилей пшеницы. По наблюдениям Беннет-Кларка, ЭДТУ в концентрациях от 10^{-5} до 10^{-3} М может действовать как стимулятор роста. Он предположил, что ее действие связано с обменом кальция в клеточных стенках. Вейнштейн и его сотрудники обнаружили стимулирующее действие раствора ЭДТУ в концентрации 10^{-5} М на проростки подсолнечника. Отзывчивость на Fe-ЭДТУ, однако, была сильно понижена. Судя по данным Вейштейна и его сотрудников, стимулирование

роста обусловливалось только не входящим в комплекс хелатирующим веществом. Возможно, это подтверждает концепцию, что хелатирующее вещество стимулирует рост путем удаления кальция из клеточных стенок. Фосетт и другие исследователи, работая со свободной кислотой и натриевыми солями ЭДТУ, пришли к выводу, что стимулирующее действие этих веществ в концентрациях от 10^{-5} до 10^{-3} М вполне может зависеть от изменений проницаемости оболочек клеток, а также от изменений структуры клеточных стенок, вызываемых подострой токсичностью; истинного роста в данном случае не наблюдается.

Выводы. За последние годы значительно пополнились наши знания о химической природе и использовании хелатов железа в питании растений, но механизм действия хелатов в растении все еще мало известен. Из опытов с почвами ясно, что продажные хелаты железа имеют серьезные недостатки, проявляющиеся при внесении их в известковые почвы. Новые хелаты, с которыми пока еще ведется работа в лабораториях, будут более эффективными. Если новые хелаты окажутся недорогими, их можно будет вносить в почву для устранения хлороза, вызванного избытком извести. В настоящее время следует надлежащим образом использовать имеющиеся хелаты. Их нужно вносить в почву или наносить на листья в жидком виде.

●

РАСЧЕТЫ ПИТАТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Многие читатели пожелают, очевидно, сами составлять питательные смеси и экспериментировать с различными дозами питательных элементов, выбирая из них наиболее подходящие для конкретных климатических условий. Концентрацию питательных растворов можно выражать различными способами. Ниже описаны три наиболее употребительных из них.

Молярные, или мольные, растворы содержат грамм-молекулу химического вещества или ее часть в 1 л воды. Например, молекулярный вес азотнокислого кальция $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ равен 236. Чтобы приготовить молярный (М) раствор, берут 236 г этой соли и растворяют в литре воды. Если нужно приготовить 0,5 или 0,1 М раствор, в одном литре растворяют соответственно 118 г (236 : 2) или 23,6 г (236 : 10) соли.

Нормальные растворы. Для приготовления нормальных (Н или н) растворов, принятых в объемном анализе, нужно знать не только молекулярный вес химического соединения, но и его валентность, под которой понимают число обменных ионов водорода или эквивалентное ему

количество замещающих катионов. Вещество с одним ионом водорода называют одновалентным, с двумя — двувалентным и т. д. Нормальные растворы отличаются от молярных тем, что для их приготовления в 1 л растворяют не грамм-молекулу, а грамм-эквивалент вещества или его часть. Грамм-эквивалент равен грамм-молекуле, разделенной на число валентностей. Например, азотнокислый кальций имеет две валентности, так как он состоит из двух молекул азотной кислоты (HNO_3), в которых водород (2H) замещен кальцием. Следовательно, для приготовления 1H раствора этой соли нужно разделить ее молекулярный вес на 2 и растворять в литре воды 118 г соли. Если говорят 0,5 или 0,1 H раствор, берут соответственно 59 г (118 : 2) или 11,8 г (118 : 10) этой соли и растворяют в литре воды.

Простой способ выражения концентраций. Начинающему гидропонисту концентрации питательных растворов наиболее понятны, если их выражают в миллиграммах питательного элемента в литре воды (мг/л). Во всех смесях (за исключением тех, которые заимствованы из других стран и приведены просто для справок) обычно указаны дозы элемента, а не химического соединения. Если, например, надо ввести в смесь азотнокислый калий, в состав которого входят азот и калий, то следует помнить, что одновременно с 1 мг/л азота в смесь поступают и 2,8 мг/л калия.

Питательные смеси для Южной Африки. По моим данным, в Южной Африке для выращивания большинства культур подходят питательные смеси, которые я назвал летней и зимней гленхейзельскими смесями. Летнюю смесь используют с 1 сентября по 30 апреля, а зимнюю — с 1 мая по 31 августа. В некоторых субтропических районах в смеси необходимо внести изменения.

Составление питательных смесей. Посмотрим теперь, как можно составить летнюю питательную смесь, содержащую азота 200 мг/л, калия 300, фосфора 65, кальция 320 и магния 50 мг/л, пользуясь таблицами.

Чтобы понять механику составления смесей, начнем с азота, так как труднее всего сбалансировать в смеси именно его содержание. Нам нужно иметь в растворе 200 мг/л азота. В качестве источника азота возьмем азотнокислый калий. Из таблицы 31 видим, что с 1 мг/л азота связано 2,8 мг/л калия. Следовательно, при дозе 200 мг/л азота в раствор поступит 560 мг/л калия, а в нашей смеси его должно быть только 300 мг/л. Что же нужно сделать? Давайте поступим иначе и возьмем за исходную величину 300 мг/л калия. Из таблицы 31 ясно, что вместе с 1 мг/л калия вносится 0,36 мг/л азота. Следовательно, вместе с 300 мг/л калия в форме KNO_3 мы внесем $300 \times 0{,}36 = 108$ мг/л азота.

Для приготовления 100 л раствора с содержанием калия 300 мг/л нужно взять 82,5 г азотнокислого калия ($300 \times 0{,}275 = 82{,}5$). Сравнив

полученную величину с соответствующей величиной в таблице 29, видим полное совпадение. Каждый раз нужно сравнивать свои расчеты с данными таблиц. Теперь остается внести 200—108=92 мг/л азота. Кроме того, надо внести еще и кальций, поэтому попробуем взять азотнокислый кальций. Обратившись снова к таблице 31, подсчитываем: $92 \times 0{,}843 = 77{,}56$ г азотнокислого кальция. В таблице 28 указано, что при дозе 100 мг/л нужно взять 84,4 г азотнокислого кальция; это близко подходит к вычисленному нами количеству.

Одновременно с 1 мг/л азота в форме азотнокислого кальция в раствор поступает 1,4 мг/л кальция. Следовательно, вместе с 92 мг/л азота мы вносим также и $92 \times 1{,}4 = 128{,}8$ мг/л кальция. Теперь мы уже имеем нужное количество калия и азота и, кроме того, 128,8 мг/л кальция. Нужно внести еще 320—128,8=191,2 мг/л кальция. Поскольку нам требуется также фосфор, попробуем взять монокальцийфосфат. Для внесения 65 мг/л фосфора нужно $65 \times 0{,}737 \approx 47{,}81$ г монокальцийфосфата, вместе с которым в раствор поступят $65 \times 0{,}60 = 39$ мг/л кальция. Таким образом в растворе будет 128,8+39=167,8 г кальция. Нам нужно внести еще 320—167,8=152,2 мг/л кальция.

В сернокислом кальции играет важную роль только кальций, поэтому введем $152{,}2 \times 0{,}169 \approx 25{,}80$ г сернокислого кальция. Теперь осталось ввести только 50 мг/л магния. $50 \times 1{,}073 = 53{,}65$ г сернокислого водного магния.

Теперь суммируем и составим смесь на 100 л раствора.

Смесь № 1

1. Калий азотнокислый	82,5 г	K 300 мг/л N 108 »	N 108 + 92 = 200
2. Кальций азотнокислый . . .	77,56 г	N 92 » Ca 128,8 »	K 300 = 300
3. Монокальцийфосфат	47,81 г	P 65 » Ca 39 »	Ca 128,8+39+ + 152,2 = 320
4. Кальций сернокислый . . .	25,80 г	Ca 152,2 »	P 65 = 65
5. Магний сернокислый . . .	53,65 г	Mg 50 »	Mg 50 = 50

Количество веществ указано на 100 л раствора.

Смесь № 2

1. Кальций азотнокислый . .	168,8 г	N 200 мг/л Ca 280 »	Смесь, содержащая (мг/л)	N	P	K	Ca	Mg
2. Монокальцийфосфат	47,8 г	P 65 » Ca 39 »		200	65	300	319	50,
3. Калий сернокислый	75,0 г	K 300 »	соответствует заданному составу, за исключением недостатка 1 мг/л кальция. Таким количеством можно пренебречь					
4. Магний сернокислый	53,7 г	Mg 50 »						

Смесь № 3

1. Натрий азотнокислый . . .	128,8 г	N	200	мг/л
2. Калий сернокислый	75,0 г	K	300	»
3. Суперфосфат простой . . .	108,9 г	P	65	»
		Ca	247	»
4. Кальций сернокислый . . .	34,4 г	Ca	73	»
5. Магний сернокислый . . .	53,7 г	Mg	50	»

Смесь точно соответствует заданному составу

Смесь № 4

1. Калий сернокислый	75,0 г	K	300	мг/л
2. Кальций азотнокислый . . .	43,8 г	Ca	73	»
		N	52	»
3. Натрий азотнокислый . . .	95,3 г	N	148	»
4. Суперфосфат простой . . .	108,9 г	Ca	247	»
		P	65	»
5. Магний сернокислый . . .	53,7 г	Mg	50	»

Смесь соответствует заданному составу

Смесь № 5

1. Суперфосфат простой . . .	108,9 г	P	65	мг/л
		Ca	247	»
2. Кальций азотнокислый . . .	43,8 г	Ca	73	»
		N	52	»
3. Аммоний сернокислый . . .	34,4 г	N	75	»
4. Натрий азотнокислый . . .	46,8 г	N	73	»
5. Калий сернокислый	76,0 г	K	300	»
6. Магний сернокислый	53,7 г	Mg	50	»

Смесь соответствует заданному составу

Смесь № 6

1. Монокалийфосфат	28,4 г	P	65	мг/л
		K	81,25	»
2. Калий сернокислый	54,7 г	K	218,75	»
3. Кальций азотнокислый . . .	168,0 г	N	200	»
		Ca	280	»
4. Кальций сернокислый (гипс)	18,7 г	Ca	40	»
5. Магний сернокислый	53,7 г	Mg	50	»

Смесь соответствует заданному составу

Практически не нужно составлять смесь с точностью до десятых долей грамма. Соотношение различных элементов питания в смесях, рекомендуемых для различных культур, дается лишь в качестве основного ориентира. Посмотрим, нельзя ли, пользуясь таблицами, упростить ход составления смесей. Возьмем смесь для салата, общий объем которой должен быть равен 100 л, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	80	200	200	50

Из таблицы 28 видно, что 150 мг/л азота можно получить из 126,4 г азотнокислого кальция, с которыми мы внесем также 210 мг/л кальция. 50 мг/л азота можно получить из 23,7 г сернокислого аммония. 100 мг/л калия можно получить из 25 г сернокислого калия (табл. 29). 80 мг/л фосфора входят в состав 35 г монокалийфосфата, в котором содержится также еще 100 мг/л калия (табл. 27). 50 мг/л магния можно получить из 53,7 г сернокислого магния (табл. 26).

Следовательно, 100 л питательного раствора для салата можно приготовить из смеси следующего состава:

1. Кальций азотнокислый . .	126,4 г	150	мг/л	N
		210	»	Ca
2. Аммоний сернокислый . .	23,7 г	50	»	N
3. Монокалийфосфат	35,0 г	80	»	P
		100	»	K
4. Калий сернокислый . . .	25,0 г	100	»	K
5. Магний сернокислый . .	53,7 г	50	»	Mg

Смесь				
N	P	K	Ca	Mg
200	80	200	210	50

вполне соответствует заданному составу

Превышение дозы кальция на 10 мг/л не играет роли, потому что дозу этого элемента можно доводить до 600—700 мг/л без вреда для растений.

Предположим, что некоторые из солей, входящих в состав смеси, невозможно достать и что в нашем распоряжении имеются только азотнокислый натрий, сернокислый калий, суперфосфаты и сернокислый магний. Составим смесь, пользуясь теми же таблицами. 200 мг/л азота можно получить из 128,6 г азотнокислого натрия (табл. 28). 200 мг/л калия входят в состав 50 г сернокислого калия (табл. 29). 80 мг/л фосфора можно получить из 132,9 г суперфосфата, который содержит также 304 мг/л кальция (табл. 27). 50 мг/л магния можно получить из 53,7 г сернокислого магния. Следовательно, мы получим смесь следующего состава:

1. Натрий азотнокислый . . .	128,6 г	200	мг/л	N
2. Калий сернокислый	50,0 г	200	»	K
3. Суперфосфат	132,9 г	80	»	P
		304	»	Ca
4. Магний сернокислый	53,7 г	50	»	Mg
	365,2 г			

Состав полученной смеси отличается от заданной только тем, что в нем содержится 304 мг/л кальция вместо 200. В состав суперфосфата входит большое количество гипса, который слабо растворяется в воде и поэтому вряд ли все 304 мг/л будут доступны растениям. Эта смесь не совсем подходит для салата, потому что ему не требуется много натрия, а концентрация солей 365,2 г на 100 л воды слишком высока. Салатные смеси обычно содержат немногим более 265 г солей в 100 л воды.

Из солей, перечисленных в таблице 24, можно составить много различных комбинаций смесей, отвечающих любому заданному соотношению элементов питания. Если это покажется слишком сложным, повторяйте ход моих вычислений до тех пор, пока поймете, как они сделаны.

Приведенные в книге смеси составлены с учетом разных соображений и проверены в многолетних опытах. Возьмем, например, смесь для салата. 50 мг/л азота, или 25% общей дозы, даны в форме сульфата аммония, который проявляет также буферное действие и предотвращает излишнее подщелачивание раствора. В смесь введены более растворимые формы кальция: азотнокислый кальций и монокальцийфосфат. Последняя соль использована потому, что салату требуется много фосфора, а суперфосфат чрезмерно повышает дозу кальция (304 мг/л), который к тому же медленно переходит в раствор. Для салата необходимо отношение азота к калию 1 : 1 и низкое содержание кальция, который, однако, должен быть легко доступен растениям. Поэтому всегда следует применять рекомендуемые смеси.

В таблице 23 указаны атомные веса, а в таблице 24 — химические формулы и молекулярные веса большинства солей, используемых для приготовления питательных растворов. Молекулярный вес любого вещества вычисляют путем сложения атомных весов элементов, входящих в состав вещества. В таблице 24 показано, что азотнокислый калий имеет формулу KNO_3. Атомный вес калия (K) — 39, азота (N) — 14 и кислорода (O) — 16. Молекулярный вес KNO_3 будет:

$$39 + 14 + 16 \times 3 = 39 + 14 + 48 = 101.$$

Мы можем сказать, что 101 г KNO_3 состоит из 39 г калия, 14 г азота и 48 г кислорода. Предположим, что в гленхейзельскую летнюю смесь нужно ввести 200 мг/л азота. Если 101 г азотнокислого калия содержит 14 г азота, то для получения 200 мг азота в 1 л понадобится:

$$\frac{101}{14} \times 200 = 1443 \text{ мг азотнокислого калия.}$$

Для 100 л раствора концентрации 200 мг/л азота нужно взять 1443 мг × 100 = 144,3 г азотнокислого калия.

Такой способ вычисления применим к чистым солям. В таблице 24 молекулярный вес азотнокислого калия равен 110, а не 101. Такое расхождение объясняется тем, что в техническом азотнокислом калии есть девять частей посторонних веществ. Поэтому технического азотнокислого калия на 100 л раствора нужно взять:

$$\frac{110}{14} \times 200 \times 100 = 157 \text{ г.}$$

Таблица 23

Атомные веса (степень точности достаточна для приготовления раствора)

Название	Символ	Численное значение	Название	Символ	Численное значение
Бор	B	11	Марганец	Mn	55
Кальций	Ca	40	Азот	N	14
Углерод	C	12	Кислород	O	16
Хлор	Cl	35,5	Фосфор	P	31
Кобальт	Co	59	Калий	K	39
Медь	Cu	63,5	Натрий	Na	23
Водород	H	1	Сера	S	32
Железо	Fe	56	Цинк	Zn	65
Магний	Mg	24			

Таблица 24

Химические формулы и молекулярные веса соединений, используемых для приготовления питательных растворов

Соединение	Химическая формула	Молекулярный вес	Синоним
Аммоний фосфорнокислый однозамещенный (кормовой)	$NH_4H_2PO_4$	120	Моноаммонийфосфат
Аммоний:			
фосфорнокислый	$NH_4H_2PO_4$	140	»
сернокислый	$(NH_4)_2SO_4$	140	Сульфат аммония
азотнокислый (чистый)	NH_4NO_3	80	Аммиачная селитра
Кальций:			
хлористый	$CaCl_2$	150	Хлорид кальция
сернокислый	$CaSO_4$	190	Гипс
азотнокислый	$Ca(NO_3)_2$	180	Кальциевая селитра
фосфорнокислый (кормовой)	$Ca(H_2PO_4)_2$	270	Монокальцийфосфат
фосфорнокислый	$Ca(H_2PO_4)_2$	750	Суперфосфат простой (16% P_2O_5)
фосфорнокислый	$Ca(H_2PO_4)_2$	310	Суперфосфат тройной (45% P_2O_5)
Магний:			
сернокислый водный	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	260	Сульфат магния водный
» безводный	$MgSO_4$	130	Сульфат магния безводный
Калий:			
хлористый	KCl	80	Хлорид калия
азотнокислый	KNO_3	110	Калийная селитра
фосфорнокислый	KH_2PO_4	140	Монокалийфосфат
сернокислый	K_2SO_4	200	Сульфат калия
Натрий азотнокислый	$NaNO_3$	90	Натриевая селитра
Мочевина	NH_2CONH_2	60	Карбамид

Таблица 25

Округленные показатели растворимости соединений, используемых в гидропонике

Аммоний:		Магний:	
фосфорнокислый	1:2	сернокислый	1:2
сернокислый	1:2	сернокислый безводный	1:4
азотнокислый	1:2	Марганец сернокислый	1:2
Борная кислота	1:30	Калий:	
Кальций:		хлористый	1:3
хлористый	1:2	азотнокислый	1:4
сернокислый	1:400	Монокалийфосфат	1:8
азотнокислый	1:2	Калий сернокислый	1:10
Монокальцийфосфат	1:60	Натрий:	
Суперфосфат	1:400	хлористый	1:2
Медь сернокислая	1:3	азотнокислый	1:2
Железо сернокислое	1:2	Мочевина	1:2
Железо-аммоний лимоннокислый	1:2	Цинк сернокислый	1:2

Таблица 26

Источники магния

Магний, мг/л	Сернокислый магний ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), вес в г на 100 л воды	Магний сернокислый безводный, вес в г на 100 л воды
30	33,0	16,1
40	43,0	21,4
50	53,7	26,8
60	64,5	32,2
70	75,5	37,6
100	107,5	53,7

Таблица 27

Источники фосфора

Фосфор, мг/л	Монокальцийфосфат		Суперфосфат (16% P_2O_5)		Монокалийфосфат	
	вес в г на 100 л воды	содержание кальция, мг/л	вес в г на 100 л воды	содержание кальция, мг/л	вес в г на 100 л воды	содержание калия, мг/л
30	22,0	18	50,0	114	13,1	37,5
40	29,4	24	67,0	152	17,5	50,0
50	36,9	30	83,8	190	21,8	62,5
60	44,2	36	100,2	228	26,2	75,0
65	47,8	39	108,4	247	28,4	81,25
70	51,6	42	115,2	266	30,6	87,5
80	58,9	48	132,9	304	35,0	100,0
90	66,3	54	150,1	342	39,4	112,5
100	73,7	60	167,2	380	43,7	125,0

Таблица 28

Источники азота

Азот, мг/л	Азотнокислый калий		Азотнокислый кальций		Сернокислый аммоний, вес в г на 100 л воды	Азотнокислый натрий, вес в г на 100 л
	вес в г на 100 л воды	содержание калия, мг/л	вес в г на 100 л воды	содержание кальция, мг/л		
30	15,9	56	16,9	28	9,5	12,1
40	30,5	112	33,8	56	19,0	25,7
50	38,1	140	42,2	70	23,7	32,2
60	45,7	168	50,6	84	28,5	38,6
80	61,0	224	67,5	112	38,0	51,6
100	76,7	280	84,4	140	47,5	64,4
150	114,2	420	126,4	210	71,3	96,6
200	152,4	560	168,8	280	95,2	128,6
300	228,4	840	253,0	420	142,3	190,4

Таблица 29

Источники калия

Калий, мг/л	Азотнокислый калий		Сернокислый калий, вес в г на 100 л воды	Хлористый калий, вес в г на 100 л воды	Монокалийфосфат	
	вес в г на 100 л воды	содержание азота, мг/л			вес в г на 100 л воды	содержание фосфора, мг/л
20	5,5	7,2	5,0	4,1	7,0	16
40	11,0	14,4	10,0	8,2	14,0	32
50	13,7	18,0	12,0	10,1	17,5	40
60	16,5	21,6	15,0	12,4	21,0	48
80	22,0	28,8	20,0	16,5	28,0	64
100	27,5	36,0	25,0	20,6	35,0	80
150	41,3	54,0	37,5	30,9	52,5	120
200	55,0	72,0	50,0	41,5	70,0	160
300	82,5	108,0	75,0	61,8	105,0	240

Количество калия на 100 л раствора вычисляют аналогичным образом:

$$\frac{110}{39} \times 300 \times 100 = 84{,}5 \text{ г.}$$

Таким образом, 157 г азотнокислого калия обеспечат 200 мг/л азота, а 84,5 г этой же соли дадут 300 мг/л калия в 100 л раствора. Из таблицы 28 мы видим, что для получения 100 л раствора концентрации 200 мг/л азота нужно взять 152,4 г азотнокислого калия. Чтобы

Таблица 30

Источники кальция

Кальций, мг/г	Азотнокислый кальций		Суперфосфат простой		Монокальций фосфат		Сернокислый кальций (гипс), вес в г на 100 л воды
	вес в г на 100 л воды	содержание азота, мг/л	вес в г на 100 л воды	содержание фосфора, мг/л	вес в г на 100 л воды	содержание фосфора, мг/л	
50	30,1	35,7	22,0	13,2	61,4	83,3	23,7
100	60,3	71,4	44,0	26,3	122,9	166,6	47,5
150	90,5	107,1	66,0	39,5	184,5	249,9	71,4
200	120,0	142,9	88,0	52,6	246,0	333,2	95,0
300	181,0	214,3	132,0	78,9	368,5	499,8	142,5
400	245,5	285,7	176,0	105,3	490,4	666,4	190,0

Таблица 31

Количество химических веществ для приготовления 100 л питательных растворов

Химическое соединение	Количество соединения (г) на 100 л питательного раствора при концентрации указанного в скобках элемента 1 мг/л	Содержание других элементов, мг/л
Аммоний сернокислый	0,475 (N)	—
Кальций:		
сернокислый	0,169 (Ca)	—
сернокислый (гипс)	0,475 (Ca)	—
азотнокислый (для N)	0,843 (N)	Ca 1,40
азотнокислый (для Ca)	0,603 (Ca)	N 0,71
Суперфосфат (16% P_2O_5) для P	1,675 (P)	Ca 3,8
Суперфосфат (16% P_2O_5) для Ca	0,443 (Ca)	P 0,26
Магний сернокислый ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)	1,073 (Mg)	—
Калий:		
хлористый	0,206 (K)	—
сернокислый	0,250 (K)	
азотнокислый (для N)	0,763 (N)	K 2,80
азотнокислый (для K)	0,275 (K)	N 0,36
Монокалийфосфат (для P)	0,437 (P)	K 1,25
Монокалийфосфат (для K)	0,350 (K)	P 0,80
Монокальцийфосфат (для P)	0,737 (P)	Ca 0,60
Монокальцийфосфат (для Ca)	1,228 (Ca)	P 1,66
Натрий азотнокислый (для N)	0,644 (N)	—
Борная кислота	0,564 (B)	—
Железо сернокислое	0,556 (Fe)	—
Марганец сернокислый	0,406 (Mn)	—

Таблица 32

Количество микроэлементов, необходимое для приготовления 100 л раствора различной концентрации, мг

Концентрация микроэлемента, мг/л	Железо		Марганец	Бор	Цинк	Медь
	железо сернокислое	железо-аммоний лимоннокислый	марганец сернокислый	борная кислота	цинк сернокислый	медь сернокислая
0,025	—	—	—	—	11,0	11,0
0,05	—	—	—	—	22,0	22,0
0,25	142,8	250,1	107,1	142,8	107,1	107,1
0,5	285,6	464,1	214,2	321,3	214,2	214,2
1,0	535,5	963,9	428,4	606,9	428,4	428,4
2,0	1106,7	1927,8	892,5	1249,5	—	—
3,0	1642,2	2897,7	1320,9	1856,4	—	—
4,0	2213,4	3819,9	1751,3	2463,3	—	—
5,0	2750,5	4783,8	2177,7	3070,2	—	—

в 100 л раствора калий находился в концентрации 300 мг/л, азотнокислого калия требуется 82,5 (табл. 29). Как видим, разница между результатами расчетов и данными таблиц несущественна.

Азотнокислый натрий, изготовленный разными фирмами, имеет неодинаковый состав, но разница бывает настолько мала, что ею можно пренебречь.

Пользуясь рассмотренным способом, легко вычислить дозы различных солей, разработать свои собственные таблицы, чтобы избежать расчетов при смене растворов. Каждый раз полезно сверить свои данные с показателями таблиц 26—30.

●

СОСТАВ ПИТАТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Читатели, пользующиеся моей первой книгой («Культура растений без почвы»), заметят, что здесь отдельные смеси несколько изменены. Это сделано на основании результатов последних исследований. Многие гидропонисты используют щелочные субстраты, поэтому в первые дни работы следует применять смеси с высоким содержанием фосфора. Необходимо также тщательно выполнять инструкции по предварительной обработке таких субстратов. Устойчивое содержание фосфора (не ниже 65 мг/л) облегчает регулирование pH и стабилизирует пита-

ние растений микроэлементами. Ни в коем случае нельзя допускать, чтобы уровень фосфора падал ниже 65 мг/л раствора.

Все смеси, приведенные в первой половине этого раздела, были составлены для условий Южной Африки. Для читателей других континентов смеси указаны в конце раздела. Следует очень осторожно выбирать смесь, стараясь, чтобы не было больших расхождений между климатическими условиями, для которых рекомендуется смесь, и климатическими условиями, в которых вы проживаете.

Все смеси первой половины раздела составлены для гидропонной системы с проточным питанием и вычислены в граммах на 100 л раствора. При выращивании растений в песке с поверхностным внесением удобрений следует пользоваться смесями, предназначенными для сухого питания. Однако при выращивании некоторых культур на заполненных песком поддонах с проницаемым дном можно пользоваться любой сухой смесью.

Если в состав смеси входит суперфосфат, его нужно растворить в отдельном резервуаре и оставить на два дня, изредка помешивая. Чистый раствор следует слить и добавить к раствору других элементов.

Одни смеси можно готовить, смешивая сухие соли, другие — нельзя. Соответствующие примечания даны к каждой смеси. Если допустимо смешивание сухих солей, то иногда удобно приготовить смесь в большом количестве. Ее нужно хранить в герметически закрытых банках.

Сразу же после приготовления раствора необходимо довести его pH до заданного уровня. В дальнейшем pH проверяют при еженедельном внесении сухих питательных солей в раствор. Если в поддоне выращивают смесь культур, pH должен быть 6,5.

В книге приведены два основных раствора смеси микроэлементов: один — для растений, предпочитающих pH ниже 6,5, другой — для растений, требующих pH 6,5 и выше. Следует использовать также и соответствующий основной раствор, содержащий железо. Основные растворы микроэлементов готовят и хранят в темных бутылях со стеклянными или резиновыми пробками. На бутылях должны быть ясные этикетки с указанием количества миллиграммов элементов в 100 мл раствора.

В смесях можно использовать две формы магния: кристаллический сернокислый магний, содержащий семь молекул воды, и безводный сернокислый магний. Во все гленхейзельские смеси включена первая из этих солей. Дозу безводного сульфата магния следует рассчитывать, пользуясь таблицами 25 и 26.

Во все основные смеси не включены микроэлементы. Их следует вводить непосредственно в питательные растворы в соответствии с оптимальным pH для растений.

Основная промышленная смесь. В крупных промышленных гидропоникумах регулярно анализируют питательные растворы, для приготовления которых достаточно иметь четыре соли: азотнокислый кальций, монокалийфосфат, сернокислый калий и сернокислый магний. Азотнокислый кальций расплывается на воздухе, поэтому сразу же после доставки его следует растворить в специальном резервуаре. Рекомендуется растворять одну часть азотнокислого кальция в четырех частях воды.

Очень легко поддерживать в растворе правильную концентрацию элементов питания при помощи указанных четырех солей. Использованный растениями азот пополняют азотнокислым кальцием, причем с каждым миллиграммом азота в раствор поступают также 1,4 мг кальция. Таким путем с избытком восполняется кальций, поглощенный растениями, однако избыток не вреден для растений, хотя со временем кальций может чрезмерно повысить осмотическое давление раствора. Когда общее содержание сухих веществ в растворе превышает 3000 мг/л, раствор следует развести вдвое водой, причем половину раствора можно использовать для полива земляники в подвесных ящиках или для полива вьющихся растений, растущих в распиленных пополам бочках возле поддонов.

Использованный растениями фосфор возмещают путем внесения монокалийфосфата, причем с каждым миллиграммом фосфора вносится также 1,25 мг калия, но это не опасно, потому что растения всегда поглощают больше калия, нежели фосфора. Если растения используют калий в большом количестве, то в раствор вводят сернокислый калий.

Израсходованный магний всегда восполняют сернокислым магнием.

В растворах, приготовленных на рассмотренных четырех солях, ненужные растениям сульфаты и избыток кальция накапливаются значительно медленнее, чем при использовании суперфосфата и азотнокислого натрия. Для некоторых растений растворы можно готовить даже из трех солей (без сернокислого калия), потому что монокалийфосфат содержит нужную дозу калия. Например,

кальций азотнокислый .	169,0 г
магний сернокислый . .	53,7 г
монокалийфосфат . . .	56,8 г

в 100 л раствора дают следующую концентрацию основных элементов питания, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	130	162	280	50

Такая смесь пригодна только в том случае, если нужна высокая доза фосфора.

Нетрудно составить смесь с любой концентрацией элементов, используя азотнокислый кальций в качестве источника азота и кальция,

монокалийфосфат — как источник фосфора и доводя содержание калия до необходимого уровня при помощи сернокислого калия. Это показано на примере следующей смеси:

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	65	160	280	50

Магний сернокислый	53,7 г	50 мг/л	Mg
Кальций азотнокислый	169,0 г	200 »	N и 280 мг/л Ca
Монокалийфосфат	28,4 г	65 »	P и 81 мг/л K
Калий сернокислый	20,0 г	80 »	K

Смесь № 1

основная гленхейзельская летняя
(для использования с 1 сентября
по 30 апреля)

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	65	150	320	50

1. Аммоний сернокислый	19,0 г
2. Магний сернокислый	53,7 г
3. Монокальцийфосфат	47,8 г
4. Кальций азотнокислый	134,8 г
5. Калий сернокислый	37,5 г
6. Кальций сернокислый	9,6 г
7. Основной раствор микроэлементов «В»	15,6 мл
8. Вода	до 100 л

Смесь № 1 пригодна для большинства культур в летний период в Южной Африке. Если на поддоне растет одна культура, лучше использовать смесь, указанную для этой культуры.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 2

основная гленхейзельская зимняя
(для использования с 1 мая по
31 августа)

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
100	65	350	180	50

1. Магний сернокислый	53,7 г
2. Монокальцийфосфат	47,8 г
3. Кальций азотнокислый	84,4 г
4. Калий сернокислый	87,4 г
5. Вода	до 100 л

В ясную солнечную погоду при появлении признаков недостатка азота добавлять 15,6 г сернокислого аммония. Смесь № 2 пригодна для большинства культур в зимний период в Южной Африке.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 3

специальная для поверхностного полива летом

1. Магний сернокислый	15,6 г
2. Кальций азотнокислый	43,0 г
3. Калий сернокислый	15,6 г
4. Монокалийфосфат	7,8 г
5. Основной раствор микроэлементов	15,6 мл
6. Вода	до 100 л

Используется, когда растения на поддонах или в горшках нуждаются в поливе.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 4

основная гленхейзельская для поверхностного полива зимой

1. Магний сернокислый	15,6 г
2. Кальций азотнокислый	23,4 г
3. Калий сернокислый	31,2 г
4. Монокалийфосфат	7,8 г
5. Кальций сернокислый (гипс)	15,6 г
6. Основной раствор микроэлементов	15,6 мл
7. Вода	до 100 л

Использовать, когда растения на поддонах или в горшках нуждаются в поливе.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 5

основная летняя гленхейзельская для внесения в сухом виде
(17 г на 1 кв. м в неделю)

1. Калий азотнокислый	113 г
2. Суперфосфат	142 г
3. Аммоний сернокислый	113 г
4. Магний сернокислый	85 г
5. Микроэлементы:	
железо сернокислое закисное	3,54 г
марганец сернокислый	1,30 г
борная кислота	1,30 г
цинк сернокислый	0,13 г
медь сернокислая	0,13 г

Сперва готовят сухую смесь основных элементов. Смесь основных элементов добавляют по частям к смеси микроэлементов и тщательно перемешивают, чтобы получить однородную массу. Смесь № 5 можно готовить про запас.

