

И. Г. МУРАШ

ОПЫТЫ  
ПО  
АЭРОПОНИКЕ  
В  
ШКОЛЕ

*Пособие для учителей*

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ПРОСВЕЩЕНИЕ»  
МОСКВА • 1969

## ОТ РЕДАКЦИИ

Аэропоника — новый метод выращивания растений в воздушной среде. Проволока да сетчатый стаканчик у стеллажа — вот точки опоры растений. Этот оригинальный метод выращивания растений имеет большое научное и практическое значение.

Способ выращивания растений без субстрата представляет большой интерес для школ. При выращивании растений аэропонным методом учащиеся смогут наблюдать за ростом корневой системы растений, управлять процессом питания, ставить интересные опыты.

В книге подробно описано устройство и оборудование аэропонной установки, изложена методика выращивания овощных растений, дана примерная тематика опытов, журнал наблюдений.

Книга будет интересна преподавателям биологии и труда как сельских, так и городских школ.

«...организм есть, несомненно, высшее единство, связывающее в себе в одно целое механику, физику и химию, так что эту троицу нельзя больше разделить».

Ф. Энгельс

## ВВЕДЕНИЕ

Одна из характерных особенностей современного этапа в развитии биологии — глубокое проникновение методов физики и химии в исследование биологических явлений.

Попытки подойти к изучению жизненных процессов с чисто физической и химической точек зрения, игнорируя биологические закономерности, обречены на неудачу, так же как и стремление некоторых биологов понять сущность жизни, не прибегая к достижениям современной физики и химии. Сейчас ясно, что для разрешения основных проблем биологии — законов развития и роста, природы наследственности и многих других — необходимо получить ясное представление о физико-химической основе этих процессов.

В свете этого аэропонный метод выращивания растений дает возможность проводить глубокие комплексные исследования жизненных процессов, протекающих в растительном организме. Он основан на достижениях биологии, физики, химии, агрохимии, механики. Аэропоника — это способ выращивания растений без субстрата в воздушной среде.

Среди многих преданий история сохранила рассказ о висячих садах ассирийской царицы Семирамиды, считавшихся одним из семи чудес света. Еще за 300 лет до нашей эры были эти роскошные сады, посаженные на искусственно насыпанной площадке, как бы висевшие над землей.

Современная действительность — грандиозные успехи в развитии науки и техники — заставила померкнуть эти чудеса. Мы живем накануне создания настоящих действительно висячих огородов, которые будут давать насе-



Рис. 1. Растения огурца в условиях аэропоники.

лению обильные урожаи овощей. В воздушной среде, без почвы, можно вырастить растения огурца, томата, баклажана, перца, лук, цветочно-декоративные и другие культуры. Проволока да сетчатый стаканчик стеллажа — вот их точки опоры. Растения целиком находятся в воздухе (рис. 1).

Еще в начале двадцатого века К. А. Тимирязев писал, что растения можно выращивать и без земли, если давать им необходимые для их жизни вещества. Он опытным путем установил, что в условиях водной культуры у растений наблюдается кислородное голодание корневой

системы в течение всего периода вегетации. Для устранения этого явления К. А. Тимирязев предложил два способа продувания воздуха в раствор. Это мероприятие сохраняет свое значение для водной культуры и в наши дни.

Профессор В. Арциховский, исследуя роль воздушной среды в развитии корневой системы, доказал возможность выращивания растений в воздухе, если время от времени опрыскивать корни их растворами. Статьи о воздушной культуре В. Арциховского были опубликованы на страницах русских изданий еще в 1911 и 1915 гг. Они стали достоянием ученых всего мира. Об этом пишет и К. А. Тимирязев в своей книге «Земледелие и физиология растений».

Развитие учения о питании растений позволило создать новую технологию выращивания растений — аэропонику. Эта работа в СССР впервые была начата на опорном пункте Научно-исследовательского института овощного хозяйства (НИИОХ), организованном Министерством сельского хозяйства РСФСР в 1956 г. в теплицах Московского нефтезавода.

Полученные данные показали, что питание растений, осуществляемое корневой системой, в течение суток и всей вегетации протекает неравномерно. При этом существуют свои ритмы, связанные с внешними условиями, этапами роста и развития корневой системы и растения в целом. Эта ритмичность была установлена вначале на водной, а затем уточнена на воздушной культуре.

Были проведены исследования, которые легли в основу разработки системы программированного автоматического управления и контроля за водно-воздушным питанием растений на аэропонике.

В настоящее время площадь под аэропоникой доведена в этом институте до 1000 м<sup>2</sup>.

Воздушная культура овощей была оборудована в совхозе «Марфино», Институте физиологии растений Академии наук СССР, в Ленинградском Биологическом институте и других хозяйствах и научных учреждениях.

В 1957 г. на Лейпцигской выставке демонстрировались растения, выращенные аналогичным способом Тесмаром (ГДР). Им был получен урожай огурцов 85 кг с 1 м<sup>2</sup>.

Большое внимание aeropонике уделяется в Италии, Югославии и других странах.

Новая технология выращивания растений представляет большой экономический интерес. Так, в колхозах и совхозах Советского Союза площадь теплиц составляет около 4 млн. м<sup>2</sup>. Овощи в них выращивают главным образом на почвенных смесях. Этот способ трудоемкий и требует значительных количеств местных органических удобрений. Чтобы привести в работоспособное состояние теплицы всех колхозов и совхозов, необходимо затратить 450—500 тыс. т дерновой земли, 400—500 тыс. т навоза. Чтобы доставить эти материалы, требуется проделать более 4,0 млн. т/км и затратить свыше 400 тыс. человеко-дней для заготовки и набивки грунтов и производства других работ. Замена почвы другими твердыми субстратами исключает потребность в местных органических удобрениях, но также требует больших затрат средств и труда на единицу площади. Через определенный период времени грунты и другие субстраты необходимо заменять, на что снова затрачивается много труда и средств.

При aeropонном способе выращивания растений корневая система развивается в воздухе в полном пространстве стеллажей или углубленных котлованов, в сетчатых стаканчиках и без них. Способ воздушной культуры овощей позволяет использовать для технологического оборудования разные дешевые синтетические материалы, асбоцементные трубы и пр.

В процессе вегетации растений требуется постоянное обновление воздуха и водного раствора в корнеобитаемом слое. В условии обычной субстратной культуры снабжение корней кислородом осуществляется посредством диффузии газов, проветриванием, в результате температурных перепадов, движением воды в почве и в других твердых субстратах, вытеснением и засасыванием воздуха. При выращивании растений aeropонным методом корни растений находятся в воздушной среде. В зону корней воздух поступает через отверстия сетчатых стаканчиков и боковых отверстий стеллажей.

По данным литературы, объем пор в субстратах достигает от 30 до 50% общего их объема. В естественных условиях часть этого пространства занята водой, а часть остается заполненной воздухом. В aeropонных установках субстрат отсутствует и все пространство заполняется

воздухом, благодаря чему в условиях aeropоники усиливается рост корневой системы в 1,5—5 и более раз.

Урожай овощей при выращивании aeropонным методом повышается на 20—50% и более по сравнению с почвенной и водной культурами. Хорошие урожаи на aeropонике дают огурец, томат, баклажан, перец, фасоль и другие культуры. В 1965 г. в совхозе «Марфино» на воздушной культуре урожай овощей составил 30,7 кг, в 1966 г. — 45,7 кг и в 1967 г. — 31,3 кг на 1 м<sup>2</sup> площади теплицы.

Aeropоника открывает большие возможности для выращивания растений на кораблях в дальних экспедициях, при межпланетных космических полетах.

Метод воздушной культуры может быть широко использован в учебных целях, этим методом можно выращивать растения в биологических кабинетах школ, организовать интересные наблюдения за ростом и развитием растений, поставить опыты.

Дальнейшая разработка метода воздушной культуры требует углубления и расширения комплексных исследовательских работ в направлении уточнения состава питательного раствора, соотношений элементов питания в нем; требует выяснения физиологических функций отдельных органов растения в условиях aeropоники, подбора сортов и видов овощных растений. Активное участие в разработке этих вопросов могут принять учащиеся старших классов как сельских, так и городских школ.

### УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ АЭРОПОННЫХ УСТАНОВОК

При внедрении аэропонного метода выращивания растений можно использовать любые теплицы, построенные по существующим типовым проектам.

Аэропонная установка состоит из стеллажей, коллекторов с распылителями, подводящего и сливного трубопроводов с запорными и обратными клапанами, узла питания, электродвигателей разной мощности, устройства программированного автоматического управления и контроля за водно-воздушным питанием растений.

Основное оборудование под аэропонику подбирают сообразно условиям теплицы и возможностям хозяйства. Там, где достаточно площади, лучше отвести под каждую культуру отдельную теплицу, а где площадь ограничена, можно в одной теплице проектировать 2—3 отделения, разделенных светопрозрачной пленкой. Одна часть пойдет для выращивания пасленовых, вторая — для тыквенных растений.

#### Стеллажи

Теплицы оборудуют поперечными наземными стеллажами с обогревом или углубленными котлованами (котлованами) с крышками (рис. 2). Стеллажи часто называют поддонами. Это корытообразные сооружения. Ширина стеллажей 70 см, глубина — 20—25 см. Расстояние между стеллажами — 60 см, ширина центрального прохода теплицы — 90 см. Стеллажи должны быть водонепроницаемы, легкой конструкции, химически стойкими и долговечными. Они изготавливаются из темных синтетических или других материалов, а также могут быть деревянными или бетонными (рис. 3).

Крышки стеллажей изготавливают с отверстиями, в которые вставляют стаканчики с высаженными в них растениями. Крышки также должны быть из химически стойких материалов темного цвета. Например, из листов винипласта толщиной 3—4 мм или натянутой на рамки винипластовой перфорированной пленки (сетки).

Крышки стеллажей должны быть съемными, а крышки котлованов, располагающиеся между лентами растений, следует делать на устойчивых креплениях. Особенно прочными крепления должны быть в тех местах, где проводится сбор урожая. Здесь проходы могут быть деревянными, из бетонных плит или других материалов.

Для выгоночных, зеленных и декоративно-цветочных культур крышки заменяют сеткой, натянутой на рамки. Размер ячеек сетки — 4×6 и 10×10 мм. Между каждыми двумя рядами растений укладывают сетку с ячейками 4—5 мм.

Стаканчики для посадки рассады должны быть диаметром 80 мм и высотой 80 мм из синтетических химически стойких материалов. Ячейки сетки — от 5×5 до 10×10 мм. Стаканчики делают с ребордами, удерживающими их в отверстиях крышек наземных стеллажей или углубленных котлованов (рис. 4).

Можно выращивать растения и без стаканчиков. Тогда корневую шейку растения при посадке рассады надо обернуть тонкой пластинкой перлона, ваты или другого мягкого материала.

Стеллажи из листового винипласта (толщина 3—4 мм) — прямоугольники размером 6250×1600×250 мм.

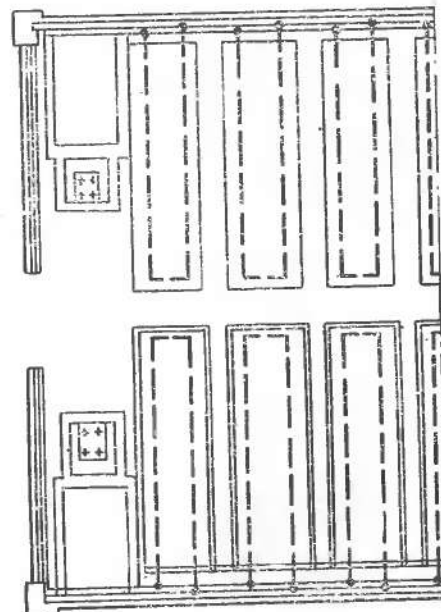


Рис. 2. Схема расположения стеллажей в теплице.

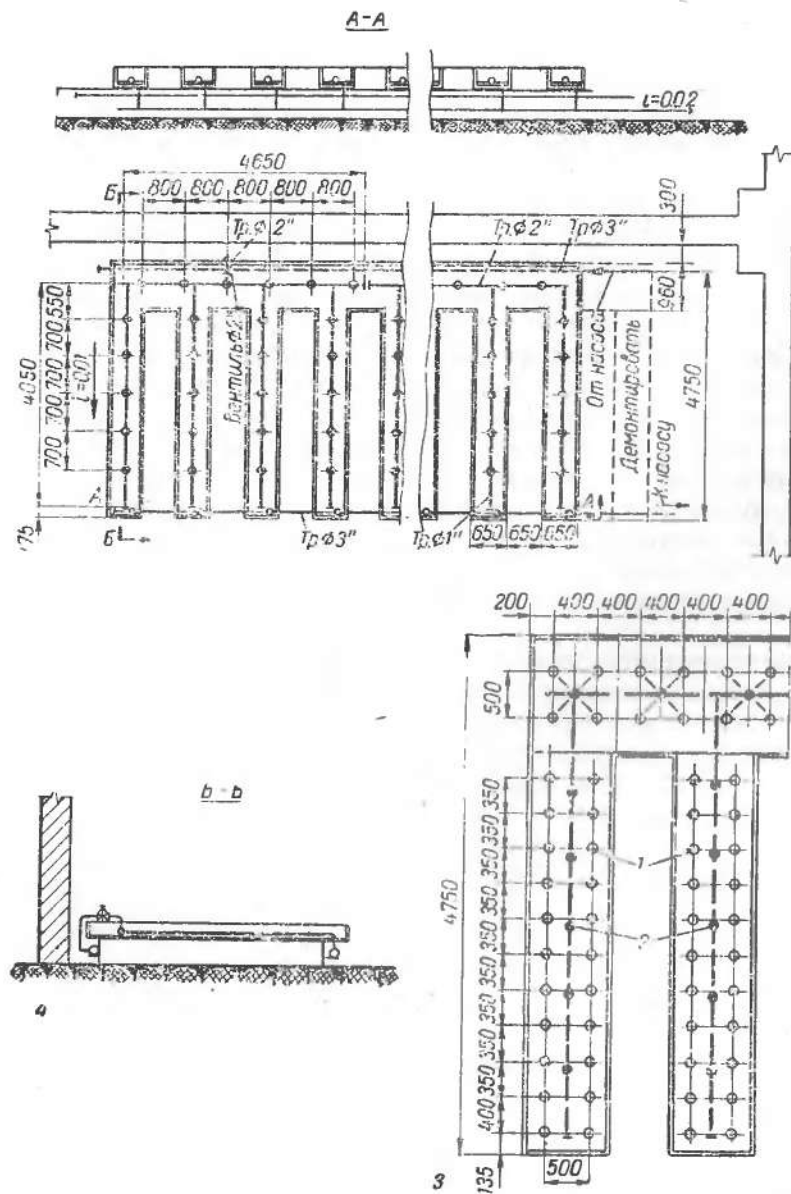


Рис. 3. Общий вид стеллажей и крышек:  
 1 — поперечный разрез стеллажей; 2 — стеллажи, оборудованные коллекторами с отверстиями; 3 — крышки стеллажей с отверстиями для сетчатых стаканчиков; 4 — схема устройства коллектора с разбрызгивателем.