Смесь № 6

основная зимняя гленхейзельская для внесения в сухом виде

1. Калий азотнокислый	113 г
2. Калий сернокислый	57 г
3. Суперфосфат	184 г
4. Магний сернокислый водный	99 г
5. Микроэлементы	те же, что в смеси № 5

Смесь № 7

основная для внесения в сухом виде в песчано-вермикулитовый и гравийно-вермикулитовый субстраты

1. Аммоний сернокислый	4,99 кг
2. Суперфосфат	1,82 кг
3. Калий хлористый	1,59 кг
4. Натрий азотнокислый	1,36 кг
5. Магний сернокислый	1,59 кг
6. Микроэлементы:	
железо сернокислое закисное	85 г
борная кислота	14 г
марганец сернокислый	14 г

Смешивать, как смесь № 5. Применять в дозе 17 г на 1 кв. м раз в неделю.

Смесь № 8

для горшечных растений

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
130	40	280	280	50

1. Аммоний сернокислый	28,4 г
2. Магний сернокислый	97,5 г
3. Калий азотнокислый	138,4 г
4. Суперфосфат	124,4 г
5. Кальций сернокислый (гипс)	114,8 г
6. Микроэлементы:	
железо сернокислое закисное	3,54 г
марганец сернокислый	1,30 г
борная кислота	1,30 г
цинк сернокислый	0,13 г
медь сернокислая	0,13 г

Смешать сухие соли, как сказано при описании смеси № 5.

Смесь № 9

основная гленхейзельская для вермикулито-песчаных и вермикулито-гравийных субстратов с высоким содержанием кальция

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	120	150	140	50

1. Магний сернокислый	53,7 г
2. Натрий азотнокислый	64,2 г
3. Кальций азотнокислый	84,3 г
4. Монокалийфосфат	53,1 г
5. Вода	до 100 л

Смесь № 10

вполне пригодна для большинства культур в Южной Африке зимой

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
100	60	280	228	50

1. Магний сернокислый	53,7 г
2. Калий азотнокислый	76,3 г
3. Суперфосфат	100,3 г
4. Вода	до 100 л

Смесь № 11

для фасоли, гороха (бобовые)

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	120	200	280	50

1. Магний сернокислый	53,7 г
2. Кальций азотнокислый	168,8 г
3. Монокалийфосфат	52,5 г
4. Калий сернокислый	12,5 г
5. Основной раствор микроэлементов «В»	15,6 мл
6. Вода	до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 12А

для гвоздики, выращиваемой в субстрате из промытого крупного речного песка и вермикулита (1 : 1)

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
250	140	175	300	50

1. Аммоний сернокислый	18,9 г
2. Магний сернокислый	53,7 г
3. Кальций азотнокислый	180,0 г
4. Монокалийфосфат	61,7 г
5. Основной раствор микроэлементов «В»	15,6 мл
6. Вода	до 100 л

Для подкормок железом применять основной раствор «В» соединения железа.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 12Б

для гвоздики, выращиваемой в субстрате из крупного речного песка и вермикулита (1 : 1)

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
250	90	175	300	50

1. Аммоний сернокислый	19,0 г
2. Магний сернокислый	53,7 г
3. Кальций азотнокислый	182,2 г
4. Монокалийфосфат	39,3 г
5. Калий сернокислый	15,6 г
6. Основной раствор микроэлементов «В»	15,6 мл
7. Вода	до 100 л

Дополнительное количество железа вводить в составе основного раствора «В» соединения железа. Смесь № 12Б применяют после того, как pH и уровень фосфатов станут устойчивыми.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 13

для сельдерея

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
100	80	250	220	70

1. Магний сернокислый	75,0 г
2. Монокальцийфосфат	29,4 г
3. Калий сернокислый	50,0 г
4. Натрий азотнокислый	64,1 г
5. Натрий хлористый	15,6 г
6. Монокалийфосфат	17,5 г
7. Кальций сернокислый	33,7 г
8. Основной раствор микроэлементов «В»	15,6 мл
9. Вода	до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 14

для хризантем

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
250	120	400	280	70

1. Аммоний сернокислый	23,7 г
2. Магний сернокислый	75,8 г
3. Кальций азотнокислый	168,8 г
4. Калий сернокислый	62,5 г
5. Монокалийфосфат	52,5 г
6. Основной раствор микроэлементов «В»	15,6 мл
7. Вода	до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 15

для огурцов

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	70	150	280	50

1. Магний сернокислый	53,7 г
2. Кальций азотнокислый	168,8 г
3. Монокалийфосфат	30,6 г
4. Калий сернокислый	14,0 г
5. Основной раствор микроэлементов «В»	15,6 мл
6. Вода	до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 16

для гладиолусов

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	65	160	280	52

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Кальций азотнокислый . . . . . 168,8 г
3. Монокалийфосфат . . . . . 28,4 г
4. Калий сернокислый . . . . . 20,0 г
5. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . 15,6 мл
6. Вода . . . . . до 100 л

Смесь № 17

для брюссельской, кочанной и цветной капусты

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	80	200	200	50

1. Аммоний сернокислый . . . . . 23,7 г
2. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
3. Кальций азотнокислый . . . . . 126,5 г
4. Калий сернокислый . . . . . 25,0 г
5. Монокалийфосфат . . . . . 35,0 г
6. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . 15,6 мл
7. Вода . . . . . до 100 л

Смесь № 18

для хрена

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	90	200	140	50

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Натрий азотнокислый . . . . . 64,0 г
3. Кальций азотнокислый . . . . . 84,3 г
4. Калий сернокислый . . . . . 20,0 г
5. Монокалийфосфат . . . . . 39,4 г
6. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . 15,6 мл
7. Вода . . . . . до 100 л

Смесь № 19

для салата

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	80	200	200	50

1. Аммоний сернокислый . . . . . 23,7 г
2. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
3. Монокальцийфосфат . . . . . 58,8 г
4. Кальций азотнокислый . . . . . 65,6 г
5. Калий азотнокислый . . . . . 55,0 г
6. Кальций сернокислый . . . . . 7,8 г
7. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . 15,6 мл
8. Вода . . . . . до 100 л

Применять основной раствор «В» соединения железа. Вносить 0,5 мл/л железа один раз в три дня. Сменять раствор раз в месяц.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 20

для картофеля

Концентрация элементов, мг/л;

N	P	K	Ca	Mg
200	95	180	280	50

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Кальций азотнокислый . . . . . 168,8 г
3. Монокалийфосфат . . . . . 41,5 г
4. Калий сернокислый . . . . . 15,0 г
5. Основной раствор микроэлементов «А» . . . . 15,6 мл
6. Вода . . . . . до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 21

для тыквы

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
160	70	300	250	50

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Калий азотнокислый . . . . . 76,3 г
3. Натрий азотнокислый . . . . . 38,6 г
4. Суперфосфат . . . . . 117,0 г
5. Основной раствор микроэлементов «А» . . . . 15,6 мл
6. Вода . . . . . до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 22

для роз

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	90	180	280	50

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Кальций азотнокислый . . . . . 168,8 г
3. Монокалийфосфат . . . . . 39,4 г
4. Калий сернокислый . . . . . 17,2 г
5. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . . 15,6 мл
6. Вода . . . . . до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 23

для редиса

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
220	80	220	160	50

1. Аммоний сернокислый . . . . . 28,4 г
2. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
3. Монокальцийфосфат . . . . . 58,9 г
4. Калий азотнокислый . . . . . 61,0 г
5. Кальций азотнокислый . . . . . 67,5 г
6. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . . 15,6 мл
7. Вода . . . . . до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 24

для рассады

Применять смесь № 8 в дозе 62,5 г сухих туков на 100 л воды.

Смесь № 25

для львиного зева

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	120	150	280	50

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Монокальцийфосфат . . . . . 88,5 г
3. Кальций азотнокислый . . . . . 123,2 г
4. Калий сернокислый . . . . . 41,2 г
5. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . . 15,6 мл
6. Вода . . . . . до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 26

для шпината

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
300	70	150	300	50

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Аммоний сернокислый . . . . . 38,0 г
3. Кальций азотнокислый . . . . . 185,8 г
4. Калий сернокислый . . . . . 15,0 г
5. Монокалийфосфат . . . . . 30,7 г
6. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . . 15,6 мл
7. Вода . . . . . до 100 л

Один раз в три дня вносить 1 мг/л основного раствора «В» соединения железа.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 27

для левкоев

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
100	65	280	300	50

1. Аммоний сернокислый . . . . . 15,6 г
2. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
3. Калий азотнокислый . . . . . 76,4 г
4. Суперфосфат . . . . . 188,0 г
5. Кальций сернокислый (гипс) . . . . . 21,4 г
6. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . . 15,6 мл
7. Вода . . . . . до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать можно.

Смесь № 28

для земляники

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	110	140	280	50

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Кальций азотнокислый . . . . . 168,8 г
3. Монокалийфосфат . . . . . 48,3 г
4. Основной раствор микроэлементов «А» . . . . . 15,6 мл
5. Вода . . . . . до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 29

для душистого горошка

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
250	120	150	350	70

1. Магний сернокислый . . . . . 75,3 г
2. Кальций азотнокислый . . . . . 211,0 г
3. Монокалийфосфат . . . . . 52,5 г
4. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . . 15,6 мл
5. Вода . . . . . до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 30

для помидоров

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
200	80	160	280	50

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Кальций азотнокислый . . . . . 168,8 г
3. Монокалийфосфат . . . . . 35,0 г
4. Калий сернокислый . . . . . 15,0 г
5. Основной раствор микроэлементов «А» . . . . . 15,6 мл
6. Вода . . . . . до 100 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 31

для помидоров

Смесь содержит много фосфора. Она пригодна для выращивания помидоров на вермикулито-песчаных субстратах в тропиках.

Концентрация элементов, мг/л:

N	P	K	Ca	Mg
300	120	150	420	50

1. Магний сернокислый . . . . . 53,7 г
2. Кальций азотнокислый . . . . . 253,0 г
3. Монокалийфосфат . . . . . 52,5 г
4. Основной раствор микроэлементов «А» . . . . . 15,6 мл
5. Вода . . . . . до 100 л

В тропиках могут появиться признаки хлороза, при которых надо вводить по 1 мг/л железа один раз в три дня.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Смесь № 32

для поверхностного полива помидоров, выращиваемых в вермикулито-песчаном субстрате (1:1)

1. Магний сернокислый . . . . . 15,6 г
2. Монокальцийфосфат . . . . . 15,6 г
3. Калий сернокислый . . . . . 15,6 г
4. Кальций азотнокислый . . . . . 39,2 г
5. Основная смесь микроэлементов «А» . . . . . 15,6 мг
6. Вода . . . . . до 100 л

Перед поливом доводить pH до 6,0.

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Рассаду высотой 25 см пересаживают в эверитовые горшки диаметром 28 см. Каждое утро поливают до тех пор, пока не начнет вытекать раствор из отверстия в дне горшка. Никогда не поливают водой, применяют только питательный раствор. В середине лета при жаркой погоде растения поливают дважды в день.

Смесь № 33

для водяного кресса

1. Аммоний сернокислый . . . . . 31,7 г
2. Магний сернокислый . . . . . 71,5 г
3. Кальций азотнокислый . . . . . 224,3 г
4. Калий сернокислый . . . . . 33,3 г
5. Монокалийфосфат . . . . . 46,6 г
6. Основной раствор микроэлементов «В» . . . . . 83,2 мл
7. Вода . . . . . до 1000 л

Примечание. Сухие соли смешивать нельзя.

Основные растворы микроэлементов

Раствор «А»

для культур, требующих pH 6,5 и ниже

Концентрация элементов, мг/л:

Fe	B	Mn	Zn	Cu
4	0,5	0,5	0,05	0,05

Железо сернокислое закисное	141,00 г
Борная кислота	19,63 г
Марганец сернокислый	14,00 г
Цинк сернокислый	1,41 г
Медь сернокислая	1,41 г
Серная кислота	6,25 г
Вода дистиллированная	до 1000 мл

Эту смесь в количестве 15,6 мл вводят на 100 л питательного раствора в начале выращивания новой культуры или при полной замене раствора в поддоне. Вводить смесь микроэлементов при еженедельной подкормке растений нельзя.

Раствор «В»

для культур, требующих pH выше 6,5

Смесь такая же, как и для раствора «А», но сернокислое закисное железо заменено в ней 237,2 г железоаммонийного цитрата.

Основной раствор железа «А»

Железо сернокислое закисное	34,35 г
Серная кислота	6,25 г
Вода дистиллированная	до 1000 мл

15,6 мл раствора «А» на 100 л питательного раствора дают концентрацию железа 1 мг/л. Применять для питательных растворов с pH 6,5 и ниже.

Основной раствор железа «В»

Железоаммонийный цитрат	59,35 г
Серная кислота	6,25 г
Вода дистиллированная	до 1000 мл

15,6 мл раствора «В» на 100 л питательного раствора дают концентрацию железа 1 мг/л. Применять для питательных растворов с pH выше 6,5.

Основной раствор марганца

Марганец сернокислый	12,45 г
Серная кислота	6,25 г
Вода дистиллированная	до 1000 мл

15,6 мл раствора марганца на 100 л питательного раствора дают концентрацию марганца 0,5 мг/л.

Основной раствор бора

Борная кислота	18,73 г
Вода дистиллированная	до 1000 мл

15,6 мл раствора бора на 100 л питательного раствора дают концентрацию бора 0,5 мг/л.

Примечание. Борная кислота растворяется очень медленно. Наполнить колбу на $^3/_4$ водой, добавить борную кислоту, взболтать и оставить. Долить дистиллированной водой до нужного объема после растворения борной кислоты.

СМЕСИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В США, ИЗРАИЛЕ И ВЕЛИКОБРИТАНИИ

США

Смесь Чарльза Джильберта № 1

Калий азотнокислый	55 г
Калий сернокислый	40 г
Кальций сернокислый	65 г
Магний сернокислый	45 г
Монокальцийфосфат	25 г
Аммоний сернокислый	10 г
Вода	до 100 л

По мнению автора, смесь обеспечивает очень медленный рост. Многие используют ее зимой или при длительной пасмурной погоде, когда растениям не нужно много азота. Это очень хороший раствор для рассады и черенков в любое время года, так как в дальнейшем они быстро развиваются на постоянном месте. В Калифорнии смесь широко используется в короткие зимние дни.

Смесь Чарльза Джильберта № 2

Калий азотнокислый	90 г
Кальций сернокислый	65 г
Магний сернокислый	45 г
Монокальцийфосфат	25 г
Аммоний сернокислый	10 г
Вода	до 100 л

Лучшая смесь для средних летних условий. В южных штатах США можно применять круглый год, если следить за состоянием растений (в короткие зимние дни доза азота в смеси может оказаться избыточной).

Смесь Чарльза Джильберта № 3

Калий азотнокислый	90 г
Кальций азотнокислый	45 г
Магний сернокислый	45 г
Аммоний фосфорнокислый	25 г
Вода	до 100 л

Смесь содержит очень много азота. Ее следует применять только в ясную солнечную погоду при низких ночных температурах. В этих условиях растения растут очень быстро.

Смесь Ч. Джильберта № 4

Калий азотнокислый	90 г
Магний сернокислый	45 г
Аммоний фосфорнокислый	25 г
Вода	до 100 л

Смесь рекомендуется для тех случаев, когда в качестве субстратов используют богатые известью песок и гравий. Известковый гравий содержит кальций и магний, которые медленно растворяются при частых поливах питательным раствором и поглощаются растениями. Если гравий очень богат карбонатами магния, дозу сернокислого магния можно уменьшить или даже обойтись без него.

Смесь Вагнера и Пеша, разработанная на сельскохозяйственной опытной станции штата Огайо

Калий азотнокислый	58 г
Аммоний сернокислый	10 г
Магний сернокислый	45 г
Монокальцийфосфат	25 г
Кальций сернокислый	50 г
Вода	до 100 л

Сухая смесь хорошо сохраняется. Ее можно готовить про запас.

Модифицированная смесь Вагнера и Пеша

Кальций азотнокислый (или натрий азотнокислый)	50 г
Калий хлористый	50 г
Аммоний сернокислый	10 г
Магний сернокислый	45 г
Монокальцийфосфат	25 г
Кальций сернокислый	50 г
Вода	до 100 л

Смесь «А», разработанная в университете г. Пардью

Во всех семи университетских смесях использованы минеральные удобрения, состав которых указан в процентах $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$.

Калий азотнокислый, KNO_3 (13—0—44)	46 г
Калий сернокислый, K_2SO_4 (0—0—48)	42 г
Кальций сернокислый, $CaSO_4$ (сельскохозяйственный гипс)	64 г
Магний сернокислый, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	44 г
Монокальцийфосфат, $Ca(H_2PO_4)_2$ (тройной суперфосфат, 0—48—0)	26 г
Аммоний сернокислый, $(NH_4)_2SO_4$ (20—0—0)	12 г
Вода	до 100 л
Полная минеральная смесь	234 г

Смесь Б (университет в Пардью)

Калий азотнокислый	92 г
Кальций сернокислый	64 г
Магний сернокислый	44 г
Монокальцийфосфат	26 г
Аммоний сернокислый	12 г
Вода	до 100 л
Полная минеральная смесь	238 г

Смесь В (университет в Пардью)

Калий азотнокислый	92 г
Кальций азотнокислый, $Ca(NO_3)_2$ (15,5—0—0)	45 г
Магний сернокислый	44 г
Аммоний фосфорнокислый, $NH_4H_2PO_4$ (аммофос А, 11—48—0)	24 г
Вода	до 100 л
Полная минеральная смесь	205 г

Смесь Г (университет в Пардью)

Калий азотнокислый	92 г
Магний сернокислый *	44 г
Аммоний фосфорнокислый (аммофос А)	24 г
Вода	до 100 л
Полная минеральная смесь	160 г

Примечание. Смеси «А», «Б» и «В» рекомендуются для неизвестковых субстратов. Смесь «Г» пригодна для известковых субстратов, которые могут полностью удовлетворить потребность растений в кальции и частично в магнии. Содержание фосфора и pH регулируют одновременно.

Смесь 2Д (университет в Пардью)

Магний сернокислый безводный	6,0 г
Монокальцийфосфат (тройной суперфосфат)	13,5 г
Калий азотнокислый	98,0 г
Кальций сернокислый (сельскохозяйственный гипс)	66,0 г
Аммоний сернокислый	12,5 г
Вода	до 100 л
Полная минеральная смесь	196 г

Смесь 1Е (университет в Пардью)

Магний сернокислый безводный	46 г
Монокальцийфосфат (тройной суперфосфат)	55 г
Калий азотнокислый	58 г
Кальций азотнокислый	64 г
Аммоний сернокислый	6 г
Вода	до 100 л
Полная минеральная смесь	229 г

* Дозу сернокислого магния следует уменьшить или полностью исключить его из смеси при выращивании растений на известковых субстратах с высоким содержанием карбоната магния.

Смесь 2Е (университет в Пардью)

Магний сернокислый безводный	6,0 г
Монокальцийфосфат (тройной суперфосфат)	13,5 г
Калий азотнокислый	58,0 г
Кальций азотнокислый	64,0 г
Аммоний азотнокислый (35—0—0)	14,0 г
Вода	до 100 л
Полная минеральная смесь	155,5 г

Примечания. Смесь 2Д — хорошая универсальная смесь. Ее можно заготовить в сухом виде и затем растворять в требуемых количествах. Это удобство работы со смесью 2Д компенсирует ее несколько худшие качества по сравнению со смесями серии «Е». Смесь 2Д особенно удобна для приготовления небольших порций растворов, например для полива рассады и комнатных растений.

Раствор 1Е применяют зимой, когда желательно поддерживать медленное усвоение азота. Сульфат аммония введен в смесь в количестве, достаточном для предотвращения избыточного подщелачивания раствора.

Раствор 2Е содействует развитию вегетативной массы растений. Он более пригоден для весенних, летних и осенних условий, чем раствор 1Е.

Смесь № 1

для водных и песчаных культур, разработанная на сельскохозяйственной опытной станции штата Нью-Джерси

	Монокалийфосфат, KH_2PO_4	Кальций азотнокислый, $Ca(NO_3)_2 \times 4H_2O$	Магний сернокислый, $MgSO_4 \times 7H_2O$	Аммоний сернокислый, $(NH_4)_2SO_4$
Объемная молекулярная концентрация	0,0023	0,0045	0,0023	0,0007
Граммов на 100 л раствора	26,1	89,0	47,4	8,0
Чайных ложек (без верха) на 22,5 л раствора (приблизительно)	$1^1/_4$	4	$2^1/_2$	$^1/_2$

Смесь № 2

для водных и песчаных культур (Нью-Джерси)

	Монокалийфосфат, KH_2PO_4	Натрий азотнокислый, $NaNO_3$	Магний сернокислый, $MgSO_4 \times 7H_2O$	Кальций хлористый (безводный), $CaCl_2$
Объемная молекулярная концентрация	0,0015	0,0040	0,0022	0,0015
Граммов на 100 л раствора	17,3	28,3	45,6	14,2
Чайных ложек (без верха) на 22,5 л раствора (приблизительно)	1	1	$2^1/_2$	1

Смесь № 3

для водных и песчаных культур, приготовлена из минеральных удобрений (Нью-Джерси)

	Суперфосфат * (монокальцийфосфат плюс сернокислый кальций)	Натрий азотнокислый	Английская соль (магний сернокислый)	Калий хлористый
Граммов на 100 л раствора	25,6	28,3	45,6	17,3
Чайных ложек на 19 л раствора (приблизительно)	2	1	$2^1/_2$	1

* Суперфосфат (16% P_2O_5) должен содержать менее 1 % фтора. Более высокое содержание фтора может оказаться токсичным для растений.

Смесь, применявшаяся армией США в Чофу (Япония), %

Калий:	
азотнокислый	19,8
сернокислый	17,9
Кальций сернокислый	27,3
Магний сернокислый	18,7
Монокальцийфосфат	11,2
Аммоний сернокислый	5,1
	100,0

В смесь вводили также микроэлементы: железо, бор, марганец, цинк и медь.

Израиль

Смесь № 1

для работы с пресной водой

Натрий азотнокислый	70 г
Суперфосфат (13%-ный)	100 г
Калий сернокислый	75 г
Кальций сернокислый	14 г
Магний сернокислый	45 г
Железо сернокислое	0,5 г
Бура	2 г
Марганец сернокислый	0,1 г
Медь сернокислая	0,01 г
Цинк сернокислый	0,01 г
Вода	до 100 л

Смесь № 2

для работы с засоленной водой

Калий азотнокислый	70 г
Тройной суперфосфат	35 г
Железо сернокислое	0,5 г
Бура	2 г
Марганец сернокислый	0,1 г
Медь сернокислая	0,01 г
Цинк сернокислый	0,01 г
Вода	до 100 л

Великобритания

Смесь для гвоздики

для внесения в сухом виде на поверхность песчаных гряд, г

Аммоний сернокислый	142
Калий сернокислый	28
Магний сернокислый	85
Суперфосфат	85
Магний хлористый	3,5
Медь сернокислая	1,4
Бура	следы

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Для проведения анализов нужна небольшая, но хорошо оборудованная лаборатория. Если ее нет, аналитическую работу можно вести в любой небольшой комнате. Для сравнения окрасок растворов необходим яркий дневной свет. Без достаточного количества доброкачественной дистиллированной воды точные химические анализы невозможны. Продажная дистиллированная вода часто содержит довольно много меди, а иногда и цинк. Эти примеси могут привести к ошибкам в анализах. Для проверки 50 мл воды переносят в стакан Несслера и добавляют 5 мл 0,1%-ного раствора диэтилдитиокарбамата натрия. Стакан ставят на лист белой бумаги и смотрят на него сверху. Коричневый цвет указывает на присутствие меди. Слабокоричневый оттенок дает медь в концентрации 0,02 мг/л. Цинк в концентрации 0,1 мг/л вызовет легкое помутнение.

Если нет возможности купить чистую дистиллированную воду, следует приобрести перегонный аппарат со стеклянным холодильником и получать дистиллированную воду на месте.

Склянки с растворами и реактивами всегда должны иметь хорошо прикрепленные этикетки, на которых должны быть указаны название вещества, его концентрация и дата его покупки или приготовления. Во время проведения анализа восковым карандашом следует делать надписи на стаканах, колбах, пробирках и другой посуде, чтобы не перепутать растворы.

Растворы следует готовить в мерной посуде, то есть в посуде, на которой черточками отмечен тот или иной объем. Если нужно приготовить 10%-ный раствор (вес на объем), отвешивают в стаканчике 10 г вещества и добавляют к нему растворитель. После полного растворения вещества раствор из стаканчика переносят в мерную колбу на 100 мл. Стаканчик обмывают несколькими порциями растворителя, сливая каждую из них в одну и ту же мерную колбу. Наконец доводят раствор растворителем в колбе до метки 100 мл и хорошо взбалтывают содержимое колбы.

Большинство водных растворов неустойчиво, особенно в разведенном виде. Разумно выбрасывать разведенные растворы примерно через два месяца после их приготовления или даже раньше. Любой раствор, в котором появляется плесень, следует заменить новым. Несколько капель чистого толуола на поверхности раствора предотвращают доступ воздуха в раствор и затрудняют рост плесеней, но загрязняют пипетки. Развитие плесеней можно предупредить, добавив в раствор следы ортогидроксидифенила натрия.

Для текущих нужд желательно иметь рабочие реактивы в небольших склянках, например емкостью 100 мл. Исходные концентрированные растворы должны храниться в плотно закупоренной посуде в защищенном от атмосферных влияний и загрязнения месте. Очень важно периодически проверять все реактивы, используя для контрольного анализа растворы с известным содержанием определяемого элемента или соединения.

Добавлять реактивы при анализе нужно только в указанной в инструкциях последовательности. Любое отклонение может привести к неточности или даже к полной неудаче.

Требуемое количество реактива следует брать очень точно, отсчитывая объем по нижней, вогнутой части мениска. Желательно, чтобы на колбах с реактивами были стеклянные пробки с пипетками, оборудованными резиновыми грушами. В этом случае раствор берут всегда одной и той же пипеткой и таким образом устраняется загрязнение одного реактива другим. Капли с поверхности пипетки следует снять фильтровальной бумагой, чтобы они не скатывались в испытуемый раствор и не увеличивали его концентрацию сверх нормы. Пользуясь обычными пипетками, нужно засасывать жидкость очень осторожно, чтобы она не попала в рот.

Особую осторожность нужно проявлять при отмеривании едких и ядовитых растворов. Вытекание раствора из пипетки идет болеее равномерно, если на верхнем отверстии держать увлажненный, а не сухой указательный палец. Если к пипетке присоединить резиновую трубочку со стеклянным наконечником, то можно уменьшить опасность попадания раствора в рот, однако для отмеривания точных объемов требуется некоторый навык.

Пипетки с шаровым расширением позволяют брать только один объем. Они достаточно точны, но стоят дороже, чем градуированные цилиндры. Остатки раствора должны вытекать 15 секунд. Затем касаются кончиком пипетки стенки колбы; выдувать последние капли запрещается. Если для экономии используют минимальное число пипеток, после отмеривания каждого раствора нужно очень тщательно мыть их сначала водопроводной, а затем дистиллированной водой. Если пипетки еще не высохли, их ополаскивают тем раствором, который предстоит набирать. Нельзя готовить реактивы для анализа в мерных цилиндрах, так как они очень широки и поэтому в них трудно точно определить объем раствора.

Для некоторых анализов, например при определении бора, кальция и калия, невозможно приготовить постоянные цветные стандарты для дисков вследствие изменчивости самих реактивов или влияния условий анализа. При микроанализах разница в степенях окраски становится более заметной, если растворы сравнивают в пробирках с черными стенками. На растворы смотрят сверху через весь столбик жидкости. Пробирки имеют высоту 7 см и наружный диаметр 1 см. Набор пробирок должен быть в специальном штативе. Свет отражается вверх сквозь прозрачное дно пробирок. Пробирки с образцовыми растворами ставят в верхний ярус штатива, а помеченные восковым карандашом испытуемые растворы размещают в нижнем ярусе. Каждую пробирку с испытуемым раствором сравнивают с образцовыми растворами до тех пор, пока не получат максимального совпадения окраски.

После анализа пробирки нужно тщательно вымыть. Нельзя использовать мокрые пробирки. Перед началом анализа их нужно как следует высушить, для этого проволочный штатив с мокрыми пробирками ставят в ток теплого воздуха или после ополаскивания дистиллированной водой обмывают чистым ацетоном.

При выполнении химических анализов крайне важно работать с чистой стеклянной посудой. После каждого анализа стеклянную посуду необходимо вымыть, затем ополоснуть дистиллированной водой и высушить.

Обычно лабораторную стеклянную посуду моют следующим образом: кипятят в 5%-ном растворе стиральной соды, моют в водопроводной воде, намачивают в 10%-ном растворе технической соляной кислоты для

удаления остатков соды или других пятен, снова моют в водопроводной воде и, наконец, ополаскивают дистиллированной водой.

Очень грязную стеклянную посуду наполняют хромовой смесью. Так как смесь представляет собой очень едкое вещество, обращаться с ней нужно осторожно. Нельзя допускать попадания смеси на тело или одежду. Ячейки компаратора нельзя надолго оставлять в смеси, достаточно промыть их смесью и сразу же ополоснуть водой.

Мерные колбы и цилиндры нельзя кипятить, в них нельзя также нагревать растворы. Точность мерной посуды уменьшается, если приготовленные реактивы оставляют в ней на несколько дней. Мерную посуду нужно мыть смесью, а затем хорошо ополоснуть.

Прежде чем приступить к анализу питательного раствора, его необходимо профильтровать, чтобы он стал чистым и прозрачным. Для этого вполне подходит фильтровальная бумага ватман № 1. Разводить питательные растворы нужно очень точно. Колбы с разведенными растворами следует надписать, прежде чем приступать к анализу, так как малейшая ошибка в разведении увеличивается в несколько раз в окончательном ответе. Для того чтобы развести раствор, например, в пять раз, 20 мл питательного раствора, взятых пипеткой с шаровым расширением, переносят в мерную колбу на 100 мл и доливают колбу дистиллированной водой до метки. Подобным же образом готовят и другие разведения. Результат анализа нужно умножить на степень разведения, чтобы установить точное содержание того или иного элемента в питательном растворе.

Кальций и pH определяют в неразведенном растворе. Для определения марганца, железа и бора нужно выпарить питательный раствор до меньшего объема.

Для лиц, не имеющих лабораторных навыков, уместно описать способ приготовления водных растворов серной кислоты. Эта кислота жадно поглощает воду, и добавление небольших количеств к концентрированной серной кислоте вызывает бурную реакцию. Поэтому всегда нужно добавлять серную кислоту к воде (ни в коем случае нельзя лить воду в кислоту). Приливать кислоту следует очень медленно, непрерывно взбалтывая раствор и давая ему остыть. Разводить концентрированную серную кислоту надо в посуде из стекла пирекс или другого устойчивого к нагреванию стекла.

Смешивая растворы в пробирках, не закрывайте их большим пальцем и не переворачивайте. Грязь с пальца может испортить анализ. Смешивать растворы надо в пробирке чистой стеклянной палочкой или путем переливания из одной пробирки в другую.

Если в инструкции указано, в какое время нужно проводить ту или иную операцию, эти рекомендации следует точно соблюдать. Во многих случаях окраска раствора увеличивается или изменяется после указан-

ного срока, а стандарты подобраны к точному сроку. Следовательно, результаты, полученные в иные сроки, будут неправильными.

Чтобы приготовить образцовые растворы для колориметрических анализов (если нет постоянных готовых стандартов), нужно составить контрольные питательные растворы, содержащие все элементы нормального отработанного питательного раствора, за исключением определяемого. В большинстве случаев контрольные питательные растворы готовят из тех же соединений, из которых состоит питательная смесь. Процентное содержание элементов в них указано фирмами-изготовителями. В контрольные растворы не включают, однако, суперфосфат, так как он имеет в своем составе слишком много посторонних примесей. Ниже указано, какое количество разных соединений нужно взять, чтобы получить ту или иную концентрацию соответствующего элемента.

Азот. 6,7 г азотнокислого натрия (15% N) в 1 л дают 1000 мг/л N.

Калий. 2,4 г сернокислого калия (41% K) в 1 л дают 1000 мг/л K.

Чистого для анализа сернокислого калия (44,88% K) нужно взять 2,23 г на 1 л. Раствор используют в качестве основного при определении калия.

Фосфор. 20,2 г мононатрийфосфата (19,8% P) в 1 л дают 4000 мг/л P.

Кальций. 5,47 г гидратного хлористого кальция (18,28% Ca) в 1 л дают 1000 мг/л Ca.

Такой же раствор используют в качестве основного при определении кальция.

Магний. 3,0 г сернокислого магния (10% Mg) в 1 л дают 300 мг/л Mg.

Марганец. 0,4 г сернокислого марганца (25% Mn) в 1 л дают 100 мг/л Mn.

В каждом случае растворяют указанное количество соли в дистиллированной воде, доводят объем раствора до 1 л, фильтруют и хранят раствор в плотно закупоренной склянке. Для приготовления рабочих контрольных растворов берут указанное в таблице 33 количество миллилитров каждого раствора, сливают их в мерную колбу на 100 мл и доводят ее до метки дистиллированной водой. Раствор, не содержащий бора, нужно держать в склянке, внутренняя поверхность которой покрыта парафином. Контрольные растворы содержат примерно следующее количество разных элементов, мг/л:

азота	100	кальция	250
фосфора	80	магния	30
калия	200	марганца	1

Чтобы приготовить контрольный раствор без бора, следует прежде всего установить, не имеют ли все его составные части примесей бора. Для сравнения берут свежеперегнанную дистиллированную воду.

Таблица 33

Раствор, содержащий	Основной контрольный питательный раствор		
	без бора, мл	без калия, мл	без кальция, мл
Азот	10	10	10
Калий	20	Без раствора калия	20
Фосфор	2	2	2
Кальций	25	25	Без раствора кальция
Магний	10	10	10
Марганец	1	1	1

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ

Удобный стол и полки для реактивов и посуды.

Раковина и большое количество воды.

Большая глиняная или стеклянная бутыль с хорошей дистиллированной водой.

Треножник, асбестовая сетка и нагревательный прибор.

Аналитические весы (до 100 г).

Пара часовых стекол для навесок.

Чистые склянки (1 л и больше) для основных контрольных растворов.

Колбы мерные для разведения и приготовления реактивов и растворов на 100 и 1000 мл.

Цилиндры стеклянные мерные на 100 мл с делениями 1 мл.

Пипетки с шаровым расширением на 20 и 25 мл для разведения питательных растворов.

Две или больше стеклянных воронок (например, диаметром 7,5 см) и фильтровальная бумага (ватман № 1).

Стеклянные палочки для размешивания растворов.

2,5-сантиметровые стеклянные пробирки для смешивания растворов и проведения анализа.

Цветной восковой карандаш.

Записная книжка, обычный карандаш и клейкие этикетки.

Для мытья стеклянной посуды:

а) хромовая смесь (10% двухромовокислого калия в 25%-ной серной кислоте);

б) техническая соляная кислота;

в) широкая стеклянная банка, в которую наливают двухромовую кислоту для намачивания грязной стеклянной посуды;

г) эмалированная кастрюля для кипячения стеклянной посуды в соде;

д) ерши для мойки узкогорлой посуды;

е) стеклянная ткань.

В лаборатории желательно иметь также следующее оборудование и материалы:

Перегонный аппарат на 2 л дистиллированной воды со стеклянным холодильником.

Низкие стаканы из стекла пирекс с носиками емкостью 100, 300 и 500 мл.

Мерные колбы на 500 и 1000 мл из стекла пирекс.

Ступка с пестиком.

Градуированные цилиндры стеклянные на 25 и 50 мл.

Запас стеклянной посуды, чтобы избежать перерывов в ходе анализа для мытья посуды.

Термометр с градуировкой от 0 до 100°.

Штатив с несколькими держателями.

Штатив для обычных пробирок, штатив для пробирок компаратора.

Штатив для пипеток.

Пробирки (6 штук) длиной 15 см и диаметром 1,9 см.

Пробирки запасные для компаратора.

Щипцы лабораторные кривые для выемки стеклянной посуды из кислоты и кипящей воды. При пользовании щипцами на посуде не остаются жирные следы от пальцев.

Большой запас пустых склянок и этикеток.

Бюретку на 100 мл с делениями 1 мл.

Бюретку на 10 мл с делениями 0,1 мл.

(Вместо бюретки можно применить градуированную пипетку, закрепив ее в штативе и надев на один ее конец резиновую трубку со стеклянным наконечником и зажимом.)

Воронки разных диаметров.

Запас резиновых и стеклянных трубок для затягивания жидкости в пипетки.

Резиновые груши для пипеток.

Ацетон для сушки посуды.

Подставка для сушки стеклянной посуды.

Лабораторные весы для отвешивания удобрений и разновесы весом до 2 кг.

Глиняный сосуд емкостью от 10 до 50 л для предварительного смешивания питательных растворов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА

Необходимое оборудование. Универсальный компаратор Ловибонда и две пробирки или два цилиндра диаметром 13,5 мм.

Диск KZ, охватывающий концентрации от 5 до 100 μг (микрограммов), которые в данном анализе соответствуют 5—100 мг нитратного азота в 1 л раствора.

Чашка для выпаривания раствора.

Водяная баня. При анализе одного образца в качестве бани можно использовать кастрюлю с отверстием в крышке, на которое ставят чашку.

Реактивная склянка для дисульфофеноловой кислоты емкостью 125 мл с пипеткой на 1 мл в пробке и склянка с реактивом без пипетки в пробке и отдельно пипетка на 1 мл для дисульфофеноловой кислоты.

Пипетка на 1 мл для испытуемого раствора.

Пипетка с шаровым расширением на 10 мл для водного раствора аммиака.

Градуированный цилиндр на 25 мл.

Термометр.

Желательно иметь также часовое стекло для накрывания чашки после выпаривания раствора, водяную баню на шесть гнезд, второй градуированный цилиндр на 25 мл для контрольного питательного раствора и пипетку на 1 мл для каждого образца.

Если в растворе присутствуют хлориды, то для анализа нужны воронка, фильтровальная бумага ватман № 32, реактивная склянка на 125 мл с пипеткой в пробке для уксусной кислоты, несколько 2,5-сантиметровых пробирок для взбалтывания смеси и сбора фильтрата.

Реактивы. 1. Дисульфофеноловая кислота.

Растворяют 25 г чистого для анализа фенола в 158 мл концентрированной (не содержащей азота) серной кислоты и добавляют 67 мл дымящей серной кислоты, содержащей 20% серного ангидрида. Нагревают смесь на кипящей водяной бане в течение двух часов.

2. Раствор чистого для анализа аммиака (10% NH_3). Его нужно хранить плотно закупоренным.

Ход анализа. Нитраты определяют в питательном растворе, разведенном в пять раз. Пипеткой берут 20 мл питательного раствора, переносят в мерную колбу на 100 мл и доводят до метки дистиллированной водой. Следовательно, диск охватит концентрации неразведенного раствора от 25 до 500 мг/л, что вполне соответствует любому питательному раствору.

1 мл разведенного раствора переносят в чашку и выпаривают досуха на водяной бане. К охлажденному остатку приливают по каплям

1 мл дисульфофеноловой кислоты (реактив 1), смачивая ею весь твердый остаток в чашке. Накрытую чашку оставляют на 10 минут. Затем осторожно приливают 10 мл дистиллированной воды и хорошо растирают осадок стеклянной палочкой. Охлажденную жидкость без потерь переносят в градуированный цилиндр. Остаток с чашки сливают в цилиндр несколькими порциями водного раствора аммиака. Доводят объем раствора в цилиндре аммиачной водой (реактив 2) до 20 мл. Снова охлаждают и доводят объем до 25 мл дистиллированной водой.

Наполняют пробирку или цилиндр компаратора полученным желтым раствором и ставят в правое отделение компаратора. Одновременно готовят контрольный раствор с тем же содержанием реактивов 1 и 2, но без питательного раствора и ставят в левое отделение компаратора, позади цветных стандартов. Колориметрировать нужно при 20—25°. Цифры в окошечке компаратора указывают миллиграммы нитратного азота в 1 л разведенного раствора. Умножив полученное число на пять или на другое принятое в анализе разведение, получим содержание нитратного азота в миллиграммах в литре питательного раствора.

Примечание. Если содержание хлоридов в питательном растворе превышает 2 мг/л, их нужно удалить. Для этого к 10 мл отфильтрованного разведенного питательного раствора добавляют 1 мл ледяной уксусной кислоты и 0,1 г сухого сернокислого серебра (без примеси нитратов). Смесь хорошо взбалтывают и фильтруют через бумагу ватман № 32. Затем берут 1 мл фильтрата и определяют в нем нитраты, как описано выше. Конечный результат нужно увеличить на 0,1 его значения, так как только $^{10}/_{11}$ мл составляют разведенный питательный раствор, а $^{1}/_{11}$ приходится на уксусную кислоту.

Нитратный азот определяют в питательных растворах каждую неделю.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФОРА

Предлагаемый читателю метод очень надежен, и его легко осуществить в производственных условиях. Точность метода равна ± 3 мг/л фосфора.

Оборудование. Универсальный компаратор Ловибонда и две пробирки или два цилиндра диаметром 13,5 мм.

Диск KV.

Склянка на 125 мл с пипеткой (деления 1 мл) в пробке для реактива 1.

Склянка на 125 мл из желтого стекла с пипеткой (деления 2 мл) в пробке для реактива 2.

Склянка на 125 мл из желтого стекла с пипеткой (деления 1 мл) в пробке для реактива 3.

Склянка на 125 мл с пипеткой (деления 2 мл) в пробке для реактива 4.

Можно использовать четыре описанные выше склянки с притертыми пробками и пипетку с делениями 1 и 2 мл, но в этом случае пипетку придется мыть в ходе анализа.

Четыре пробирки диаметром 2,5 см.

Пипетка с шаровым расширением на 5 мл.

Термометр.

Желательно иметь две пипетки на 1 мл и две пипетки на 2 мл вместо одной пипетки с делениями 1 и 2 мл.

Для приготовления реактивов требуются мерные колбы на 100, 250 и 500 мл.

Диск под названием «фосфаты в кипяченой воде» калиброван в мг/л фосфата (PO_4) от 0 до 80. Соответствующее количество фосфора указано ниже:

мг/л PO_4	мг/л P	мг/л PO_4	мг/л P
10	3,3	50	16,3
20	6,5	60	19,6
30	9,8	70	22,8
40	13,0	80	26,1

Следовательно, чтобы получить содержание фосфора (P), достаточно разделить полученное количество фосфатов на три.

Реактивы. 1. К 500 мл дистиллированной воды добавляют 65 мл чистой для анализа серной кислоты и доводят дистиллированную воду точно до 1 л.

2. Растворяют без нагревания 8,8 г чистого для анализа молибденовокислого аммония приблизительно в 100 мл дистиллированной воды. К 300 мл дистиллированной воды добавляют 38 мл чистой для анализа серной кислоты. Вливают раствор кислоты в раствор молибденовокислого аммония и доводят смесь точно до 500 мл.

3. Полностью растворяют 5 г чистого гидрохинона в 500 мл дистиллированной воды, затем добавляют 0,3 мл чистой для анализа концентрированной серной кислоты. Раствор постепенно темнеет, но его можно хранить три недели в желтой склянке в темноте.

4. Растворяют 130 г чистого для анализа безводного углекислого калия и 24 г чистого для анализа кислого сернистокислого натрия ($Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$) в 500 мл дистиллированной воды.

Ход анализа. Питательный раствор разводят вдвое, поэтому результаты анализа нужно будет умножить на два. Иногда может понадобиться иное разведение, но в большинстве случаев достаточно развести раствор в два раза. К 5 мл разведенного раствора в пробирке добавляют сперва 2 мл молибденового раствора (реактив 2), а затем 1 мл раствора гидрохинона (реактив 3). Во время приливания и после добавления каждого реактива пробирку хорошо встряхивают. Анализ ведут при температуре 23—27°. Пробирку оставляют на пять минут для образования зеленой окраски. В это время наливают 2 мл реактива 4 в другую пробирку. По истечении пяти минут смешивают обе жидкости, переливая их несколько раз из одной пробирки в другую.

Пузырьки, которые затрудняют сравнение окрасок, легко удалить, вылив смесь последний раз в пробирку или другой сосуд, на дне которого внутри сделана алмазом царапина. Последняя вызывает очень быстрое выделение пузырьков CO_2. Синий раствор быстро переносят в правую пробирку или цилиндр компаратора. Контрольный образец готовят в другой паре пробирок одновременно и совершенно так же, как испытуемый, заменив в нем 2 мл молибденового раствора (реактив 2) 1 мл реактива 1 и 1 мл дистиллированной воды. Контрольный образец ставят в левое отделение компаратора позади стандартной цветной шкалы для компенсации любой посторонней окраски питательного раствора или раствора гидрохинона.

Сравнения проводят немедленно, потому что окраска быстро теряется. Пузырьки со стенок пробирок удаляют осторожным постукиванием. Содержание фосфора определяют в питательных растворах еженедельно, а затем доводят его до требуемой концентрации.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЛИЯ

Оборудование. Штатив с семью черными пробирками длиной 7 см и диаметром 1 см с прозрачным дном для стандартных растворов и штатив с такими же пробирками для испытуемого раствора.

По одной резиновой пробке для каждой пробирки.

Склянка на 125 мл из желтого стекла с пипеткой (деления 0,1 мл) в пробке для реактива 1.

Склянка на 125 мл из желтого стекла с пипеткой (деления 0,3 мл) в пробке для спирта.

Можно использовать две склянки из желтого стекла с притертыми пробками и одну пипетку на 1 мл с делениями 0,1 мл.

Градуированная пипетка с делениями 0,1 мл для приготовления разведенных растворов.

Склянки для контрольных питательных растворов без калия и для образцового раствора калия.

Желательно иметь пипетку на 1 мл с делениями 0,1 мл. Не следует брать два реактива одной пипеткой, если нет пипеток в пробках. Желательно иметь также пипетку на 1 мл для испытуемых растворов.

Реактивы. 1. Для приготовления кобальтнитрита натрия необходимы чистые для анализа:

уксусная кислота	2,5 мл
кобальт азотнокислый	5,0 г
натрий азотнокислый	30,0 г

Соли растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до 100 мл. Раствор фильтруют, если нужно, и хранят в склянке из темного стекла с притертой пробкой. Выделяющиеся нитратные пары могут вытолкнуть пробку, поэтому рекомендуется хранить раствор в большой склянке, чтобы над жидкостью было свободное пространство. В течение суток после приготовления реактив не следует закрывать пробкой. Если сквозь реактив пропустить чистый воздух, например при помощи водоструйного насоса, в таком количестве, что прекратится выделение бурых паров, то реактив легче хранить и с ним легче работать. Реактив перед употреблением должен постоять не менее двух суток после приготовления, но хранится он не более трех недель. Перед употреблением реактив ставят на 30 минут на лед или в проточную воду.

Изопропиловый спирт	90 мл
Формальдегид (40%-ный раствор)	10 мл

Основные образцовые растворы. 1. Образцовый раствор калия готовят путем растворения 2,23 г чистого для анализа сернокислого калия в 1 л дистиллированной воды. Он содержит 1000 мг/л К.

2. Контрольный питательный раствор без калия готовят, как было описано выше.

Рабочие образцовые растворы. В штатив ставят семь пустых пробирок, помеченных соответственно 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35 мг/л калия. Разводят основной образцовый раствор калия в 20 раз контрольным питательным раствором без калия. При этом получают раствор с содержанием калия 50 мг/л. Наливают в каждую пробирку указанное ниже количество этого раствора и доводят до 1 мл контрольным питательным раствором без калия из пипетки с делениями 0,1 мл. Содержимое пробирки хорошо взбалтывают.

Чтобы приготовить образцовый раствор, содержащий

5	10	15	20	25	30	35 мг/л К.
надо взять раствора с калием						
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 мл
и добавить раствора без калия						
0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3 мл.

Испытуемый питательный раствор. 1 мл каждого из разведенных питательных растворов переносят в такие же черные пробирки, как и для образцовых растворов.

Ход анализа. В пробирки с образцовыми и испытуемыми растворами добавляют по 0,1 мл реактива 1, а затем приливают в них по 0,3 мл реактива 2. Пробирки закрывают пробками. Каждую пробирку дважды переворачивают. Через 5—10 минут окраску испытуемых растворов сравнивают с окраской образцовых растворов на белом фоне, глядя в пробирки сверху вниз. Между пробирками с образцовыми растворами в штативе оставляют по одному свободному месту. На каждое свободное место для сравнения поочередно ставят пробирки с испытуемым раствором. При необходимости пользуются методом интерполяции. Полученный результат умножают на два (степень разведения). Образцовые и испытуемые растворы готовят одновременно. Старые образцовые растворы непригодны.

Спирт надо добавлять во все пробирки при совершенно одинаковом помешивании, потому что от интенсивности помешивания зависит количество выпавшего осадка. Калий следует определять еженедельно во всех питательных растворах. Формальдегид вводят для того, чтобы устранить влияние солей аммония, если они присутствуют. Установлено, что содержание аммиака при данном анализе не должно превышать 10 мг в 1 л раствора, что при разведении в 20 раз равно 200 мг в 1 л питательного раствора. Если содержание аммиака превышает 10 мг/л, следует вести анализ другим способом — с предварительным удалением аммиака. Все изученные до сих пор питательные растворы содержат меньше указанного количества аммиака.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИЯ

В питательных растворах магний лучше всего определять титановым методом, потому что на титановый желтый реактив не влияют другие элементы, обычно присутствующие в растворе. Титановый реактив очень чувствителен к магнию. В концентрации, применяемой в данном методе, реактив полностью изменяет окраску растворов, содержащих от 0 до 10 мг/л магния. Поэтому нужно развести питательный раствор дистиллированной водой так, чтобы концентрация магния не превышала 10 мг/л. Обычно для этого достаточно развести раствор в 10 или 20 раз, то есть взять 1 мл раствора и прилить к нему дистиллированную воду, чтобы окончательный объем равнялся 10 или 20 мл.

Оборудование. Универсальный компаратор Ловибонда, две пробирки или два цилиндра диаметром 13,5 мм. Три склянки для реактивов на 125 мл с пипетками с делениями 0,5 мл в пробках или три склянки и пипетка с делениями 0,5 мл и резиновой грушей.

Пипетка на 3 мл или пипетка на 5 мл с делениями 1 мл.

Желательно иметь вместо одной три пипетки с делениями 0,5 мл, а также пипетку на 1 мл, предназначенную для приготовления титанового реактива.

Диск состоит из цветных стандартов, соответствующих содержанию магния 1, 2, 3, 4, 5, 7 и 10 мг/л. Его используют для сравнения окрасок в универсальном компараторе Ловибонда. Окраска растворов очень яркая, поэтому их просматривают через рассеивающий экран. Необходимо также иметь специальный титановый желтый экран для приготовления образцового реактива титана.

Реактивы. 1. Основной желтый титановый реактив готовят из свежего желтого титанового раствора (0,1% сухого реактива, 20% спирта), поставляемого промышленностью. Для получения рабочего раствора к основному раствору добавляют дистиллированную воду и следят при этом за цветом экрана. Основной реактив следует держать в темноте. Рабочий реактив быстро приходит в негодность, и его нужно готовить каждый раз непосредственно перед анализом.

2. Растворяют 0,08 г чистого для анализа солянокислого гидроксиламина и 5 г чистой для анализа сахарозы в 100 мл дистиллированной воды.

3. 2 н NaOH следует хранить в небольших склянках, плотно закрытых резиновыми пробками, чтобы не допустить поглощения углекислого газа из воздуха. Концентрация раствора быстро меняется. Через месяц со дня приготовления его можно использовать только после проверочного титрования кислотой.

Приготовление титанового желтого реактива. В компаратор без диска вставляют экран с надписью «стандартный титановый желтый». Серое стекло должно быть против левого отверстия. В левое отделение ставят пробирку с дистиллированной водой, в правое — пробирку с 0,5 мл (отмерить точно!) титанового желтого раствора. Из градуированной бюретки в раствор добавляют при помешивании дистиллированную воду до тех пор, пока раствор, рассматриваемый сквозь фиолетовое стекло, не примет совершенно одинаковую с серым стеклом окраску.

Тщательно учитывают количество прилитой в правую пробирку дистиллированной воды, которая вместе с 0,5 мл титанового желтого раствора составляет общий объем. Рабочий образцовый реактив готовят путем разведения 1 мл продажного титанового желтого раствора дистиллированной водой, чтобы получился установленный выше объем. Следовательно, этот реактив будет в два раза крепче, чем конечный раствор, использованный при стандартизации.

Ход анализа. В чистую пробирку или цилиндр диаметром 13,5 мм наливают:

разведенного питательного раствора	3,0 мл
раствора солянокислого гидроксиламина	0,5 мл
титанового желтого	0,5 мл
2 н NaOH	0,5 мл

После прибавления каждого нового раствора содержимое пробирки хорошо перемешивают. Точно через пять минут после прибавления последнего реактива сравнивают окраски в компараторе. Во время пятиминутного периода вставляют в компаратор магниевый диск, а в передний держатель — экран с надписью «магний»; окрашенное стекло должно быть против правого отделения. В левое отделение помещают пробирку с дистиллированной водой, а в правое — пробирку с испытуемым раствором и реактивами.

Сравнивают окраску испытуемого раствора с окрасками диска, вращая последний до совпадения окрасок. Если окраска испытуемого раствора близка к окраске на диске, отмеченной числом 10, следует повторить определение с более разведенным питательным раствором. При концентрациях магния, превышающих 10 мг/л, окраска меняется очень слабо. Числа на диске означают концентрацию магния в мг/л разведенного питательного раствора. Для получения окончательного результата число на диске нужно умножить на степень разведения.

Примечания. Нельзя затягивать раствор едкого натрия в пипетку ртом. Лучше пользуйтесь пипеткой с резиновой грушей. Если раствор едкого натрия наливают пипеткой, вставленной в пробку, то при понижении уровня раствора в склянке на той части пипетки, которая не погружена в раствор, откладывается белый осадок углекислого натрия. Чтобы точность пипетки не нарушалась, ее нужно вынуть из склянки и вымыть разведенной (1 : 10) соляной кислотой, а затем тщательно ополоснуть дистиллированной водой.

Окраски на диске калиброваны для питательных растворов, в которых всегда есть кальций. Поэтому диск не пригоден для определения магния в растворах, не содержащих кальция.

Метод основан на образовании сложной соли красного цвета, который хорошо отличается от желтой окраски реактива. Эта соль довольно быстро выпадает в осадок, но солянокислый гидроксиламин и сахароза на некоторое время задерживают выпадение осадка.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЛЬЦИЯ

В данном анализе, как и при анализе на калий, определяют степень помутнения раствора. Поскольку простой колориметрический метод с использованием стандартной цветной шкалы оказался непригодным, лучше готовить серию образцовых растворов, нежели менять толщину слоя одного образцового раствора. Все растворы следует готовить на дистиллированной воде, полученной в перегонном аппарате со стеклянным холодильником, потому что загрязнение медью влияет на окраску растворов. Анализ основан на выпадении осадка оксалата кальция. Установлено, что добавление раствора йода, окрашивающего осадок, облегчает улавливание разницы в интенсивности помутнения. Йод не влияет на достоверность анализа.

Оборудование. Штатив с пятью черными пробирками (7×1 см) для образцовых растворов. Черная пробирка для испытуемого раствора.

Две склянки на 125 мл из светлого стекла с капельными пипетками в пробках. Склянка на 125 мл из желтого стекла с капельной пипеткой в пробке. Можно пользоваться тремя одинаковыми склянками с притертыми пробками и одной капельной пипеткой с резиновой грушей. Если пипетки вставлены в пробки, нужна отдельная капельная пипетка с резиновой грушей для питательного раствора.

Склянка для питательного раствора без кальция.

Желательно иметь шесть капельных пипеток, то есть по одной на каждый раствор и реактив.

Реактивы. 1. Насыщенный раствор химически чистого щавелевокислого аммония в дистиллированной воде. На дне склянки всегда должны быть нерастворившиеся кристаллы. При наличии малейших признаков помутнения раствор перед употреблением надо профильтровать.

2. 4,5%-ная химически чистая азотная кислота.

3. Приблизительно 0,1 н йодный раствор. 18,0 г йодистого калия растворяют в дистиллированной воде, добавляют 12,7 г йода. После растворения йодистого калия и йода объем доводят водой до 1 л. Хранят в склянке из желтого стекла и разводят в 10 раз перед употреблением.

Основные растворы. 1. Растворяют 5,47 г химически чистого гидратного хлористого кальция в 1 л дистиллированной воды. Такой раствор содержит 1000 мг/л кальция.

2. Контрольный питательный раствор без кальция готовят, как описано в начале раздела (см. стр. 292). Для проверки на кальций смешивают в пробирке равные объемы этого раствора и щавелевокислого аммония. При отсутствии кальция раствор должен быть прозрачным.

Образцовые растворы. Ставят пять пробирок в штатив, оставляя между ними по одному свободному месту. На пробирках делают надписи: 100, 200, 300, 400 и 500 мг/л Са.

Чтобы приготовить образцовый раствор, содержащий				
100	200	300	400	500 мг/л Са,
надо взять в пробирку основного раствора хлористого кальция				
1	2	3	4	5 капель,
добавить контрольного питательного раствора без кальция				
8	7	6	5	4 капли,
а также 4,5%-ной азотной кислоты				
1	1	1	1	1 каплю.

Испытуемые растворы фильтруют и наливают по девять капель в черные пробирки. Затем в пробирки добавляют по одной капле 4,5%-ной азотной кислоты. Перед тем как набрать новый питательный раствор, пипетку тщательно моют.

Ход анализа. Добавляют во все пробирки по 10 капель раствора щавелевокислого аммония и по две капли разведенного йодного раствора. Хорошо встряхивают и сравнивают. Пробирки с испытуемыми растворами ставят в свободные места между образцовыми растворами и таким образом добиваются наибольшего совпадения интенсивности помутнения. При необходимости прибегают к методу интерполяции. Если испытуемый раствор содержит свыше 500 мг/л Са, разводят его дистиллированной водой и повторяют анализ.

Примечания. Образцовые растворы нужно встряхивать перед каждым сравнением, так как взвешенные частицы могут выпасть в осадок. Через час образцовые растворы нужно заменять. Пробирки моют сразу же после анализа, так как осадок пристает к стеклу в виде пленки. Ее можно удалить соляной кислотой. Чтобы капли были одинаковые, используют одну и ту же пипетку для образцовых и испытуемых растворов. Пипетку каждый раз тщательно моют дистиллированной водой. Важно держать пипетку вертикально. Из пипетки, расположенной под углом, выливаются капли, размер которых зависит от угла наклона пипетки. Нужно попрактиковаться, чтобы при нажиме из пипетки вытекала одна капля. Азотную кислоту приливают для того, чтобы поддерживать оптимальный pH для выпадения осадка. Содержание кальция в растворе определяют один раз в месяц.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА

Еще неизвестно, какие формы железа наиболее пригодны для питания растений при поддонном орошении. В колориметрических лабораториях установлено, что лимоннокислое железо наиболее устойчиво в растворах, следовательно, его можно применять в меньших дозах. С другой стороны, данных о его действии на растения еще недостаточно, а постоянное присутствие железа в растворе служит в известной степени помехой для некоторых анализов.

Сернокислое железо почти сразу же выпадает в питательных растворах в осадок в виде карбонатов и фосфатов, а следовательно, делается недоступным для растений.

Чтобы какая-то часть железа была поглощена корнями, сернокислое железо добавляют к питательному раствору перед подачей или во время подачи его в поддоны. Поскольку железо не остается в растворе, оно не мешает проведению анализов в дальнейшем. Проф. Уоллес предложил снабжать растения железом путем внекорневой подкормки.

В этом случае растения поглощают достаточное количество железа листьями и оно не попадает в питательный раствор.

Наряду с количественным анализом можно делать грубую качественную пробу. Периодичность проведения анализа зависит от формы, в которой вносится железо. Для качественной пробы применяется метод с тиогликолевой кислотой. Он прост и позволяет определить сразу закисное и окисное железо.

Оборудование. Универсальный компаратор Ловибонда и два цилиндра к нему.

Диск APFE.

Чашка для выпаривания или стакан из стекла пирекс.

Мерный цилиндр с отметками на 30 и 10 мл.

Склянка на 125 мл с пипеткой (деления 1 мл) в пробке для водного раствора аммиака.

Склянка на 125 мл с пипеткой (деления 0,5 мл) в пробке для раствора лимонной кислоты.

Склянка на 125 мл из желтого стекла с капельной пипеткой в пробке для тиогликолевой кислоты.

Вместо перечисленных трех склянок можно использовать три склянки с притертыми пробками, капельную пипетку и пипетку на 1 мл с делением 0,5 мл.

Для качественной пробы вместо приведенной выше аппаратуры требуются две пробирки (2,5×17,5 см), пипетка на 2 мл и пипетка на 0,1 мл.

Если не используются склянки со вставленными в пробки пипетками, можно применить отдельные пипетки для каждого реактива, то есть пипетки на 0,5 мл для лимонной кислоты и пипетки на 1 мл для водного раствора аммиака.

Диск, предназначенный для работы с универсальным компаратором Ловибонда и двумя цилиндрами диаметром 4 см, позволяет охватить концентрации от 0,5 до 5 мг/л железа.

Реактивы. 1. Тиогликолевая кислота (реактивная).

2. Чистая для анализа разведенная лимонная кислота (20 г кислоты в 100 мл воды). Готовят свежий раствор через каждые два месяца.

3. 10%-ный (по весу) водный раствор чистого для анализа аммиака. Хранят плотно закупоренным.

Качественная проба. Наливают 50 мл отфильтрованного питательного раствора в стакан Несслера, добавляют 2 мл 20%-ной лимонной кислоты и 0,1 мл тиогликолевой кислоты. Смешивают и добавляют 2 мл 10%-ного раствора аммиака. Если через пять минут не появятся следы розового окрашивания при просматривании жидкости сверху вниз на фоне белой керамической плитки, значит, железа в растворе нет.

Если питательный раствор имеет другую присущую ему окраску, то рядом с пробиркой с раствором и реактивами нужно поставить пробирку с раствором без реактивов. Таким путем можно установить, действительно ли розовая окраска образовалась в растворе после обработки его реактивами.

Количественный анализ. Если качественная проба говорит о наличии железа, то его определяют количественно. Поскольку в 1 л питательного раствора редко содержится более 2 мг железа, необходимо сгустить раствор в три раза. При добавлении реактивов к концентрированному раствору получают окраски, которые соответствуют окраскам диска.

30 мл профильтрованного раствора переносят в чашку для выпаривания или в стакан из стекла пирекс и выпаривают до тех пор, пока не останется несколько меньше 10 мл. Остаток охлаждают, переносят в мерный цилиндр и доводят точно до 10 мл дистиллированной водой. Добавляют 0,5 мл разбавленной лимонной и каплю тиогликолевой кислоты. Содержимое цилиндра перемешивают, добавляют к нему 1 мл раствора аммиака и снова все перемешивают. Полученную жидкость выливают в цилиндр правого отделения компаратора.

Питательный раствор без реактивов наливают в цилиндр, находящийся в левом отделении компаратора, за цветными стандартами. Через пять минут после заполнения цилиндров сравнивают окраски. Результаты, выраженные в мг/л, следует разделить на степень сгущения исходного раствора (в нашем примере на три, потому что 30 мл исходного раствора были выпарены до 10 мл). Во всех случаях после выпаривания должно оставаться немногим менее 10 мл раствора.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРГАНЦА

Данный анализ очень прост, но верные результаты можно получить только после приобретения определенных навыков. Желательно пользоваться вытяжным шкафом, чтобы пары азотной кислоты не попадали в дыхательные органы лаборанта. Анализ можно вести и без вытяжного шкафа, но для этого требуется хорошо вентилируемая комната. Кроме того, нельзя наклоняться над колбами с азотной кислотой.

Оборудование. Универсальный компаратор Ловибонда с двумя цилиндрами.

Диск APMN, экран и держатель.

Широкогорлые конические колбы из стекла пирекс на 500 мл.

Градуированный цилиндр на 20 мл с отметкой 10 мл для отмеривания азотной кислоты и испытуемого раствора.

Склянка на 125 мл с пипеткой в притертой пробке для перекиси водорода или раздельно склянка и капельная пипетка.

Весы для навесок висмутовокислого натрия (1 г).

Желательно иметь отдельные мерные цилиндры для кислоты и растворов.

Диск, предназначенный для работы с универсальным компаратором Ловибонда и двумя цилиндрами, позволяет охватить концентрации от 1 до 5 мг/л Mn с интервалами 0,5 мг/л. С этим диском следует применять рассеивающий экран.

Реактивы. 1. Натрий висмутовокислый.

2. Азотная кислота.

3. Химическая чистая 20-объемная перекись водорода. Хранят в плотно закупоренной склянке в темноте.

Ход анализа. Наливают 20 мл профильтрованного раствора в широкогорлую колбу из стекла пирекс на 500 мл и выпаривают примерно до 3 мл. Горло колбы следует обернуть каким-либо теплоизоляционным материалом, чтобы можно было вращать колбу во время кипячения и таким образом не допустить ее перегрева и растрескивания. Прекратив нагревание, приливают в колбу 10 мл азотной кислоты и снова кипятят. Опять прекращают нагревание. Во время остывания колбы отвешивают 1 г висмутовокислого натрия и высыпают его на листок чистой бумаги. Держа в одной руке колбу, быстро высыпают в нее сразу весь порошок. Весь порошок должен попасть в жидкость. Если отдельные частицы порошка все же окажутся на стенках, их нужно смыть минимальным количеством дистиллированной воды, чтобы в колбе набралось не более 17—18 мл жидкости.

Колбу ставят на огонь и дают жидкости закипеть. Колбу надо все время вращать. Темная и мутная жидкость постепенно становится прозрачной. Медленно появляется соломенно-желтая окраска, которая переходит в отчетливую розовую окраску, напоминающую раствор перманганата калия. В этот момент колбу снимают с огня и быстро охлаждают под краном. Жидкость из колбы переливают в мерный цилиндр. Для ополаскивания колбы берут несколько миллилитров дистиллированной воды, которую выливают в мерный цилиндр. Объем жидкости доводят водой точно до 20 мл.