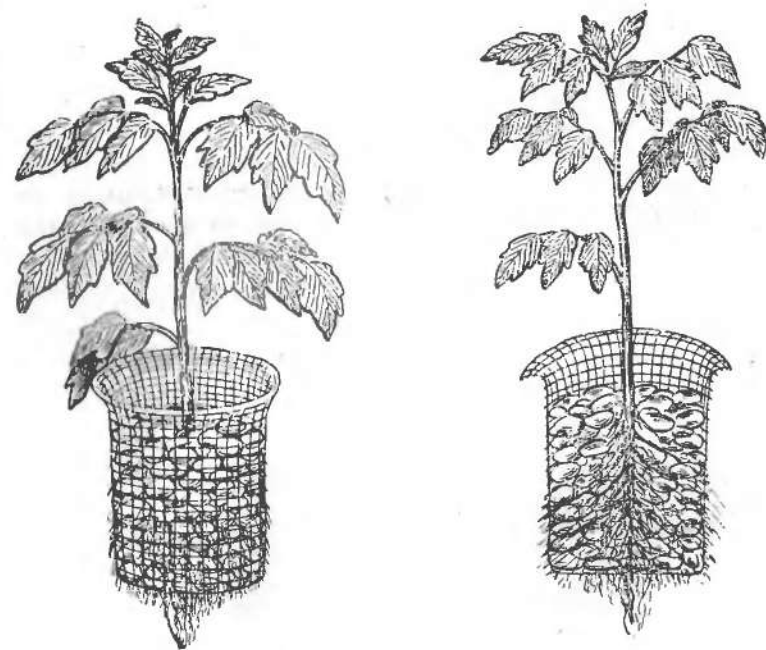


Рис. 4. Рассада в сетчатых стаканчиках из винилпласта.

Площадь каждого стеллажа  $10 \text{ м}^2$ . Воздушная кубатура стеллажа —  $2,5 \text{ м}^3$ .

В каждой отдельной секции или в небольшой теплице ( $250 \text{ м}^2$ ) размещается 15 стеллажей. Крышки стеллажей изготовляют из винилпластовых листов или из листового оргстекла (марки СТ-1, ТУ, МХП, Бу-11-57). При отсутствии оргстекла крышки делают из досок толщиной 2 см, как у кирпичных стеллажей (см. ниже). Для жесткости корыто стеллажей укреплено сдвоенными уголками из винилпласта  $30 \times 30 \times 30 \text{ мм}$ , при этом уголки приваривают к корпусу струей горячего воздуха при температуре  $230\text{--}260^\circ\text{С}$ . Вместо уголков винилпласта можно использовать деревянные рейки с углублениями по краям для укладки рамок с сетками.

Размер кирпичных стеллажей —  $6250 \times 1600 \text{ мм}$ . Основание под этими стеллажами — тощий бетон марки «50» толщиной 10 см. Кладку стен нужно вести в полкирпича на растворе марки «25». Внутреннюю плоскость стен и дно стеллажа, а также надземную часть их следует штукатурить цементным раствором. Крышки кирпич-

ных стеллажей можно изготавливать из досок толщиной в 2,5 см. Размер деревянных крышек—1050×1700×25 мм. Для крышек здесь можно использовать листы винипласта или сетки на рамках.

В отверстиях крышек следует укрепить капроновые стаканчики размером 80×80 мм, а все деревянные крышки окрасить масляной краской в зеленый или белый цвет. Стеллажи могут быть одинарными — с двумя рядами растений и двояными — с четырьмя рядами растений.

Чтобы питательный раствор самотеком возвращался в бак через трубопровод, стеллажи делают с незначительным уклоном. Бачок надо расположить так, чтобы обеспечить самозалив насоса и самотечный возврат питательного раствора в бак. Очень важно, чтобы количество раствора, заполняющее систему, было постоянным и поддерживалось в системе обратным клапаном, «гусак» (труба с загнутым концом) или другими, более совершенными приспособлениями, установленными в начале трубопровода, вблизи насоса.

**Устройство для выращивания нерассадных растений.** Чтобы выращивать лук или пристановочные культуры овощей, стеллажи покрывают вместо крышек сеткой, натянутой на рамку. Такого рода укрытие стеллажей широко используют поздней осенью, зимой и ранней весной.

Луковицы, а также корнеплоды сельдерея и петрушки (без зелени) распределяют на сетке плотно один к другому. Затем, чтобы ускорить отрастание корней и зеленой массы, создают условия влажной камеры — луковицы и корнеплоды прикрывают прозрачной пленкой. Укрытые растения снизу, из отверстий трубы, автоматически опрыскиваются питательным раствором.

#### Коллекторы с распылителями питательного раствора

Коллекторы, оборудованные распылителями для опрыскивания питательным раствором корней, укладывают на дне стеллажей и котлованов между каждыми двумя рядами растений. Количество распылителей на коллекторе определяется из расчета 1 разбрызгиватель на 4 растения.

Коллекторы стеллажей и углубленных кварталов для опрыскивания корней питательным раствором можно

проектировать в двух вариантах: опрыскивание корней сверху вниз и снизу вверх (рис. 5). При нижнем опрыскивании коллекторы должны укладываться на высоте 3 см от дна, а при верхнем опрыскивании — на 3 см ниже крышки стеллажа или углубленного квартала. Ряды для размещения растений на стеллажах и кварталах располагают на расстоянии 10 см от краев. Расстояния меж-

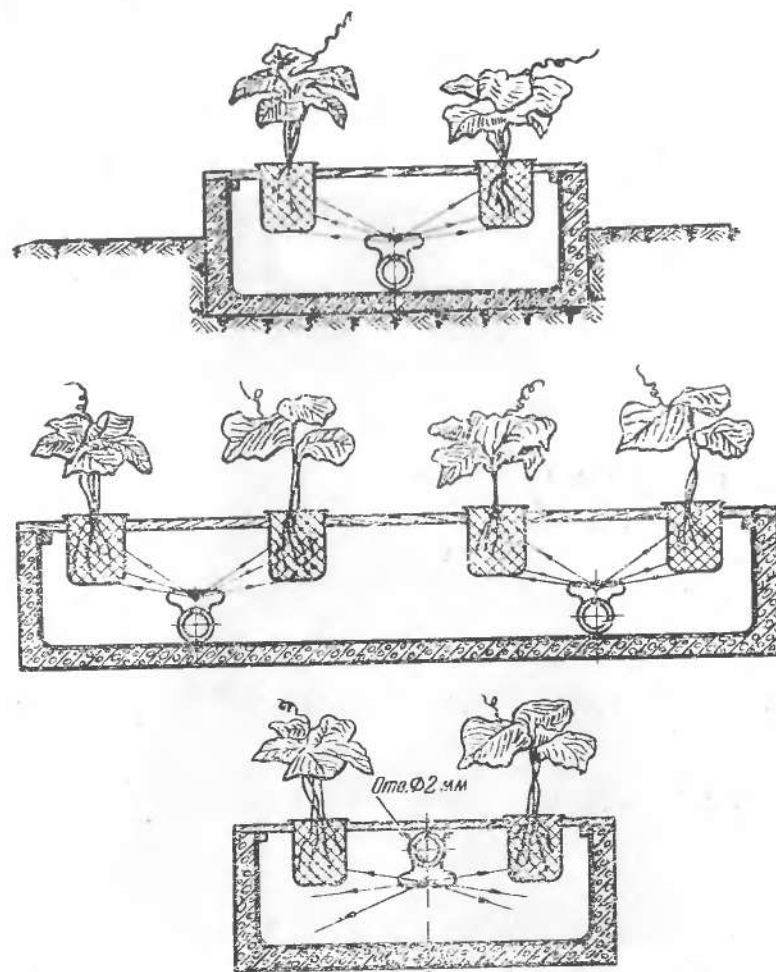


Рис. 5. Верхнее и нижнее расположение коллекторов с опрыскивателями в стеллажах при двух-, четырехрядной посадке растений.

ду растениями в рядах — 35—40 см. На углубленных кварталах расстояния сохраняют такие же, как и на стеллажах.

Коллекторы располагают вдоль стеллажей, в них должно быть равномерное давление во всех его точках, т. е. во всех распылителях или разбрызгивателях.

К коллекторам стеллажей по трубопроводу подводится раствор. Питательный раствор нагнетается в отверстия коллектора и распыляется с помощью различных форсунок или распылителей. При этом происходит опрыскивание корневой системы или листы растений. Опыскивание из отверстий нагнетательной трубы (без форсунок) надежнее (рис. 6).

Чтобы обеспечить необходимое распыление питательного раствора и достигнуть качественного опрыскивания

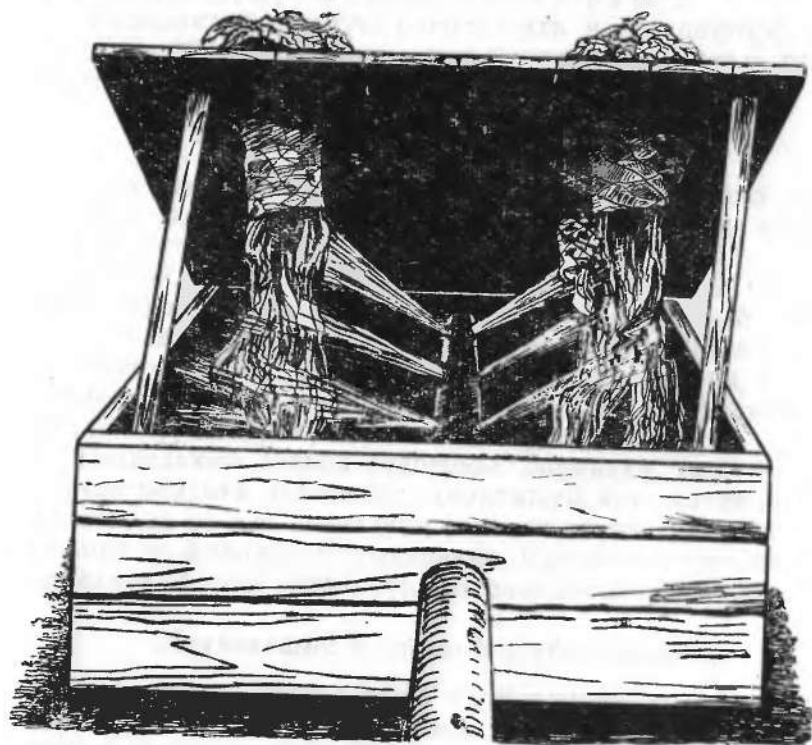


Рис. 6. Бесфорсуночный способ подачи питательного раствора на корневую систему.

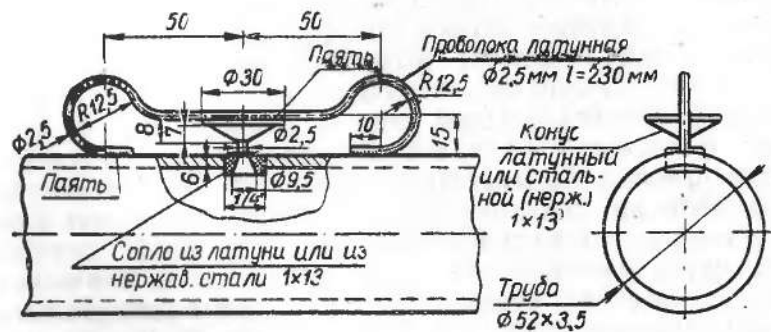


Рис. 7. Устройство разбрызгивателя при бесфорсуночном способе подкормки растений.

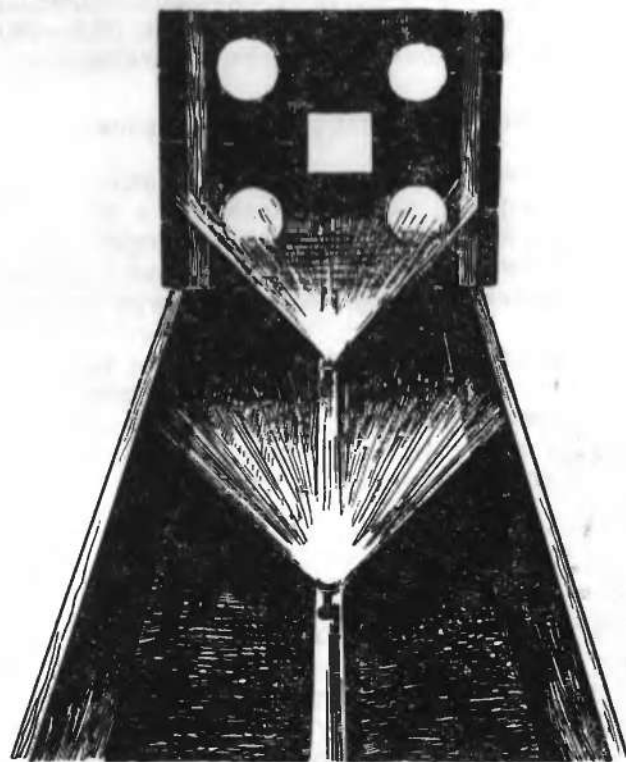


Рис. 8. Разбрызгивание питательного раствора форсункой «грибок» в стеллаже.



ния — смачивания всей корневой системы, в совхозе «Марфино» (Москва) был предложен разбрызгиватель (рис. 7), повышающий эффективность бесфорсуночного способа. Этот разбрызгиватель состоит из сопла с отверстием 3 мм в диаметре с коническим рассекателем. Сопло ввинчивают в отверстие нагнетательной трубы, а над соплом к проволоке припаивают конусный рассекатель. С помощью сопла и конического разбрызгивателя достигается необходимое распыление струи питательного раствора, поступающего из отверстий трубы коллектора. Здесь устранены недостатки, которыми во время работы изобилуют форсунки (засорение и др.).

Бесфорсуночный способ лучше и дешевле форсуночного. Он эффективен и прост в работе и лучше обеспечивает бесперебойную подачу питательного раствора. На рисунке 7 показаны варианты этого распылителя: с регулированием угла распыливания и без него.

Распылители следует располагать на коллекторе через 700—800 мм. Можно использовать распылитель типа «грибок» (рис. 8).

### Обогрев стеллажей

Для создания необходимых температурных условий в теплице под стеллажами должны располагаться трубы почвенного обогрева.

С этой целью используют оцинкованные трубы (1" водогазопроводные по ГОСТУ 3262-62). П-образный змеевик закладывают под стеллажами на глубине 0,2 м.

Змеевик подключают фланцевым соединением к системе отопления, а выход из змеевика приваривают к коллектору возврата воды в котельную.

Раздельный подвод подогрева оправдан тем, что в случае ремонта отдельных стеллажей или ликвидации некоторых из них отопление отключают постановкой заглушки во фланцевом соединении. Кроме того, при общем змеевике обогрев почвы будет неравномерным.

### Подводящий и сливной трубопроводы

Назначение подводящего трубопровода — подводить питательный раствор от насоса к коллекторам, находящимся в стеллажах или котлованах. Подводящий трубопровод начинается от выкидного рукава насоса. Чтобы в

системе поддерживалось постоянное количество раствора, подводящий трубопровод вблизи выкидного рукава оборудуют обратным клапаном. Иногда в трубопроводе устанавливают более надежное приспособление — «гусак». Таким образом, из бака через подводящий трубопровод в каждый коллектор, а затем и в каждый распылитель насосом нагнетается питательный раствор, который затем в распыленном виде попадает на корневую систему. Часть этого раствора поглощается корнями, а излишняя часть, скатываясь на дно стеллажа, возвращается обратно в бак. Для этого в конце стеллажа делают отверстие в 30—40 мм, а под стеллажом проводят сливной трубопровод.