По 10 мл жидкости наливают в каждый цилиндр и ставят их в компаратор, в который заранее должны быть вставлены диск и экран. В левый цилиндр, находящийся за цветной шкалой, добавляют две капли перекиси водорода. Содержимое цилиндра перемешивают и, как только под действием перекиси исчезнет розовая окраска, ведут сравнение. Числа на диске означают содержание марганца в миллиграммах в 1 л исходного раствора.

При слишком длительном нагревании раствор обесцвечивается. Если это случится, можно восстановить окраску, добавив висмутовокислого натрия и осторожно повторив кипячение.

При содержании марганца менее 1 мг/л берут, например, 40 мл раствора, выпаривают его и доводят до 20 мл. Результат делят на два.

Примечания. Цилиндры компаратора следует мыть сразу же после анализа и не оставлять их с азотной кислотой. Марганец необходимо определять в питательных растворах еженедельно.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БОРА

Бор — важный микроэлемент питательной смеси, однако до сих пор еще нет несложного и точного метода его определения. Здесь рекомендуется хинализариновый метод, но ряд помех ограничивает его точность. Все же он позволяет следить за содержанием бора в питательных растворах. Точность равна ±1,5 мг в 1 л раствора, содержащего до 5 мг бора. Самое большое затруднение этого метода заключается в том, что стеклянная посуда, в которой ведут анализ, содержит много бора. Количество бора, извлекаемого из стекла, зависит от срока, температуры хранения реактива и других условий.

Аналитики пришли к выводу, что вести анализ со стандартной стеклянной цветной шкалой нецелесообразно. Если каждый раз готовить свежие образцовые растворы, применяя те же реактивы, что и при подготовке испытуемого раствора, можно получить достаточно точные данные, потому что образцовые и испытуемые растворы будут в одинаковой степени загрязнены бором.

Для кипячения следует использовать кварцевые стаканы, так как из стекла обычных стаканов извлекается бор. Остальную стеклянную посуду надо специально подготовить и в дальнейшем применять только для определения бора. Перед началом анализа реактивные склянки, пробирки и пипетки моют, а затем кипятят в разведенной в 10 раз концентрированной соляной кислоте. Оставляют посуду в этой кислоте на 48 часов и затем хорошо моют простой водой и споласкивают дистиллированной водой. После каждого определения бора тщательно моют посуду дистиллированной водой.

Оборудование. Штатив с семью черными пробирками (7×1 см) с прозрачным дном для образцовых растворов. Одна такая же пробирка для испытуемого раствора. По одной резиновой пробке для каждой пробирки.

Склянка на 125 мл с пипеткой (деления 2 мл) в пробке для серной кислоты.

Склянка на 125 мл из желтого стекла с пипеткой (деления 0,1 мл) в пробке для раствора хинализарина.

Можно пользоваться пипеткой на 2 мл с шаровым расширением и резиновой грушей и обычной склянкой с серной кислотой. Для

раствора хинализарина можно взять склянку из желтого стекла с притертой пробкой, а отмерять раствор пипеткой на 0,1 мл с резиновой грушей.

Кварцевый стакан на 250 мл.

Покрытая внутри парафином склянка на 500 мл для основного образцового раствора бора.

Покрытая внутри парафином склянка на 500 мл для питательного раствора, не содержащего бора.

Пипетка на 1 мл с делениями 0,5 мл, которую следует очень тщательно мыть после применения.

Желательно иметь запасные черные пробирки, чтобы одновременно анализировать несколько проб. Запасные кварцевые стаканы позволяют одновременно определять бор в растворах с различной его концентрацией.

Пипетка цилиндрическая на 0,5 мл раствора без бора.

Пипетка на 0,5 мл для испытуемого раствора.

Пипетка на 1 мл с делением 0,5 мл для приготовления рабочих образцовых растворов.

Пипетка на 1 мл для разведения раствора в 25 раз.

Реактивы. 1. Серная кислота 98%-ная чистая для анализа.

2. Хинализарин (1, 2, 5, 8-тетрагидроксиантрахинон). 0,01 г хинализарина растворяют в 100 мл 93%-ной чистой для анализа серной кислоты. Чтобы получить 93%-ную кислоту, к 7 мл дистиллированной воды медленно добавляют 50,5 мл 98%-ной кислоты. Раствор хинализарина держат в склянке из цветного стекла.

3. Сернокислый гидразин чистый для анализа.

Основной образцовый раствор должен содержать 400 мг бора в 1 л. Растворяют 2,286 г чистой для анализа борной кислоты в 1 л дистиллированной воды. Хранят в склянке, покрытой внутри парафином.

Контрольный питательный раствор без бора готовят, как указано на странице 292. К нему добавляют сернокислый гидразин из расчета 1 г на 50 мл раствора. Смесь кипятят одну минуту в кварцевой или другой не содержащей бора посуде. Раствор готовят в таком количестве, чтобы его хватило на много определений, и хранят в склянке, покрытой внутри парафином. Если сгущают испытуемый раствор, то аналогичным образом одновременно сгущают и контрольный раствор.

Рабочие образцовые растворы. В штатив ставят семь черных пробирок и нумеруют их от 1 до 7. Первую пробирку оставляют пустой, а в остальные пробирки наливают по 0,5 мл контрольного питательного раствора без бора. Разводят основной образцовый раствор бора в 25 раз, то есть на 1 мл этого раствора берут 24 мл контрольного

питательного раствора без бора. Разведенный раствор (1 : 25) содержит 16 мг B в 1 л.

Точно 1 мл разведенного раствора переносят в пробирку № 1. Берут из нее пипеткой 0,5 мл жидкости и переносят в пробирку № 2, засасывая и выдувая жидкость один-два раза, чтобы обеспечить хорошее перемешивание. Затем набирают 0,5 мл жидкости из пробирки № 2 и выливают в третью пробирку. Смешивание продолжают последовательно до шестой пробирки. 0,5 мл жидкости из шестой пробирки выбрасывают. В пробирку № 7 раствора бора не добавляют. Теперь в пробирках находится бор в следующих концентрациях: 16, 8, 4, 2, 1, 0,5 и 0 мг/л.

Испытуемый раствор. 50 мл профильтрованного раствора кипятят одну минуту в кварцевом стакане с 1 г сернокислого гидразина, чтобы восстановить все нитраты до нитритов. Если бора очень мало в растворе, его нужно сгустить во время кипячения. Например, желая сгустить раствор вдвое, кипячение продолжают до тех пор, пока не останется меньше половины взятого объема. После охлаждения раствор доводят в мерном цилиндре дистиллированной водой точно до половины взятого объема. Полученные результаты нужно разделить в этом случае на два. По 0,5 мл каждого испытуемого раствора переносят в черные пробирки, находящиеся в штативе.

Ход анализа. В каждую пробирку с образцовым, а также испытуемым раствором медленно приливают по 2 мл серной кислоты. Пробирки осторожно встряхивают. Затем добавляют в каждую пробирку по 0,1 мл хинализаринового реактива. Закрывают пробирки резиновыми пробками или пальцем с надетым на него резиновым чехлом и переворачивают их трижды, чтобы хорошо смешать все реактивы. Нельзя встряхивать пробирки, так как это вызовет образование пузырьков. Через 20 минут затем сравнивают испытуемые растворы с образцовыми. Пробирки с образцовыми растворами размещают в штативе так, чтобы между ними оставалось по одному свободному месту, на которое по очереди ставят пробирки с испытуемым раствором до совпадения окрасок. Если нужно, отсчеты интерполируют.

Примечания. Серную кислоту всегда медленно и осторожно приливают к воде, а не наоборот. Получаемый раствор все время перемешивают и, если нужно, дают ему остыть. Кислота, соединяясь с водой, выделяет много тепла и может вызвать кипение.

Серную кислоту и хинализариновый реактив держат плотно закупоренными, так как они быстро поглощают влагу из воздуха. Сернокислый гидразин вводят для восстановления нитратов до нитритов, так как нитраты мешают анализу.

Бор определяют в питательных растворах ежемесячно.

Существуют специальные наборы оборудования и реактивов для проведения анализов, описанных в данном разделе. Все приборы и материалы вмещаются в портативные ящики или сумки. Они предназначены для работы в полевых условиях, если в хозяйстве нет центральной лаборатории. Они очень красиво оформлены и максимально портативны.

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГИДРОПОННЫХ ХОЗЯЙСТВАХ АРМИИ США

Растения поглощают воду и минеральные элементы питания не в тех соотношениях, в которых они находятся в питательных смесях. Относительное поглощение тех или иных элементов зависит от окружающих условий: температуры, относительной влажности воздуха, интенсивности света, природы растения, фазы его развития. Следовательно, состав питательного раствора непрерывно меняется. Кроме того, возрастает общая концентрация солей, потому что растения быстрее поглощают воду, нежели питательные соли. В результате взаимодействия субстрата с анионами и катионами раствора меняется также и концентрация водородных ионов, или pH.

Воду, испаряемую субстратом и растениями, легко возместить, но, прежде чем возместить израсходованные элементы питания, необходимо определить, сколько их израсходовано. Нужно систематически проверять концентрацию водородных ионов и доводить ее до оптимального уровня добавлением кислоты или щелочи. Эти анализы ведут регулярно. Одновременно записывают результаты определений и добавленное количество питательных солей.

Помимо определения расходуемых элементов, следует иногда проверять растворы на накопление сопутствующих не используемых растениями ионов, например натрия, SO_4, хлора, или токсичных элементов, например меди или цинка. Нарушения нормального роста растений могут быть вызваны недостатком или избытком некоторых элементов в питательном растворе или неспособностью растений поглощать эти элементы.

При пожелтении листьев (хлороз), карликовом росте, появлении коричневых или некротичных пятен на листьях или других нарушениях, которые нельзя объяснить болезнями или путем анализа питательного

раствора, необходимо подвергнуть анализу ткани растения на наличие в них различных элементов питания. Для целей диагностики очень полезна крахмальная проба листьев в тех случаях, когда есть предположения на недостаток или избыток основных элементов питания, например азота или фосфора.

Ниже описаны методы анализа, позволяющие следить за изменениями состава питательного раствора. Если лаборант не знаком с этими методами, он должен предварительно анализировать контрольный раствор, чтобы научиться быстро и правильно вести весь анализ.

Определение pH. Индикаторы. *1) Метилрот.* Отвешивают 60 мг метилрота, растворяют в 4,5 мл 0,05 н NaOH и доводят до 200 мл 95%-ным спиртом.

2) Бромтимолблау (дибромтимолсульфофталеин). 0,1 г бромтимолблау растворяют в 8 мл 0,02 н NaOH и доводят до 250 мл дистиллированной водой.

Ход анализа. Наливают по 10 мл питательного раствора в две пробирки Несслера. Добавляют 0,5 мл метилрота в одну пробирку и 0,5 мл бромтимолблау — в другую. Ставят обе пробирки в компаратор и записывают показания. Каждый индикатор изменяет окраску только в определенном интервале pH.

Определение нитратного азота. Колориметрический метод основан на реакции нитратов питательного раствора с дисульфофеноловой кислотой. При добавлении концентрированного раствора едкого калия образуется трехкалиевая соль дисульфонитрофеноловой кислоты. Эта соль имеет ярко-желтую окраску, интенсивность которой пропорциональна количеству нитратного азота в анализируемом растворе.

Реактивы. *1) Дисульфофеноловая кислота.* Растворяют 25 г чистого белого фенола в 150 мл чистой концентрированной серной кислоты. Добавляют 75 мл дымящей серной кислоты (15% свободного SO_3), хорошо перемешивают и выдерживают в течение двух часов при температуре около 100°.

2) Едкий калий. Готовят приблизительно 12 н раствор. Для этого 672 г едкого калия растворяют примерно в 500 мл дистиллированной воды, охлаждают и доводят до 1 л.

3) Перманганат калия. Примерно 0,2 н раствор готовят путем растворения 6,3 г перманганата калия в дистиллированной воде. Объем раствора доводят до 1 л. Хранят в склянке из темного стекла.

Ход анализа. Наливают пипеткой 1 мл питательного раствора в пробирку для прокаливания из стекла пирекс. Каплями добавляют 0,2 н перманганат калия до появления устойчивой розовой окраски и выпаривают досуха на бане при 150°. Приливают 2 мл дисульфофеноловой кислоты к сухому остатку и вращают пробирку до *полного* растворения осадка. Добавляют 3 мл дистиллированной воды и перемешивают. Медленно при встряхивании вливают в пробирку 12 н едкий калий, до тех пор пока не прекратится образование желтой окраски.

Предостережение. Реакция протекает очень бурно, с выделением большого количества тепла, если раствор едкого калия приливают быстро. Раствор оставляют, чтобы он принял комнатную температуру. Фильтруют содержимое пробирки через бумагу ватман № 40 или 42. Небольшими порциями дистиллированной воды споласкивают пробирку и промывают осадок сернокислого калия на фильтре до исчезновения желтой окраски. Доводят объем фильтрата до 50 мл, перемешивают путем перевертывания и сравнивают окраску в компараторе.

Определение аммиачного азота. При добавлении к раствору гуммиарабика образуется окрашенный коллоидный комплекс, сохраняющий прозрачность. Растворы, содержащие свыше 64 мг/л NH_4, мутнеют, поэтому их следует развести перед анализом.

Реактивы. *1) Реактив Несслера.* Растворяют 72 г чистого для анализа NaOH в 450 мл воды. Горячий раствор охлаждают. Добавляют 25 г йодистой ртути (HgJ). Доводят объем до 500 мл водой. Хорошо смешивают и дают отстояться в течение двух суток. Используют только жидкость над осадком.

2) Защитный коллоид. 10 г гуммиарабика всыпают в 190 мл дистиллированной воды и размешивают до полного растворения. Добавляют 4 г порошка пермутита и дают постоять 10 минут, периодически взбалтывая жидкость. Сливают декантацией слегка мутную жидкость и пользуются ею. Оставшийся в колбе пермутит выбрасывают. В жидкость бросают кристаллик тимола, чтобы предотвратить рост грибов и бактерий.

Ход анализа. Наливают 25 мл питательного раствора в пробирку Несслера, добавляют 2,5 мл раствора гуммиарабика. Доводят до метки 50 мл дистиллированной водой. Добавляют 2 мл реактива Несслера, приблизительно по 0,7 мл за один раз. При каждом добавлении реактива Несслера переворачивают пробирку. После двухминутного стояния раствор колориметрируют.

Определение калия. Ионы калия реагируют с дипикриламином [2 ,4, 6 $(NO_2)_3(C_6H_2)NH$], и образуется нерастворимая в воде калийная соль. Часть нефильтрованного питательного раствора обрабатывают окисью магния, чтобы связать аммиак и фосфаты и отфильтровать их соединения с магнием. Точно отмеренное количество фильтрата выпаривают досуха на бане и остаток обрабатывают известным количеством дипикриламината лития. После двухчасового отстаивания при температуре 25—35° осторожно берут непрореагировавший дипикриламинат лития, переносят его в стандартную пробирку, доливают водой до метки, а затем сравнивают окраски в компараторе.

Реактивы. *1) Окись магния* химически чистая.

2) Литий углекислый химически чистый или чистый для анализа.

3) Дипикриламин.

4) Дипикриламинат лития. 0,6%-ный водный раствор дипикриламината лития насыщают дипикриламинатом калия.

0,55 г углекислого лития растворяют в 100 мл воды и добавляют 3 г дипикриламина. Раствор нагревают до 50°, оставляют на сутки, затем фильтруют в мерную колбу на 500 мл и доводят водой до метки. Этот разведенный реактив снова нагревают до 50° и добавляют влажный дипикриламинат калия до тех пор, пока он растворяется. Насыщенный раствор постепенно принимает комнатную температуру. Образовавшиеся на дне кристаллы не отфильтровывают. Дипикриламинат калия готовят путем добавления нескольких миллилитров 3%-ного дипикриламина приблизительно к 10 мл 1%-ного хлористого или сернокислого калия. Образовавшийся осадок промывают несколько раз дистиллированной водой и отделяют на центрифуге.

Ход анализа. 10 мл нефильтрованного питательного раствора переносят в пробирку и добавляют окись магния на кончике ножа (приблизительно 0,25 г). Ставят пробирку в горячую баню примерно на 45 минут, затем фильтруют через бумагу ватман № 42 и фильтрат доводят до 10 мл дистиллированной водой. 1 мл полученного фильтрата переносят в пробирку на 15 мл, используемую в центрифуге. Пробирку ставят в горячую баню и выпаривают ее содержимое досуха. Охладив пробирку до комнатной температуры, добавляют в нее из пипетки Оствальда 1 мл свежеотфильтрованного дипикриламината лития.

Путем осторожного встряхивания смачивают весь сухой остаток. Пробирку оставляют примерно на два часа при комнатной температуре. После центрифугирования осторожно берут 0,2 мл раствора, покрывающего осадок, и переносят в пробирку Несслера на 50 мл. В пробирку Несслера доливают дистиллированную воду до метки и через полчаса сравнивают окраску в компараторе со стандартами. Показания прибора соответствуют миллиграммам калия в 1 л раствора.

Предостережение. Дипикриламинат лития вызывает нарывы. Работать с ним нужно очень осторожно, следя за тем, чтобы он не попал на кожу.

Определение фосфора. Неорганический фосфор, реагируя с молибденово-сернокислым реактивом, образует фосфомолибдат, который восстанавливается аминонафтолсульфоновой кислотой и образует коллоидные окиси молибдена, окрашивающие жидкость в синий цвет.

Реактивы. *1) Молибденово-сернокислый реактив.* 25 г молибденовокислого аммония растворяют в 200 мл воды. В мерную колбу на 1 л наливают 300 мл 10 н серной кислоты, добавляют в колбу раствор молибденовокислого аммония, доводят до метки водой и хорошо перемешивают. Для получения 10 н серной кислоты 225 мл концентрированной серной кислоты приливают к 650 мл дистиллированной воды.

2) 0,32 н соляная кислота. Приливают 27 мл концентрированной соляной кислоты к 500 мл дистиллированной воды в литровой мерной колбе, доводят водой до метки и перемешивают.

3) 1, 2, 4-аминонафтолсульфокислотный реактив. Растворяют 30 г бисульфита натрия ($NaHSO_3$) и 1 г сернистокислого натрия ($Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$) или 0,5 г безводного Na_2SO_3 в 200 мл воды. Добавляют 0,5 г 1, 2, 4-аминонафтолсульфокислоты и хорошо перемешивают. Хранят в склянке из темного стекла. Каждый месяц нужно готовить свежий реактив. На дне образуется осадок, но фильтровать реактив не нужно, если его набирают осторожно, не взмучивая осадок.

Ход анализа. Отмеряют пипеткой 1 мл профильтрованного питательного раствора в пробирку Несслера на 50 мл и добавляют 7,6 мл 0,32 н соляной кислоты. После хорошего перемешивания в пробирку вливают 1 мл молибденово-сернокислого реактива и 0,4 мл 1, 2, 4-аминонафтолсульфокислотного реактива. Содержимое пробирки хорошо смешивают и оставляют на 10 минут. Сравнивают в компараторе со стандартами. Отсчеты получают в миллиграммах фосфора в 1 л растворе.

Определение магния основано на реакции ионов магния в щелочной среде с титановой желтой краской. Покраснение раствора в результате реакции прямо пропорционально концентрации магния в растворе. Только кальций может нарушить ход реакции, поэтому его предварительно осаждают в виде щавелевокислой соли.

Реактивы. *1) 0,05%-ный водный раствор желтой титановой краски.* 50 мг желтого титана растворяют в 100 мл дистиллированной воды. В темном месте раствор сохраняется две недели.

2) 16%-ный едкий натрий. 16 г NaOH отвешивают в стеклянной посуде и растворяют в 100 мл дистиллированной воды. В плотно закрытой склянке реактив хранится очень долго.

Ход анализа. Пипеткой переносят 1 мл профильтрованного питательного раствора в пробирку Несслера на 50 мл и добавляют 6 мл дистиллированной воды. После перемешивания в пробирку вливают 1 мл раствора желтой титановой краски и 2 мл 16%-ного едкого натрия. Пробирку закрывают пробкой. Переворачивая пробирку, достигают хорошего перемешивания ее содержимого. Окрасившийся раствор сравнивают в компараторе со стандартными на магний. Отсчеты соответствуют миллиграммам магния в 1 л раствора.

Если окрашенные частицы начинают осаждаться, добавляют около $^1/_4$ мл глицерина. При определении кальция важно знать, какое количество магния присутствует в виде углекислой соли. Желаемый результат можно получить, умножив количество миллиграммов в 1 л раствора

магния на 3,46. Например, анализ показал, что содержание магния равно 24 мг/л, следовательно, раствор содержит $24 \times 3{,}46 = 83{,}04$ мг/л углекислого магния.

Определение кальция ведут титрованием, которое показывает общую жесткость раствора. Метод не отличается большой точностью, но он позволяет быстро определить количество кальция путем вычитания из общей жесткости раствора количества магния, установленного отдельным анализом. Титрованный мыльный раствор добавляют к образцу воды до тех пор, пока не выпадут в осадок нерастворимые соли кальция и магния. После этого пять минут или дольше сохраняется мыльная пена. Начало образования устойчивой пены является конечной точкой титрования.

Реактивы. *Титрованный мыльный раствор.* Основной раствор получают путем растворения 100 г чистого порошка, изготовленного на оливковом масле мыла (марсельское мыло) в литре 80%-ного этилового спирта. Смесь оставляют на ночь, а утром жидкость декантируют. Этот раствор приблизительно в 10 раз крепче разведенного стандартного мыльного раствора. Часть основного мыльного раствора разбавляют 80%-ным спиртом так, чтобы на титрование 1 мл этого раствора расходовался 1 мл титрованного раствора $CaCl_2$ (эквивалентное количество $CaCO_3$ равно 1 мг).

Для приготовления титрованного раствора $CaCl_2$ берут 0,5 г чистого $CaCO_3$, растворяют его в разведенной соляной кислоте и доводят до 500 мл дистиллированной свободной от углекислого газа водой. Следует внести поправку на пенистость мыльного раствора. Ее можно определить как количество титрованного мыльного раствора, необходимого для образования пены, сохраняющейся пять минут или дольше, в равном объеме дистиллированной воды. 1 мл титрованного раствора после вычета поправки на образование пены соответствует 1 мг $CaCO_3$.

Ход анализа. 1. 25 мл питательного раствора переносят в склянку на 250 мл со стеклянной пробкой и добавляют в склянку 25 мл дистиллированной воды. Титруют мыльным раствором, сильно встряхивая склянку после каждого добавления раствора. Титрование считают законченным, когда образуется пена, сохраняющаяся в положенной на бок склянке в течение пяти минут.

2. Из последнего отсчета на бюретке вычитают поправку на пенистость, результат умножают на 40 и получают общую жесткость, выраженную в миллиграммах карбонатов кальция и магния в 1 л растворе. Количество миллиграммов магния, которое установили в отдельном анализе, множат на 3,46 для перевода на $MgCO_3$. Если 1 мл титрованного мыльного раствора эквивалентен 1 мг $CaCO_3$, значит он эквивалентен также 1,2 мг $MgCO_3$ в 1 л питательного раствора. Следовательно, количество миллиграммов $MgCO_3$, разделенное на 1,2, составит миллилитры титрованного мыльного раствора, которые нужно вычесть из последнего умноженного на 40 отсчета на бюретке. Умножив последнее число на 0,4, узнаем содержание кальция в литре раствора.

Пример. На титрование 25 мл питательного раствора пошло 12,4 мл мыльного раствора. Поправка на пенистость этого раствора равна 0,4 мл. 12,4—0,4=12,0. Умножив 12,0 на 40, получим 480 мл мыльного раствора на литр, или 480 мг карбонатов кальция и магния в литре раствора. Анализ на магний показал, что в растворе содержится 20 мг/л магния или $20 \times 3{,}46 = 69{,}2$ мг/л $MgCO_3$. 1 мл мыльного раствора эквивалентен 1,2 мг/л $MgCO_3$, следовательно, $69{,}2 : 1{,}2 = 57{,}5$ мл, которые нужно вычесть, как поправку на магний. 480—57,5=422,5 мл. Умножив 422,5 на 0,4, получим 169 мг кальция в литре раствора.

Определение сульфатов. Профильтрованную пробу питательного раствора без предварительной обработки титруют раствором хлористого бария. Ионы бария реагируют с ионами SO_4 и образуют нерастворимый осадок сернокислого бария. В качестве индикатора применяют смесь хлористого калия с двухнатриевой солью тетрагидроксихинона. В присутствии свободных, то есть не прореагировавших с ионами SO_4, ионов бария индикатор меняет желтую окраску на красно-оранжевую. Изменение окраски служит показателем конца титрования. Другими словами, после того как все ионы SO_4 питательного раствора прореагируют с барием и образуют нерастворимый осадок сернокислого бария, первая капля избытка хлористого бария изменит цвет индикатора.

Реактивы. *1) 0,025 н хлористый барий.* 3,053 г хлористого бария ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$) растворяют в дистиллированной воде и доводят до 1 л.

2) 95%-ный этиловый спирт.

3) Азотнокислое серебро. Реактив № 1 для определения хлоридов.

4) Индикатор — сухая смесь хлористого калия с двухнатриевой солью тетрагидроксихинона. Ее вносят в титруемый раствор металлической ложечкой в количестве 0,20—0,22 г.

Ход анализа. 1. Наливают 5 мл питательного раствора в коническую колбу на 125 мл. Добавляют 20 мл дистиллированной воды и 25 мл 95%-ного спирта. Раствор должен постепенно принять комнатную температуру. Если pH питательного раствора выше 7, его следует подкислить несколькими каплями разведенной соляной кислоты, добавить индикатора и проверить реакцию в компараторе. Наполняют бюретку титрованным раствором хлористого бария. Добавляют приблизительно 0,2 г сухого индикатора в колбу с питательным раствором. Вливают в нее около 0,5 мл титрованного раствора бария из бюретки и добавляют 0,5 мл титрованного раствора азотнокислого серебра, используемого при определении хлоридов. Азотнокислое серебро облегчает установление конечной точки титрования. Хлористый барий прибавляют по капле, качая колбу до тех пор, пока не появится красно-

оранжевая окраска. Резкая перемена окраски позволяет легко заметить конец титрования.

2. Количество миллиграммов сульфатных ионов в литре раствора вычисляют следующим образом. Из полученного результата вычитают поправку на фосфатные ионы питательного раствора, определяемые контрольным титрованием. Установлено, что в среднем 0,15 мг хлористого бария эквивалентны 16—60 мг фосфора в 1 л раствора. Содержание фосфора в большинстве питательных растворов обычно не превышает указанных интервалов. Вычтя из количества миллилитров хлористого бария 0,15 мл, связанных фосфором, и умножив полученную разность на 240, получим количество миллиграммов SO_4 в 1 л раствора, если определение велось в образце объемом 5 мл.

Определение хлоридов. Ионы хлора осаждают титрованным азотнокислым серебром, которое добавляют к питательному раствору с *избытком*. Непрореагировавшее азотнокислое серебро титруют тиоцианатом аммония или калия, используя в качестве индикатора сухие железоаммониевые квасцы. Для удобства титры азотнокислого серебра и тиоцианата делают одинаковыми. В этом случае разность между количеством миллилитров прилитого к раствору азотнокислого серебра и количеством миллилитров тиоцианата, пошедшего на титрование избытка серебра, дает точный объем раствора азотнокислого серебра, затраченного на образование нерастворимого хлористого серебра.

Реактивы. *1) Титрованный раствор азотнокислого серебра.* 4,791 г азотнокислого серебра растворяют в 1 л дистиллированной воды. Хорошо смешивают и хранят в склянке из темного стекла. 1 мл этого раствора соответствует 1 мг хлоридов.

2) Титрованный раствор тиоцианата калия или аммония. 3 г KCNS или 2,5 г NH_4CNS растворяют в 1 л дистиллированной воды. Этим раствором титруют 10 мл раствора азотнокислого серебра, добавив к нему около 0,3 г сухих железоаммониевых квасцов в качестве индикатора. Титр тиоцианата калия или аммония доводят точно до титра азотнокислого серебра.

3) Железоаммониевые квасцы (сухой порошок).

4) Азотная кислота концентрированная.

Ход анализа. Наливают пипеткой 10 мл профильтрованного питательного раствора в фарфоровую чашку. Добавляют 5 мл титрованного раствора азотнокислого серебра и хорошо перемешивают. Затем приливают около 5 мл концентрированной азотной кислоты, перемешивают и дают постоять по крайней мере пять минут для образования хлопьевидного осадка хлористого серебра. Нельзя добавлять одновременно азотнокислое серебро и азотную кислоту, потому что хлопья осадка могут препятствовать реакции с азотнокислым серебром и таким образом будет получен неверный результат. Шпателем добавляют около

0,3 г железоаммониевых квасцов и титруют избыток азотнокислого серебра раствором тиоцианата калия или аммония. Титрование заканчивают, когда оранжево-красный (не желтый) цвет тиоцианата железа удерживается в растворе по крайней мере десять секунд, несмотря на помешивание раствора.

Вычисление. Если из количества миллилитров азотнокислого серебра вычесть количество миллилитров тиоцианата калия или аммония, то получим миллилитры азотнокислого серебра, затраченного на осаждение ионов хлора. Титр азотнокислого серебра установлен так, что 1 мл его соответствует 1 мг хлора. Умножив полученную разность на соответствующий коэффициент, получим количество миллиграммов хлора в 1 л раствора.

Определение железа. Все закисное железо переводят в окисное и удерживают в растворе при помощи концентрированной азотной кислоты. При добавлении тиоцианата к охлажденному азотнокислому раствору окисного железа появляется розовая окраска. Интенсивность окраски прямо пропорциональна количеству окисного железа в растворе.

Реактивы. *1) 6 н азотная кислота.* 382 мл концентрированной азотной кислоты (удельный вес 1,42) доводят до 1 л дистиллированной водой.

2) 0,2 н перманганат калия. Готовить так же, как реактив 3 для определения нитратного азота.

3) Тиоцианат калия или аммония. Растворяют 2 г соли в дистиллированной воде и доводят до 100 мл. Хранят в склянке из темного стекла.

Ход анализа. Наливают 50 мл питательного раствора в коническую колбу на 125 мл, добавляют 5 мл 6 н азотной кислоты и несколько стеклянных бусинок. Кипятят десять минут и добавляют три капли 0,2 н перманганата калия. Появляющаяся розовая окраска должна сохраняться примерно пять минут. Принявший комнатную температуру раствор осторожно переливают в пробирку Несслера на 50 мл. Колбу ополаскивают небольшими порциями дистиллированной воды. Объем раствора доводят точно до метки 50 мл, приливают 5 мл тиоцианата калия и хорошо перемешивают содержимое пробирки путем переворачивания ее. Интенсивность окраски устанавливают в компараторе.

Определение меди. Органическое соединение диэтилдитиокарбамат натрия, взаимодействуя с медью, окрашивает раствор в коричневый цвет. При анализе питательного раствора только железо может помешать появлению окраски, поэтому его осаждают аммиаком и отфильтровывают.

Реактивы. *1) Диэтилдитиокарбамат натрия.* Растворяют 1 г соли в 1 л дистиллированной воды. Хранят в склянке из темного стекла в темном месте. Раствор сохраняется примерно шесть месяцев.

2) *Раствор аммиака.* Разводят одну часть химически чистой гидроокиси аммония (удельный вес 0,9) в пяти частях дистиллированной воды.

Ход анализа. Наливают 40 мл испытуемого раствора в пробирку Несслера на 50 мл, добавляют 5 мл раствора аммиака и фильтруют, если образуется осадок. К полученной жидкости добавляют 5 мл диэтилдитиокарбамата натрия. Не позже чем через час окраску сравнивают в компараторе с постоянными стандартами. В растворах, содержащих не более 3 мг/л железа, никакой мути не бывает. Обычные питательные растворы не приходится фильтровать после добавления раствора аммиака.

●

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГИДРОПОННЫХ ХОЗЯЙСТВАХ АРМИИ США

Химический анализ раствора, взятого из приемного резервуара, говорит лишь о составе этого раствора. Повреждение корней и низкая температура субстрата могут понизить поглощающую способность корней, а у некоторых растений — способность усваивать нитраты. Известковый субстрат или субстрат, содержащий некоторые виды железных руд, может осадить фосфаты. В указанных условиях нарушается нормальное поглощение элементов питания, даже если раствор в приемном резервуаре имеет заданный состав.

Анализ листьев и стеблей растения может дополнить анализ вытекающего из поддона питательного раствора и данные визуальных наблюдений за растениями. К анализу растительных тканей целесообразно прибегать к первую очередь в том случае, если требуется выяснить причины нарушения питания растений. Гидропонисты должны знать состав здоровых растений, чтобы сравнивать с ним состав больных растений или растений с признаками недостатка того или иного элемента питания.

Химический анализ позволяет определить содержание всех микро- и макроэлементов питания в растении. Для этого ткани измельчают, экстрагируют водой или уксусной кислотой, а полученную вытяжку анализируют. Однако определение лишь некоторых макроэлементов дает полезные для диагностики сведения. Наиболее важны анализы на содержание нитратов и фосфора.