Размеры подводящего и сливного трубопроводов зависят от количества возвращающегося в бак раствора: для сдвоенного стеллажа в среднем 1,65 л, для одинарного — 0,85—0,90 л в течение 5—10 сек. При этом очень важно определить размер питательного бачка.

### Запорные или обратные клапаны

Корпус клапана устанавливают вблизи насоса на подающей трубе и заливают бетоном. Клапан устанавливают строго вертикально. Перед подачей раствора на стеллажи или экспериментальные установки необходимо проверить от руки свободное перемещение штока с клапаном и поплавком.

В верхнем положении клапан должен перекрывать выходное отверстие.

Регулятор уровня раствора устанавливают над резервуаром. Для свободного прохода троса регулятора с поплавком и грузом необходимо сделать люк размером 20×30 см.

### Узел питания

В каждой теплице со стеллажами или углубленными котлованами, в весенних теплицах, покрытых пленками, экспериментальных установках и других приспособлениях под воздушные культуры устанавливают узел питания с баками для питательного раствора (рис. 9). Полезно предусмотреть также один-два бачка для маточных растворов (для макро- и микроэлементов) с перемешива-

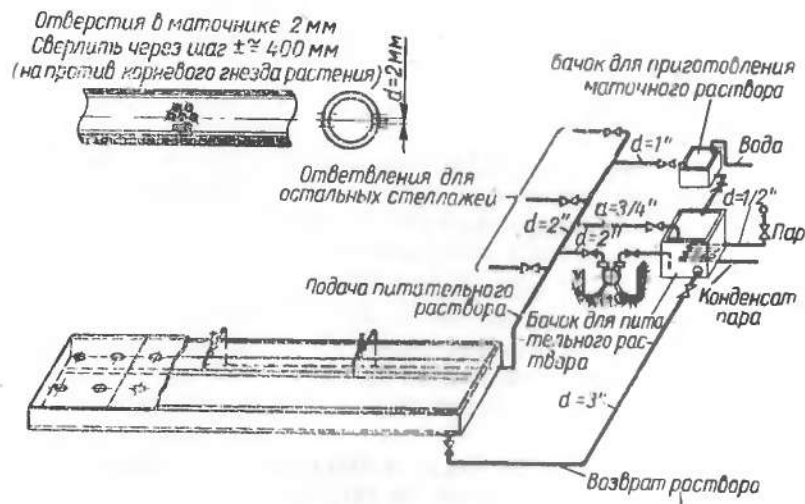


Рис. 9. Схема устройства узла питания.

вающим устройством, а если возможно, и дозаторами емкости в соответствии с емкостью бака. Если питательный узел оборудуют только одним баком для питательного раствора, то каждый раз после использования раствора надо отвешивать удобрения и готовить новый раствор. Поэтому целесообразно предусмотреть также емкость (например, металлическая или деревянная кадушка) для суперфосфатных вытяжек.

Лучшая форма бачка прямоугольная. Его можно расположить в среднем проходе теплицы под стеллажами, закрыв сверху крышкой. Для подогрева раствора внутри бачка оборудуют электрообогреватель или змеевик из труб (25×2 см), а для перемешивания питательного раствора устраивают смеситель из труб такого же диаметра или меньших диаметров.

Баки с питательным раствором снабжены механическими мешалками, которые приводятся в действие электродвигателем. Нижние лопасти мешалки снабжены резиновыми прокладками, которые, касаясь дна бака, предотвращают осаждение на дно взвешенных частиц нерастворившихся удобрений.

Все баки должны быть снабжены обыкновенными фильтрами для очистки подаваемого раствора от взвешенных частиц.

Для наблюдения устанавливают указатели уровней раствора с точностью до 0,1 см, чтобы изучать расход воды (транспирацию) растениями в любое время и при разных внешних условиях. Высоту уровней питательного раствора можно измерять с помощью мерной линейки.

Емкость бака определяется площадью стеллажей, количеством растений, величиной суточного расхода питательного раствора, необходимого для питания растений в течение 10—13 дней, плюс 10—12-дневный запас. Емкость бака для аэропонной установки можно рассчитывать исходя из средней нормы 50 л на 1 м<sup>2</sup> стеллажей теплицы. В зависимости от условий таким количеством раствора можно обеспечить растения в течение 10—13 дней, а в зимний период значительно дольше.

**Расчет емкости питательного бака.** Площадь одного стеллажа  $S=10 \text{ м}^2$ . Всего стеллажей в секции  $n=15$ .

Площадь всех стеллажей:

$$\Sigma S = 10 \times 15 = 150 \text{ м}^2.$$

Отсюда емкость бака составит:

$$V = 50 \times 150 = 7500 \text{ л (7,5 м}^3\text{)},$$

где 50 — средняя норма раствора, необходимого на 1 м<sup>2</sup> стеллажа.

К питательному баку подсоединяют соответствующей мощности насос с двигателем для подачи раствора на корневую систему растений.

#### Подбор центробежного насоса и электродвигателя

При выборе центробежного насоса исходят из следующего: расход питательного раствора, согласно расчету, составляет 10 л/сек. Потери напора в трубопроводе на единицу длины (на 30 м)  $H=4,5 \text{ м}$ . Чтобы поддерживать необходимый напор воды, подпор в магистрали должен равняться 15,0 м. Это обеспечит нормальную работу аэропонной установки в теплице.

Этим требованиям наиболее отвечает центробежный насос марки ЗК-9а с электродвигателем в 4,5 квт при

$n = 2870$  об/мин марки А42-2, где  $n$  — число оборотов в минуту.

Данные насоса: напор  $H = 19,5$  м водяного столба, производительность  $Q = 12,5$  л/сек.

Насосы марки ЗК-9а поставляются в двух вариантах:

1) с рабочим колесом диаметром 168 мм, создающий напор на выкиде  $H = 27—34,8$  м водяного столба при электродвигателе мощностью  $N = 7$  квт.

2) с рабочим колесом диаметром 143 мм, создающий напор на выкиде насоса  $H$  от 19,5 до 24,2 м водяного столба при электродвигателе мощностью  $N = 4,5$  квт.

Для упомянутых выше емкостей и площадей можно использовать насос с электродвигателем мощностью  $N = 4$  квт, тип А42-2.

**Подбор электронасоса для небольших площадей.** В теплицу площадью 100 м<sup>2</sup> из бачка насосом перекачивается за 1 ч 10,8 м<sup>3</sup> жидкости. Действительный же расход составляет незначительную часть. Возьмем для примера центробежный насос марки 1 1/2 К-6, производительностью 14 м<sup>3</sup>/ч и напором 20 м водяного столба, при числе оборотов 2950 в минуту. Мощность электродвигателя для данной производительности 1,7 квт

$$(N = \frac{3,00 \times 20 \times 1,5}{102 \times 0,7 \times 0,9} = 1,4 \text{ квт},$$

принимаем  $N = 1,7$  квт), что соответствует мощности электродвигателя, указанного в каталоге «Насосы». Насос поставляется с рамой. Его устанавливают в котловане или над котлованом. Под него делают необходимый фундамент и обвязку насоса приемными и выкидными трубопроводами.

Все это силовое хозяйство составляет маломощную электронасосную станцию, которую подключают к программному автоматическому управлению. С помощью программирования маломощная электронасосная станция автоматически регулирует сроки и нормы разбрызгивания питательного раствора на корневую систему растений. Программирование управления и контроль за подачей питательного раствора достигается с помощью реле времени.

**Перебои в работе насоса и их устранение.** Перебой в работе насоса возникает, когда в трубу попадает воздух. При этом нарушается непрерывность водяного потока.

Это наблюдается при заливке бака новым раствором. Перебои в работе мотора могут возникнуть и тогда, когда кончается раствор в баке. Насос заберет последнюю часть раствора, уровень его станет ниже заборного конца трубы (храповика), и вместо раствора в трубу начнет поступать воздух. Это чаще случается, когда насос установлен несколько выше уровня раствора. Чтобы насос снова начал подавать раствор, надо удалить из труб воздух. Для этого отворачивают контрольный винт, находящийся в кожухе насоса, в расположении крыльчатки, и выпускают воздух. О том, что воздуха в трубах уже нет, покажет струя раствора, с силой выжимающая воздух в отверстие кожуха насоса. После этого винт заворачивают, и насос продолжает нормально работать.

## ПРОГРАММИРОВАННОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ЗА ВОДНО-ВОЗДУШНЫМ ПИТАНИЕМ РАСТЕНИЙ

### Основы программированного автоматического управления питанием растений

Чтобы перейти к автоматическому управлению питанием растений, нужно было установить, с какой частотой и продолжительностью следует проводить опрыскивания корневой системы растений питательным раствором при различных внешних условиях (температура, освещенность и т. д.).

Для этого утром в 7—8 ч фиксировали состояние тургора зеленых листьев растений, затем ручным способом опрыскивали корни питательным раствором. Одновременно отмечали температуру, влажность, время опрыскивания. Через некоторое время отмечали начало увядания зеленых листьев у огурца, томата и других культур и повторяли опрыскивание. Наблюдения проводили в течение суток. При этом выяснилось, что потеря состояния тургора находится в зависимости от степени освещенности растений, температуры и других факторов.

У разных растений потеря тургора происходит по-разному, скорее привядали растения огурца, чем томата. Растения огурца в условиях достаточной освещенности

привыдали при температуре 24° уже через 30 мин, при слабом освещении — через 4—7 ч.

Наблюдения дали возможность установить промежутки времени между опрыскиваниями корней, т. е. *циклы* питания растений. Было выяснено, что циклы должны быть неодинаковыми, т. е. опрыскивание должно повторяться не через одинаковые отрезки времени, а в зависимости от внешних условий, этапов роста, развития и общего состояния растений. Наряду с этим выяснили необходимую продолжительность опрыскивания корневой системы — *импульс* водного питания, для чего после опрыскивания изучалось распределение раствора на корневой системе растений.

Циклы и импульсы определяют *ритмичность* корневого питания. В жаркую погоду ритм корневого питания растений один, в пасмурную погоду — другой, в ночное время иной, чем днем, для стареющих и молодых растений также разный. В связи с этим был разработан и использован автомат с тремя различными циклами: 12, 23 и 45 мин, с продолжительностью импульсов 7—12 сек. В настоящее время разработан автомат, снабженный реле с более дробным делением шкалы, что позволяет увеличивать продолжительность циклов на 1, 2 и 3 мин и т. д. до 2 ч.

Самый важный момент в импульсном питании растений — смачивание питательным раствором корешков всех порядков. При этом опрыскивание следует проводить так, чтобы до минимума исключить гидравлические удары, доводя их до силы тяжести мелких капелек воды или тумана. Это достигается направлением и распылением струи раствора. При опрыскивании снизу вверх, когда струя поднимается до крышки стеллажа, гидравлические удары больше, чем при опрыскивании сверху вниз. Во втором случае гидравлические удары слабее, так как раствор как бы скользит по поверхности опустившегося вниз корня.

После опрыскивания раствор с корней скатывается неравномерно. Через 1—2 мин он скатывается с 1/3 верхней части корней первого порядка и задерживается на корнях второго и последующих порядков до 6—8 мин. На концах наружных корней капельки раствора задерживаются до 10—15 мин, а на внутренних, нижних, корнях, расположенных ближе к дну стеллажа, — до 25—30 мин.

Продолжительность скатывания питательного раствора с поверхности корней и состояние тургора растений — основа для определения циклов питания растений.

Корневая система растений при аэропонном методе выращивания значительно больше времени находится в воздушной среде, чем под питательным раствором. Так, если цикл равен 10 мин, а импульсы 8 сек., то в течение суток корневая система опрыскивается питательным раствором всего лишь 19,2 мин. Большую часть времени корневая система находится в воздушной среде.

Минеральное питание осуществляется импульсами. Время между импульсами циклы достигают чаще всего 10, 15, 20, 40 и более минут. Соотношение импульсов и продолжительность циклов равна 1:60, 1:90, 1:120 и т. д.

С увеличением циклов продолжительность опрыскивания корней сокращается, а время, в течение которого корни находятся в воздушной среде без опрыскивания, увеличивается. В отличие от выращивания растений на водной среде или на твердых субстратах при аэропонике, где субстраты отсутствуют, создаются более благоприятные условия для минерального и воздушного питания растений.

Различные растения: томат, баклажан, перец, огурец, фасоль, лук, петрушку, сельдерей, гвоздику — можно выращивать на одном питательном растворе с одним и тем же ритмом питания. Но это не значит, конечно, что не требуется дифференцированного подхода к определению циклов, импульсов питания, а также составов смеси питательного раствора в зависимости от вида, разновидности и сорта растений.

#### Устройство программированного автоматического управления и контроля за водно-воздушным питанием растений

Для питания растений в теплице или биологическом кабинете устанавливают приборы для контроля и программированного автоматического управления питанием растений. Единой схемы для этого нет: может быть одна установка на все узлы питания в теплице или для каждого узла отдельная. Каждая установка должна иметь как автоматическое, так и ручное управление, причем ручное

управление должно накладываться на автоматическое, не изменяя заданного ритма.

Каждое контрольное устройство должно иметь свой световой сигнал, указывающий на неисправность. Сигналов должно быть не менее 10—12: низкая температура; высокая температура; низкая влажность; высокая влажность; низкая или высокая концентрация солей; отключение автоматика; потери напряжения в сети; понижение концентрации  $\text{CO}_2$ ; повышение концентрации  $\text{CO}_2$  (выше заданного предела) и т. д.

Звуковой сигнал должен быть общим. При устранении неисправности аварийный сигнал отключается.

Допустима и схема с реле звуковой сигнализации.

Реле времени циклов и импульсов питания должно иметь плавно меняющуюся выдержку: циклов — от 1 до 60 мин, импульсов — от 1 до 30 сек. Реле должно позволять быстро менять выдержки.

На рисунке 10 показано смонтированное устройство

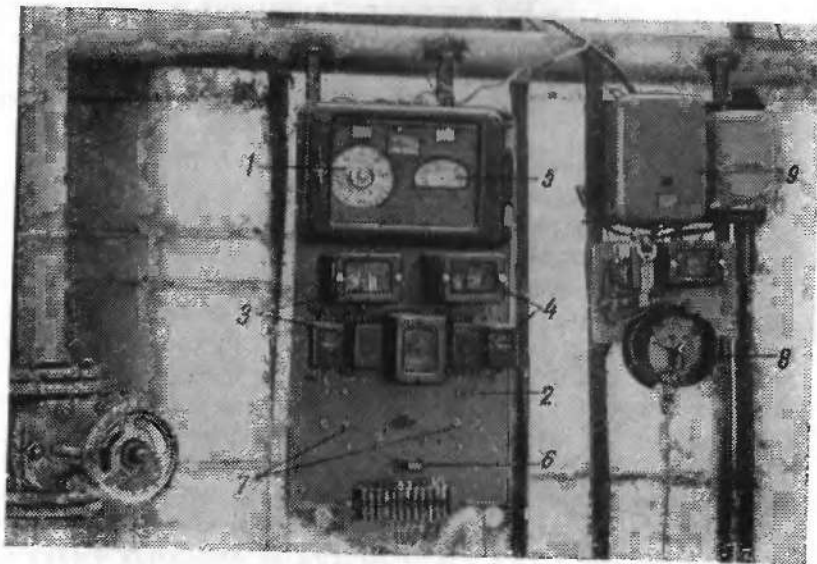


Рис. 10. Щит программированного автоматического управления микроусловиями в зоне корней и питанием растений:

1 — реле циклов (минуты); 2 — реле импульсов (секунды); 3 — реле влажностей; 4 — реле температуры; 5 — контроль за смещением суммарной концентрации питательного раствора; 6 — счетчик включений насоса; 7 — лампочки сигналов; 8 — контактный термометр; 9 — обыкновенные магнитные пускатели.

программированного автоматического контроля и управления питанием растений, которое было использовано в совхозе «Марфино».

Реле должны быть рассчитаны на продолжительную работу до 30—40 тыс. включений в год.

Установка не должна иметь частей, находящихся под напряжением или доступных для случайного прикосновения. Клеммники должны быть закрыты; подогреватель между корпусом и элементом должен иметь хорошую изоляцию; пускатели должны быть защищены. Необходимо учесть и коррозию датчиков, касающихся питательного раствора.

**Регулирование температуры питательного раствора.**

Для нормального роста и развития растений требуется поддерживать температуру питательного раствора в пределах 25—27°C. (Температура раствора задается с помощью контактного термометра.) При нарушении установленного режима подается аварийный сигнал на щит и автоматически включается или отключается подогрев.

Термодатчики должны иметь регулировку в пределах температуры от 10 до 35° и быть просты в наладке. На термодатчики подается безопасное напряжение. Подогрев раствора при необходимости должен отключаться вручную.

**Регулирование влажности в зоне корней.** Чтобы регулировать влажность в заданных пределах (94—99%), в зоне корней устанавливают внутри стеллажа среди корней растений датчики влажности. При отклонении от заданной влажности датчики дают команду на реле, а реле передает на мотор, в результате чего насос работает, пока влажность не достигнет заданного уровня. При понижении или повышении влажности подается сигнал и следующий цикл опрыскивания включается или исключается. Датчики влажности должны быть надежны и просты в перестройке, и на них должно подаваться безопасное напряжение. Контроль влажности должен иметь тумблер или ключ отключения.

**Регулирование и контроль состава воздуха в теплице.**

В осенне-зимний, зимне-весенний периоды из-за неблагоприятных внешних условий теплицу открывать нельзя. В результате растения выращивают в непрветриваемых теплицах почти без воздухообмена. Из-за недостатка в воздухе углекислого газа резко снижается фотосинтези-

ческая деятельность ассимиляционной поверхности растений, что приводит к снижению урожая. Чтобы повысить продуктивность растений, необходимо обогатить воздух в теплице углекислым газом.

Воздушные подкормки растений имеют большое значение в течение всего года. Устройство, регулирующее состав воздуха в теплице, должно обеспечивать обновление воздуха извне или обогащение его углекислым газом в любое время года. Способ регулирования должен исключать охлаждение растений и обеспечивать концентрацию  $\text{CO}_2$  в теплице в пределах заданной (0,2—0,3%) к объему воздуха.

**Контроль за концентрацией питательного раствора и его кислотностью.** Устройство, контролирующее концентрации питательного раствора, включает электроды, трансформатор и мост, состоящий из четырех полупроводниковых выпрямителей Д7Ж, вольтметра и реле контроля.

Для работы контролирующего устройства необходим переменный ток низкого напряжения (24 в). Это связано с тем, что при постоянном токе в связи с электролизом раствора возникает электролитическая поляризация (выделение газов), уменьшающая активную площадь электродов.

Электроды, опущенные в бак с раствором, включаются последовательно с трансформатором, между ними дается напряжение (24 в) в зависимости от сопротивления раствора. Чем ниже концентрация питательных веществ, тем сопротивление раствора больше и тем меньшая часть напряжения приходится на трансформатор. Повышенное напряжение со вторичной обмотки поступает на мост, где ток выпрямляется и подается на вольтметр и реле контроля. Реле включается последовательно с потенциометром (реостатом), регулирующим напряжение.

Кроме того, концентрацию солей (суммарную) можно контролировать визуально, при помощи градуированного (в мг/л солей) прибора.

В схему контроля за питательным раствором должны быть включены потенциометр и датчик для определения рН.

При отклонении от заданной концентрации раствора и его рН на щит управления поступает сигнал.

**Контроль за числом циклов.** Чтобы можно было проверить, сколько раз включался мотор и были ли наруше-

ния влажности в зоне корней, в схеме устанавливают обыкновенный электрический счетчик. Этот счетчик учитывает каждое включение мотора. По показаниям счетчика можно определить, были ли нарушения в режиме влажности и заданного ритма, а следовательно, были ли нарушения влажности в зоне корней.

**Шкаф управления.** Шкаф управления объединяет всю пусковую, сигнальную, предохранительную и программную аппаратуру ручного и автоматического управления оборудованием аэропонной установки. Можно использовать типовые стальные с двумя вводными рубильниками типа РП-3-100 силовые шкафы на два фидера с приводом, с контактными стойками и предохранителями. Шкаф размером 1700×500×350 см изготавливается из листовой стали (2 мм). Каркас из 50×50×4 см. Тип шкафа ШК-1 по ТУГЭМ № 17. Двухфидерные шкафы можно поставить отдельно.

На лицевой стороне шкафа расположены сигнальные лампы, кнопки для включения электродвигателя насоса и мешалок в баках, тумблер для выключения электродвигателя насоса.

Шкаф устанавливают в легкодоступном месте на расстоянии не менее 50 см от стены и прикрепляют к полу. Рядом со шкафом монтируют электроконтактный манометр, который соединяют шлангом со специальным патрубком на распределителе.

Электрорезонанс или световой сигнал устанавливают в местах, где постоянно находится обслуживающий персонал.

**Диспетчерский пульт.** Диспетчерский пульт — небольшой щиток, на который от всех щитов-шкафов, находящихся в теплицах, или от всех экспериментальных установок поступают аварийные сигналы. На нем зажигаются лампочки, сигнализирующие о неисправности в теплице или в отделении теплицы или о неисправности установки.

Диспетчерский пульт работает от электросети и должен иметь достаточно стабильный и надежный источник питания.

Желательно, чтобы диспетчерский пульт имел звуковую и световую сигнализацию, которая, помимо индивидуальных лампочек неисправностей, должна иметь общую дублирующую лампу неисправностей.

Лампы световой сигнализации должны работать не при полном накале (для увеличения срока службы).

Пульт должен быть малогабаритным, позволяющим одновременно видеть все лампы. Он может быть выведен в соединяющий коридор, в пристройку или помещен в дежурном помещении, в лаборатории и пр.

Звонок, вызванный неисправностью в одной из секций теплицы или отдельной установке, после ликвидации неисправности отключается, но контроль остается.

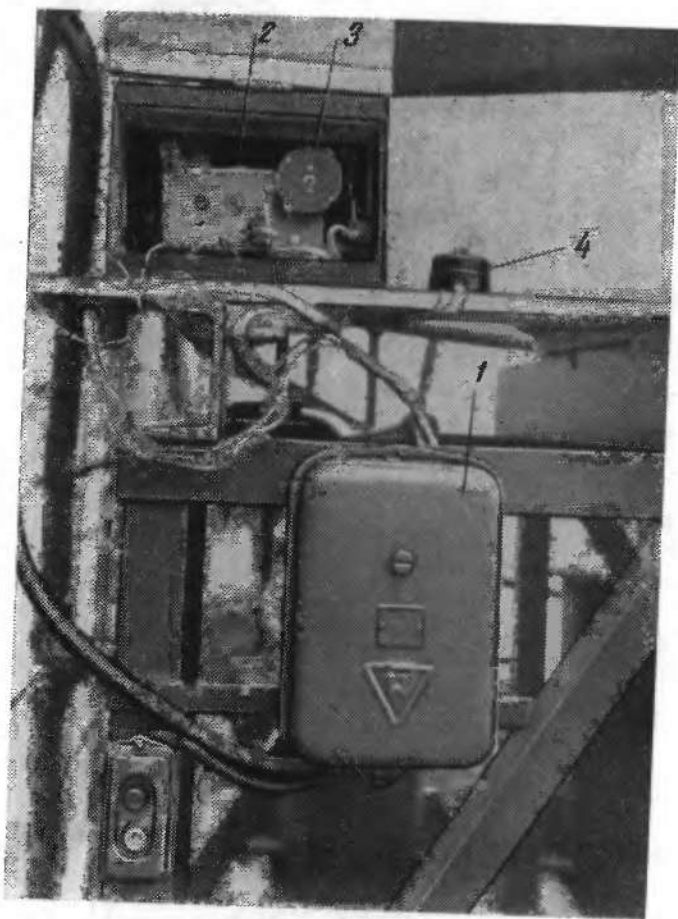


Рис. 11. Упрощенное реле времени:  
1 — пускатель; 2 — часовой механизм с дисками; 3 — диски с кулачками; 4 — обыкновенный выключатель.

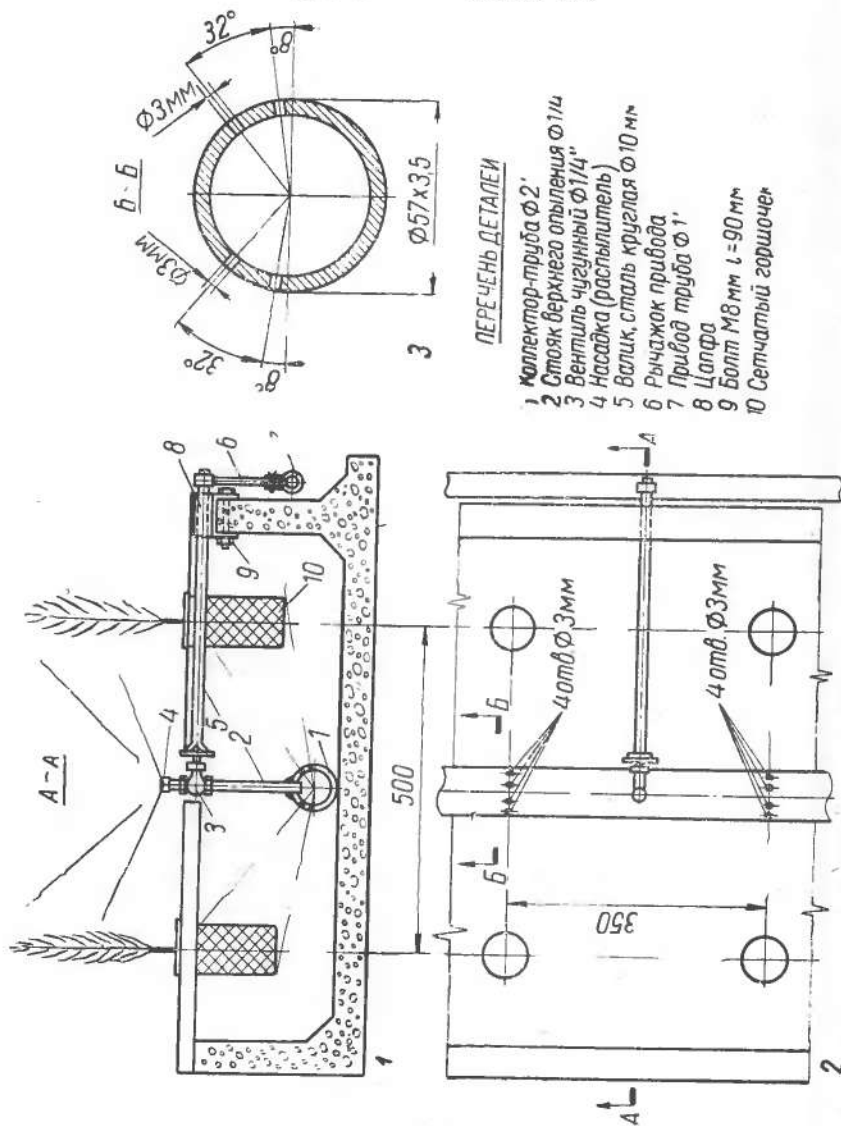
**Устройство упрощенного программированного управления питанием растений.** Для автоматического включения и выключения электронасоса через определенные промежутки времени устанавливают упрощенный автомат (реле времени) (рис. 11). Он представляет собой обыкновенный часовой механизм (можно использовать часы-ходики). Вместо минутной стрелки (часовую стрелку снимают) устанавливают один или несколько дисков из латуни, имеющих кулачки, которые, располагаясь на определенном расстоянии, определяют промежутки времени или циклы, замыкая электрическую цепь, идущую к выключателю электронасоса. Каждый кулачок диска держит в работе насос столько времени, сколько необходимо для опрыскивания корней. Опытами установлено, что для опрыскивания корней требуется 6—10 сек. Если возле насоса не установлен обратный клапан, то надо прибавить еще время, необходимое на подачу раствора до отверстий или форсунок коллектора. Затем кулачок проходит через контакты сети, размыкает их, мотор выключается, и насос останавливается. При установке обратного клапана (на выходе подводящего трубопровода) время работы насоса сокращается в 2—3 раза.

В качестве привода часового механизма можно использовать электродвигатель «Уоррена» с редуктором, имеющим 12 оборотов в минуту и работающим от электросети (220 в). Имеются в продаже и специальные многоточечные автоматы, хорошо зарекомендовавшие себя в работе.

**Автоматизация внекорневых подкормок растений.** Внекорневые подкормки растений значительно сокращают опадение завязей, увеличивают урожай и улучшают вкусовые качества получаемой продукции. Для того чтобы опрыскать всю зеленую массу растения, распылитель выводят на поверхность крышки стеллажа, в зону стеблей и листьев.

Схема автоматического устройства корневого и внекорневого питания растений показана на рисунке 12. К нагнетательной коллекторной трубе по центру приваривают стояки, выступающие над крышкой стеллажа или котлована. На стояках размещают распылительные насадки с автоматическим циклом работы, осуществляемым от вентиля или небольшого краника. Данное при-

Рис. 12. Схема автоматического устройства корневого и внекорневого питания:



ПЕРЕЧЕНЬ ДЕТАЛЕЙ

- 1 Коллектор-труба  $\Phi 2$ .
- 2 Стояк верхнего опыления  $\Phi 1\frac{1}{4}$ .
- 3 Вентиль чугунный  $\Phi 1\frac{1}{4}$ .
- 4 Насадка (распылитель).
- 5 Валик, сталь круглая  $\Phi 10$  мм.
- 6 Рычажок привода.
- 7 Привод труба  $\Phi 1$ .
- 8 Цапфа.
- 9 Болт М8 мм  $l=90$  мм.
- 10 Сетчатый горшочек.

- 1 — поперечный разрез стеллажа;
- 2 — разрез регулирующего устройства внекорневой подкормки;
- 3 — схема углов отклонения водной струи.