Крахмал является запасной формой углеводов, которая должна всегда присутствовать в листьях помидоров. В листьях других культур крахмала накапливается мало, а в листьях моркови и лука его не бывает

совсем. Обычно при интенсивном фотосинтезе листья к вечеру бывают богаче крахмалом, чем утром. Запасы крахмала уменьшаются под влиянием таких факторов, как чрезмерно высокая температура, особенно ночью, пасмурная погода или избыточное накопление азота. Крахмальная проба представляет ценность только для опытного работника, который постоянно определяет крахмал в ряде растений в различных условиях и знает, каким должно быть содержание крахмала у здоровых растений.

В вытяжке из растений по одинаковой методике можно определять разные питательные вещества. Нет нужды измерять pH вытяжки, так как он варьирует в пределах нескольких десятых единицы даже при больших колебаниях pH питательного раствора.

Определение недостатка микроэлементов. В общем, недостаток всех микроэлементов, кроме бора, проявляется в виде хлороза листьев. Очень часто признаки хлороза исчезают при внекорневой подкормке листьев солью, содержащей дефицитный элемент. При появлении признаков недостатка какого-либо микроэлемента обрабатывают несколько листьев 0,01—0,1%-ным раствором сернокислой или хлористой соли этого элемента. Если раствор скатывается с листьев каплями, можно добавить к нему некоторое количество смачивающего агента, который понижает поверхностное натяжение. Влияние внекорневой обработки листьев сказывается через несколько дней.

Определение нитратного азота. Нитратные ионы, взаимодействуя с дифениламином в присутствии сильной кислоты, быстро окрашивают раствор в разные цвета — от темно-синего до пурпурного, но через несколько минут раствор начинает обесцвечиваться. Дифениламин — очень едкий реактив, и поэтому он не должен попадать на руки, одежду или растения. Так как проба отличается высокой чувствительностью, вся стеклянная посуда и приборы должны быть очень чистыми. Если растение с недостатком нитратного азота надрезают ножом, который был использован для надрезания нормального растения, то остатков сока от первого растения будет достаточно, чтобы дать положительную реакцию на нитраты у второго растения.

Реактив быстро разрушается при высокой температуре и в лучах прямого солнечного света. Его следует хранить в темной капельнице и выбрасывать, как только он становится темно-коричневым или начинает давать положительную реакцию в холостом опыте с дистиллированной водой.

Реактив. 1 г дифениламина растворяют в 100 мл концентрированной серной кислоты.

Ход анализа. *1-й вариант.* Берут ткань из средней части растений помидоров, огурцов или перца. У редиса и салата анализируют листья. Чистым лезвием ножа выдавливают каплю сока из черешка или

пластинки листа на предметное стекло или на фарфоровую пластинку и добавляют три капли дифениламина.

2-й вариант. Надрезают черешок по диагонали и наносят каплю реактива на срез.

Интерпретация. Сок нормального растения окрашивается в темно-синий или почти черный цвет. Бледно-голубая или зеленая окраска сока указывает на низкое содержание нитратов. Коричневый или коричнево-черный цвет говорит об отсутствии нитратов. Если трудно установить окраску (темно-синяя или коричнево-черная), добавляют несколько капель чистой концентрированной серной кислоты к другой пробе. Почернение сока происходит в результате обугливания органического вещества серной кислотой и указывает на отсутствие нитратов.

Определение фосфатов. Неорганический фосфор определяют в кислотной вытяжке из растительных тканей.

Реактивы те же, что и для анализа питательного раствора.

Ход анализа. 5 г ткани листовых черешков, взятых из средней части растений помидоров, огурцов и перца, или 5 г листовых пластинок салата и редиса режут мелкими кусочками, растирают стеклянной палочкой и экстрагируют 25 мл 0,32 н соляной кислоты. В прозрачном растворе после центрифугирования фосфор определяют, как описано на странице 296.

Определение крахмала. Йод реагирует с зернами запасного крахмала в клетках листьев и окрашивает их в темно-синий или пурпурный цвет.

Реактивы.

1) Метиловый, этиловый или изопропиловый спирт.

2) Йодный раствор. 1,5 г йодистого калия растворяют в 100 мл воды, добавляют 0,3 г кристаллического йода и размешивают до растворения.

Ход анализа. У помидоров, огурцов и перца берут верхние только что достигшие полного развития листья, у редиса и салата берут верхние еще не достигшие полного развития листья. Экстрагируют бо́льшую часть хлорофилла путем кипячения листьев в спирте. Если за несколько минут кипячения хлорофилл не извлекается полностью, листья надо ошпарить кипящей водой, а затем подвергнуть экстракции спиртом. Обесцвеченные листья переносят в йодный раствор. Крахмальные зерна окрашиваются очень быстро.

Интерпретация. Окрашивание в темно-синий или пурпурный цвет свидетельствует о больших запасах крахмала. Коричневый и светлый рыжевато-коричневый цвет говорят об отсутствии крахмала.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ (МЕТОД УИНКЛЕРА)

Нитраты, мешающие анализу, устраняют путем добавления азида натрия. Если растворы содержат много железа или некоторых органических соединений, метод Уинклера неприменим.

В присутствии щелочной смеси едкого калия и йодистого калия растворенный кислород вступает в реакцию с сернокислым марганцем и образует коричневый осадок основной окиси марганца. После добавления кислоты осадок растворяется, переходя в сернокислый марганец. Последний реагирует с добавленным ранее йодистым калием, освобождая эквивалентное количество йода. Йод титруют раствором $Na_2S_2O_3$, в качестве индикатора используют крахмал.

Реакции:

$$2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO(OH)_2$$
$$MnO(OH)_2 + 2H_2SO_4 = Mn(SO_4)_2 + 3H_2O$$
$$Mn(SO_4)_2 + 2KJ = MnSO_4 + K_2SO_4 + J_2$$
$$2Na_2S_2O_3 + J_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaJ$$

Реактивы. *1) Сернокислый марганец.* Растворяют около 450 г $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ в кипяченой дистиллированной воде и доводят до 1 л.

2) Щелочной раствор йодистого калия. Растворяют примерно 500 г NaOH, 125 г KJ и 15 г NaN_3 в кипяченой дистиллированной воде и доводят объем до 1 л. Хранят в склянке из темного стекла. Если в питательном растворе нет нитратов, азид натрия можно не включать в смесь.

3) Раствор крахмала (индикатор). Смешивают 2 г «растворимого» крахмала и 10 мг HgJ_2 с 10 мл воды в ступке и количественно переносят в 1 л кипящей воды. Кипятят, пока раствор не станет совершенно прозрачным.

4) Основной титрованный 0,1 н раствор тиосульфата натрия. Растворяют около 25 г $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ в предварительно прокипяченной дистиллированной воде и доводят до 1 л. Хранят, добавив 5 мл хлороформа. Для определения нормальности раствора тиосульфата натрия 0,20—0,23 г $K_2Cr_2O_7$ (предварительно выдержав соль два часа при 100°) переносят в коническую колбу на 300 мл со стеклянной пробкой. Двухромовокислый калий растворяют в 100 мл не содержащей хлора воды. При встряхивании колбы в нее добавляют 2 г KJ и 25 мл 1 н соляной кислоты. Колбу ставят на десять минут в темноту. Титруют раствором тиосульфата натрия до светло-желтого окрашивания. Доливают 1 мл раствора

крахмала и продолжают титровать до исчезновения окраски, вызванной реакцией крахмала с йодом. Вычисляют титр по следующей формуле:

$$\text{Нормальность} = \frac{\text{Мг } K_2Cr_2O_7}{49{,}037} \times \frac{1}{\text{мл } Na_2S_2O_3}.$$

Разведенные растворы тиосульфата натрия быстро портятся, поэтому каждый раз перед титрованием готовят свежий раствор из основного титрованного раствора, рассчитав разведение и применяя кипяченую дистиллированную воду.

Ход анализа. 1. При помощи стеклянного сифона водой из контейнера доверху наполняют коническую колбу на 250 мл со стеклянной пробкой. Во время наполнения колбы конец сифона должен находиться у самого дна колбы.

2. Из заполненной колбы выливают примерно 150 мл воды.

3. В колбу из пипетки приливают 1 мл сернокислого марганца, а затем 1 мл щелочного раствора йодистого калия. Каждый раз кончик пипетки должен находиться у самого дна колбы.

4. Осторожно закрывают колбу пробкой.

5. Колбу переворачивают несколько раз. Дают осадку наполовину осесть и снова перемешивают содержимое колбы. Оставляют колбу на пять минут.

6. Вынимают пробку и пипеткой добавляют 1 мл концентрированной серной кислоты (кончик пипетки должен почти касаться дна колбы). Пробкой закрывают колбу и переворачивают ее для перемешивания содержимого. Колбу ставят в темноту на пять минут.

7. Набирают пипеткой 100 мл чистого отстоявшегося раствора и переносят в коническую колбу на 250 мл. Сразу же титруют тиосульфатом до появления светло-желтой окраски. Добавляют 1 мл раствора крахмала и продолжают титровать до исчезновения окраски, вызванной реакцией крахмала с йодом. Записывают количество миллилитров тиосульфата, пошедших на титрование. Появляющуюся синюю окраску раствора не принимают во внимание.

8. Одновременно для контроля анализируют кипяченую дистиллированную воду. Результат выражают в миллиграммах растворенного кислорода (O_2) в 1 л раствора.

Вычисление. Количество растворенного кислорода в миллиграммах в 1 л раствора определяют путем перемножения четырех показателей:

$$(A - B) \times \text{н} \times 80 \times \text{ф},$$

где A — миллилитры тиосульфата, израсходованного на титрование испытуемого образца;

B — миллилитры тиосульфата, израсходованного на титрование контрольного образца кипяченой воды;

н — нормальность тиосульфата;

ф — фактор, равный $\frac{V}{V-2}$ (V — объем колбы, мл).

Примечания. Образцы, содержащие много железа и некоторых органических соединений, анализируют модифицированным методом Ридила — Стюарта. Из колбы выливают 150 мл раствора, а к оставшемуся раствору добавляют пипетками 0,7 мл концентрированной серной кислоты и 1 мл 0,2 н $KMnO_4$, следя за тем, чтобы каждый раз кончик пипетки почти касался дна колбы.

Закрывают колбу пробкой и перемешивают ее содержимое, переворачивая колбу несколько раз. Оставляют колбу на 20 минут. Если в течение указанных 20 минут окраска перманганата исчезает, прибавляют еще 1 мл 0,2 н $KMnO_4$. Если окраска все же исчезает, используют более концентрированный раствор перманганата.

Через 20 минут добавляют 1 мл щавелевокислого калия (20 г $K_2C_2O_4 \cdot H_2O$ в 1 л воды) и перемешивают содержимое колбы снова. После исчезновения окраски от перманганата калия продолжают анализ, как сказано в пункте 3, но вместо 1 мл приливают 3 мл щелочного раствора йодистого калия. Чтобы вычислить количество кислорода, поступают так же, как указывалось выше, но фактор в этом случае равен

$$\frac{V}{V-6{,}7},$$

где V — объем колбы в миллилитрах.

●

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Компанией «Тинтометр» (Великобритания) в сотрудничестве с д-ром Николасом (Лонг-Аштонская научно-исследовательская станция, Великобритания) в последние годы разработаны методы химического анализа растительных тканей, которые наряду с визуальной диагностикой могут оказать работникам промышленной гидропоники большую помощь. Для проведения анализов используется компаратор Ловибонда, входящий в состав портативного полевого набора реактивов и оборудования. К ком-

паратору приложены сменные диски, в каждом из которых имеется шкала из девяти цветных стекол. Окраска этих стекол аналогична окраске растворов с разным количеством определяемых элементов или радикалов.

Портативный полевой набор состоит из специальных склянок для реактивов с градуированными пипетками в пробках; ареометра с цилиндром, стаканчиков и специальных пробирок; на некоторых пробирках есть деления, как на мерных цилиндрах. Весь набор находится в прочном черном деревянном ящике, который можно поместить на пассажирском месте небольшого автомобиля. Ящик имеет две ручки. Длина ящика 58 см, ширина 30 см и высота 37 см. В нем есть отделения для склянок с реактивами и других приборов. Передняя стенка откидывается и ее можно использовать как рабочий стол. Вот подробный список содержащегося в наборе оборудования:

шесть склянок на 175 мл с пипетками на 5 мл;
шесть склянок на 125 мл с пипетками на 2 мл;
две склянки на 125 мл с пипетками на 1 мл;
одна склянка на 125 мл с пипеткой на 0,5 мл;
четыре склянки на 125 мл с пипеткой на 0,5 мл;
четыре склянки на 60 мл с пипетками на 1,0 мл;
шесть склянок на 60 мл с капельными пипетками;
1 ареометрические весы для взвешивания растительной массы в поле (навески до 3 г);
большая пластмассовая пробирка для воды, которая нужна для ареометра;
30 пробирок 10×2,5 см из прозрачного стекла без расширения у горлышка для растительных вытяжек;
шесть пробирок 10×2,5 см с метками 10 и 25 мл;
девять стаканчиков из стекла пирекс;
компаратор Ловибонда;
четыре цилиндра диаметром 13,5 мм к компаратору;
диски к компаратору с постоянными стеклянными цветными шкалами для определения:
фосфатов — гидрохиноновым методом;
нитратов — с дисульфофеноловой кислотой;
pH — при помощи индикатора для почвы с диапазоном 4—8;
марганца — формальдоксимным методом;
магния — с титановой желтой краской, экраном яркости и экраном стандартизации реактива;
железа — тиоцианатовым методом;
две пипетки на 5 мл с делениями 0,1 мл;
две белые фарфоровые пластинки, используемые как фон для сравнения окрасок;

скальпель для измельчения образцов растительной ткани;
лакмусовая бумага;
воронки и фильтровальная бумага;
термометр на 100°;
делительная воронка на 50 мл для определения железа и тяжелых металлов;
спиртовая лампа для подогревания растворов.

По требованию заказчика в набор могут быть включены диски для определения алюминия, меди, нитратов (бруциновым методом) и pH.

Миниатюрные черные пробирки Несслера. Калий и кальций определяют нефелометрическими методами, используя свежие образцовые растворы. Для этих анализов изготовлены специальные черные пробирки с прозрачным дном, которые в значительной степени облегчают выявление небольшой разницы между растворами. Пробирки устанавливают в штативе с белым фарфоровым рефлектором, обеспечивающим равномерное и достаточное освещение.

Характеристика Лонг-Аштонского полевого метода. Элементы минерального питания извлекают из свежей растительной ткани путем диффузии. Растительные экстракты анализируют колориметрическими или нефелометрическими методами. В основе диагностики лежит большая разница в минеральном составе экстрактов нормальных растений и растений с недостатком того или иного элемента питания. Путем сравнения состава экстрактов можно установить также токсичные концентрации того или иного элемента, например избыток марганца или алюминия в чувствительных к нему растениях, или избыток хлора у картофеля или красной смородины, получивших высокие дозы удобрений, содержащих хлор.

ТЕХНИКА ПОЛЕВЫХ АНАЛИЗОВ РАСТЕНИЙ

Отбор образцов в поле. Образцы свежих листьев для сравнительных анализов берут с учетом их положения на растении. Листья должны иметь одинаковый размер и возраст. У картофеля, помидоров, хмеля листья берут со средней части стебля. У злаков в течение всего вегетационного периода анализируют междоузлие, прилегающее к точке роста; если растения очень молодые, можно брать первый взрослый лист. У лука анализируют основания листьев. У цветной капусты, сахарной и листовой свеклы срезают для анализа первый прямой лист с периферии розетки гофрированных листьев. У плодовых деревьев анализируют нижние листья хорошо освещенных побегов прироста текущего года.

Для сравнения нужно брать листья действительно здоровых растений, у которых нет даже скрытого недостатка какого-либо элемента питания.

Подготовка образцов. Для анализа диффузионным методом лучше брать стебель или черешки листьев, а не листовую пластинку, так как стебель и черешки обычно содержат меньше пигментов, и, кроме того, они богаче проводящими тканями. У крестоцветных для анализа берут участки средней жилки листьев. Навеску 0,5 г на фарфоровой плитке разрезают острым скальпелем из нержавеющей стали на кусочки длиной не более 2 мм. Образцы следует измельчать строго одинаково, потому что количество диффундирующих в раствор элементов сильно зависит от общей площади среза, соприкасающейся с раствором.

Экстрагирование. Легко растворимые элементы питания экстрагируют реактивом Моргана и соляной кислотой.

1. *Реактив Моргана* — это уксусная кислота, доведенная до pH 4,8 уксуснокислым натрием (100 г уксуснокислого натрия и 30 мл ледяной уксусной кислоты доводят до 1 л дистиллированной водой). Реактив (буферный раствор) употребляют для извлечения нитратного азота, фосфатов, калия, кальция, магния, хлора, марганца и алюминия. Последние два элемента извлекаются в том случае, если они присутствуют в избытке. Для определения недостатка марганца применяют реактив Моргана, приготовленный из очищенных реактивов.

2. *6 н соляная кислота.* Готовят путем перегонки непрерывно кипящей смеси соляной кислоты и дистиллированной воды в перегонном аппарате из стекла пирекс.

Ход анализа. На каждые 0,5 г свежей ткани берут 5 мл реактива Моргана и ведут экстрагирование 15 минут. Если в образце нужно определить несколько элементов, тогда 3 г свежей ткани обрабатывают 30 мл реактива Моргана ровно 15 минут в стакане на 100 мл. Во время экстрагирования массу периодически перемешивают. Фильтрат собирают в пробирку $10 \times 2{,}5$ см. Вместо фильтровальной бумаги в воронку кладут маленький комочек ваты. Экстракт по 5 мл переносят в чистые пробирки ($10 \times 2{,}5$ см). Если экстракт содержит много элемента питания, то 1 или 2 мл экстракта доводят до 5 мл реактивом Моргана. Следует заметить, что в тканях остается часть буферного раствора, но все же можно набрать пять порций по 5 мл из 30 мл исходного реактива.

Обычно растительный экстракт бывает прозрачным, но экстракты из черешков листьев плодовых деревьев могут быть окрашены флавонами, таннинами и другими фенольными соединениями. Последние нетрудно удалить перед анализом, прибавив 0,5 г очищенного активированного угля к 30 мл экстракта. Экстракт с углем размешивают стеклянной палочкой в течение 30 секунд, затем фильтруют через ватман № 41 в пробирку.

Для очистки уголь надо прокипятить в 5 н соляной кислоте и промыть горячей дистиллированной водой. Добавление хлористого натрия облегчает извлечение фосфатов из угля. Промывание горячей водой

следует продолжать до тех пор, пока вытекающая вода дает положительную реакцию на хлор. После высушивания уголь проверяют на наличие минеральных элементов путем обработки небольшой его порции реактивом Моргана. Обычно в 1 л реактива находят 1 мг фосфатов (PO_4), 0,2 мг магния.

Для извлечения некоторых микроэлементов, присутствующих в избытке, например меди, цинка, никеля, вместо реактива Моргана применяют соляную кислоту. Соотношение растительной массы и экстракта остается тем же самым.

Химические анализы. Для анализов применяют реактивы, на этикетках которых сказано: «чистый для анализа». Все условия анализов необходимо строго соблюдать, чтобы результаты были воспроизводимыми и надежными. Анализируя растительную ткань в полевых условиях в компараторе Ловибонда с соответствующими цветными дисками, можно приблизительно установить содержание следующих элементов: азота, фосфора, магния, марганца (избыток), алюминия, меди и железа. Результаты выражают как высокое, так и среднее и низкое содержание того или иного элемента, что полезно для диагностики недостатка элементов питания у растений.

Количественные данные получают путем сравнения окраски растительных растворов с образцовыми растворами соответствующих элементов или радикалов. Важно также делать контрольные анализы для проверки чистоты реактивов и вносить поправки в полученные результаты. Химические анализы перечислены в таблице 35 (см. стр. 341).

Определение нитратного азота. Реактивы. 1. 4 г *бруцина* растворяют в 100 мл хлороформа. Перед употреблением фильтруют.

2. *Серная кислота* концентрированная (удельный вес 1,84).

Ход анализа. Капельной пипеткой добавляют 2 мл бруцинового реактива (бруцин — ядовитый алкалоид!) к соответствующей порции экстракта. Затем медленно приливают из другой капельной пипетки 5 мл концентрированной серной кислоты. Скорость приливания кислоты имеет очень важное значение. Если ее добавлять слишком быстро, начнется бурное кипение, а если слишком медленно, она не вытеснит хлороформ. Во время приливания кислоты нужно все время встряхивать пробирку. Так как пробирка сильно нагревается, ее нужно держать рукой в асбестовой перчатке. Охлаждают пробирки на воздухе. Перед выходом в поле нужно приготовить в лаборатории образцовые растворы. Ими можно пользоваться несколько дней. Содержание нитратов определяют путем сравнения с образцовыми растворами, приготовленными на реактиве Моргана.

Окраска растворов при максимальном содержании нитратного азота становится бурой. Эффективный диапазон равен 2—20 μг нитратного азота.

Ниже приведен второй модифицированный метод определения нитратного азота. 5 г *бруцина* растворяют в 100 мл ледяной уксусной кислоты.

К 1 мл вытяжки добавляют 0,1 мл бруцина и медленно приливают 2 мл концентрированной не содержащей азота серной кислоты. Осторожно встряхивают, чтобы жидкость не попала на руки. Дают постоять семь минут. Сравнивают окраски в компараторе Ловибонда с соответствующим диском, которым следует пользоваться вместе со специальным рассеивающим экраном.

При максимальном содержании азота окраска бывает темно-оранжевая, при минимальном — светло-желтая. Диапазон показаний диска составляет 1—9 μг нитратного азота в 1 мл вытяжки.

Существует также третий метод определения нитратного азота. В качестве реактивов используют примерно 25%-ный раствор *дисульфофеноловой кислоты* и 10%-ный водный раствор химически чистого аммиака. Чтобы приготовить раствор дисульфофеноловой кислоты, 25 г чистого для анализа фенола растворяют в 158 мл концентрированной свободной от азота серной кислоты и добавляют 67 мл дымящей серной кислоты, содержащей около 25% трехокиси серы. Нагревают смесь два часа на кипящей водяной бане, Известное количество испытуемого раствора наливают в небольшую фарфоровую чашечку и выпаривают досуха.

К остывшему осадку добавляют 1 мл раствора дисульфофеноловой кислоты так, чтобы она смочила весь сухой остаток. Через десять минут в чашечку приливают 10 мл воды. После охлаждения к смеси добавляют 10 мл 10%-ного раствора аммиака. Смесь снова охлаждают и разводят водой до 25 мл. Одновременно ведут контрольное определение, применяя только реактивы. Наполняют одну из пробирок компаратора испытуемым раствором и помещают ее в правое отделение. В другую пробирку наливают контрольный раствор и ставят ее в левое отделение. При максимальном содержании азота раствор окрашивается в желтый цвет, при минимальном — остается бесцветным. Диапазон концентрации составляет 0,2—4 μг нитратного азота в 1 мл раствора.

Определение фосфатов. Реактивы. 1. *Серная кислота.* К 200 мл дистиллированной воды приливают 65 мл серной кислоты с удельным весом 1,84 и после охлаждения раствор доводят дистиллированной водой до 500 мл.

2. *Молибдат аммония.* Растворяют без нагревания 8,8 г молибдата аммония в 100 мл дистиллированной воды и доводят до 200 мл раствором серной кислоты (5,3 мл концентрированной серной кислоты в 100 мл дистиллированной воды),

Смешивают 200 мл первого реактива с равным объемом второго реактива и раствор хранят в темноте.

3. *Гидрохинон.* 5 г гидрохинона полностью растворяют в 500 мл дистиллированной воды и добавляют 0,3 мл концентрированной серной кислоты. Этот раствор медленно темнеет, но им можно пользоваться в течение двух недель, если хранить его в склянке из желтого стекла в темноте.

4. *Карбонатно-сульфитный раствор:*

калий углекислый безводный	130 г
дистиллированная вода . . .	500 мл
сернистокислый натрий . . .	24 г

Нельзя допускать выпадения осадка. Перед употреблением раствор нужно фильтровать. Каждую неделю готовят свежий раствор.

Ход анализа. К 5 мл вытяжки добавляют 2 мл раствора молибдата аммония и 1 мл раствора гидрохинона. Дают постоять пять минут, чтобы проявилась зеленая окраска. Чтобы завершить восстановление фосфорномолибдатного комплекса, приливают 2 мл карбонатно-сульфитного раствора. Окрашенные в синий цвет растворы сравнивают в компараторе с фосфатным диском. Через 30 минут синяя окраска начинает темнеть, поэтому сравнивать нужно быстро. Определение ведут при 23—27°. Темно-синяя окраска говорит о высоком содержании фосфатов. Без фосфатов раствор остается бесцветным. Диапазон концентрации составляет 5—20 μг PO_4 в 1 мл раствора.

Определение калия. Реактивы. 1. ***Глицерин*** — 50%-ный водный раствор (по объему).

2. *Кобальтнитрит натрия.* Растворяют 6 г азотнокислого кобальта и 30 г азотистокислого натрия в 50 мл дистиллированной воды, добавляют 2,5 мл ледяной уксусной кислоты и доводят до 100 мл дистиллированной водой. Через раствор пропускают воздух в течение 12 часов. Перед употреблением раствор фильтруют. Каждую неделю готовят свежий раствор и хранят его в темноте. Лучше всего он сохраняется в холодильнике. Перед употреблением раствор должен принять комнатную температуру (около 20°).

3. *Изопропиловый спирт.*

Ход анализа. К 5 мл экстракта (или к 1 мл экстракта, разведенному в 5 раз реактивом Моргана) добавляют 2 мл раствора глицерина и 0,5 мл кобальтнитрита натрия. Энергично взбалтывают в течение одной минуты, затем приливают 2 мл изопропилового спирта и снова энергично встряхивают одну минуту, вращая пробирку по ходу часовой стрелки. Следует строго одинаково перемешивать и взбалтывать все растворы, чтобы получать верные результаты. В идентичных условиях готовят и образцовые растворы калия.

Образцовые и испытуемые растворы сравнивают в черных пробирках Несслера так же, как при определении кальция. Анализ ведут обя-

зательно при 20±1°. В тропических условиях приходится помещать пробирки в водяную баню с регулятором температуры. При максимальном содержании калия раствор приобретает светло-желтую окраску, а при минимальном — становится прозрачным красновато-коричневым. Анализ позволяет выявить концентрацию от 10 до 100 μг калия в 1 мл раствора.

Определение избыточного хлора. Реактивы. 1. 0,02 н *азотнокислое серебро.*

2. *Азотная кислота* концентрированная (удельный вес 1,42).

Ход анализа. К 5 мл экстракта добавляют 2 мл азотнокислого серебра и 0,1 мл азотной кислоты. Помутнение раствора служит признаком наличия хлора. Уксуснокислое серебро дает слабую опалесценцию, а хлор — обильную белую муть, которая особенно хорошо заметна при избыточном содержании хлора. Количественно хлор определяется путем сравнения с образцовыми растворами. Плотный серовато-белый осадок говорит о высоком содержании хлора, а слабая серая опалесценция — о низком. Анализ выявляет концентрации от 10 до 200 μг хлора в 1 мл раствора.

Определение магния. Реактивы. 1. Основной раствор *титановой желтой краски.* Растворяют 0,1 г краски в 100 мл 20%-ного этилового спирта. Краску берут сухую или жидкую, но стандартизованную описанным ниже способом. Анализ можно вести только со свежеприготовленным реактивом, так как в разведенном растворе краска быстро разрушается. Концентрированный основной раствор нужно хранить в склянке из желтого стекла в темноте.

2. *Гидроксиламин солянокислый* в количестве 0,08 г и 5,0 г сахарозы растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

3. 8 н *едкий натрий.* 32 г NaOH растворяют в 100 мл дистиллированной воды. Раствор хранят в склянке с плотно прилегающей резиновой пробкой. Каждую неделю нужно готовить свежий раствор едкого натрия.

4. Образцовый раствор *титановой желтой краски.* Экран с надписью «стандартный титановый желтый» ставят в отверстие в центре компаратора (стрелка на экране показывает направление постановки экрана). Вставляют в компаратор диск для определения магния и вращают его до тех пор, пока в окошечке не появится экран с указанной выше надписью. Тогда перед левым отделением компаратора установится нейтральный серый экран. Пробирку с дистиллированной водой ставят в левое отделение, а пробирку, содержащую точно 0,5 мл раствора титановой желтой краски — в правое.

Добавляют в правую пробирку дистиллированную воду из бюретки до тех пор, пока раствор, рассматриваемый сквозь фиолетовое стекло экрана, не будет соответствовать цвету серого стекла. Замечают объем прилитой воды, которая вместе с добавленными ранее 0,5 мл раствора

титановой желтой краски дает нужный суммарный объем. Образцовый раствор титановой желтой краски готовят путем разбавления 1 мл основного раствора дистиллированной водой до установленного выше объема. Полученный таким образом реактив в два раза крепче того раствора, который был приготовлен в соответствии с экраном.

Ход анализа. К 5 мл растительной вытяжки добавляют 0,5 мл второго реактива и хорошо перемешивают. Приливают 0,5 мл образцового раствора титанового желтого реактива и 0,5 мл едкого натрия. После хорошего перемешивания раствор оставляют точно на пять минут и затем сравнивают его окраску в компараторе. В центральное отделение компаратора вкладывают рассеивающий экран с надписью «магний» вместо экрана с надписью «стандартный титановый желтый». В левое отделение ставят пробирку с реактивом Моргана, а в правое — пробирку с испытуемым раствором и реактивами.

Если окраска испытуемого раствора слишком интенсивна, анализ повторяют, но с меньшим количеством растительного экстракта. На диске обозначены концентрация магния в мг/л в разведенном растворе. Количество магния в первоначальном растворе вычисляют путем умножения концентрации магния в разведенном растворе на степень разведения.

Кальций, фосфаты, железо, марганец и алюминий редко встречаются в тканях растений в таких количествах, которые могли бы помешать определению магния.

Оранжево-розовая окраска свидетельствует о высоком содержании магния, соломенно-желтая — о низком. Анализ позволяет выявить концентрации от 1 до 10 μг магния в 1 мл раствора.

Определение кальция. Реактивы. 1. *Аммоний щавелевокислый.* Готовят насыщенный раствор в дистиллированной воде, фильтруют перед употреблением.

2. 0,1 н *йодный раствор.* Растворяют 18 г йодистого калия в дистиллированной воде и добавляют 12,7 йода. После полного растворения доводят до 1 л дистиллированной водой и хранят в склянке из желтого стекла. Перед употреблением разводят в 10 раз.

Ход анализа. К 5 или 10 мл вытяжки добавляют равный объем щавелевокислого аммония и по 1 мл разведенного йодного раствора на каждые 5 мл вытяжки. Закрывают пробирку резиновой пробкой и энергично встряхивают в течение двух минут, чтобы вызвать полное осаждение оксалата кальция. Для осветления жидкости пробирку ставят на две минуты в штатив. Одновременно и совершенно одинаково готовят образцовые растворы. По 2 мл испытуемых и образцовых растворов переносят в миниатюрные черные пробирки Несслера и сравнивают их, помещая пробирку с испытуемым раствором между пробирками с образцовыми растворами.

Пробирки ставят в специальный штатив, оборудованный белым фарфоровым рефлектором, на который падает искусственный или естественный свет от северного окна. Желтая муть означает высокое содержание кальция. При низком содержании кальция раствор бывает прозрачный и желтый. Анализ выявляет концентрации от 50 до 500 μг кальция в 1 мл.

Определение недостатка марганца. Реактивы. 1. *Реактив Моргана* специально очищенный. Растворяют 100 г уксуснокислого натрия (безводного) приблизительно в 500 мл дистиллированной воды. Добавляют 10 мл 2%-ного динатрийфосфата, 20% хлористого кальция и 10 г углекислого кальция. Смесь энергично взбалтывают в течение трех минут и выдерживают в автоклаве 45 минут при 120° и давлении 1 кг/см². Фосфатно-карбонатно-кальциевый комплекс поглощает марганец. Фильтруют через чистую воронку Бюхнера в коническую колбу из стекла пирекс. Добавляют 30 мл перегнанной уксусной кислоты и доводят раствор до 1 л дистиллированной водой, полученной в перегонном аппарате со стеклянным холодильником.

2. *pp'*-тетраметилдиаминодифенилметан (четырехосновный). 1%-ный раствор в перегнанном ацетоне.

3. *Калий или натрий йоднокислый* (насыщенный раствор в воде, полученной в перегонном аппарате со стеклянным холодильником).

4. *Ледяная уксусная кислота перегнанная.*

Ход анализа. Растительную ткань экстрагируют очищенным реактивом Моргана. К 5 мл экстракта приливают 0,25 мл уксусной кислоты, 2 мл йоднокислого калия и взбалтывают содержимое пробирки. Добавляют 0,5 мл второго реактива. Синий цвет неустойчив, но можно сравнивать испытуемый раствор с относительно устойчивыми цветными индикаторами (табл. 34). Лучше сильно охладить растительный экстракт в смеси льда с солью, так как при низких температурах окраска сохраняется значительно дольше. При высоком содержании марганца раствор приобретает темно-синюю окраску, а при низком — бледно-голубую. Анализ выявляет концентрации 5×10^{-3}—60×10^{-3}μг марганца в 1 мл раствора.

Определение избытка марганца при помощи компаратора Ловибонда. Реактивы. 1. *Формальдоксим солянокислый.* 5%-ный раствор в дистиллированной воде.

2. *Натрий едкий.* 10%-ный раствор в дистиллированной воде.