способлене имеет простую, дешевую и несложную конструкцию как для изготовления, так и для работы с ним. Стояки приварены к коллекторной трубе (1) посередине с таким расчетом, чтобы каждый мог опрыскивать участок диаметром 4—5 м. Стояк имеет привод, состоящий из следующих элементов: на стоячке (2) маховичок (3) вентиля (4) подсоединен валик из круглой стали диаметром 10 мм (5), на конце валика имеется рычажок (6), который соединен шарнирно с приводом стальной трубой (7), затем идет цапфа (8) и болт М8 (9). Внекорневое питание можно включать и выключать вручную.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ АЭРОПОННОЙ УСТАНОВКИ

### Монтаж оборудования

Монтаж оборудования производят по проектам. Однако размещение оборудования может быть разным в зависимости от конкретных условий каждой теплицы или биологического кабинета.

Основные рекомендации при расстановке оборудования следующие:

Перед монтажом обязательно проверить состояние антикоррозийного покрытия всех узлов. Отсутствие покрытия резко снижает срок службы оборудования и отрицательно влияет на раствор.

Шкаф устанавливают в коридоре теплицы или во вспомогательной пристройке (если установки снабжены дозаторами).

Насосы и распределители устанавливают рядом с резервуаром для питательного раствора. Дозаторы должны быть расположены над баками и соединены шлангами или трубами с баками для макро- и микроэлементов.

### Подготовка оборудования к работе

Чтобы установить циклы и импульсы подачи питательного раствора, до начала работы автомата необходимо проверить работу запорного или обратного клапана. Он не должен пропускать обратно в бак питательный раствор, а задерживать его во всей системе трубопроводов, по которой подается питательный раствор к корне-



вой системе растений. При отсутствии обратного клапана или в случае его неисправности питательный раствор, не удерживаясь в трубопроводах, возвращается в бак. В этом случае установление импульсов затруднено. Импульсы удлиняются в 2—3 раза и более. Это нарушает ритмичность корневого питания и увеличивает расход электроэнергии.

Во время приготовления или при корректировке питательного раствора дозы концентрированных растворов макро- и микроэлементов могут регулироваться автоматически или вручную с помощью вентиля или крана. Баки для концентрированных растворов и баки для вытяжки суперфосфата устанавливаются на общей раме и закрепляются болтами. Сверху баки скрепляют общей промежуточной планкой с четырехручьевым шкивом и плитой с электродвигателем. Рама с баками должна быть прикреплена к полу.

Вода к бакам поступает по однодюймовой трубе из водопроводной системы. Каждая труба снабжена вентиляем.

На выходных патрубках баков устанавливают трубки с защитными кожухами и пробковыми кранами.

Приготовление и подача питательного раствора происходит при помощи следующих приборов и узлов, установленных вне шкафа:

1. Реле управления (электроконтактный манометр).
2. Водомер электроконтактный.
3. Электромагнитный вентиль.
4. Дозатор.
5. Микропереключатели, установленные на шаговом распределителе.

Подача раствора в систему трубопроводов осуществляется с помощью мотора, который включается автоматически часовым механизмом или вручную.

Питательный раствор, поступающий из бака на корневую систему растений и стеллажи, должен иметь обратный сток.

После включения автомата циклы повторяются по команде программного реле или при нажатии на кнопку «пуск».

В процессе роста и развития растений расход воды на транспирацию и поглощение питательных веществ из раствора протекает независимо друг от друга.

Растения в процессе своего роста и развития расходуют значительно интенсивнее воду, чем питательные вещества из раствора, количество раствора в баке уменьшается, а наряду с этим концентрация питательных веществ в баке возрастает. Поэтому остаток раствора не выбрасывают, а добавляют в бак свежей воды до первоначального уровня. Затем делают анализ полученного раствора и по его результатам по каждому элементу доводят раствор до заданной концентрации. Подачу воды и добавление питательного раствора в бак следует производить в тот момент, когда питательный раствор не поступает к корням растений.

### Электроснабжение установки

Электроснабжение установки осуществляется от сети 380/220 в. Питание электродвигателей мощностью 4,5 квт типа А 42-2 происходит через два кабеля — рабочий и резервный. Резервный ввод включается на подстанции. Кабели подводятся к магнитным пускателям в однодюймовых газовых трубах. Силовой кабель подводится в здание теплицы или в помещение биологического кабинета в двухдюймовых трубах через стену и укладывается под отмосткой. Силовые кабели, идущие от магнитных пускателей к электродвигателям, монтируются в однодюймовых трубах под полом по центру теплицы на глубине 0,7 м или на стене в биологическом кабинете школы. Марка силовых кабелей АСБ-1-(3×6)++(1×4) мм<sup>2</sup>. Марка кабеля для кнопок управления КВРБ — 4×1,5 мм<sup>2</sup>. Длина кабеля зависит от расстояния между подстанцией и теплицей (или биологическим кабинетом). Марка магнитных пускателей П-222.

При монтаже необходимо выполнять правила устройства электротехнических установок (ПУЭ). С целью предохранения обслуживающего персонала от поражения электрическим током в случае нарушения изоляции необходимо предусмотреть зануление электродвигателей путем использования четвертой жилы проложенного кабеля электропитания, кроме того, сделать контур заземления.

## Правила техники безопасности

При эксплуатации оборудования, работающего от сети переменного тока при напряжении 380/220 в, необходимо строго соблюдать правила техники безопасности.

1. Все узлы оборудования, которые могут оказаться под напряжением, должны быть заземлены.

2. Все ремонтные работы и техническое обслуживание можно производить только после отключения установки от электросети.

3. Регулярно проверять состояние изоляции и заземления.

4. К работе с оборудованием следует допускать людей, ознакомившихся с правилами эксплуатации и ухода за оборудованием, а также прошедших специальный инструктаж по технике безопасности.

## АЭРОПОННАЯ ЗАКРЫТАЯ УСТАНОВКА

Аэропонный метод выращивания растений может быть использован не только в масштабах тепличных комбинатов, в отдельных теплицах, но и в условиях лаборатории, биологических кабинетов, в подвальных и других помещений. В этих условиях аэропоника также может быть использована как метод всесторонних исследований жизнедеятельности корневой системы, физиологических функций отдельных органов растения, изучения состава и соотношения элементов корневого питания. Наряду с этим в условиях экспериментальных установок уточняют циклы и импульсы водного питания и технологию возделывания растений, совершенствуют оборудование. Размеры помещений определяют масштабность экспериментальных установок, число вариантов и повторностей при постановке опытов.

В отличие от условий теплицы или вегетационного домика факторы условий в биологических кабинетах не соответствуют требованиям растений по освещенности, влажности, температуре. В биологических кабинетах света недостаточно для развития огурца, томата, перца, баклажана и других растений. Температурный режим в условиях закрытого помещения более устойчив, но также имеет свои отличия: влажность воздуха ниже, стеллажи и подстеллажное пространство просыхают быстрее,

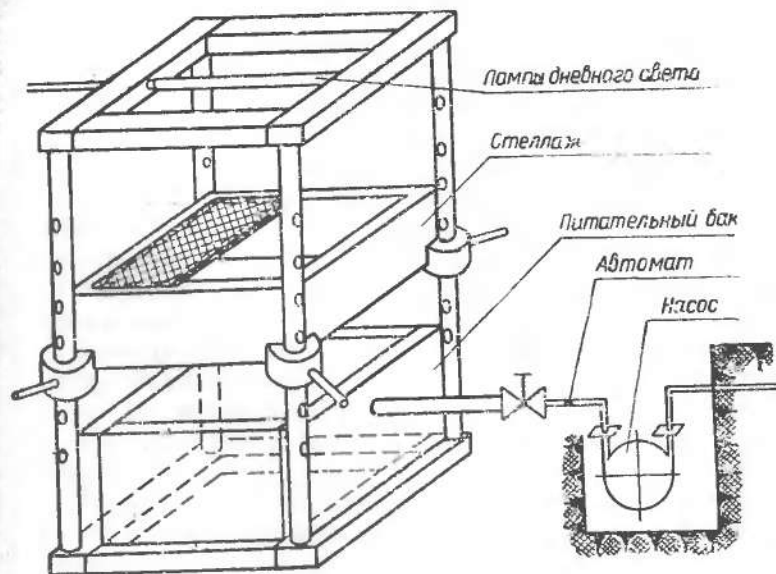


Рис. 13. Схема устройства закрытой аэропонной установки.

чем в теплице. Поэтому постановка опытов по аэропонике в этих условиях должна сочетаться с улучшением режима влажности, температуры и освещенности.

Известно, что при выращивании растений методом аэропоники нагрузка на стеллажи незначительна. Они служат только защитой от подсыхания корней и могут изготавливаться из легких синтетических, химически стойких материалов. Толщина материалов — 3—4 мм. Это позволяет оборудовать аэропонные установки в биологических кабинетах и других помещениях.

Чтобы создать условия, необходимые для жизни растений, применяют аэропонные установки закрытого типа с прозрачными стенками и потолком из легких материалов (полихлорвиниловой или полиэтиленовой пленки толщиной до 200 мк), с дополнительным источником света.

В закрытой аэропонной установке можно поддерживать необходимую влажность воздуха, освещенность и температуру, подогревая воздух и раствор путем подвода тепла от отопительной системы с перекрытиями в трубопроводе (вентили, задвижки, краны и др.).

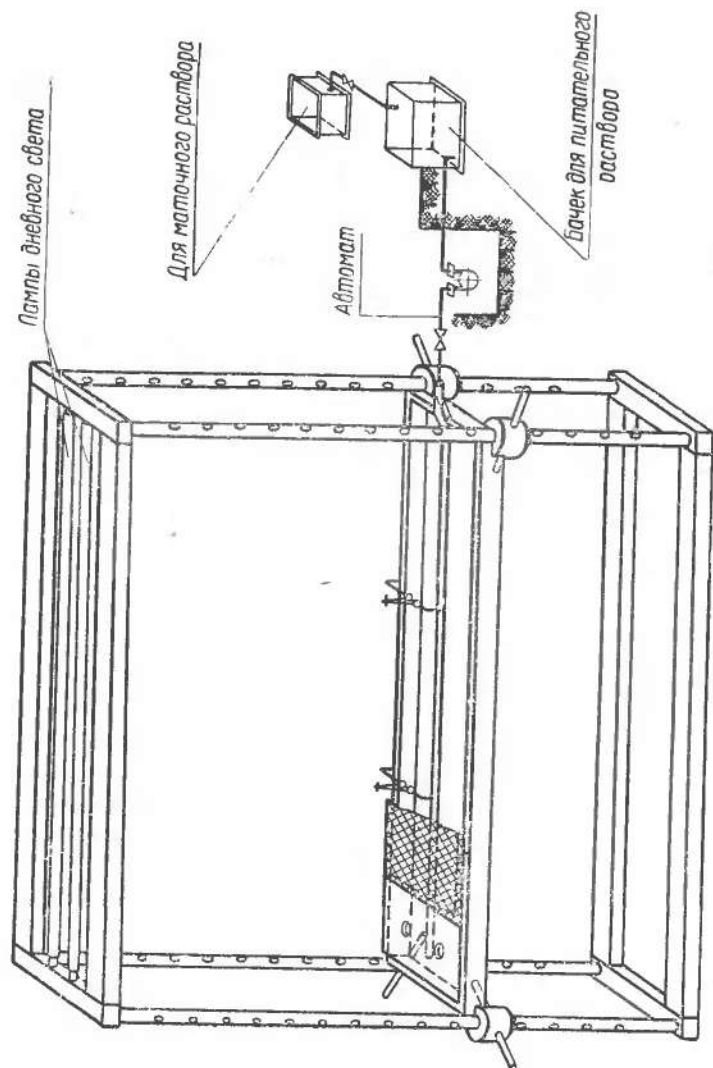


Рис. 14. Общий вид устройства станины закрытой аэропной установки.

Аэропные закрытые экспериментальные установки могут быть различной формы и размеров в зависимости от задач опыта. Они состоят из станины высотой 1,5—2 м и емкости или стеллажа с крышкой (рис. 13—14). Стеллажи могут быть деревянными с гидроизоляцией из битума и пластмассовые; крышки — из листовой и перфорированной пленки (сетка). Четыре стойки станины служат для крепления к ним стеллажей, а с боков и сверху — прозрачной пленки и светильников (лампы накаливания или в комбинации с люминесцентными лампами из расчета 500—600 вт на 1 м<sup>2</sup> площади. Ночью досвечивание не проводят. В верхней части укрытия делают форточку для вентиляции.

По мере роста растений светильники на раме передвигают.

Переносную экспериментальную аэропную установку лучше оборудовать из легких уголков и листов полимерных материалов, пластмасс. Материалы должны быть устойчивыми к колеблющимся условиям помещений, кислотам и щелочам.

По технологическим условиям и данным Института пластмасс наиболее соответствует этим требованиям винипласт. Он хорошо сваривается с помощью воздушной сварки при температуре 200—300 °С, химически более стоек, не деформируется. Винипластовые листы изготавливаются промышленностью толщиной 3—4 мм, длиной 1,2 м.

**Примерные расчеты установки.** Питательный бачок: длина — 120, ширина — 80 и глубина — 20—25 см. Емкость бачка составит 192—240 л; емкость бачка может быть уменьшена до 150 л.

Размеры поддона или стеллажа: длина — 120, ширина — 80 и глубина — 20—25 см. Коллектор, укладываемый на дне стеллажа ( $d=1$  дюйм), с разбрызгивателями (один разбрызгиватель на 4 растения). Коллектор сообщается с трубопроводом, идущим от насоса. Электродвигатель мощностью 1 квт, центробежный насос 1,5-К-6.

Для импульсного питания на стенке или стойке, прикрепленной к общему основанию, устанавливают пульт запрограммированного автоматического управления (реле времени — минутное и секундное).

Стеллаж должен иметь небольшой (0,003—0,004)

уклон и сливную трубу для возврата той части раствора, которая после опрыскивания скатывается с корневой системы на дно стеллажа.

Стеллажи и крышки стеллажей должны быть непроницаемыми для воды и света.

Крышка стеллажа может изготавливаться из листов винипласта с отверстиями для сетчатых стаканчиков диаметром 8 см.

Сетчатые стаканчики можно изготавливать из лески (полиамидной смолы) или из перфорированной винипластовой пленки с ячейками 0,4—1,0 см.

В том случае, когда нет полимерных материалов, экспериментальную установку можно изготавливать из дерева или других стройматериалов с применением гидроизоляции нейтральными, химически стойкими материалами, например битумом.

Отверстия для стаканчиков располагают на расстоянии 10—15 см от краев стеллажа. Расстояния между растениями (огурца, перца, баклажана, томата) в ряду — 15—20 см и более, а между рядами — 50—60 см. Конечно, для упомянутых культур эти площади питания недостаточны. Однако, формируя растения: ограничивая число кистей, высоту растений, можно получить хорошие результаты.

Принципы эксплуатации установки те же, что и для теплиц, вегетационных домиков и других помещений.

При устройстве и оборудовании закрытых экспериментальных установок для биологических кабинетов и других помещений следует учитывать:

1) возможности помещения, в котором должны ставиться и проводиться опыты (т. е. число вариантов и повторностей зависит от величины помещения);

2) цели и задачи планируемого опыта (наглядное пособие для углубления знаний школьников по биологии изучения физиологии растений и др.);

3) методику постановки опыта (число вариантов, число повторностей).

Если опыт проводится в нескольких вариантах, то число установок, самостоятельно работающих с отдельными узлами питания, должно соответствовать числу предусматриваемых вариантов опыта. Каждый вариант опыта может иметь несколько повторностей в зависимости от возможностей помещения.

Если опыт проводится в одном варианте, то один узел питания может обеспечить 3—5 повторностей.

При любом количестве вариантов и повторностей наблюдения могут вести школьники нескольких классов, в разное время, по одиночке или группами, по отдельным или ряду вопросов.

В одной установке можно выращивать одну, две и три культуры (см. «Уплотненные посевы»).

Приводим ориентировочные размеры закрытой установки в условиях школы:

длина стеллажа — 1060 мм;

ширина — 750 мм;

глубина — 250—300 мм;

размер отверстия для стаканчика — 80 мм;

ширина пластинки для стаканчиков — 140 мм;

ширина рамки с сеткой — 160 мм; длина рамки с сеткой и листа с отверстиями должна соответствовать ширине стеллажа.

Стойки для станины могут быть изготовлены из скрепленных металлических и пластмассовых труб диаметром в 1—2 дюйма.

Стройматериалы для стеллажей и их крышек: дерево, листовая винипласт, стеклопластик, сетка винипластовая, трубы полиэтиленовые, а для рамок — прутки стеклопластика диаметром 4—5 мм или металлическая проволока (сталь № 3) диаметром 6 мм. Такой же материал используется и для оборудования теплиц.

Питательные баки могут быть изготовлены из листового железа с гидроизоляцией (битум или другие химически стойкие лаки или краски).

Установка приводится в действие мотором мощностью в 1 квт и оснащается реле времени РВТ-1200, на одну установку (т. е. на один мотор) — 2 реле.

Основное требование при оборудовании экспериментальных установок — творческий подход к делу с учетом возможностей школы и требований программы.

**МИКРОКЛИМАТ**

Микроусловия в зоне корней и листьев оказывают существенное влияние на ход физиологических процессов: на поглощение и расход воды, поглощение минеральных веществ, фотосинтез, дыхание, превращение и передвижение веществ в растении.

Факторы внешней среды постоянно меняются, причем одни из них медленно, а другие очень быстро. Эти изменения обуславливаются сменой дня и ночи (суточный ритм), времен года, погоды (облачность, скорость ветра, интенсивность света, уровень температуры), длины светового дня (в зависимости от широты местности), изменением фотопериодов и т. д. С другой стороны, интенсивность, сила действия того или иного фактора зависят и от взаимовлияния перечисленных и других факторов. Например, интенсивность света колеблется в связи с изменением облачности, густоты стояния растений, зависит от степени загрязненности стекол теплицы и других причин. Неодинаково реагируют растения и на интенсивность каждого из факторов внешней среды.

Каждый из факторов при одних и тех же условиях имеет различную степень изменчивости. Например, наблюдения показали, что температура — фактор более изменяющийся, чем освещенность.

Согласно современным представлениям каждый фактор имеет более широкий диапазон изменчивости, в пределах которого растение способно существовать, и более узкий диапазон, в пределах которого оно может расти и развиваться. Однако вся потенциальная способность к росту и плодоношению у растения проявляется только тогда, когда все факторы одновременно будут оптимальными.

**Температура.** В разных точках среды, окружающей растения, температура неодинакова. Наивысшая температура в зоне листьев и наименьшая — в зоне корневой системы.

Больше колеблется температура воздуха в теплице (среднемесячные отклонения более чем на 5°C), менее колеблется температура раствора и еще меньше колебания температуры в сетчатом стаканчике, в зоне корнеобитания (см. табл. 1).

Таблица 1

**Температурный режим в теплице при выращивании растений на аэропонике (16 ч)**

| Место замера  | Средняя температура |      |      |        |          |         | Средняя за весь период |
|---|---------------------|------|------|--------|----------|---------|------------------------|
|   | май                 | июнь | июль | август | сентябрь | октябрь |                        |
| Воздух в теплице . . . . .                                      | 31,2                | 26,7 | 30,2 | 28,3   | 27,4     | 24,7    | 28,0                   |
| Раствор в баке  | 24,9                | 26,7 | 22,5 | 20,9   | 21,9     | 22,7    | 23,3                   |
| Торф в сетчатых стаканчиках в зоне корневой шейки . . . . .     | 24,7                | 24,8 | 24,3 | 22,9   | 22,6     | 22,1    | 23,6                   |
| Корневая шейка, обернутая перлоном . . . . .                    | 24,4                | 24,6 | 24,9 | 22,8   | 22,6     | 22,1    | 23,6                   |
| Воздух в полом пространстве стеллажей — в зоне корней . . . . . | 23,7                | 24,2 | 24,3 | 22,7   | 22,6     | 22,1    | 23,3                   |

Температура питательного раствора при прохождении от бака к корневой системе и обратно не остается постоянной. При этом интересно отметить некоторое повышение температуры в зоне корневой шейки, где, очевидно, сказываются процессы жизнедеятельности растения. Влияние этих факторов во второй половине вегетации растений снижается.

Перепады между температурой в зоне листьев и зоне корневой системы в течение дня тоже меняются: вначале они увеличиваются, а к исходу дня уменьшаются (см. рис. 15). Перепады уменьшаются также и к концу вегетации.

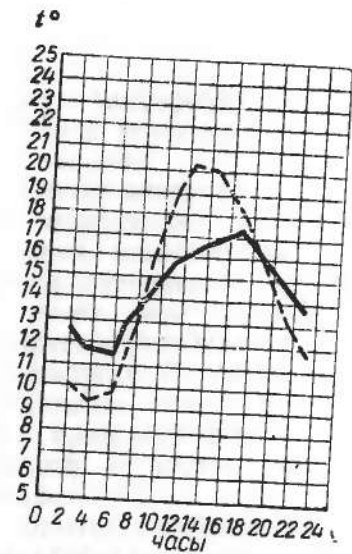


Рис. 15. График изменения температуры в зоне корней и листьев в течение суток. — — — — — над стеллажом; ————— внутри стеллажа

Максимальная температура воздуха в теплице для томата 25—26°, для огурца 26—28°.

**Влажность воздуха.** Транспирация растений особенно усиливается к середине дня. Часто в это время растения не могут восполнить расход влаги, вызываемый испарением листовой поверхностью и растения увядают. Чтобы уменьшить испарение и предупредить увядание листьев, надо снизить температуру и повысить относительную влажность воздуха в теплице. Повышение влажности достигается поливкой проходов между стеллажами, а также подстеллажного пространства. В слишком жаркую погоду это следует делать неоднократно, по мере подсыхания смоченных участков. Поливом всех доро-

<sup>1</sup> Если стеллажи в теплицах из железобетонных плит.

Температура в зоне листьев над крышкой стеллажа<sup>1</sup> начинает меняться еще до восхода солнца, и по мере восхождения его над горизонтом она повышается быстрее, чем внутри стеллажа. Внутри стеллажа минимум и максимум температуры наступает позже, чем над стеллажом. Минимум температуры в зоне корней выше, а максимум ниже, чем в зоне листьев. Чем больше разница между температурой воздуха в зоне листьев и температурой в зоне корней, тем сильнее увядают растения.

Максимум температуры в зоне листьев над стеллажами наступает в 12—14 ч, а в зоне корней внутри стеллажа — в 18 ч. Минимальная температура в зоне листьев достигает 9,3°, в зоне корней 11,3°. Над стеллажами средняя максимальная температура выше на 3,6°.

жек и подстеллажного пространства можно повысить влажность воздуха до 80—90% и выше.

При аэропонном способе выращивания растений сочетание повышенной влажности с температурой, близкой к температурному максимуму, повышает интенсивность фотосинтеза, устойчивость растений к болезням, способствует хорошему плодоношению и повышает урожай.

**Освещенность.** Овощные культуры различно относятся к продолжительности дня. Растения из умеренных широт (капуста, корнеплоды, листовые овощи) на севере быстрее переходят к цветению и плодоношению. На коротком же 10—12-часовом дне они не зацветают до осени. Редис на полном (16-часовом) дне зацветает через 50 дней от появления всходов, при 12-часовом дне — через 100 дней, а при 10-часовом — не цветет до наступления заморозков.

Растения, вышедшие из тропических стран (многие сорта фасоли, огурца и томата), при сокращенном (до 12 ч) дне зацветают и плодоносят более обильно, чем при длинном дне.

Требования растений к интенсивности освещения также различны. Минимальная освещенность в люксах, при которой возможно цветение и плодоношение, для гороха равна 1100, для фасоли и огурца — 2400, для томата и редьки — 4000. В зимний период естественная освещенность снижается до 1500—1000 лк и ниже. В этих условиях освещенности при повышенной температуре растения вытягиваются и не образуют урожая, так как накопление углеводов в процессе ассимиляции не превышает расхода их на дыхание.

Оптимальная освещенность для томата, перца, баклажана 25 тыс. лк, для огурца — 20 тыс. лк.

Для увеличения интенсивности и продолжительности освещения в теплицах применяют подсвечивание растений лампами накаливания или люминесцентными лампами.

В летний период, чтобы снизить освещенность, в теплице забеливают стекла. Это мероприятие связано также с необходимостью снизить температуру.

Фотосинтез более интенсивно протекает в солнечную погоду при оптимальной температуре. При слабом освещении и избытке тепла он замедляется, а дыхание становится очень интенсивным, растения вытягиваются. По-

этому в пасмурную погоду и в ночное время, когда освещенность резко падает, необходимо снижать температуру в теплице.

**Состав воздуха.** Построив теплицы и другие сооружения защищенного грунта, человек лишил растение нормальной, естественной воздушной среды. Растение, находясь в течение вегетации внутри помещения, постепенно теряет свои защитные биологические особенности: снижается устойчивость растений к заболеваниям и продуктивность. Растения легко поражаются разного рода болезнями, отчего увеличивается число выпадов, наступает преждевременное старение. Все это — результат полного отсутствия или слабого обмена воздушной среды.

Опыты, проведенные в 1964—1966 гг., показали, что воздухообмен в результате конвекционных токов менее

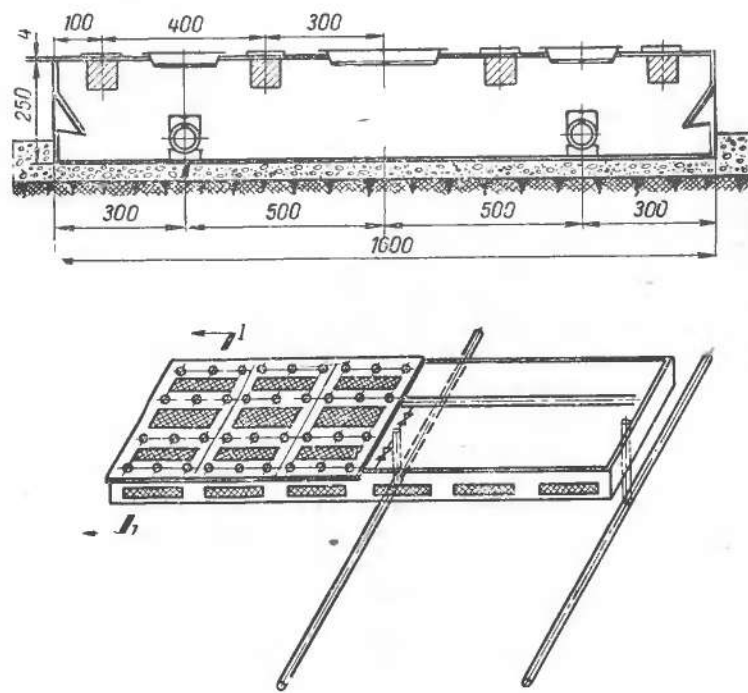


Рис. 16. Стеллаж с окнами воздухообмена в зоне корней.

эффективен в сравнении с воздухообменом, вызванным вентиляцией.

Скорость воздухообмена повышается одновременно с увеличением температуры и температурных перепадов. Например, при температуре 24—25° (перепад 1°) скорость движения воздуха равна 0,45 м/сек, а при повышении температуры на 4—5°, например до 28—30° (перепад 2°), подвижность воздуха достигает 1,2 м/сек, т. е. подвижность воздуха увеличивается в 2,67 раза.

Скорость воздухообмена зависит от наличия в стеллаже или в опытной установке двусторонних окон и их величины. Чем окна больше, тем быстрее обновляется воздух в зоне корнеобитания (рис. 16). Обычно окна диаметром 40 мм делают на противоположных стенках стеллажей через каждый метр.

Создавая аэрацию в зоне корнеобитания, т. е. постоянный обмен воздуха через воздушные окна, нам удалось повысить устойчивость растений огурца, томата, перца к заболеваниям. Выпады растений сократились в 3—6 раз. Если на стеллажах без воздушных окон в процессе вегетации выпадало 72% высаженных растений огурца, то на тех же стеллажах с воздушными окнами выпады составили 12—25%.

Это подтверждает, что растениям необходим воздухообмен не только в зоне листовой поверхности, но что он не менее важен и в зоне корневой системы.

### ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ

Питание растений из воздуха имеет огромное значение для их жизнедеятельности и продуктивности. Это можно видеть при сравнении веса зеленой массы (листьев, стеблей, корней), собранной с единицы площади теплицы, с весом питательных веществ, поглощенных корнями.

Если допустить, что растения использовали все питательные вещества, внесенные в раствор за период плодоношения (8 месяцев) в пересчете на 1 м<sup>2</sup> площади стеллажа, то растениями огурца сорта Клинский многоплодный использовано около 400 г минеральных веществ, а зеленой массы получено 90 кг, в том числе урожай плодов составил 44,6 кг.

За тот же период при выращивании томатов израсхо-

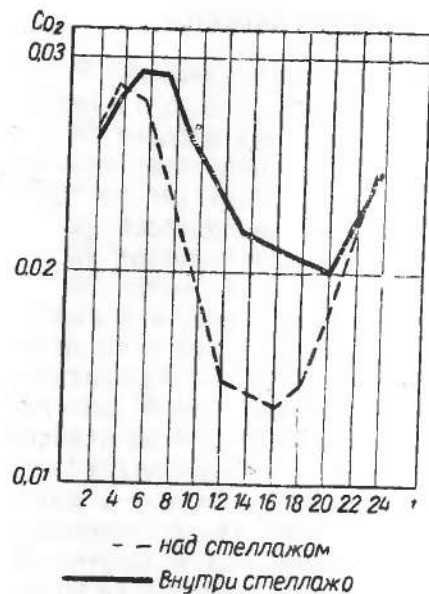


Рис. 17. График изменения концентрации углекислого газа в зоне корней и листьев в связи с изменением температуры.

воздухе в зоне корней и листовой поверхности растений.

Из-за ограниченного доступа воздуха растения в теплицах претерпевают систематическое воздушное голодание. Это особенно относится к зимнему сезону, когда вентиляция теплиц не производится. В весенне-летний период воздушное голодание растений наблюдается при повышении температуры воздуха и при избытке солнечной инсоляции. При этом растения теряют тургор. С повышением температуры плотность воздуха в теплице уменьшается, объем увеличивается, возможности воздушного питания растений ограничиваются (рис. 17). В связи с этим продуктивность растений падает, снижается урожай. Чтобы поддерживать растения в состоянии высокой продуктивности, необходимо поддерживать в теплице определенную концентрацию CO<sub>2</sub>. Оптимальной концентрацией углекислого газа в воздухе теплицы считается 0,2—0,3%. Минимальная концентрация CO<sub>2</sub> ниже 0,03%.