Ход анализа. К 5 мл экстракта приливают 1 мл формальдоксима солянокислого и 5 мл едкого натрия. Доводят до объема 15 мл дистиллированной водой, переносят в цилиндр диаметром 13,5 мм или пробирку и помещают в правое отделение компаратора. В левое отделение ставят такой же цилиндр, содержащий один только реактив. Сравнивают испытуемый раствор с цветной шкалой в диске при хорошем освещении у северного окна.

Таблица 34

Количество миллилитров различных индикаторов и раствора аммиака для получения образцовых растворов марганца *

Индикатор	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Бромтимолблау	0,003	0,06	0,09	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
Тимолблау	—	—	—	0,025	0,05	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20
Бромфенолблау	—	—	—	—	—	—	0,05	0,10	0,15	0,20
2%-ный раствор аммиака (удельный вес 0,88)	13	13	13	13	13	15	18	18	18	20
Марганец, мг/л $\times 10^{-3}$	2—3	5	10	15	20	30	40	50	60	80

* Растворы сравнивают в течение одной минуты после добавления последнего реактива. В связи с тем, что реакция носит каталитический характер, при высоком содержании марганца синяя окраска быстро превращается в флуоресцирующую красную и зеленую.

Железо и медь мешают анализу, но они редко извлекаются реактивом Моргана из растительной ткани, поэтому железо и марганец можно не отделять перед определением марганца. Темная вишнево-коричневая окраска говорит о высоком содержании марганца. При отсутствии марганца раствор остается бесцветным. Анализ выявляет от 0,5 до 10 μг марганца в 1 мл раствора.

Определение алюминия. Реактивы. 1. *Гематоксилин.* Растворяют 0,1 г гематоксилина в 20 мл свежекипяченной дистиллированной воды, охлаждают и доводят до 100 мл дистиллированной водой. Реактив нужно готовить ежедневно и хранить в склянке из желтого стекла.

2. *Аммоний углекислый.* Готовят 15%-ный раствор в дистиллированной воде и хранят в склянках с притертыми стеклянными пробками, чтобы избежать потерь аммиака. Раствор часто заменяют новым.

3. *Уксусная кислота 30%-ная* (по объему).

Ход анализа. Алюминий оказывает вредное действие на корни высших растений, например злаков и корнеплодов, растущих на кислых почвах, поэтому его определяют в экстрактах из корней. Поврежденные корни подвергают экстракции реактивом Моргана. К 5 мл экстракта в колбе добавляют 0,2 мл углекислого аммония и 0,1 мл раствора гематоксилина. Содержимое колбы хорошо перемешивают и дают ему постоять десять минут.

Доливают 0,2 мл уксусной кислоты, хорошо перемешивают и оставляют на пять минут. Объем доводят до 10 мл дистиллированной водой.

Содержимое колбы переносят в пробирку, которую ставят в правое отделение компаратора. Контрольную пробирку с реактивами помещают в левое отделение. В центре должен быть дополнительный экран, облегчающий сравнение окрасок. Темно-лиловый цвет свидетельствует о высоком содержании алюминия, светло-желтой — о низком его количестве. Анализ охватывает концентрации от 0,1 до 0,8 μг алюминия в 1 мл раствора.

Общая проба на тяжелые металлы. Избыток тяжелых металлов, то есть меди, цинка, кобальта, никеля и других, часто вызывает недостаток железа в растениях или даже оказывает на растения прямое токсическое действие. Визуальные признаки избытка тяжелых металлов (хлороз и некроз листьев) не всегда позволяют точно установить, каким именно металлом они вызваны. В этих условиях прибегают к полуколичественному определению тяжелых металлов в растительных тканях. В полевых условиях тяжелые металлы экстрагируют 6-н соляной кислотой (смесь с постоянной точкой кипения), а в лаборатории их извлекают путем растирания растительной массы с дистиллированной водой в посуде из стекла пирекс.

Реактивы. Указанные ниже значения pH можно проверять в компараторе Ловибонда с дисками для бромкрезолпурпура (5,2—6,8), фенолрота (6,8—8,4), тимолблау (1,2—2,8) и BDH 9011 (9,0—11,0).

1. *Дитизон в перегнанном четыреххлористом углероде.* Растворяют 0,25 г дифенилтиокарбазона (дитизона) в 1 л четыреххлористого углерода, налитого в пятилитровую делительную воронку из стекла пирекс. Смесь энергично взбалтывают для растворения дитизона и добавляют в нее 2 л 0,02-нормального раствора перегнанного аммиака для того, чтобы перевести дитизон в водяную фазу, которая должна окраситься в оранжево-красный цвет. Используемый раствор аммиака не должен содержать тяжелых металлов. Из делительной воронки удаляют четыреххлористый углерод и промывают аммиачный раствор дитизона порциями четыреххлористого углерода по 50 мл до тех пор, пока четыреххлористый углерод не потеряет розовую окраску.

После промывания каждую порцию четыреххлористого углерода выпускают из воронки. К аммиачному раствору дитизона прибавляют 500 мл четыреххлористого углерода и 50 мл нормальной соляной кислоты (перегнанной и не содержащей тяжелых металлов). Энергично взбалтывают раствор для перевода дитизона в фазу четыреххлористого углерода. Сливают четыреххлористый углерод с дитизоном в колбу, доводят до 1 л, переливают в склянку из стекла пирекс и хранят в холодильнике.

2. *10%-ный раствор лимоннокислого аммония.* Растворяют 200 г чистой для анализа лимонной кислоты примерно в 1 л воды и доводят до pH 7—8 концентрированным перегнанным раствором аммиака (требуется около 225 мл раствора) по индикатору бромтимолблау. Фильтруют, если нужно, и переливают раствор в большую делительную воронку. После охлаждения раствор взбалтывают с последовательно добавляемыми порциями раствора дитизона до полного извлечения всех тяжелых металлов. Показателем отсутствия тяжелых металлов является чистый зеленый цвет слоя четыреххлористого углерода. Затем раствор взбалтывают с 50 мл четыреххлористого углерода и разделяют его возможно точнее. Доводят до 2 л и хранят в склянке из стекла пирекс. Избыток дитизона в водной фазе не мешает определению.

3. *10-нормальный водный раствор аммиака* готовят, насыщая газообразным аммиаком из баллона дистиллированную воду, полученную в перегонном аппарате со стеклянным холодильником. Нормальность раствора устанавливают путем титрования соляной кислотой.

Ход анализа. К 10 мл солянокислого или водного экстракта в делительной воронке на 150 мл из стекла пирекс добавляют 5 мл лимоннокислого аммония и доводят водным раствором аммиака до pH примерно 6. Приливают 5 мл дитизона и 5 мл четыреххлористого углерода и энергично взбалтывают в течение двух минут. Если окраска раствора не переходит из зеленой в красную, повторяют определение с меньшей порцией дитизона, то есть с 1 мл. Переход зеленой окраски в красную говорит о наличии тяжелых металлов.

Перед анализом следует провести контрольный анализ с одной соляной кислотой, чтобы проверить реактивы и стекло на присутствие тяжелых металлов.

Определение избытка меди. Описанный выше дитизоновый метод определения тяжелых металлов можно использовать и для определения одной только меди, если подкислить экстракт до pH 2,8 (индикатор тимолблау). Другие металлы, например висмут, образуют дитизонаты при pH 2,8, но этих металлов обычно не бывает в растительных экстрактах. Диапазон концентраций, устанавливаемых анализом, колеблется от 0,2 до 4 μг меди в 1 мл раствора.

Ниже приведен видоизмененный метод определения избытка меди в компараторе Ловибонда.

Реактивы. 1. *Диэтилдитиокарбамат натрия* (0,2%-ный водный раствор, извлекаемый четыреххлористым углеродом).

2. *Водный раствор аммиака* (приготовленный, как для определения тяжелых металлов).

3. *Аммоний лимоннокислый* (приготовленный, как для определения тяжелых металлов).

4. *Четыреххлористый углерод* (перегнанный).

Ход анализа. В делительную воронку наливают 10 мл солянокислого или водного растительного экстракта и добавляют 10 мл лимоннокислого аммония. После хорошего перемешивания добавляют 10 мл

диэтилдитиокарбамата натрия и подщелачивают раствором аммиака до pH 11. Доливают 2,5 мл четыреххлористого углерода, энергично взбалтывают и дают разделиться на два слоя. Сливают нижний слой в мерный цилиндр на 10 мл. Добавляют еще четыреххлористого углерода и продолжают извлечение до тех пор, пока растворитель не перестанет окрашиваться в желтый цвет.

Доводят объем четыреххлористого углерода до 10 мл и сравнивают окраску в компараторе Ловибонда с диском для определения меди. Одновременно ведут контрольный анализ на чистоту реактивов. Пробирку с контрольной пробой вставляют в левое отделение компаратора, чтобы компенсировать влияние возможного загрязнения реактивов медью. При большом содержании меди раствор окрашивается в темно-желтый цвет, а при низком — в светло-желтый. Анализ выявляет концентрации от 0,2 до 5 μг меди в 1 мл раствора.

Определение избытка цинка и свинца. Реактивы. 1. Те же, что и для определения тяжелых металлов.

2. *Калий цианистый.* 10%-ный раствор в воде, полученной в перегонном аппарате со стеклянным холодильником. Реактивом нужно пользоваться с *особой осторожностью,* потому что он очень ядовит. Настойчиво рекомендуется надевать резиновые перчатки при работе с цианистым калием.

3. *Фенолфталеин.*

4. *0,02 н соляная кислота.* Готовят путем разведения примерно 6 н перегнанной кислоты с постоянной точкой кипения.

5. *Диэтилдитиокарбамат натрия.* Готовят, как для определения меди.

6. *0,01-нормальный раствор аммиака (NH_4OH).*

Оборудование. Градуированный цилиндр на 100 мл и описанная ниже делительная воронка на 150 мл, которые не включены в стандартный полевой набор.

Ход анализа. После извлечения дитизона меди при pH 2,8 описанным выше способом экстракт в делительной воронке доводят раствором аммиака до pH 8,3. Добавляют 10 мл дитизона и энергично взбалтывают в течение двух минут. Сливают дитизонаты цинка и свинца в чистую делительную воронку. Продолжают извлечение двухмиллилитровыми порциями дитизона до тех пор, пока окраска экстракта переходит из зеленой в красную. Собирают дитизонаты в делительную воронку, добавляют к ним 50 мл 0,02 н соляной кислоты и взбалтывают для извлечения цинка и свинца. Оба металла переходят в водный раствор, который доводят до 100 мл дистиллированной водой (раствор *А*). Нижний слой дитизона из воронки выбрасывают.

а) *Определение цинка.* Наливают в делительную воронку 50 мл раствора *А*, добавляют 5 мл лимоннокислого аммония и 5 мл диэтилдитиокарбамата натрия (последний для связывания свинца) и доводят раствором аммиака до pH 8,3 (розовое окрашивание по фенолфталеину). Приливают 5 мл дитизона, энергично взбалтывают две минуты и сливают из воронки раствор дитизоната цинка. Повторяют извлечение цинка такими же порциями дитизона до тех пор, пока меняется окраска раствора. Удаляют избыток дитизона из четыреххлористого углерода путем взбалтывания с 0,01 н раствором аммиака и доводят красный раствор дитизоната цинка до 25 мл четыреххлористым углеродом. Сравнивают окраску полученного раствора с одинаково и одновременно приготовленными образцовыми растворами.

б) *Определение свинца.* Переносят 50 мл раствора *А* в делительную воронку на 150 мл, добавляют 5 мл лимоннокислого аммония, 5 мл цианистого калия (для связывания цинка) и энергично взбалтывают. Доводят раствором до pH 8,3 и приливают точно 10 мл дитизона. Энергично взбалтывают в течение двух минут и дают фазам разделиться. Сравнивают с окраской одновременно и одинаково приготовленных образцовых растворов.

Красная окраска раствора соответствует высокому содержанию цинка, светло-желтая — низкому. При определении свинца красная окраска означает высокое содержание, зеленая — низкое. Диапазон концентраций составляет для цинка 0,1—1 μг/мл, для свинца — 0,2—2 μг/мл.

Определение железа (окисного и закисного). Реактивы. 1. *Аммоний тиоцианововокислый.* 57 г чистой для анализа соли растворяют в 100 мл воды.

2. *5 н HCl* (приблизительно).

3. *Перманганат калия* (0,1-нормальный раствор).

4. Смесь равных объемов чистых для анализа *амилацетата* и *амилового спирта.*

Ход анализа. Берут 5 мл испытуемого раствора в небольшую делительную воронку с пробкой, подкисляют 1 мл разведенной соляной кислоты и добавляют 1 каплю перманганата калия. После перемешивания приливают 5 мл тиоцианововокислого аммония и 10 мл смешанного растворителя. Энергично взбалтывают и дают жидкостям разделиться. Выбрасывают нижний (водный) слой, переносят верхний слой в одну из пробирок (на 10 мл) компаратора и ставят ее в правое отделение. Ведут контрольный анализ, заменив испытуемый раствор 5 мл воды. Пробирку с контролем помещают в левое отделение компаратора так, чтобы она находилась позади стеклянных стандартов. На диске указано фактическое содержание железа (Fe), обусловившего окраску раствора. Если 5 мл испытуемого раствора дают окраску, эквивалентную 20 μг железа в 1 мл раствора, следовательно, 1 мл исходного раствора содержит 4 μг железа, или 1 л раствора содержит 4 мг железа.

Высокое содержание фосфатов или фтористых соединений мешает определению железа, но этих помех можно избежать, увеличив разведение соляной кислотой.

Красная окраска говорит о большом количестве железа, бледно-розовая — о минимальном. Диапазон определяемых концентраций 0,4—5 μг железа в 1 мл.

Ниже описан видоизмененный метод определения железа.

Реактивы. 1. *Гидроксиламин солянокислый.* 10 г сухого вещества растворяют в 100 мл дистиллированной воды, полученной в аппарате со стеклянным холодильником.

2. *Аммоний уксуснокислый.* К 74,5 мл ледяной уксусной кислоты, охлажденной на льду, в вытяжном шкафу медленно приливают из бюретки перегнанный раствор аммиака (удельный вес 0,88) до получения pH 4,6 по зеленому бромкрезоловому индикатору. Доводят до 500 мл дистиллированной водой, полученной в аппарате со стеклянным холодильником, и хранят в реактивной склянке.

3. *Десятинормальный водный раствор аммиака,* приготовленный из чистого раствора аммиака с удельным весом 0,88.

4. *Cxcx'-дипиридил.* 0,1%-ный раствор в 0,1 н HCl.

5. *Зеленый бромкрезоловый индикатор.*

Ход анализа. К 5 или 10 мл солянокислого экстракта добавляют 2 мл солянокислого гидроксиламина, 5 мл уксуснокислого аммония и доводят раствором аммиака до pH 4,6 по зеленому бромкрезоловому индикатору. Приливают 10 мл *cxcx'*-дипиридила и энергично взбалтывают. Сравнение ведут с аналогично приготовленными образцовыми растворами. Красная окраска говорит о высоком содержании железа, светло-розовая — о низком. Диапазон определяемых концентраций 0,05—1 μг железа в 1 мл.

Определение избытка никеля. Реактивы. 1. *Аммоний лимоннокислый* (как для определения меди).

2. *Водный раствор аммиака* (удельный вес 0,88).

3. *Гипохлорит натрия* (насыщенный раствор).

4. *Диметилглиоксим* (1%-ный спиртовый раствор).

Ход анализа. К 5 мл солянокислого экстракта добавляют 2 мл лимоннокислого аммония, 2 мл раствора аммиака, 0,5 мл гипохлорита натрия и 1 мл диметилглиоксима. Доводят до 25 мл дистиллированной водой, полученной в аппарате со стеклянным холодильником. Сравнивают с аналогично приготовленными образцовыми растворами. Красная окраска соответствует высокому содержанию никеля, желтая — низкому. Диапазон определяемых концентраций 0,5—10 μг никеля (Ni) в 1 мл.

Сводка методов химического анализа

Таблица 35

Экстрагирующий раствор	Определяемый элемент	Реактивы	Диапазон концентраций, μг/мл
Реактив Моргана	Нитраты	*1-й метод*	
		2 мл бруцина в хлороформе 5 мл серной кислоты	2—20
		2-й метод	
		0,1 мл бруцина в ледяной уксусной кислоте	1—9
		3-й метод	
		1 мл дисульфофеноловой кислоты 10 мл раствора аммиака	0,2—4,0
То же	Фосфаты	2 мл молибденовокислого аммония 1 мл гидрохинона 2 мл смеси углекислого калия и сернистокислого натрия	5—20
То же	Калий	2 мл раствора глицерина 0,2 мл кобальтнитрита натрия 2 мл изопропилового спирта	10—100
То же	Хлор	2 мл азотнокислого серебра 0,1 мл азотной кислоты	10—200
То же	Магний	0,5 мл смеси солянокислого гидроксиламина и сахарозы 0,5 мл желтой титановой краски 0,5 мл едкого натрия	1—10
То же	Кальций	5 мл оксалата аммония 1 мл йодного раствора	50—500
Специально очищенный реактив Моргана	Марганец (недостаток)	0,5 мл уксусной кислоты 2 мл периодата калия 0,5 мл *pp'*-тетраметилдиаминодифенилметана в перегнанном ацетоне	5×10^{-3} 60×10^{-3}
Реактив Моргана	Марганец (избыток)	1 мл солянокислого формальгидроксима 5 мл едкого калия	0,5—10
То же	Алюминий	0,2 мл углекислого аммония 0,1 мл гематоксилина 0,2 мл уксусной кислоты	0,1—0,8

Продолжение

Экстрагирующий раствор	Определяемый элемент	Реактивы	Диапазон концентраций, μг/мл
Перегнанная 6 н HCl с постоянной точкой кипения (диффузионный метод) или вода, полученная в аппарате со стеклянным холодильником	Общая проба на все тяжелые металлы, находящиеся в избытке	5 мл лимоннокислого аммония 5 мл дитизона в четыреххлористом углероде Водный раствор аммиака для получения pH 6 5 мл четыреххлористого углерода	—
То же	Медь (избыток)	*1-й метод* 5 мл лимоннокислого аммония Перегнанная HCl для получения pH 2,8 5 мл дитизона в четыреххлористом углероде 5 мл четыреххлористого углерода	0,2—4,0
		2-й метод 10 мл лимоннокислого аммония 10 мл диэтилдитиокарбамата натрия 10 мл четыреххлористого углерода Водный раствор аммиака для подщелачивания раствора	0,2—5,0
То же		После удаления дитизоната меди добавляют перегнанный раствор аммиака для получения pH 8 и 10 мл дитизона в четыреххлористом углероде до полного извлечения цинка и свинца. Сливают дитизонаты цинка и свинца декантацией в делительную воронку и извлекают их перегнанной 0,02 н HCl. Делят раствор на две части (*А* и *Б*)	
	Цинк (избыток)	А 5 мл лимоннокислого аммония 5 мл диэтилдитиокарбамата натрия Водный раствор аммиака для получения pH 8,3 5 мл дитизона 25 мл четыреххлористого углерода	0,1—1,0
	Свинец (избыток)	Б 5 мл лимоннокислого аммония 5 мл цианистого калия	0,2—2,0

Продолжение

Экстрагирующий раствор	Определяемый элемент	Реактивы	Диапазон концентраций, μг/мл
		Водный раствор аммиака для получения pH 8,3 10 мл дитизона	
То же	Железо	*1-й метод* 1 мл разведенной HCl 1 капля перманганата калия 5 мл тиоцианата аммония 10 мл смеси амилацетата с амиловым спиртом	0,4—5,0
		2-й метод 3 мл солянокислого гидроксиламина 5 мл уксусного аммония Водный раствор аммиака для получения pH 4,6 10 мл *cxcx'*-дипиридила	0,05—1,0
То же	Никель	2 мл лимоннокислого аммония 2 мл водного раствора аммиака 0,5 мл гипохлорита натрия 1 мл диметилглиоксима	0,5—10

ВЕЛИЧИНА pH И ЕЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ПИТАТЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

pH играет очень важную роль практически во всех основных отраслях современной промышленности. В задачу этой книги не входит глубокое раскрытие этого понятия. Те читатели, которые намереваются создать крупные промышленные гидропоникумы и желают установить в них большие потенциометры для определения pH электрометрическими методами, могут обратиться к обширной литературе по этому вопросу.

pH является показателем степени кислотности или щелочности питательного раствора. Обычно пользуются шкалой pH от 0 до 14. pH, равный 7, означает нейтральную реакцию. Уменьшение pH от 7 до 1 говорит о постепенном подкислении раствора, а увеличение его от 7 до 14 указывает на подщелачивание раствора. Следовательно, раствор с pH 6,5 является слабокислым, с pH 3 — сильнокислым; с pH 7,5 — слабоще-

лочным, с pH 11 — сильнощелочным. Единица в шкале pH означает изменение кислотности в 10 раз, то есть раствор с pH 5 в 10 раз кислее, нежели раствор с pH 6.

Вкратце роль pH можно объяснить следующим образом. Молекулы многих химических соединений при растворении в воде разделяются на две части, которые называют ионами. Ионы несут равные и противоположные электрические заряды. Водные растворы различных химических соединений содержат положительно заряженные водородные ионы и отрицательно заряженные гидроксильные ионы. Если те и другие ионы находятся в растворе в равных количествах, его называют нейтральным. Добавление кислоты к воде повышает количество водородных ионов и раствор приобретает кислую реакцию.

Следует помнить, что, выражая кислотность питательного раствора в показателях pH, мы говорим не о содержании кислоты в растворе, а о силе ее действия. Правильное понимание значения pH питательного раствора очень важно для гидропониста.

В последние годы убедительно доказано, что различным растениям для нормального роста требуются растворы с неодинаковой величиной pH. Большинство растений хорошо растет при pH 5—6,5. В тех случаях когда на поддоне выращивают только одну культуру, можно точно регулировать pH соответственно требованиям данной культуры. Если оптимальная величина pH для растений выше 7, в питательном растворе должно быть железо. В связи с тем, что закисное сернокислое железо в щелочных условиях выпадает в осадок и становится недоступным для растений, используют двойную соль цитрата аммония и железа.

В следующем разделе рекомендуется применять дождевую воду. Соленую воду, имеющую pH 7,5 и выше, нужно доводить до оптимального pH в отдельном резервуаре и только после этого добавлять в нее питательные соли. Часто составляют питательные смеси, способные сохранять заданный pH. Такие смеси могут приблизить pH щелочной воды к оптимальной реакции. Однако, чтобы избежать ошибок, лучше готовить питательный раствор на воде известного качества, то есть она должна иметь pH примерно 6.

Начинающий гидропонист может пользоваться дешевым и несложным универсальным индикатором, имеющим диапазон pH от 4 до 11. Желтый цвет на шкале означает pH 6, зеленый — pH 7 и синий — pH 8. Определение ведут в небольших пробирках. Наливают в пробирку немного питательного раствора и добавляют к нему несколько капель универсального индикатора пипеткой, похожей на пипетку авторучки. Если пипетки нет, те же несколько капель индикатора осторожно наливают в пробирку прямо из индикаторной склянки. Капли индикатора не должны попадать на этикетку склянки, чтобы не испортить обозначенные на ней цвета.

Очень простой и дешевый индикатор pH для начинающих сконструировал Чарльз Джильберт. В этом индикаторе цветная шкала находится в пластмассовом футляре, который предохраняет ее от загрязнения. Вставив пробирку с испытуемым раствором в компаратор и прилив в нее несколько капель индикаторного раствора, быстро получают точное значение pH.

Если позволяют средства, следует приобрести компаратор Ловибонда. Он показывает значения pH с точностью до 0,2 и имеет несколько дисков с девятью различными цветами. Пять таких дисков охватывают pH от 3,6 до 8,8, то есть перекрывают диапазон pH, необходимый для любой гидропонной культуры. В таблице 36 указаны диапазоны pH различных дисков для компаратора Ловибонда. Выращивая одновременно разные культуры на одном поддоне, поддерживают pH около 6 и пользуются одним диском (бромкрезолпурпур).

Компаратор состоит из бакелитового ящика 9,5×9,5×3,8 см, открывающегося, как книга. В заднем отделении установлен экран из молочного стекла и предусмотрены два гнезда для пробирок с раствором. В переднем отделении имеется два круглых окошечка диаметром 11 мм, которые размещены против экрана и пробирок, содержащих растворы.

Стандартные цветные стекла Ловибонда (обычно девять штук) вставляют в плоский бакелитовый диск, который можно вращать в передней половине ящика. При каждом повороте в левом отверстии, за которым стоит пробирка с испытуемым раствором, устанавливаются по очереди стандартные цветные стекла. В правую пробирку с раствором наливают определенное количество соответствующего индикатора или реактива и сравнивают окрасившийся раствор через правое отверстие со стандартным цветным стеклом в левом окошечке. При таком сравнении любое постороннее окрашивание испытуемой жидкости не приводит к ошибке.

Числа, соответствующие pH испытуемой жидкости или количеству определяемого вещества, выгравированы на белых кружках, которые появляются в третьем окошечке в переднем отделении компаратора. Диски можно ставить соответственно индикатору или анализу.

Регулирование pH питательного раствора. Питательный раствор обычно приходится подкислять. Поглощение ионов растениями вызывает постепенное подщелачивание раствора. Любой раствор, имеющий pH 7 или выше, чаще всего приходится доводить до оптимального pH. Для подкисления питательного раствора можно использовать различные кислоты, но, как правило, применяют серную кислоту, потому что ее всегда можно достать и она дешева.

При регулировании pH как кислотами, так и щелочами нужно надевать резиновые перчатки, чтобы не вызвать ожогов кожи. Опытный химик умело обращается с концентрированной серной кислотой, он по

Таблица 36

Диски для определения pH питательных растворов в компараторе Ловибонда

Диск	Диапазон pH
Бромкреозоловый зеленый	3,6—5,2
Хлорфеноловый красный	4,8—6,4
Бромкрезоловый пурпурный	5,2—6,8
Бромтимоловый голубой	6,0—7,6
Дифеноловый пурпурный	7,0—8,6
Крезоловый красный	7,2—8,8
Тимоловый голубой	8,0—9,5
Универсальный индикаторный	4,0—11,0

каплям добавляет кислоту к воде. Но начинающим гидропонистам, пожалуй, лучше обратиться к опытному химику и попросить его приготовить 25%-ный раствор серной кислоты. Во время добавления кислоты раствор перемешивают и определяют его pH. Узнав примерное количество серной кислоты, в дальнейшем ее можно добавлять из мерного цилиндра.

Серную кислоту нужно прибавлять небольшими порциями, чтобы не слишком сильно подкислить раствор, который тогда придется опять подщелачивать. У неопытного работника подкисление и подщелачивание могут продолжаться до бесконечности. Однажды мне пришлось побывать у человека, который соорудил свой первый поддон. Целый вечер он пытался довести питательный раствор до pH 6, истратив весь свой запас едкого натрия и серной кислоты. Помимо напрасной траты времени и реактивов, такое регулирование выводит из равновесия питательный раствор вследствие накопления ненужных растениям ионов.

Слишком кислые растворы подщелачивают едким натрием. Как следует из его названия — это едкое вещество, поэтому нужно пользоваться резиновыми перчатками. Рекомендуется приобретать едкий натрий в виде пилюль. Растворяют одну пилюлю в 0,5 л воды и постепенно приливают щелочной раствор к питательному раствору при постоянном помешивании, часто проверяя его pH. Никакими математическими расчетами не удается вычислить, сколько кислоты или щелочи нужно добавить в том или ином случае.

Если в одном поддоне хотят выращивать несколько культур, нужно подбирать их так, чтобы совпадал не только их оптимальный pH (табл. 2 и 3, стр. 117), но и потребности в других факторах роста. Например, желтым нарциссам и хризантемам нужен pH 6,8, но различный режим влажности, поэтому их невозможно выращивать на одном и том же подоне. Если давать нарциссам столько же влаги, сколько хризантемам, луковицы нарциссов загниют.

В последнее время изучаются возможности использования шахтных вод в гидропонике. В опытах ревень достигал максимального развития при pH 6,5, но мог расти даже при pH 3,5. Овес, предпочитающий pH около 6, дает хорошие урожаи и при pH 4, если сильно увеличить дозу азота в питательном растворе. Картофель растет при довольно широком интервале pH, но лучше всего он развивается при pH 5,5. Ниже этого pH также получают высокие урожаи клубней, но они приобретают кислый вкус. Чтобы получать максимальные урожаи высокого качества, нужно точно регулировать pH питательных растворов.

●

ПРИЗНАКИ НЕДОСТАТКА ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ У КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Начинающий гидропонист, который сам готовит питательные растворы, возможно, испытает ряд неудач, прежде чем научится составлять смеси, пригодные для выращивания культур. Поэтому начинающим гидропонистам рекомендуется покупать готовые смеси. Продажные смеси очень хорошо сбалансированы и, если в растворы дополнительно вносить железо, можно получить вполне удовлетворительные результаты при выращивании культур, для которых предназначены смеси. У растений едва ли появятся признаки недостатка элементов питания, если растворы менять один раз в месяц. Все же полезно знать признаки недостатка элементов у разных культур. Приведенный ниже текст заимствован из книги проф. Уоллеса «Визуальные признаки недостатка элементов минерального питания у растений» *.

Внешние признаки недостатка могут появиться на всех органах растений: листьях, стеблях, цветках, плодах, семенах и корнях. Следует подчеркнуть, что признаки недостатка являются общими для нескольких элементов питания. Так, признаки недостатка азота, фосфора и магния всегда появляются вначале на нижних листьях и распространяются вверх по стеблю к верхушкам побегов, тогда как признаки недостатка кальция и бора прежде всего появляются в точках роста и затем постепенно распространяются на более старые органы растений. Такая группировка признаков облегчает практическую диагностику в поле.

---

* Wallace T. The diagnosis of mineral deficiencies in plants (with supplement). A colour atlas and guide. 2nd Ed., H. M. S. O., London, 1951.

Недостаток азота встречается чаще всего. Он характеризуется следующими признаками: медленным ростом надземных органов и корней, короткими тонкими побегами, мелкими листьями, желтовато-зеленого цвета в начале роста и желтыми, оранжевыми или красновато-пурпурного цвета в конце развития. Желтеть начинают самые старые листья. Иногда желтыми становятся также черешки. Листья опадают преждевременно. У растений бывает мало боковых побегов, боковые почки отмирают или остаются спящими. При большом недостатке азота сокращается количество цветков, а следовательно, падают урожаи зерна и плодов. Мелколистность, преждевременное опадение листьев и слабый рост вторичных побегов приводят к тому, что растения всегда бывают слабыми. Весной они начинают рост с опозданием.

У злаков ослабляется кущение, стебли приобретают красную или пурпурную окраску, а соцветия бывают очень мелкие. При большом недостатке азота широколистные культуры, например кочанная и кормовая капуста, свекла и мангольд, могут вовсе не дать урожая. Азотное голодание заметно понижает также урожай картофеля, уменьшая число клубней.

Недостаток фосфора. Признаки недостатка фосфора во многом сходны с признаками недостатка азота. Фосфорное голодание сильно ограничивает рост корней и надземной части. Растения имеют короткие и тонкие побеги. Опадение листьев происходит преждевременно и начинается со старых листьев. Боковых побегов бывает мало; а боковые почки отмирают или остаются спящими. Резко уменьшается число цветков, что снижает урожай зерна и плодов. Весной задерживается распускание почек, формирование листьев и цветков.

При недостатке фосфора листья имеют тусклую синевато-зеленую окраску. В конце вегетационного периода они становятся пурпурными, а не желтовато-красными. Часто листья бывают тускло-бронзового цвета с пурпурными или коричневыми пятнами (например, у черной смородины). На краях листьев могут появиться бурые ожоги (например, у картофеля). У некоторых культур (цветная и кормовая капуста и помидоры) иногда бывает довольно трудно отличить недостаток азота от недостатка фосфора.

Листья картофеля при фосфорном голодании не приобретают пурпурного или бронзового оттенка, но теряют блеск, их края закручиваются вверх. По периферии листьев появляются ожоги. При недостатке фосфора уменьшается количество клубней. У сахарной и листовой (мангольд) свеклы листья также теряют блеск и приобретают легкий бронзовый оттенок. Хотя для растений, испытывающих недостаток фосфора, очень характерна пурпурная окраска листьев, в диагностике этим признаком следует пользоваться очень осторожно, потому что такая же окраска возникает и под влиянием многих других причин.

Недостаток кальция. Очень характерные признаки недостатка кальция появляются на молодых листьях и близ ростовых точек стеблей и корней. При кальциевом голодании сильно страдают молодые листья, их кончики загибаются вниз, а края закручиваются вверх или вниз. Края часто имеют неправильную форму и выглядят как бы оборванными. На листьях появляются бурые краевые ожоги или пятна. Кроме того, листья могут окаймлять узкие хлоротичные полоски. Такие признаки развиваются у многих широколистных растений, часто сопровождаясь сильным нарушением структуры мезофилла. Точки роста часто отмирают, что можно сразу заметить, например, у помидоров и сельдерея. У льна, клевера и у проростков многих других культур часто деформируются черешки и цветоножки.

Недостаток кальция сильно затрудняет развитие корней. В связи с недостатком лубяных волокон корни становятся студенистыми.