довано 660 г удобрений и получено зеленой массы свыше 60 кг, в том числе урожай плодов составил 11 кг с 1 м<sup>2</sup>.

По отношению к урожаю плодов использовано следующее количество минеральных удобрений: огурцом около 0,9%, томатом около 6,1%. По отношению к весу зеленой массы количество используемых растениями минеральных удобрений составило: у огурца 0,44%, у томата 1,1%.

Урожай овощных культур находится в прямой зависимости от содержания углекислого газа и кислорода в

Ниже приводится шкала (см. табл. 2), где указаны нормы CO<sub>2</sub> для воздушных подкормок в теплице.

Таблица 2

Шкала норм CO<sub>2</sub> для воздушных подкормок в теплице площадью 1000 м<sup>2</sup> (980 м<sup>2</sup>)

| Повышение концентрации CO <sub>2</sub> в теплице (в % по объему) | Нормы CO <sub>2</sub> (в кг) | Повышение концентрации CO <sub>2</sub> в теплице (в % по объему) | Нормы CO <sub>2</sub> (в кг) |
|--|------------------------------|--|------------------------------|
| 0,01   | 0,456                        | 0,10   | 4,560                        |
| 0,02   | 0,912                        | 0,11   | 5,016                        |
| 0,03   | 1,368                        | 0,12   | 5,472                        |
| 0,04   | 1,824                        | 0,13   | 5,928                        |
| 0,05   | 2,280                        | 0,14   | 6,384                        |
| 0,06   | 2,736                        | 0,15   | 6,840                        |
| 0,07   | 3,192                        | 0,20   | 9,120                        |
| 0,08   | 3,648                        | 0,25   | 11,400                       |
| 0,09   | 4,104                        | 0,30   | 13,680                       |

Пользуясь этой шкалой, можно определить, какое количество CO<sub>2</sub> (в кг) необходимо дать в теплицу, чтобы повысить его содержание в воздухе на определенный процент. Например, чтобы повысить концентрацию CO<sub>2</sub> в теплице на 0,1%, надо выпустить из баллона 4,56 кг углекислого газа. Пользуясь этой шкалой, можно легко создавать любую концентрацию CO<sub>2</sub> в воздухе теплицы, предварительно пересчитав норму подкормки на имеющийся размер сооружения.

В настоящее время во многих теплицах установлены калориферы. Калорифер типа АОП за один час подает 40 000 м<sup>3</sup> воздуха. Если учесть, что в теплице площадью 1 000 м<sup>2</sup> кубатура воздуха составляет свыше 3000 м<sup>3</sup>, то один калорифер за час может произвести 12—13-кратное смешивание воздуха, а для однократного смешивания требуется всего 5—6 мин. Одну порцию углекислого газа можно смешать за 5—6 мин, а когда калориферы стоят в теплице на обоих торцах, тогда для смешивания подаваемого CO<sub>2</sub> с воздухом требуется еще меньше времени. Чтобы поднять содержание CO<sub>2</sub> в воздухе от 0,03% до 0,3%, т. е. в 10 раз, достаточно с воздухом теплицы смешать от 5 до 10 кг CO<sub>2</sub>.



## ВОДНЫЙ РЕЖИМ

В условиях аэропоники водный баланс растения зависит в основном от следующих факторов:

1) число и продолжительность циклов и импульсов подачи питательного раствора, т. е. снабжение корневой системы питательным раствором;

2) поглощение растением воды;

3) расходование воды растением.

В разные часы суток, а также в разные периоды вегетации и в разных условиях внешней среды водный баланс растения, т. е. соотношение между поглощением и расходованием воды растениями, складывается неодинаково. Чтобы выяснить эту закономерность, изучали расход растениями воды из раствора в течение суток.

Расходование растениями воды из питательного раствора в процессе импульсного питания изучалось путем систематических замеров уровня раствора в баке утром и вечером. Установлено, что в дневное время расходуется воды из раствора в 2—3 раза больше, чем в ночное. Например, все подопытные растения в ночное время за 1 ч расходовали 5,5 л, а днем — от 10 до 21,6 л раствора (см. табл. 3). В сухую и жаркую погоду, а также в результате перегрева воздуха в теплице расход воды одним растением достигал 1 л за сутки.

Из таблицы 3 видно, что коэффициент поглощения воды в период массового цветения и плодообразования растений, а также в первой половине их плодоношения выше, чем во второй половине плодоношения. В условиях снижения освещенности и температуры — в вечерние, ночные и утренние часы — поглощение воды меньше. Днем оно повышается в 2—3 раза по сравнению с ночным временем. Процент поглощения корневой системой воды из раствора, поданного к корням, достигает днем 17,8—11,2, ночью — от 7,1 до 4,7.

Для улучшения обеспечения растений водой большое значение имеет определение оптимального количества раствора, которое необходимо подавать на корневую систему. С этой целью на коллекторе, расположенном в междурядьях, разбрызгиватели располагали неодинаково: в одном варианте — один разбрызгиватель устанавливали на 2 растения, во втором — один разбрызгиватель на 4 растения. Циклы, импульсы и питательный ра-

Таблица 3

Поглощение воды растениями огурца в условиях аэропоники в разное время суток и на разных этапах развития

| Фенофазы                             | Сроки | Продолжительность (в мин) в ночь циклов | Число циклов в течение |                    | Количество поданного раствора (в л) |      | Поглощено растениями воды (л) |      | Поглощение воды за 1 ч 240 растениями (в л) |      | Поглощение воды из раствора в % |      |
|--------------------------------------|-------|---|------------------------|--------------------|-------------------------------------|------|-------------------------------|------|---|------|---------------------------------|------|
|                                      |       |   | дня (с 8 до 16 ч)      | ночи (с 16 до 8 ч) | день                                | ночь | день                          | ночь | день  | ночь | день                            | ночь |
| Массовое цветение и плодообразование | Март  | 20                                      | 22,5                   | 49,5               | 675                                 | 1485 | 117,5                         | 105  | 15,7  | 6,4  | 17,4                            | 7,1  |
|                                      | Май   | 16                                      | 28,1                   | 61,9               | 843                                 | 1857 | 150                           | 125  | 20  | 7,6  | 17,8                            | 6,7  |
|                                      | Июнь  | 12                                      | 37,5                   | 82,5               | 1125                                | 2475 | 126,5                         | 115  | 16,9  | 7    | 11,2                            | 4,7  |

створ были одни и те же. В первом случае за один импульс подавалось вдвое больше раствора на учетную площадь, чем во втором. Более продуктивными оказались растения второго варианта. С 1 м<sup>2</sup> стеллажа было получено во втором варианте 42,23 кг, а в первом — 39,36 кг. Снижение урожая огурцов при подаче большего количества питательного раствора можно объяснить тем, что в этом случае образуется водное перенасыщение в зоне корневой системы, ухудшающее общий режим питания растений.

При выращивании растений аэропонным способом водный режим зависит и от глубины залегания корневой системы. Лучший водный режим складывается на стеллажах глубиной 25 см. При прочих равных условиях здесь урожай повышается на 5—7 кг с 1 м<sup>2</sup>.

В условиях более глубоких стеллажей не вся корневая система равномерно опрыскивается, кроме того, усиливаются гидравлические удары.

Таким образом, углубление стеллажей (более 25 см), так же как и увеличение количества разбрызгивателей (более одного на 4 растения), нецелесообразно.

В одних и тех же условиях микроклимата теплицы томат поглощает больше раствора, чем огурец.

Расход питательного раствора растениями огурца и томата в дневное и ночное время в условиях водной культуры показан в таблице 4.

В течение вегетации транспирационный коэффициент у растений неодинаков. Он зависит от внешних условий,

Таблица 4

Потребление раствора одним растением огурца и томата в условиях естественной освещенности и в темноте (в мл за 1 ч)

| Дата наблюдения | Количество поглощенного раствора |       |        |       |
|-----------------|----------------------------------|-------|--------|-------|
|                 | днем                             |       | ночью  |       |
|                 | огурец                           | томат | огурец | томат |
| 1—15/VII        | 24,7                             | 38,3  | 17,5   | 26,3  |
| 16—31/VII       | 34,5                             | 51,8  | 21,4   | 28,9  |
| 1—15/VIII       | 31,5                             | 51,8  | 16,2   | 32,6  |
| 16—30/VIII      | 28,5                             | 38,3  | 14,0   | 27,6  |

этапов роста и развития растений. В начале вегетации он выше, а затем уменьшается. Так, в начале июля потребление раствора растениями ночью достигает 70%, а спустя два месяца снижается до 40,6% по отношению к дневному.

Среднее потребление питательного раствора одним растением за 1 ч днем — 31,3 мл, ночью — 17,3 мл, с отклонениями до 3—7 мл.

В период плодоношения томаты в дневное и ночное время потребляют раствора больше, чем огурцы. Дневное потребление раствора за час одним растением огурца достигает 29,8 мл, а растением томата — 45,5 мл, т. е. на 34,7% больше, а ночное соответственно у огурца — 17,3, у томата — 28,8%, или на 39,9% больше.

Амплитуда колебания количеств поглощенной воды из раствора у томата в дневное время бывает от 3 до 13 мл, в ночное время — от 1 до 6 мл в 1 ч. У томата ночное потребление воды из раствора относится к дневному как 2:3, а дневное потребление выше ночного на 36,7% (средние данные за 2 месяца).

Данные опыта показали, что поглощение воды и питательных веществ из раствора растениями в ночное и дневное время представляет непрерывный процесс. Недостаточная подача раствора в ночное время задерживает рост растений, резко ухудшает их общее состояние, изменяет характер плодообразования.

Установлено, что если ночное поглощение воды из питательного раствора у растений относится к дневному как 1:5 и 1:6, то угнетается рост растений. Это проявляется и во внешнем виде растений. Вначале зеленая окраска листа светлеет, затем желтеет и, наконец, кончики листьев огурца заворачиваются, пластинки листьев свертываются в направлении к черешку и постепенно совсем засыхают. Рост растений задерживается. При этом число завязей на растениях увеличивается. Одновременно их образуется по 4—8 штук, а трогается в рост по 4—5. Таким образом, при задержке роста усиливается развитие растений. Отдельные фазы и весь вегетационный период у растений сокращаются, но снижается товарность плодов: плоды образуются некрупные, часто нестандартные, уродливые.

Изменяя соотношение между продолжительностью циклов и импульсов подачи питательного раствора, мож-

но влиять на водный режим в зоне корневой системы растений, вызывая изменения в росте, развитии и плодоношении растений.

При сокращении времени циклов и удлинении импульсов, т. е. при увеличении количества питательного раствора, подаваемого на корневую систему, усиливается рост зеленых листьев и плетей за счет цветения и плодообразования. При этом обычно образуются преимущественно мужские цветки.

При удлинении циклов наблюдается преобладание женских цветков, интенсивнее проходит плодообразование, одновременно темпы роста вегетативных органов снижаются. При удлинении промежутков времени между опрыскиванием в зоне корней снижается влажность воздуха, происходит усиление движения воздушных частиц, давление их на протоплазму клеток повышается.

На водный режим растений при аэропонике влияет также и способ распыления питательного раствора. Более благоприятный водный режим в зоне корней создается при опрыскивании корневой системы через отверстия эагнетательной трубы (без форсунок) с рассекателем. При опрыскивании из трехрожкового распылителя и при использовании круглых форсунок (грибок) водный режим растений ухудшается. Это, по-видимому, связано с углом падения и степенью распыления струи подаваемого раствора. Из округлых форсунок образуется более ограниченный зонт водяной пыли, и корневая система опрыскивается хуже.

При трехрожковом распылителе происходит водное перенасыщение в зоне корней, что отрицательно сказывается на росте и развитии растений.

При использовании бесфорсуночного метода распыления питательного раствора корневая система растений опрыскивается наиболее полно.

## ПИЩЕВОЙ РЕЖИМ

### Влияние элементов минерального питания на рост и развитие растений

Чтобы управлять ростом и развитием растений, изменяя режим питания, необходимо знать действие отдельных элементов питания на жизненно важные процессы,

протекающие в растениях. Изменяя соотношение элементов питания, можно оказывать влияние на процессы роста и развития растений в нужном нам направлении.

**Азот.** Азот входит в состав белка — важнейшей составной части цитоплазмы живой клетки.

Питание растений азотом в естественных условиях осуществляется главным образом путем поглощения аниона  $\text{NO}_3$  (нитратный азот) или катиона  $\text{NH}_4$  (аммиачный азот). В незначительной степени растение поглощает также и анион  $\text{NO}_2$  (нитритный азот). Эти минеральные соединения азота проходят сложные превращения и включаются в состав белковой молекулы. Изменяя соотношение азота в питательном растворе, можно усиливать или задерживать рост вегетативных органов растений. При избыточном азотном питании можно вызвать «жирование», т. е. преобладание ростовых процессов и торможение плодообразования.

**Фосфор.** Фосфор входит в состав цитоплазмы и клеточных ядер, является составной частью нуклеиновых кислот, которые в соединении с простым белком образуют сложные белки — нуклеопротеиды, входящие также в состав хромосом клеточного ядра. Наиболее богаты им семена растений, особенно зародыши. Молодые листья богаче фосфором, чем старые.

Фосфор всегда содержится в растениях в неорганической форме: в виде солей ортофосфорной кислоты, с которой непосредственно связан процесс фотосинтеза и под влиянием которой активизируется образование некоторых витаминов.

Фосфор поглощается растениями из внешней среды в основном в виде аниона фосфорной кислоты. Он необходим растению уже на самых ранних этапах его жизни. Фосфорное голодание в начале развития растений не может быть компенсировано позднейшим снабжением их фосфором.

Фосфор способствует усвоению растениями азота, ускоряет переход от вегетативного роста у растений к генеративному развитию и способствует созреванию семян.

**Калий.** В наибольшем количестве калий содержится в молодых органах и тканях. При старении растений содержание его уменьшается. Калий легко оттекает из старых листьев в молодые.

Калий поддерживает физико-химические свойства коллоидов протоплазмы, степень их оводненности, вязкости, эластичности, в значительной мере определяющие особенности поведения растений, в частности их устойчивость к низким и высоким температурам, к изменению водного режима и т. д.

Калий имеет отношение к синтезу и передвижению углеводов в растениях. При недостатке калия заметно снижается интенсивность фотосинтеза.

**Кальций.** Кальций принимает участие в обмене азотистых веществ в самых начальных стадиях развития растения. При недостатке его затрудняется восстановление в тканях растения нитратов. У многих растений при синтезе белков в клетках накапливается в качестве побочного продукта вредный избыток щавелевой кислоты. В присутствии кальция этот избыток щавелевой кислоты осаждается в виде кристаллов щавелевокислого кальция и таким образом обезвреживается. Кальций оказывает влияние на деление клеток и поддерживает структуру клеточных коллоидов, влияет на физико-химические свойства цитоплазмы, ослабляет вредное действие на растения одностороннего избытка других катионов.

Роль кальция выражается в создании физиологической уравниваемости среды — катионного состава, имеющего большое значение для развития корневой системы растений. Кальций динамичен, он поглощается и выделяется корнями растений весьма энергично в течение всего периода вегетации.