У крестоцветных кончики молодых листьев часто загибаются в виде крючков, затем отмирают точки роста. У старых листьев деформируется и уменьшается в размерах мезофилл. На проростках появляются хлоротичные пятна. Для многих корнеплодных растений (сахарная свекла, мангольд, пастернак) при недостатке кальция характерно отмирание точек роста, а для моркови, кроме того, деформация молодых черешков.

У картофеля развиваются длинные и тонкие побеги. Мелкие верхушечные листочки со слегка хлоротичными краями закручиваются вверх параллельно средней жилке. Недостаток кальция может привести к полному отсутствию клубней. Влияние недостатка элементов питания на средний вес клубней картофеля видно из следующих данных:

Полная смесь	60,1 г
Без азота	26,8 г
Без фосфора	30,8 г
Без кальция	2,4 г
Без магния	15,6 г
Без калия	16,9 г

У листьев фасоли и гороха при кальциевом голодании деформируются края листьев или мезофилл, листья становятся бледными. Стебли сморщиваются близ точек роста, а плоды не достигают полного развития. На листьях клевера появляются краевые ожоги, черешки и цветоножки деформируются. У томатов отмирают стебли, листья и кисти, а плоды сильно поражает вершинная гниль.

Недостаток магния проявляется наиболее ярко на листьях, сначала на старых, а затем молодых. Листья обычно становятся хлоротичными. Это объясняется тем, что магний входит в состав хлорофилла — зелено-

го пигмента листьев. Однако признаки недостатка магния не исчерпываются хлорозом. Листья часто приобретают также яркую окраску. Дефицит очень заметен в конце вегетации растений, но его можно обнаружить и у проростков, особенно в дождливую погоду. Очень сильно пораженные листья увядают и опадают или отделяются от стебля в увядшем состоянии. Растение может потерять очень большое число листьев.

У некоторых сортов картофеля признаки недостатка магния часто проявляются очень ярко. Некроз листьев у сорта Шарпс Экспресс распространяется пятнами по мезофиллу в направлении средней жилки. У сортов Розовый Керра и Дунбар Стандард некроз мезофилла развивается на ясно очерченной центральной части листа вокруг средней жилки, по краям листа остается зеленая полоска. Пораженные листья быстро увядают или висят некоторое время на стебле. Растение может потерять много листьев. Описаны случаи, когда фитофтора поражала картофель, испытывавший недостаток магния.

У помидоров при магниевом голодании прежде всего развивается межжилковый хлороз нижних листьев или листьев, расположенных непосредственно над первой кистью. В дальнейшем на хлоротичных участках появляются желтые пятна. Иногда края листьев остаются зелеными, но загибаются вверх. Постепенно между жилками образуются некротические пятна, листья увядают или висят на стебле. При сильном магниевом голодании хлороз может охватить все листья растений, за исключением самых молодых.

Недостаток калия вызывает характерные изменения листьев, которые являются специфичными для разных культур. Листья приобретают тусклую синевато-зеленую окраску, на них образуются хлоротичные участки, особенно между жилками. На самых старых листьях всегда буреют кончики (ожог кончиков), появляются ожоги, а также коричневые пятна по периферии. Листовые пластинки многих широколистных растений закручиваются вниз или вверх параллельно средней жилке. Края с ожогами часто загибаются вверх. Калийное голодание сильно задерживает рост растений, резко уменьшает урожай зерна и плодов. Корневая система развивается плохо, междоузлия укорачиваются, а деревья часто слабо закрепляются в почве.

Следует заметить, что краевые ожоги у широколистных растений могут быть вызваны и другими причинами, например недостатком кальция или фосфора, избытком бора или хлора, каплями соляных растворов, засухой, суховеями.

Листья крестоцветных при калийном голодании становятся синевато-зелеными, на них развивается легкий межжилковый хлороз. Края листьев закручиваются вниз, а обожженные участки загибаются вверх. У цветной капусты ожоги постепенно распространяются между жилками

листьев в направлении средней жилки. Рост замедляется и листья становятся грубыми и невкусными.

Недостаток калия очень вреден для картофеля. При сильном голодании кусты разваливаются, приобретают тусклую синевато-зеленую окраску, между жилками появляются хлоротичные участки. Края и кончики листьев буреют, на нижней поверхности листьев многочисленные мелкие темно-бурые пятнышки постепенно сливаются. Верхняя поверхность листьев имеет характерный бронзовый оттенок. Листья сморщиваются и закручиваются вниз. Со временем они буреют, съеживаются и могут опасть; стебли поникают и падают на землю в виде коричневой массы. Сильно уменьшаются размеры клубней, урожай оказывается ничтожным.

Растения помидоров нуждаются в большом количестве калия. При калийном голодании растения древеснеют и растут медленно. Листья становятся синевато-зелеными. Края нижних листьев приобретают сероватый оттенок и закручиваются вверх. На краях нижних листьев появляются ожоги, которые распространяются на верхние листья. Иногда на листьях появляются солнечные ожоги, а также мелкие желтые и оранжевые пятнышки. Плоды созревают неравномерно и на них остаются неясно очерченные зеленовато-желтые пятна.

Недостаток натрия. Признаки недостатка натрия появляются только у натриелюбивых растений, например у сахарной свеклы, мангольда и турнепса. Листья этих растений становятся темно-зелеными и тусклыми, быстро увядают при засухе и растут в горизонтальном направлении. На краях листьев могут появиться бурые пятна в виде ожогов.

Недостаток серы у клевера, люцерны и помидоров обусловливает бледную, иногда с желтоватым оттенком, окраску листьев, как при недостатке азота. У хлопчатника листья приобретают ярко-красный оттенок. Опыты с песчаными культурами помидоров и плодовых деревьев показали, что признаки недостатка серы во многом сходны с признаками недостатка азота.

Серное голодание приводит к ограниченному росту побегов, хотя и в меньшей степени, чем азотное голодание. Стебли делаются деревянистыми и тонкими, побеги приобретают вертикальное направление и желтоватый оттенок.

Недостаток железа чаще встречается у плодовых, нежели у овощных или полевых культур. Основной признак — сильный хлороз листьев, который особенно остро поражает молодой прирост. В одних случаях листья полностью теряют зеленую окраску, в других — покрываются хлоротичными пятнами. Очень большой недостаток железа вызывает ожоги краев и кончиков листьев.

У крестоцветных хлороз обусловливает мраморную пятнистость или полностью обесцвечивает некоторые листья. Признаки недостатка желе-

за настолько напоминают признаки недостатка марганца, что визуально их невозможно различить.

У сахарной свеклы и мангольда молодые листья покрываются хлоротичными пятнышками, а старые сохраняют нормальную зеленую окраску. Эти симптомы легко отличаются от желтой крапчатности, вызываемой недостатком марганца.

Картофель очень устойчив к недостатку железа в полевых условиях, но при большом недостатке этого элемента на верхних листьях проявляется хлороз.

У помидоров хлоротичные пятна развиваются на верхушечных листьях, особенно вблизи средней жилки и у основания листочков.

Недостаток марганца. Хлороз листьев — один из главных признаков недостатка марганца. У крестоцветных прежде всего отмечается мраморная пятнистость мезофилла. При сильном голодании листья полностью обесцвечиваются и только жилки остаются зелеными (например, у кормовой капусты). Хлоротичные участки делаются тусклыми, буровато-серыми и отмирают (например, у савойской капусты).

У картофеля кончики листьев теряют блеск и бледнеют, листья остаются мелкими и закручиваются. Вдоль жилок появляются мелкие черно-бурые пятнышки, которые особенно многочисленны на бледных верхушечных листьях, но они могут появиться и на более старых еще зеленых листьях. Интенсивность этой крапчатости зависит от сорта.

При сильном недостатке марганца вся масса растений приобретает коричневый и желтый оттенок, а листья, особенно молодые, скручиваются.

Недостаток бора считают причиной многих болезней. Следовательно, бор имеет большое значение для сельскохозяйственных культур. У многих растений недостаток бора ведет к отмиранию точек роста; стебли и листья теряют нормальный вид. В результате разрушения эпидермиса и сердцевины в стеблях образуются просветы. На листьях часто появляются ожоги, крапчатость и пигментация. Кроме того, листья скручиваются. Пораженные плоды бывают сильно деформированы и не имеют пищевой ценности.

У бобовых отмирают точки роста, стебли утолщаются и теряют гибкость. У фасоли в надсемядольном колене могут появиться продольные трещины. Листья делаются хлоротичными, например у гороха и фасоли, и на них появляется пигментация (у красного и белого клевера и люцерны).

У помидоров отмирают точки роста, растения становятся низкими и кустистыми, а их стебли и черешки жесткими и хрупкими. Листья приобретают яркие оттенки, среди которых преобладают пурпурные, красные и желтые тона. Кожура плодов покрывается мелкими пятнами.

●

ВОДА

Для приготовления питательных растворов нужна хорошая вода, хотя об этом часто забывают начинающие гидропонисты. В большинстве мелких и крупных городов есть водопроводная вода. Все считают ее чистой. Действительно она пригодна для питья. Однако водопроводная вода содержит небольшую примесь химических веществ, которые применяются для ее очистки. Кроме того, вода содержит растворенные природные соли. Всю питьевую воду регулярно анализируют работники городского водоснабжения. Поэтому, прежде чем использовать водопроводную воду для приготовления питательного раствора, нужно ознакомиться с данными ее анализа.

Составы питательных растворов в данной книге указаны в мг/л, тогда как результаты анализа водопроводной воды часто выражают в мг/0,1 л. Для облегчения расчетов при составлении питательных растворов результаты анализа водопроводной воды увеличивают в десять раз. Возьмем, например, калий и посмотрим, как повлияет на его дозу состав воды. Предположим, в питательный раствор нужно внести 200 мг/л калия. Согласно данным анализа, в 0,1 л водопроводной воды содержится максимум 0,2 мг калия. Умножив 0,2 мг/0,1 л на десять, получим 2 мг/л. Таким количеством калия можно пренебречь, так как оно заметно не повлияет на концентрацию калия в питательном растворе. Если содержание любого элемента не превышает 10% от требуемой дозы, никакой поправки в состав питательной смеси не вносят.

Обычно приходится учитывать только содержание кальция и магния, хотя иногда водопроводная вода содержит довольно много железа. Однако в некоторых местностях, особенно во время эпидемий или засухи, воду хлорируют и она может содержать такое количество хлора, которое окажется вредным для растений. Любая концентрация, превышающая 10 мг/л, вредна для растений. В этих случаях необходимо удалить избыток хлора из воды, для чего ей просто дают постоять несколько часов в открытом резервуаре. После улетучивания хлора в воде растворяют питательные соли. Ниже указано количество некоторых элементов в воде, которым можно пренебречь при составлении питательных растворов, мг/л:

Железо	1
Магний	10
Калий	10
Кальций и сульфаты	20

При любом методе беспочвенной культуры следует применять дождевую воду. При устройстве одного поддона для нужд семьи нетрудно накопить достаточное количество дождевой воды в бочках и подземных цистернах.

В настоящее время в поддонах, заполненных вермикулитом, используют воду следующих четырех видов:

1) дождевую;
2) воду из рек и водохранилищ;
3) талую воду и хорошую воду из артезианских колодцев;
4) водопроводную воду.

Ведутся опыты по применению шахтных и промышленных сточных вод.

Дождевая вода является самой чистой водой, которую можно найти в природных условиях, но и она содержит незначительное количество азотистых соединений, например солей аммония, и небольшую примесь кислорода и углекислого газа. Падающие капли воды увлекают с собой из атмосферы пыль. Это очищает воздух, но загрязняет воду, особенно в крупных промышленных районах. Однако примеси бывают настолько незначительны, что для приготовления питательных растворов в первую очередь следует применять дождевую воду.

Вода из рек и водохранилищ. Состав текущих по поверхности земли вод зависит от химического состава пород и почв местности. Сбегая с гор, вода увлекает также множество твердых частиц. Речная вода обычно содержит растворимые соли, а также органические частицы.

Озера образуются за счет поверхностных, грунтовых и дождевых вод. Благодаря большой глубине озер и рек в них осаждаются все нерастворимые вещества. Озерную и речную воду вполне можно использовать в гидропонике.

Талая и артезианская вода обычно годится для приготовления питательных растворов почти без всяких изменений. На морских побережьях талая и артезианская вода бывает сильно засолена. Как правило, артезианскую воду, пригодную для питья, можно использовать также в гидропонике. В большинстве случаев артезианская вода имеет pH от 7 до 7,4.

Водопроводная вода поступает в распределительную сеть из больших водохранилищ. Состав воды сильно изменяется в течение года и особенно в период засухи. Иногда воду пропускают через резервуары, в которых нежелательные примеси осаждают известью, солями алюминия, сульфатами. pH воды достигает 8—8,6. В маленьких городках при неквалифицированном химическом контроле pH воды может быть и выше, что крайне плохо действует на растения.

Если вода имеет pH выше 8, ее следует подкислить в отдельном резервуаре серной кислотой, чтобы ее pH равнялся примерно 6. В среднем

на каждые 180 л воды с pH 8,4 добавляют чайную ложку концентрированной серной кислоты (удельный вес 1,84), чтобы довести pH воды примерно до 6. (Кислоту нужно добавлять к воде медленно, работая в резиновых перчатках!)

Шахтные воды. В Южной Африке очень развита горнорудная промышленность. Ежедневно здесь выкачивают на поверхность миллионы литров подземной воды. Эта вода обычно непригодна для питья, а откачивание и сброс ее дорого обходятся копям. Во многих случаях шахтные воды имеют очень низкий pH (около 3,5). В одном из последних опытов с шахтными водами удалось получить приемлемые урожаи двух культур — овса и ревеня. Однако это только первые шаги. Неизвестно, как вермикулит будет поглощать сульфиды и за какое время их содержание в поддонах достигнет токсичного для растений уровня. По-видимому, нужно строить лотки без дна, чтобы раствор постоянно просачивался в почву.

Сточные воды каждого завода нужно подвергнуть полному анализу. Если они окажутся пригодными, то соответственно их составу изменяют соотношение солей в питательной смеси. При высокой кислотности сточные воды нейтрализуют известью. Следует учитывать также стоимость нейтрализации.

Таким образом, нужно знать состав любой воды, кроме дождевой. Засоленность воды повышает осмотическое давление до двух и более атмосфер. При таком давлении питательные элементы становятся недоступными растениям. Следовательно, чем выше засоленность воды, тем меньше питательных солей можно добавить при регулировании раствора. Это значительно сокращает срок использования питательного раствора. Растворы же, приготовленные на дождевой воде, можно использовать очень долго.

Пока еще уровень избыточной засоленности воды точно не установлен. По-видимому, 2500 мг/л являются пределом использования питательного раствора. Наилучшие результаты получают с растворами, которые содержат в сумме от 1000 до 1500 мг/л солей.

Талые и артезианские воды, содержащие сульфиды, можно легко обезвредить, дав воде постоять в неглубоком резервуаре не менее двух суток.

Нельзя пользоваться водой, содержащей более 2 мг/л бора. Непригодна также вода, загрязненная фтором. Вода некоторых минеральных источников содержит более 2 мг/л марганца, ее нельзя использовать в гидропонике. Как общее правило, водопроводная вода содержит от 100 до 200 мг/л растворенных химических веществ. Эта концентрация не настолько высока, чтобы повлиять на питательный раствор. Если же сумма солей превышает 200 мг/л, воду следует регулярно анализировать.

В таблицах 37—43 приведен состав водопроводной воды некоторых городов мира.

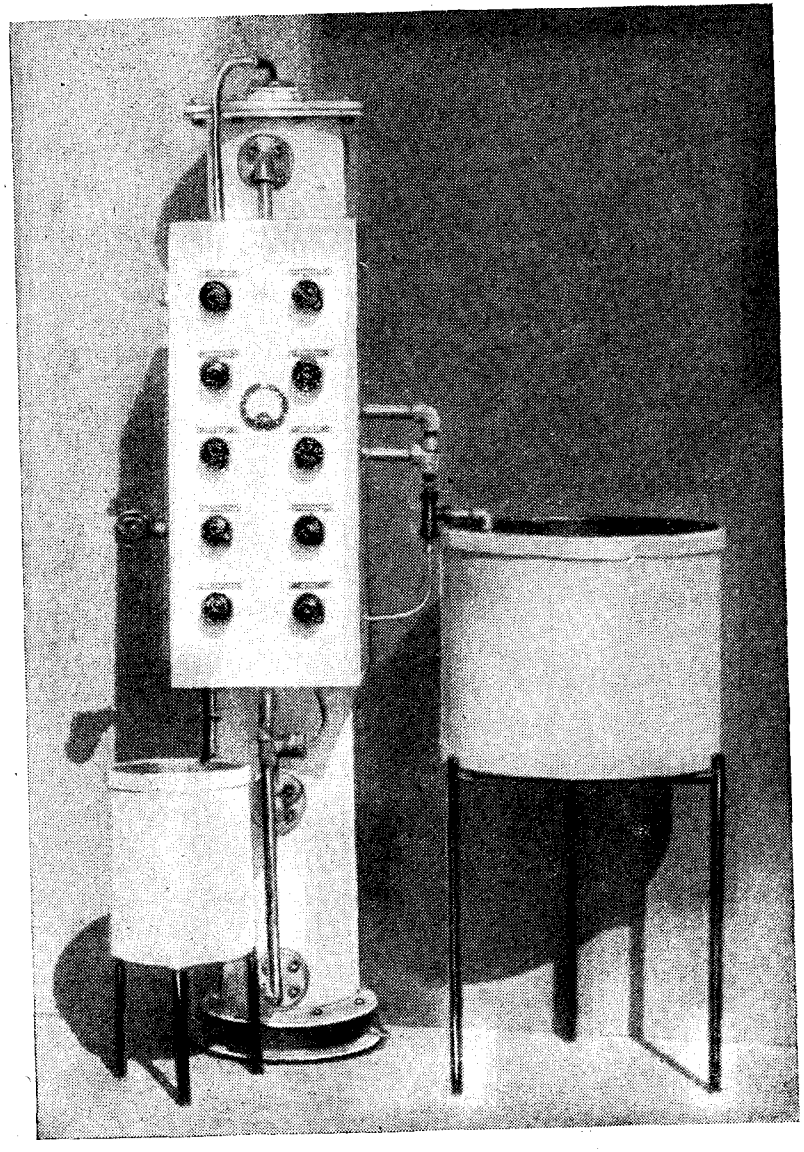


Рис. 125. Современная установка «Пермутит» для очистки шахтных вод.

Таблица 37

Жесткость водопроводной воды, подаваемой из южноафриканской реки Вааль
(мг углекислого кальция в 1 л)

Число дней, когда жесткость воды была равна показателям, приведенным в пяти колонках таблицы	31 марта				
	1948 г.	1949 г.	1950 г.	1951 г.	1952 г.
Менее 60	12	46	5	40	26
60—80	107	123	148	87	190
81—100	129	122	136	95	66
101—120	67	42	35	74	31
121—150	24	28	7	34	29
Более 150	27	4	34	35	24
Минимальная жесткость	60	50	60	45	52
Максимальная »	320	180	470	250	280

Таблица 38

Состав водопроводной воды в гористом золотоносном районе Ранд, мг/л

	Вода из колодцев Зуурбекома	Вода из реки Вааль		
		минимум	максимум	в среднем
Сухой остаток от выпаривания	143	100	577	179
Щелочность (в виде $CaCO_3$)	120	26	83	55
Жесткость (в виде $CaCO_3$)	138	52	280	91
Кальций	27	19	66	25
Магний	17	3	26	6
Натрий и калий (в виде натрия)	2	7	55	19
Бикарбонат (HCO_3)	146	32	101	67
Сульфаты (SO_4)	14	12	269	47
Хлор (Cl)	5	5	57	15
Окись кремния (SiO_3)	20	8	15	10
Кислород, поглощенный из $^1/_{80}$ н перманганата калия за 4 часа при 27°	0	1	2	2
pH	7,7	7,85	9,45	8,5
Электропроводность, микроомы при 20°	235	140	705	244

Примечание. Минимальные и максимальные показатели не обязательно совпадают во времени. Максимальные показатели характерны для коротких периодов.

Таблица 39

Химический состав воды, подаваемой в город Кингвильямстаун

Электропроводность (при 20°)	70
pH	7,0
Мутность (по силикатной шкале)	7,0 мг/л
Истинная окраска (по платино-кобальтовой шкале)	10 мг/л
Видимая окраска (по платино-кобальтовой шкале)	30 мг/л
Сухой остаток от выпаривания при 180°	94 мг/л
Растворенные вещества при 180°	89 мг/л
Взвешенные твердые вещества	5 мг/л
Общая щелочность (в виде $CaCO_3$)	16 мг/л
Карбонаты (в виде $CaCO_3$)	нет
Бикарбонаты (в виде $CaCO_3$)	16 мг/л
Общая жесткость (в виде $CaCO_3$)	25,1 мг/л
Временная жесткость (в виде $CaCO_3$)	16 мг/л
Постоянная жесткость (в виде $CaCO_3$)	9,1 мг/л
Сульфаты (в виде SO_4)	1,6
Сульфаты (в виде Na_2SO_4)	2,4
Хлориды (в виде хлора)	12
Хлориды (в виде NaCl)	20
Кальций (в виде Ca)	4,9
Кальций (в виде $CaCO_3$)	12,3

Воды Израиля. Хотя Израиль небольшое государство, вода в разных районах имеет неодинаковый состав. Даже в колодцах Тель-Авива вода отличается большим разнообразием. Из приведенных ниже данных видно, насколько засолена вода из колодца «Невех Шаанан» в Тель-Авиве (1955 г.).

pH	6,8	N_2O_5	31 мг/л
Cl	362 мг/л	SiO_2	18 мг/л
SO_4	53 мг/л	Fe_2O_3	0,1 мг/л
HCO_3	459 мг/л	CaO	236 мг/л
		MgO	86 мг/л

Таблица 40

Состав воды, забираемой из реки Тигр в Багдаде (1949 г.), мг/л

Показатели	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Карбонаты (CO_3)	100	90	89	87	72	68	74	74	76	78	83	92
Хлориды (Cl)	33	24	26	11	13	11	23	32	32	36	36	35
Сульфаты (SO_4)	86	71	78	35	25	26	36	61	86	101	97	96
Кальций (Ca)	65	55	61	50	44	39	40	47	50	52	56	60
Магний (Mg)	23	18	16	10	11	8	9	17	19	21	22	21
Натрий (Na)	22	22	23	14	5	12	21	15	26	31	27	31
Двуокись кремния (SiO_2)	10	10	12	11	10	9	9	11	12	9	10	12
Сухой остаток	370	300	310	220	180	180	210	270	310	330	350	370
Ил	32	2580	7180	1800	740	280	21	60	24	20	21	12
pH	7,6	7,6	7,5	8,1	8,0	7,8	7,8	7,8	7,9	7,7	7,8	7,7

Таблица 41

Средний химический состав воды в Лондоне (Великобритания) **за 1954 г., мг/л**

Источники воды	Аммиачный азот	Белковый азот	Хлориды (Cl)	Общая жесткость	Жесткость некарбонатная	pH	Фосфаты (PO_4)	Двуокись кремния (SiO_2)	SO_4	Магний	Фториды
24 колодца района Кент:											
минимум	0,001	0,017	11,2	206	32	7,1	0,03	12	4	2,4	—
максимум	0,007	0,027	32,0	357	125	7,5	0,19	23	85	7,5	—
14 колодцев Восточного района:											
минимум	0,010	0,043	20,9	172	0	7,0	0,02	15	54	7,8	—
максимум	0,455	0,042	69,7	548	323	7,6	0,07	26	311	33,0	—
Фильтрованная вода из:											
Нью-Ривер	0,034	0,074	36,5	306	80	7,7	1,03	13	53	5,2	0,15
Темзы	0,021	0,092	26,7	269	70	7,9	0,65	11	50	5,0	0,15

Таблица 42

Фильтрованная вода из городского водопровода Оттавы (Канада)

pH	8,5	Железо (FeO)	0,04 мг/л
Общая щелочность (в виде $CaCO_3$)	28 мг/л	Марганец	0,0 мг/л
Щелочность по фенолфталеину	2 мг/л	Двуокись кремния	4,5 мг/л
Окраска	4 мг/л	Кальций	22,5 мг/л
Растворенные вещества	82,8 мг/л	Магний	2,0 мг/л
Жесткость	92,5 мг/л	Сульфаты	22,8 мг/л
		Хлориды	7,5 мг/л
		Хлор	0,15 мг/л
		Окись алюминия (Al_2O_3)	0,3 мг/л

На водоочистительной станции Оттавы отмечены следующие колебания состава воды:

1) pH варьирует от 8,1 до 9 (максимум зимой);
2) общая щелочность от 17 до 36 (максимум весной);
3) щелочность по фенолфталеину от 0 до 6 (максимум зимой);
4) содержание сульфатов колеблется от 21 до 24 мг/л (максимум в период весеннего паводка);
5) жесткость 92,8 мг/л (максимум в период весеннего паводка).

Таблица 43

Полный химический состав водопроводной воды в Мельбурне (Австралия)

pH	7,2
Растворенные минеральные вещества, мг/л	
а) Катионы:	
кальций (Ca)	2,5
магний (Mg)	1,5

Продолжение

натрий (Na)	7,0
калий (K)	2,0
б) Анионы:	
бикарбонаты (HCO_3)	10,0
сульфаты (SO_4)	2,0
хлориды (Cl)	12,5
нитраты (NO_3)	1,0
Коллоидные вещества, мг/л:	
двуокись кремния	11,5
окись железа окись алюминия	2,5

Практически можно считать, что катионы и анионы соединяются и образуют следующие соли, мг/л:

Кальций двууглекислый	10,1
Магний:	
двууглекислый	2,9
сернокислый	2,5
хлористый	2,0
Натрий хлористый	16,9
Калий хлористый	3,8
Натрий азотнокислый	1,4
Жесткость, выраженная в углекислом кальции, мг/л:	
общая	12,4
бикарбонатная (временная)	8,2
некарбонатная (постоянная)	4,2
кальциевая	6,2
магниевая	6,2

Опреснение морской воды. Недостаток или полное отсутствие пресной воды для домашних нужд, орошения или промышленности делают невозможным или ограничивают освоение и развитие многих крупных территорий земного шара. Правительства всех стран мира очень озабочены проблемой водоснабжения. Сейчас сооружаются грандиозные плотины для того, чтобы использовать энергию крупнейших рек мира и не дать сотням миллионов литров воды бесполезно стекать в моря и океаны. Голландия стала страной самого интенсивного сельского хозяйства благодаря изумительной системе каналов и плотин.

Созданный фирмой «Г. и Дж. Уэйр» (Глазго, Великобритания) новый опреснитель морской воды сделал реальным освоение пустынных прибрежных районов. В последние годы такие опреснители разрешили проблему водоснабжения в Шувейхе (Кувейт), Персидский залив. Десять тройных опреснителей Уэйра дают ежедневно 4,5 млн. л питьевой воды.

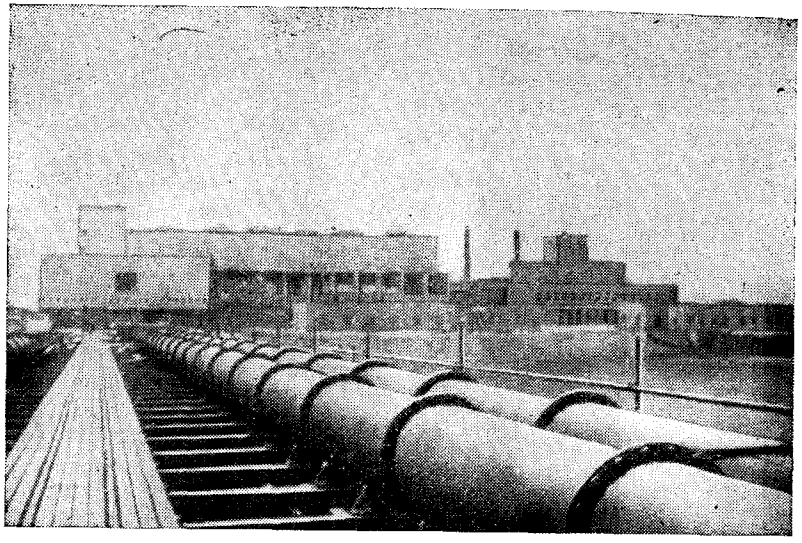


Рис. 126. Строительство опреснителей морской воды в Кувейте под руководством инженеров фирмы «Г. и Дж. Уэйр».

Другая группа опреснителей установлена на островах Кюрасао и Аруба в Карибском море. Эти опреснители дают 6600 т пресной воды в сутки.

Заказаны опреснители, которые будут вырабатывать на о. Аруба еще 10 тыс. т и на о. Кюрасао — 4 тыс. т пресной воды в сутки. На обоих островах пресная вода является побочным продуктом силовых станций, потому что тепло отработанного пара используется для опреснения воды. Сочетание силовой станции и опреснителя является результатом многолетней работы фирмы Уэйра. Установка на о. Кюрасао ко времени издания этой книги проработала на полную мощность 26 000 часов (три года) и не имеет накипи.

Многие опреснители производительностью от 300 до 10 тыс. т пресной воды в сутки работают в различных пунктах земного шара. Опреснители производительностью от 60 до 750 т пресной воды в сутки устанавливают на больших пассажирских, китобойных и транспортных судах.

Несомненно, опреснение морской воды позволит развить гидропонику в прибрежных пустынных районах. Гидропонным культурам требуется в 20 раз меньше воды, нежели полевым культурам.

Опреснение шахтных вод. Во многих пустынных районах земного шара имеются шахтные воды, которые после рассоления можно исполь-

зовать для разных целей. Состав подземной воды некоторых асбестовых копей в пустыне Калахари пригоден для приготовления питательных растворов. Шахтные воды очищают путем электродиализа. Под действием электрического тока в ионоизбирательных мембранах из шахтной воды выделяются соли. Крупная опреснительная установка состоит из многих тысяч мембран.

Золотопромышленниками южноафриканской провинции Оранжевая Республика опубликован план строительства огромной установки для электродиализа вод, откачиваемых на золотых приисках. Предполагают, что установка будет давать до 11,4 млн. л пресной воды в сутки. Электродиализ позволит в некоторой степени разрешить проблему сброса засоленной воды, которая в огромных количествах откачивается из шахт. Кроме того, сократится забор воды из реки Вааль. Если установка окажется технически совершенной и экономически выгодной, что вполне вероятно, тогда подобные установки будут сооружены на многих приисках провинции Оранжевая Республика. Следует заметить, что действующая в Персидском заливе электродиализная установка дает всего 327 тыс. л пресной воды в сутки.

●

ОСМОС

Главная функция корней состоит в поглощении воды и пищи, которые необходимы для роста и развития растений. Поглощение осуществляется благодаря действию двух тесно связанных процессов — диффузии и осмоса. Диффузию можно определить как передвижение частиц жидкости, которое происходит до тех пор, пока во всем ее объеме концентрация жидкости не станет одинаковой. Если две жидкости разделены проницаемой для них перепонкой, между ними также происходит диффузия. Проникновение жидкости через перепонку называют осмосом.

Когда две жидкости, например раствор сахара и воду, разделяет однородная проницаемая перепонка, жидкости проникают через нее в обоих направлениях. Однако скорость передвижения воды и сиропа неодинакова, поэтому объем жидкости по обе стороны перепонки будет различным. Вначале значительно увеличится объем сиропа, потому что вода быстрее проникает через перепонку. Скорость перемещения воды зависит от концентрации сиропа.

Не только сахар, но и другие, особенно кристаллоидные, вещества способны создавать осмотические токи. Растворы различных веществ, но одинаковых концентраций, обладают неодинаковой осмотической силой. Для каждого вещества характерна специфическая способность развивать осмотическое давление. Однако можно считать, что осмотическое давление раствора пропорционально его концентрации. Растительные перепонки, или перегородки, оказывают решающее влияние на процесс осмоса, изменяют поглощение раствора соответственно потребностям растения.

Растительная перегородка состоит из клеточной стенки, которая с обеих сторон покрыта тонкой пленкой или слоем живых веществ. Пленка имеет значительно более сложный состав, нежели обычная полупроницаемая перепонка. Это дает возможность пленке регулировать поступление внутрь растения растворов в зависимости от их концентрации. Следовательно, поглощение какого-либо раствора соли растительной клеткой не обязательно находится в прямой зависимости от осмотического давления этой соли.

В начале процесса поглощения корневые клетки берут из питательного раствора воду в таком количестве, которое слегка растягивает их. Затем клетки поглощают больше жидкости, чем могут вместить вакуоли протоплазмы. Постепенно вакуоли сливаются. Под действием возрастающего гидростатического давления эластичные клеточные стенки растягиваются. Протоплазма не только регулирует поступление питательных элементов в клетку, но и предотвращает их утечку из клеток путем экзосмоса.

Следует иметь в виду, что питательный раствор состоит из ряда солей, которые растение поглощает в форме ионов. Например, азотнокислый калий в растворе находится в виде ионов нитратов и калия и молекул азотнокислого калия, причем каждая часть азотнокислого калия развивает свое собственное осмотическое давление, которое пропорционально степени диссоциации соли.

Диффузия и осмос регулируют также передвижение поглощенных веществ внутри растения. Установлено, что проницаемость клеточных стенок непостоянна. Она зависит от условий окружающей среды и состояния самой протоплазмы.

Скорость передвижения веществ через перепонку зависит не только от ее проницаемости, но и от разницы в концентрациях растворов, находящихся по обеим сторонам перепонки. Чем больше эта разница, тем выше скорость осмотической диффузии. После выравнивания концентраций данного вещества его передвижение прекращается, хотя другие вещества могут быстро проходить через клетки.

Корневой волосок, проникающий в вермикулит в поисках пищи, тесно соприкасается с частицами вермикулита, покрытыми пленками воды с растворенными в ней солями. Любая соль проникает в корневой волосок, если ее концентрация в пленке ниже, чем в растительном соке, и если клеточная стенка пропускает ее.

Питательные соли поступают в растение совершенно независимо от поглощения воды. Поэтому вода легко передвигается из корневой среды в корневой волосок и клеточный сок, где ее значительно меньше. Ток воды продолжается до тех пор, пока существует разность концентраций между питательным раствором и клеточным соком. Если вермикулит высохнет и пленка вокруг каждой его частицы станет настолько тонкой, что поверхностное натяжение частицы будет равно диффузионной силе воды, поступление воды в растение прекратится. Если же, наоборот, питательный раствор окажется более концентрированным, чем клеточный сок корневого волоска, вода будет диффундировать из растения в вермикулит, что приведет к быстрой гибели растения.

По мере поступления воды в корневые волоски концентрация сока в наружном слое клеток понижается и внутренние клетки путем осмоса извлекают воду из наружных клеток. Так продолжается до тех пор, пока вода не достигнет сосудисто-волокнистой системы растения. Не только поглощение воды из корневой среды, но и циркуляция растворов внутри растения происходят благодаря осмосу, потому что поглощенные корневыми волосками питательные элементы передвигаются из клетки в клетку путем диффузии через цитоплазматические мембраны.

По мере повышения осмотического давления питательного раствора уменьшается доступность воды для корневых волосков и задерживается осмос воды через мембраны тканей корня. На опытной станции автора было установлено, что осмотическое давление питательного раствора должно колебаться в пределах 0,75—1,25 атмосферы, а в тропиках и субтропиках его лучше поддерживать на уровне одной атмосферы.

Поскольку в промышленных гидропоникумах один и тот же питательный раствор обычно используют очень долго, необходимо применять сбалансированные питательные смеси. Такие смеси содержат все необходимые растениям элементы питания в достаточных количествах. Благодаря правильному составу поглощение всех элементов питания идет равномерно и в растворе не образуется вредный избыток отдельных ионов. Чтобы осмотическое давление не превышало 1,25 атмосферы, в 1 л питательного раствора должно находиться не более 2000 мг солей.

Для приготовления питательного раствора необходима хорошая вода с низкой концентрацией солей. Наиболее пригодна дождевая вода, потому что она не содержит ненужные растениям соли, которые сильно затрудняют поддержание правильного осмотического давления питательного раствора. Если нет дождевой воды и приходится применять воду, содержащую в 1 л свыше 200 мг сухих веществ, рекомендуется полностью менять питательный раствор один раз в месяц. В этом случае старые растворы используют для полива обычных почвенных культур.

Хорошо сбалансированный питательный раствор — это относительно разведенный раствор. Его хорошо поглощают растения. Если осмотическое давление достигает 1,5 атмосферы, его очень легко снизить путем простого разбавления раствора. Однако в тех случаях, когда точное регулирование концентрации солей в растворе затруднительно, растениям подают разведенный вдвое питательный раствор. В результате обычного испарения концентрация раствора достигает нормы.

Оптимальное осмотическое давление — это важный фактор, о котором должны знать все начинающие гидропонисты. Значительно лучше иметь слабый ,чем концентрированный, раствор. Об этом нельзя забывать в первую очередь в Южной Африке, где климат жаркий. В среднем здесь летом испаряется до 30%, а зимой — примерно 5% раствора в день. Следовательно, в Южной Африке не нужно разводить растворы зимой так сильно, как летом. Фактически всю зиму можно применять неразведенные растворы. Летом разведенный вдвое раствор используют первые три дня без каких-либо изменений, а затем его доводят до исходного объема. Весной и осенью раствор можно доводить до исходного объема раз в неделю. Данный метод позволяет не только обеспечить подачу раствора нужной концентрации, но также снизить затраты труда в промышленных гидропоникумах.

Литература

1. Albert A., Gledhill W. S. Choice of a chelating agent for inactivating trace metals. I. Survey of commercially available chelating agents. *Biochem. J.*, **41**, 529—533, 1947.
2. Allerton F. W. *Tomato growing*. Faber.
3. American Potash Institute. *Better crops with plant food*. Inc., Washington.
4. Arthur J. M. Growing plants in artificial climate. Boyce Thompson Institute.
5. Arthur J. M., Harvill E. K. *Heating and lighting greenhouses with intermittent light*. Boyce Thompson Institute for Plant Research, Ins. 1086 North Broadway, Yonkers, New York.
6. Arthur J. M., Harvill E. K. *Flowering* in Digitalis Purpurea *initiated by low temperature and light*. Reprinted without change of paging from Contrib. Boyce Thompson Institute, 12(2), 111—117, July-Sept., 1941.
7. Ayres Q. C. Soil erosion and its control. McGraw-Hill Book Company.
8. Ball G. J. *Grower talks*, February, 1946.
9. Bennet-Clark T. A. *The chemistry and mode of action of plant growth substances*, p. 284, Butterworth Publications, London, 1956.
10. Beresford R. H. The continuous culture of green algae. *Food*, **22**, 356—358, 1953.
11. Bould C. *Nature*, **175**, 90, London, 1955.
12. Bould C. *Ann. Rep. Long Ashton Res. Sta.*, **87**, 1955.
13. British National Carnation Society. *Soil-less cultivation of perpetual carnations*.
14. Carolus R. L. Experiencies with rapid chemical tests for the determination of nutrient deficiencies. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **32**, 610, 1936.
15. Carolus R. L. The use of rapid chemical plant nutrient tests in fertilizer deficiency diagnosis and vegetable crop research. *Bull. Va. Truck. Expt. Sta. Bull.*, **98**, 1531, 1938.
16. Chaberek S., Bersworth F. C. Science, **118**, 280, 1953.
17. Chabot E. *Greenhouse gardening for everyone*. M. Barrows and Co. Inc., New York.
18. Chilean Nitrate Educational Bureau. *If they could speak*. New York.
19. De Kock P. C. *Soil Sci.*, **79**, 167, 1955.
20. De Kock P. C., Stremecki E. L. *Physiol. Plant.*, **7**, 503, 1954.
21. Department of Agriculture U. S. *Plant-growth regulators*. 495, Washington.
22. Douglas J. Sh. *Hydroponics — The Bengal system*. Oxford University Press.
23. Eaton F. M. *Automatically operated sand-culture equipment*. Department of Agriculture Publication G-1023.
24. Ellis C., Swaney M. W. *Soilless growth of plants*. New York, U. S. A.
25. Emmert E. M. Plant tissue tests as a guide to fertilizer treatment of tomatoes. *Bull. Ky. Agric. Expt. Sta.*, **430**, 1, 1942.
26. Fawcett A. J. *Colour and the visual measurement of colour*. The tintometer Ltd., Salisbury, England.
27. Fawcett C. H., Wain R. L., Whightman F. *Nature*, **178**, 972, London, 1956.
28. Fawcett G. S., Stoughton R. H. *The chemical testing of plant nutrient solutions*. Tintometer Ltd., Salisbury, England, 1944.
29. Fernald, Shepard. *Applied Entomology*. McGraw-Hill Book Co., New York.
30. Freiman D. G. Use of an organic chelating agent in histochemical study of alkaline phosphatase activation. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, **84**, 338—341, 1953.
31. Gasser R., Muller G. 2nd symposium on plant analysis and fertilizer problems, Paris, 1956.
32. Gericke W. F. *The complete guide to Soil-less gardening*. Putnam-London, W. C. 1.
33. Genders R. *The new hybrid tomatoes*. Museum Press.
34. Gilbert Ch. C. *Success without soil — How to grow plants by hydroponics*. Published by Ch. C. Gilbert and Co., U. S. A.
35. Gile P. L., Carrero J. O. *J. Agric. Res.*, **7**, 503, **1916**.

36. Goodall D. W., Carrero J. O. Chemical composition of plants as an index of their nutritional status. *Imp. Bur. of Hort. and Plant Crops. Tech. Comm.*, **17**, 1947.
37. Harrington J. F. Some factors influencing the reliability of plant tissue testing. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **45**, 313, 1944.
38. Harvey, Hill. *Insect pests*. H. K. Lewis and Co., Ltd., London.
39. Heath O. V. S., Clark J. E. *Nature*, **178**, 1118, London, 1956.
40. Heath O. V. S., Clark J. E. Nature, **178**, 600, London, 1956.
41. Heck W. W., Bailey L. F. Plant Physiol., 25, 573, 1950.
42. Hewitt E. J. *Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition*. Commonwealth Agric. Bureau, Farnham Royal. Bucks, England.
43. Hilfer H. *Chelating Agents. Drug and Cosmetic Ind.*, **64**, 40—41, 1949.
44. Hill H. *Malnutrition symptoms and plant tissue tests of vegetable crops. Better Crops with Plant Food*.
45. Hill-Cottingham D. G. *Nature*, **175**, 347, London, 1955.
46. Hill-Cottingham D. G., Lloyd-Jones C. *Plant Soil*.
47. Hinton H. E. *Beetles Associated with stored products*. Printed by order of the Trustees of the British Museum.
48. Holmes R. S., Brown J. C. *Soil Sci.*, **80**, 167, 1955.
49. Hutner S. H., Provasoli L., Haskins C. P. *Proc. Amer. Phil. Soc.*, **94**, 152, 1950.
50. Imperial Chemical Industries Ltd. *The culture of plants in sand and in aggregate*. Bracknell, Berks (Free issue).
51. Jacobson L. *Plant Physiol.*, **26**, 411, 1951.
52. Jones S. S., Long F. A. *J. Phys. Chem.*, **56**, 25, 1952.
53. Kelley W. P. *Alkali soils*. Reinhold Publishing Corporation.
54. Laurie A. *Soil-less culture simplified*. Ch. Gilbert, San Diego.
55. Leonard C. D., Stewart I. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **62**, 103, 1953.
56. Leonard C. D., Stewart I. *Florida St. Hort. Soc. Quart.*, **66**, 49, 1954.
57. Lunt O. R., Hemaidan N., Wallace A. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **20**, 172, 1956.
58. Martell A. E., Bersworth F. C. Amino acids as chelating agents. *Chem. Products*, **12**, 246—250, 1949.
59. Metcalf, Flint. *Destructive and useful insects*. McGraw-Hill Book Co., Inc., New. York and London.
60. Morgan M. F. Chemical soil diagnosis by universal soil testing system. *Bull. Conn. Agric. Expt. Sta.*, 372, 1941.
61. Narcus H. Chelating agents. *Science Counsellor*, 16, 3, 79—81, 104, 106, 1953.
62. Nicholas D. J. D. *Chemical tissue tests for determining the mineral status of plants in the field*. Tintometer Ltd., Salisbury. England.
63. Nicholas D. J. D. The application of rapid chemical tests in the diagnosis of mineral deficiencies in potato plants. *Ann. Rept. Res. Sta.*, Long Ashton, I. 84, 1944.
64. Nicholas D. J. D. Detection of manganese deficiency in plants by tissue tests using tetramethyl-diamino-diphenylmethane. *Nature*, **157**, 695, 1946.
65. Nicholas D. J. D. The application of rapid chemical tests to the diagnosis of mineral deficiencies in horticultural crops. Part I and II. *J. Hort. Sci.*, **24**, 72, 1948.
66. Nicholas D. J. D. The relation between the Waring Blendor method and other procedures of the diagnosis of the mineral status of crop plants. *Ann. Rept. Res. Sta.*, Long Ashton, **98**, 1948.
67. Nicholas D. J. D. The manganese and iron contents of crop plants as determined by chemical methods. *J. Hort. Sci.*, **25**, 1, 1949.
68. Nicholas D. J. D., Forster W. A. Some effects of metals in excess on crop plants grown in soils. *Ann. Rept. Res. Sta.*, Long Ashton, **96**, 1950.
69. Nicholas D. J. D., Forster W. A. Some effects of metals in excess on crop plants grown in soils. Ibid. 1951.

70. Nicholas D. J. D., Forster W. A. A survey of the use of chemical tissue tests for determining the mineral status of crop plants. *Soils and Fertilizers,* **14**, 3, 1951.
71. Nicholas D. J. D. Forster W. A. The potassium status of barley in relation to yields of grain. *J. Agric. Sci.,* **42**, 4, 1952.
72. Nicholas D. J. D., Jones J. O. The application of rapid chemical tests to plant tissues in the diagnosis of deficiencies of mineral nutrients. *Ann. Rept. Res. Sta.*, Long Ashton, I, 84, 1944.
73. Ohio Agricultural Experiment Station. *Gravel culture.* Wooster, Ohio.
74. Pacini A. B. Manifold applications of the chelates. *Drug and Allied Ind.*, 39, **5**, 23—24, 1953.
75. Pearse H. L. *Growth substances and their practical importance in horticulture.* Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, London.
76. Pelt Wilson van Helen. *African violets.* M. Barrows and Co., New York.
77. Philips A. H. *Gardening without soil.* C. A. Pearson Ltd., London.
78. Plant W., Jones J. O., Nicholas D. J. D. The technique of chemical tissue tests; *Ann. Rept. Res. Sta.,* Long Ashton, **79**, 1944.
79. Purdue University. *Nutriculture.* S. C. 328.
80. Purdue University. *Nutrient solution culture of greenhouse crops,* Circular No. 277.
81. Purdue University. *Nutrient solution methods of greenhouse crop production.* Circular 232.
82. Reed H. S., Haas A. R. *C Bot. Gaz.*, 77, 290, 1924.
83. Reuther W., Smith P. F. *Florida Sta. Hort. Soc. Quart.,* **65**, 62, 1952.
84. Rhodes A. A method of nutrient application for soil-less culture. Jealott's Hill Res. Sta., England.
85. Shive, Robbins. *Methods of growing plants in solution and sand cultures.* New Jersey Agric. Expt. Sta., New Jersey.
86. Simpson A. J. *Flowers and vegetables without soil.* National Council of Social Service Inc., London.
87. Small J. *pH and Plants.* Baillière Tindall and Cox.
88. Smith Ch. W. *Rose growing in South Africa.* Central News Agency Ltd., South Africa.
89. Smith Ch. W. *Vegetable growing in South Africa.* Central News Agency Ltd., South Africa.
90. Smith Ch. W. *Home Gardening in South Africa.* Central News Agency Ltd., South Africa.
91. Smith Ch. W. *The South African dahlia book.* Central News Agency Ltd., South Africa.
92. Spressard E. A. *The tanks are coming — Practical hydroponics.* American publication.
93. Spuy van der Una. *Gardening in southern Africa — the flower garden.* Juta and Co., Ltd., Cape Town and Johannesburg.
94. Stewart I., Leonard C. D. *Citrus Mag.*, **14**, 22, 1952.
95. Stewart I., Leonard C. D. *Mineral Nutrition of Fruit Crops,* p. 775 (Somerville, N. J.; Somerset Press), 1954.
96. Stewart I. Leonard C. D. Proc. int. conf. on the peaceful uses of atomic energy, **12**, 159 (New York. United Nations), 1956.
97. Thornton S. F., Corner S. D., Frazer R. R. The use of rapid chemical tests on soils and plants as aids in determining fertilizer needs. *Purdue University Agr. Exp. Sta. Circ. 204,* 1, 1934.
98. Ticquet C. E. *Successful Gardening without soil.* C. A. Pearson Ltd., Strand.
99. Vanstone E. *Fertilizers and manures.* MacMillan and Co. Ltd., London.
100. Wallace T. *Mineral deficiencies in plants by visual symptoms.* H. M. Stationery Office, London.

101. Wallace A., North C. P., Kofranek A. M., Lunt O. R. *Calif. Agric.*, **6**, 13, 1953.
102. Wallace A., Ashcroft R. T. *Soil Sci.,* **82**, 233, 1956.
103. Wallace A., North C. P. *Calif. Agric.*, **7**, 10, 1953.
104. Wallace A., Mueller R. T., Lunt O. R., Ashcroft R. T., Shannon L. M. *Soil Sci.*, **80**, 101, 1955.
105. Wallace A., North C. P., Mueller R. T., Shannon L. M., Hemaidan N. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.,* **65**, 9, 1955.
106. Wallace T. The diagnosis of mineral deficiencies in plants (with supplement). A colour atlas and guide. 2nd Ed., H. M. S. O., London, 1951.
107. War Department of U. S. *Nutriculture,* TM 20—500.
108. Waris H. The Significance for algae of chelating substances in the nutrient solutions. *Physiol. Plantarum.*, **6**, 538—543, 1953.
109. Weinstein L. H., Meisse A. N., Uhler R. L., Purvis E. R. *Nature,* **178**, 1188, London, 1956.
110. Weinstein L. H., Purvis E. R., Meisse A. N., Uhler R. L. *J. Agric. Food Chem.*, **2**, 421, 1954.

Предметный указатель

Автопитающие горшки 84, 86
Азалия индийская 77
Азид натрия 323
Азобензол 128
Азот 243, 263, 292
— недостаток 348
— нитратный, определение 295
Азотная кислота 306
Азотнокислое серебро 318
Азотнокислый калий 265
— кальций 265, 266, 269
— натрий 265
Аквилегия 117
Аконит 94
Алюминий, определение 335
Амариллис 78, 117
Аминокарбоксильная кислота 246
Аммиак 295, 300
Аммиачная селитра 263
Аммиачный азот, определение 313
Аммоний сернокислый 266
— фосфорнокислый 263
Анализ питательных растворов 288
— растительных тканей 325
Анемоны 69, 117
Анионы 249
Антибиотики 31, 116
Антуриум 19, 77
Анютины глазки 70, 117
Арахис 117
Армирование 201, 212
Артезианская вода 354
Артишок 117
Асплениум 77
Астры 68, 117
Африканская маргаритка 117
— фиалка 117

Базальт 19
Баклажаны 53, 117
Бактериальное увядание 116
Батат 53, 117
Бегония 77, 117
Белладонна 94
Беспочвенная культура 14
Бетон 106, 201, 202
Бильгарция 52
Бирючина 113
Битум 162
Битумная эмульсия 241
Бобы 32
Болезни 114
Бор 247, 263, 267, 355
— недостаток 352
— определение 308
Борная кислота 264, 266, 267
Брокколи 117
Бромкрезолпурпур 336
Бромтимолблау 312, 335
Бруцин 329
Брюссельская капуста 117
Бугенвиллея 77
Бумажный стаканчик 139
Буферные растворы 250

Вапам 31
Величина pH 116, 343
Вермикулит 8, 192
Вермикулитовая культура 12
Версин 246
Версинол 247, 253
Версинтдиол 253
Ветер 113
Ветиверия 93
Висмутовокислый натрий 306
Влажность воздуха 119
Вода 14, 201, 353
Водная культура 12, 18
Водонепроницаемый бетон 212
Водопроводная вода 354
Водород 263
Водородные ионы 344
Водоросли 16, 100
Водяной кресс 7, 52, 117, 281
Воздух 112
Вредители 114

Гвоздика 27, 55, 74, 117, 274, 288
Гематоксилин 335
Георгины 63, 74, 117
Герань 80, 93, 117
Гербера 20
Герике 12
Гиацинт 117
Гибискус 113
Гидразин сернокислый 309
Гидроксильные ионы 344
Гидропоника 12, 30, 101
Гидропоникумы 18
Гидропонное хозяйство 142
Гидрослюды 8
Гидрохинон 331
Гипс 263
Гипсолюбка 117
Гладиолусы 64, 117, 275
Глоксиния 78
Горечавка 94
Горох 40, 117, 273
Гортензия крупнолистая 80
Горшечные растения 70, 272
Гравий 191
Гравийная культура 12, 19
Град 118
Грамм-молекула 257
Грамм-эквивалент 258
Гуммиарабик 313
Гуммоз 25
ГЭЭДДУ 253
ГЭЭДТУ 253

Дауицид В 31
Дельфиниум 69, 117
Деминерализация воды 17
Деформационные швы 210
ДДТ 31
Дигидрострептомицин 116
Дипикриламин 313
Дипикриламинат лития 314
Дистиллированная вода 288
Дисульфофеноловая кислота 295, 312, 330
Дитан 31
Дитизон 336
Дифениламин 321
Дифенилтиокарбазон 336
Диффузия 363
Диффузный метод 328
Диэтилдитиокарбамат натрия 288, 319, 337
Длина дня 119
Дождевая вода 354, 365
Дожди 108
ДТПУ 253
Дурман 94
Душистый горошек 67, 117, 280
Дыня мускатная 117

Едкий калий 312
— натрий 346

Железо 245, 263, 267
— недостаток 351
— определение 304, 319, 339
— сернокислое 264, 266, 267
Железоаммонийная лимоннокислая соль 246, 264, 267, 282
Жесткость воды 357

Заполнители 195
Засоленность воды 355
Затенение 113
Затраты труда 108
Зеленый корм 144
Земля 14
Земляника 44, 117, 279
Золотарник 93

Известь 355
Имбирь 94
Ионы 249, 344
Ипекакуана 94
Ирисы 70, 117
Искусственный свет 120
Исландские маки 69

Йодный раствор 303, 322

Кабачки 44, 117
Каладиум 76
Каланхе 80
Калий 244, 263, 265, 292
— недостаток 350
— определение 298, 313, 331
— сернокислый 264
— хлористый 266
Калийная селитра 263
Кальцеолярия 117
Кальциевая селитра 263
Кальций 245, 263, 266, 292
— недостаток 349
— определение 302, 316, 333
— сернокислый 266
Камелия японская 77
Капуста 276
— брюссельская 33
— кочанная 33, 117
— листовая 117
— цветная 33
Карбамид 263
Карбонатно-сульфитный раствор 331
Карликовый апельсин 78
Картофель 7, 40, 117, 277
Катионы 249
Кварц 19
Квасцы 242
Керамзит 7
Кипарис 113
Кислород 263
— определение 323
Кларкия 117

Кобальт 263
Кобальтнитрат натрия 299, 331
Колеус 77, 117
Колориметрический анализ 292
Компаратор Ловибонда 329, 345
Концентрация водородных ионов 311
Кориандр 93
Кошки 115
Крахмал 321
— определение 322
Крысы 114
Культурооборот 119
Куркума 94

Лабораторное обслуживание 118
Лава 19
Лаванда 93
Левкой 70, 117, 279
Лекарственные растения 94
Лигнит 253
Лилия 70, 117
Лимонная кислота 305
Листовая пластинка 328
Ловибонд 349, 345
Лук 39
— порей 117
— репчатый 7, 117
— шалот 117
Луковичные растения 75
Львиный зев 70, 278
Люминесцентные лампы 121
Лютики 69

Магний 245, 263, 264, 269, 292
— недостаток 349
— определение 300, 315, 332
Мангольд 45
Манзат 31
Марганец 247, 263, 266, 292, 355
— недостаток 352
— определение 306, 334
— сернокислый 264, 266, 267
Медь 248, 263, 267, 288
— определение 319, 337
— сернокислая 264, 267
Междурядные культуры 116
Мезофилл 349, 352
Ментол 93
Мерная посуда 289, 291
Металлические поддоны 15
Метилрот 312
Микроэлементы 243, 268
Модуль крупности 198
Молибдат аммония 330
Молибден 248
Молибденово-сернокислый реактив 314
Молярные, или мольные, растворы 257
Моноаммонийфосфат 263, 264, 265, 266, 269
Монокальцийфосфат 263, 264, 265, 269
Мононатрийфосфат 292
Моргана реактив 328, 334, 341
Морковь, 33, 117
Морская вода 17, 360
Мочевина 263, 264
Мускатная дыня 55
Мыльный раствор 316
Мыши 114
Мята 39, 93, 95

Накрывка 220
Наперстянка 94
Нарцисс белый 117
— желтый 117
Натриевая селитра 263
Натрий 243, 263
— азотнокислый 263, 266
— недостаток 351
Нейтрализация воды 355
Нейтральный раствор 344
Некроз 350
Нематоды 135
Несслера пробирки 327
Нефролепис 20
Никель, определение 340
Нитратный азот, определение 312, 321, 329
Нитраты 323
Ногтки 70, 117
Нормальные растворы 257

Овес 117
Огурцы 35, 117, 275
Одуванчик 94
Озерная вода 354
Опалубка 149, 226
Опоры для растений 110
Опреснение морской воды 360
— шахтных вод 362
Ортогидроксидифенил натрия 289
Орхидея 20
Осмос 363
Осмотическое давление 251, 355, 364
Отбор образцов в поле 327

Папоротник 76, 117
Паратион 31
Пассифлора 187

Пастернак 53, 117
Пемза 191
Пентахлорфенат натрия 107
Первоцвет 117
Перегонный аппарат 288
Перманганат калия 312
Пермутит 313
Песок 19, 191, 196, 205
Песчаная культура 12, 18
Петрушка 117
Пипетки 289
Пирекс 291
Питательный раствор 243
Площадь питания 101
Плющ восковой 80
Поверхностные воды 354
Подземная вода шахт 17
Полевые анализы растений 327
Полив и подкормка 103
Полимерный стаканчик 139
Помидоры 7, 45, 117, 280, 281
Посадка растений 100
Потенциометр 343
Признаки недостатка элементов питания 347
Примула 80, 117
Противогнилостная жидкость 132
Пряные травы 94
Птицы 115
pH, определение 312

Ракитник 78
Рассада 101, 135, 278
Раствор А 281
— В 282
— бора 283
— железа В 282
— марганца 282
Растворимости соединений, используемых в гидропонике 264
Распалубка 210
Расширительные швы 211
Редис 44, 117, 278
Ревень 44, 117
Регулирование pH 345
Резервуары 106, 220
Репа 117
Речная вода 354
Ридила — Стюарта метод 325
Розы 66, 74, 117, 278
Ромашки 94
Ртутные лампы 123

Салат 7, 37, 117, 276
Сансевьера 80
Сбалансированные растворы 248
Свекла корневая 117
— листовая 117
— столовая 32
Свет 112
Свинец, определение 338
Сельдерей 334, 117, 274
Сера 245, 263
— недостаток 351
Серная кислота 31, 251, 291, 310, 312, 346, 355
Сернокислый аммоний 265
— калий 265, 269
— кальций 266
— магний 264, 268, 269, 285
— марганец 323
Система Герике 12
Сладкий картофель 53
Смачивающий агент 321
Смена питательного раствора 105
Сок растения 322
Солнечный свет 119
Соляная кислота 290
Сооружение поддона 151
Сорняки 115
Составление питательных смесей 258
Спаржа 32, 117
Стеклянные баллоны 87
Стерилизация гряд 106
Стиральная сода 290
Сточные воды 355
Стрептомицин 31
Строительные материалы 194
Строительный раствор 215
Субстраты 99
Сульфат аммония 263
— калия 263
— магния 263
Сульфаты, определение 317
Сульфиды 355
Суперфосфат 263, 264, 266, 268, 287
Сушильни для пряных трав 96, 97

Талая вода 354
Таннины 328
Твердение бетона 202, 213
Температура 119
Температурные швы 210
Термоплас 50, 128
Террариумы 87
Тетрахлорфенат натрия 107
Тимол 313
Тимолблау 335, 336

Тиогликолевая кислота 305
Тиосульфат натрия 323
Тиоцианат аммония 318
Титановый реактив 301
Толуол 289
Тополь 113
Торф 192
Торфяная культура 19
Трава 144
Традесканция 81
Трихлорфенат натрия 107
Тыква 44, 117, 277
Тысячелистник 93
Тюльпаны 75, 117
Тяжелые металлы 336

Углерод 263
Уинклера метод 323
Укроп 93
Усадочные швы 211

Фасоль 7, 32, 67, 117, 273
Фенолрот 336
Фенхель 93
Фермат 31
Фиалки 117
Фиалка африканская 72
Физалис 76
Фикус 20, 78
Филодендрон 80
Фитофтора 350
Флавоны 328
Флокс Друммонди 117
Формалин 31, 106
Формальдегид 300
Формальдоксим солянокислый 334
Фосфаты, определение 322, 330
Фосфор 244, 263, 264, 292
— недостаток 348
— определение 296, 314
Фотосинтез 321
Фреезия 69, 117
Фтор 287, 355
Фуксия 74, 117
Фумигация 128

Хел-138 254
Хелаты 28, 246
— железа 252
Хинализарин 309
Хлор 263
Хлорелла 16
Хлорид калия 263
Хлориды, определение 318
Хлористый калий 265
Хлороз 255, 349
Хлор, определение 332
Хлорофилл 349
Хлороформ 323
Хортицел 132
Хрен 7, 37, 117, 276
Хризантемы 64, 117, 276
Хромовая смесь 291, 293

Цветная капуста 117
ЦДТУ 254
Цемент 195, 205
Цементирование поверхности 241
Цементная штукатурка 217
Цементно-известковый раствор 215
Цементно-водный фактор 202
Цементно-известковая штукатурка 218
Цементный раствор 215
Цикламен 78, 117
Цикорий 7, 34, 117
Цинерария 77, 117
Цинк 226, 248, 263, 267, 288
Цинния 117
Циссус 20
— антарктический 78
Цитраль 93
Цитронеллаль 93

Чабрец 96
Чаши для луковичных 87
Черенки 140
Черешки 328
Чеснок 40, 117

Шалфей 95
Шахтные воды 355
Шнитт-лук 117
Шпинат 117, 279
Штукатурка начесом 218

Щебень 19, 197

Эверит 183
Эверитовые горшки 83
ЭДТУ, или этилендиаминтетрауксусная кислота 246
Экзосмос 364
Экстрагирование 328
Электролитическая диссоциация молекул 249
Эндивий 53, 117
Эстрагон 96
Эфедра 94
Эфиромасличные растения 93

Содержание

Предисловие к русскому изданию 5
Введение 10

Первая часть

Развитие промышленной гидропоники 12
Сравнение гидропонной и почвенной культур 13
Металлические резервуары 15
Эфиромасличные и лекарственные растения 16
Хлорелла 16
Соленая подземная и морская вода 17
Крупнейшие гидропоникумы мира 18
Выращивание овощей 32
Выращивание цветов 55
Горшечные растения 70
Оборудование для комнатной культуры растений 81
Производство эфирных масел гидропонным способом 93
Лекарственные растения 94
Пряные травы 94
Выращивание семян 98

Вторая часть

Агротехника 99
Применение искусственного света 120
Остекленные и пленочные временные и постоянные укрытия 125
Рассада и черенки 135
Идеальное гидропонное хозяйство 142
Зеленый корм круглый год 144

Третья часть

Проектирование и сооружение поддонов и резервуаров 149
Сооружение поддонов 159
Поддоны в пустыне Калахари 165
Гидропонная система Тегнера 168
Гидропоникум армии США 173
Поддоны, в которых применяются сухие удобрения 181
Поддоны из декоративного камня 183
Использование распиленных пополам бочек в качестве поддонов 185
Гидропонное выращивание деревьев 188
Пустотелые стены 188
Корневые субстраты 190
Строительные материалы 194
Цемент 195
Заполнители 195
Бетон 201
Дозирование материалов 205
Перемешивание материалов 207
Укладка бетона 208
Жидкий цементный и строительный растворы 215
Строительство резервуаров 220
Круглые резервуары из бетонных блоков и кирпичей 232
Сооружение круглых резервуаров при помощи передвижных форм 236

Резервуары из гофрированного железа и бетона 239
Придание бетону водонепроницаемости 241

Четвертая часть

Теоретические основы приготовления питательных растворов 243
Сбалансированные питательные растворы 248
Хелаты железа в питании растений 252
Расчеты питательных смесей 257
Состав питательных смесей 267
Смеси, применяемые в США, Израиле и Великобритании 283
Химический анализ питательных растворов 288
Оборудование и материалы для лаборатории 293
Определение нитратного азота 295
Определение фосфора 296
Определение калия 298
Определение магния 300
Определение кальция 302
Определение железа 304
Определение марганца 306
Определение бора 308
Химический анализ питательных растворов, применяемых в гидропонных хозяйствах армии США 311
Химический анализ растительных тканей, применяемый в гидропонных хозяйствах армии США 320
Определение растворенного кислорода в питательных растворах (метод Уинклера) 323
Химический анализ растительных тканей для определения обеспеченности растений элементами питания в полевых условиях 325
Техника полевых анализов растений 327
Величина pH и ее регулирование в питательных растворах 343
Признаки недостатка элементов питания у культурных растений 347
Вода 353
Осмос 362
Литература 366
Предметный указатель 370

Бентли М.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ГИДРОПОНИКА. Перевод с английского. С предисловием и под ред. канд. биол. наук В. Н. Былова. М., изд-во «Колос», 1965.
376 с.

УДК 631.589.2

Редактор *А. А. Семеновский*
Художник *Ю. М. Красный*
Художественный редактор *И. А. Новичкова*
Технический редактор *Г. Б. Алексеева*
Корректор *В. П. Карпикова*

Сдано в набор 30/I 1965 г. Подписано к печати 11/VI 1965 г. Формат 70×90¹/₁₆. Печ. л. 23,5 (27,495). Уч.-изд. л. 25,48. Изд. № 2856. Т. п. 1965 г. № 353. Заказ № 111. Цена 1 р. 14 к.

Издательство «Колос», Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19.

Ярославский полиграфкомбинат Главполиграфпрома Государственного комитета Совета Министров СССР по печати. Ярославль, ул. Свободы, 97.