**Магний.** Магний входит в состав хлорофилла, он совершенно необходим для осуществления процесса фотосинтеза, участвует в превращениях фосфора, в фосфорном обмене. Магний, как и калий, содержится больше в молодых тканях и органах. Недостаток его в питательном растворе сдерживает интенсивность цветения и плодоношения. Кислая реакция раствора задерживает поступление магния в растения. Тогда наступает магниевое голодание растений, часто выражающееся пестролистностью, например у огурцов.

**Железо.** При недостатке железа наступает хлороз растений. Листья приобретают бледно-желтую или даже совершенно белую окраску.

В тканях растений железо содержится в виде комплексных органо-минеральных соединений. Оно легко

переходит из восстановленной (двухвалентной) в окисленную (трехвалентную) форму и обратно. Железо является весьма важным компонентом во всех окислительно-восстановительных процессах, протекающих в растениях. Подвижность железа в растениях незначительна.

В процессе вегетации растений в условиях воздушной культуры весьма важно следить за реакцией раствора. При сдвиге реакции раствора в сторону щелочности (рН—7 и ниже) железо выпадает в осадок, после чего у растений может наступить хлороз.

**Бор.** В растениях бор содержится в очень малом количестве, однако оказывает большое влияние на окислительно-восстановительные процессы и на деятельность участвующих в этих процессах ферментов. Бор способствует развитию корневой системы, улучшая снабжение корней кислородом. Бор имеет особое значение для процессов оплодотворения и плодообразования. Даже при незначительных дозах он ускоряет прорастание семян, способствует прорастанию цветочной пыльцы (образованию пыльцевых трубок).

**Марганец.** Наличие марганца — необходимое условие для образования аскорбиновой кислоты. Он оказывает влияние на окислительно-восстановительные процессы в растениях, усиливает синтетическую деятельность инвертазы в сахарной свекле. Имеет большое значение для процессов оплодотворения и плодообразования.

**Медь.** С наличием в питательной среде меди повышается стабильность хлорофилла, медь предохраняет его от преждевременного разрушения. Она способствует миграции питательных веществ из вегетативных органов в семена, а также формированию семян. Недостаток меди вызывает у зерновых культур побеление кончиков листьев. Наличие меди повышает побегообразование, несколько усиливает пигментацию у растений.

**Цинк.** Цинк входит в состав дыхательного фермента карбоангидразы, оказывает влияние на оплодотворение и плодообразование.

**Сера.** Сера входит в состав всех без исключения белков. Большинство аминокислот, образующих белок, не содержит серы. Сера поглощается растениями в виде аниона серной кислоты, т. е. в окисленной форме, однако в соединениях она содержится в восстановленной форме и играет большую роль в окислительно-восстановитель-

ных процессах, связанных с дыханием растений. Значительная часть серы в растениях содержится в виде солей серной кислоты. Содержание сульфатов в растениях может также явиться результатом окисления серы в самом растении при распаде белков. Избыток серы может вызвать угнетение роста и даже гибель растений.

**Молибден.** Молибден входит в состав биологических катализаторов, при помощи которых осуществляется связывание свободного азота воздуха. Это имеет особое значение для жизни овощных, бобовых и других культур, а также и для азотфиксирующих бактерий. Молибден способствует активному цветению растений.

### Роль органических веществ в питательном растворе

Большинство авторов при гидропонном способе выращивания растений рекомендуют для питательных растворов использовать лишь минеральные соли. Между тем еще академик Д. Н. Прянишников указывал, что, лишь сочетая минеральные удобрения с навозом и другими органическими веществами, можно установить правильное соотношение между элементами пищи в течение всей вегетации растений. Органические удобрения дополнительно обеспечивают растения углекислым газом и усиливают биологические процессы, они способствуют поглощению питательных веществ, так как повышают растворимость минеральных солей и не дают им осаждаться из раствора (образование комплексов с органическими соединениями). Корни растений, покрытые слоем гумусных веществ, лучше поглощают неорганические питательные вещества. Благодаря присутствию органических веществ питательный раствор приобретает «буферность», т. е. большую устойчивость против смещения реакции. Опыты показали, что обогащение питательного раствора минеральных солей органическими веществами постоянно давало прибавку урожая овощей.

### Состав питательных растворов

Иногда при выращивании растений в искусственных средах используют постоянные составы растворов, независимо от этапов роста и развития растений. Состав и

концентрация таких растворов не меняются. Такого рода составы рекомендовать нельзя, так как они не могут обеспечить высокого урожая выращиваемых растений.

Соотношение питательных веществ в растворах не может быть постоянным. Оно зависит от климатических условий, времени года, культуры, сорта, этапов роста и развития растений.

В качестве примера приводим составы питательных растворов, применявшихся при выращивании растений огурца методом аэропоники (см. табл. 5—8).

Таблица 5

Состав питательного раствора  
(Применяется для выращивания рассады огурца)<sup>1</sup>

| Состав раствора              | Количество удобрений (в г на 1000 л) | Питательные вещества          |                     |                                    |                     |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|
|                              |                                      | в солях                       |                     | в растворе                         |                     |
|                              |                                      | формула вещества              | количество (в мг/л) | в переводе на действующее вещество | количество (в мг/л) |
| Мочевина . . .               | 93                                   | NH <sub>4</sub>               | 49,5                | N <sub>ам</sub>                    | 54,6                |
| Аммиачная селитра . . . . .  | 93                                   | NH <sub>4</sub>               | 20,9                |                                    |                     |
| Калийная селитра . . . . .   | 758                                  | NO <sub>3</sub>               | 72                  | N <sub>нитр</sub>                  | 121,2               |
|                              |                                      | NO <sub>3</sub>               | 465                 |                                    |                     |
| Сернокислый калий . . . . .  | 140                                  | K <sub>2</sub> O              | 352                 | K <sub>2</sub> O                   | 419,2               |
|                              |                                      | K <sub>2</sub> O              | 67,2                |                                    |                     |
| Суперфосфат . .              | 816                                  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 130,5               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>      | 130,5               |
|                              |                                      | CaO                           | 155                 |                                    |                     |
| Сернокислый магний . . . . . | 233                                  | MgO                           | 22,6                | Mg                                 | 22,6                |
| Микроэлементы                |                                      | (даны в табл. 8)              |                     |                                    |                     |

<sup>1</sup> Общая концентрация питательного раствора — 2,1 г/л; соотношение N<sub>ам</sub> : N<sub>нитр</sub> = 1 : 2; соотношение N : P : K = 1 : 0,34 : 2,09.

Состав питательного раствора  
(Применяется с момента посадки до начала образования плодов)<sup>1</sup>

Таблица 6

| Состав раствора              | Количество удобрений (в г на 1000 л) | Питательные вещества                |                     |                                     |                     |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|
|                              |                                      | в солях                             |                     | в растворах                         |                     |
|                              |                                      | формула вещества                    | количество (в мг/л) | в пересчете на действующее вещество | количество (в мг/л) |
| Мочевина . . . . .           | 100                                  | NH <sub>4</sub>                     | 53,3                | N <sub>ам</sub>                     | 58,8                |
| Аммиачная селитра . . . . .  | 100                                  | NH <sub>4</sub><br>NO <sub>3</sub>  | 22,5<br>77,5        |                                     |                     |
| Калийная селитра . . . . .   | 550                                  | NO <sub>3</sub><br>K <sub>2</sub> O | 620<br>470          | N <sub>нитр</sub>                   | 163                 |
| Сернокислый калий . . . . .  | 180                                  | K <sub>2</sub> O                    | 86,4                |                                     |                     |
| Углекислый калий . . . . .   | 80                                   | K <sub>2</sub> O                    | 56,0                | K <sub>2</sub> O                    | 612,4               |
| Суперфосфат . . . . .        | 1000                                 | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>       | 174                 |                                     |                     |
| Сернокислый магний . . . . . | 310                                  | CaO                                 | 207                 | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>Ca | 174<br>207          |
| Микроэлементы                |                                      | MgO<br>(даны в табл. 8)             | 30                  | Mg                                  | 30                  |

<sup>1</sup> Общая концентрация питательного раствора 2,9 г/л; соотношение N<sub>ам</sub> : N<sub>нитр</sub> = 1 : 2,7; соотношение N : P : K = 1 : 0,34 : 2,2.

Таблица 7

Состав питательного раствора  
(Применяется в период плодоношения растений огурца)<sup>1</sup>

| Состав раствора             | Количество удобрений (в г на 1000 л) | Питательные вещества               |                     |                                     |                     |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|
|                             |                                      | в солях                            |                     | в растворах                         |                     |
|                             |                                      | формула вещества                   | количество (в мг/л) | в пересчете на действующее вещество | количество (в мг/л) |
| Мочевина . . . . .          | 100                                  | NH <sub>4</sub>                    | 53,3                | N <sub>ам</sub>                     | 58,8                |
| Аммиачная селитра . . . . . | 100                                  | NH <sub>4</sub><br>NO <sub>3</sub> | 22,5<br>77,5        |                                     |                     |
| Калийная селитра . . . . .  | 500                                  | NO <sub>3</sub>                    | 307                 | N <sub>нитр</sub>                   | 98,1                |

<sup>1</sup> Общая концентрация питательного раствора 2,57 г/л; соотношение N<sub>ам</sub> : N<sub>нитр</sub> = 1 : 1,66; соотношение N : P : K = 1 : 0,48 : 1,75.

Продолжение

| Состав раствора              | Количество удобрений (в г на 1000 л) | Питательные вещества                 |                     |                                     |                     |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|
|                              |                                      | в солях                              |                     | в растворах                         |                     |
|                              |                                      | формула вещества                     | количество (в мг/л) | в пересчете на действующее вещество | количество (в мг/л) |
| Сернокислый калий . . . . .  | 90                                   | K <sub>2</sub> O                     | 232,5               | K <sub>2</sub> O                    | 331,7               |
| Углекислый калий . . . . .   |                                      | K <sub>2</sub> O                     | 43,2                |                                     |                     |
| Суперфосфат . . . . .        |                                      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>CaO | 176<br>209          |                                     |                     |
| Сернокислый магний . . . . . | 500                                  | MgO                                  | 48,5                | Mg                                  | 48,5                |
| Микроэлементы                |                                      | (даны в табл. 8)                     |                     |                                     |                     |

Таблица 8

Количество микроэлементов в растворе

| Микроэлементы                           | Количество вещества (в г на 1000 л воды) |
|---|--|
| Борная кислота . . . . .                | 2,08                                     |
| Цинк сернокислый . . . . .              | 0,15                                     |
| Железо сернокислое (закисное) . . . . . | 3,35                                     |
| Марганец сернокислый . . . . .          | 1,5                                      |
| Медь сернокислая . . . . .              | 0,4                                      |
| Кобальт сернокислый . . . . .           | 0,16                                     |
| Аммоний молибденовокислый . . . . .     | 0,16                                     |

Кроме того, в раствор добавляют серную кислоту (по 5—10 мл на 1000 л воды), иногда водную вытяжку коровяка в размере 0,02—0,03% ко всему объему питательного раствора в баке.

### Поглощение корнями питательных веществ

Под емкостью поглощения подразумевается способность корневой системы поглощать и удерживать питательные вещества и воду в единицу времени.

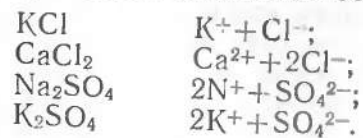
При выращивании растений без субстратов для опрыскивания корневой системы насосом подается небольшое количество раствора. Пока с поверхности корней стекает поданный на них раствор, растения успевают поглотить значительные количества питательных элементов. Так, на стеллажах площадью 25 м<sup>2</sup> чистый расход раствора подопытными растениями составил за 41,5 ч 42, 37 л, или 1,021 л за 1 ч. За сутки подопытными растениями было использовано в среднем 24,48 л раствора.

Теоретически тем количеством раствора, которое сохранилось в баке, растения могли бы питаться в течение 42 дней. Но опыт показал, что различные питательные вещества, содержащиеся в растворе, выносятся из него растениями неравномерно и некоторые из них выносятся в несколько раз быстрее, и раствор приходится корректировать.

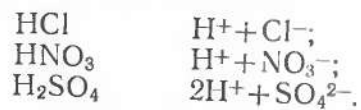
При импульсном питании корни опрыскивают раствором в среднем 120 раз за сутки. За каждый цикл, т. е. в течение 12 мин, подопытные растения из каждого поданного литра раствора выносят 0,77 мг фосфора и 2,29 мг азота.

Характер проникновения питательных веществ в клетки растений определяет реакция раствора.

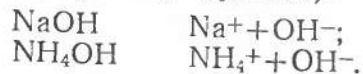
Многие химические соединения (соли, щелочи, кислоты) обладают способностью в водных растворах распадаться на ионы. Молекула соли распадается на ион металла (катион) и анион кислотного остатка:



Молекула кислоты распадается с отщеплением положительно заряженного иона водорода и отрицательно заряженного иона кислотного остатка:



Щелочи при диссоциации дают ион металла и в качестве аниона — группу OH (гидроксил):



Проникновение неорганических веществ в клетку зависит от свойств ионов. Одновалентные катионы и анионы обычно проникают в клетку быстрее, чем двухвалентные, а эти — быстрее, чем трехвалентные. При низкой pH раствора слабо поглощаются катионы, при высокой — прекращается поглощение анионов.

Неравномерное поглощение корнями растений катионов и анионов приводит к смещению реакции раствора. Обычно при использовании аммонийных солей NH<sub>4</sub>Cl и (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> растение в большей степени поглощает катион NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, а анионы Cl<sup>-</sup> или SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> остаются в среде и подкисляют ее, поэтому эти соли называются физиологически кислыми. Из Na<sub>2</sub>NO<sub>3</sub> и K<sub>2</sub>NO<sub>3</sub> растения преимущественно поглощают анион NO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, а катионы Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> остаются в среде и подщелачивают ее. Такая соль называется физиологически щелочной. Соли, из которых и анион, и катион поглощаются с одинаковой скоростью, называются физиологически нейтральными. Примером такой соли может быть аммиачная селитра NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, но и из нее во многих случаях катион поглощается быстрее аниона.

Взаимодействие ионов во внешней среде определяет и действие на растение концентрации водородных ионов. Для обеспечения нормального поглощения элементов минерального питания растениями из раствора он должен быть уравновешен как в отношении водородного иона, так и других катионов.

#### Влияние на растения соотношения водородных ионов в питательном растворе (сдвиги pH раствора)

Концентрация водородных ионов в питательном растворе определяет реакцию среды. При pH=4 (кислая среда) ионы водорода действуют на растения токсически. Они вытесняют катионы и вместо поглощения наблюдают их выделение из корня. В щелочной среде (при pH=7—8) нарушается поглощение растениями анионов.

Очень высокая или очень низкая концентрация водородных ионов повреждает корни растений и задерживает их рост. Эти действия происходят при pH=4 и ниже и при pH=9 и выше.

Концентрация рН определяет состояние некоторых минеральных элементов в питательном растворе. При рН=6 или несколько выше неорганическое железо выпадает из раствора в виде  $Fe(OH)_3$  и осаждается в виде нерастворимого  $Fe_2O_3$ . Некоторые исследователи утверждают (В. А. Новиков), что растущие при рН=6 растения заболевают хлорозом. На аэропонике это не наблюдается.

Очень высокая или очень низкая концентрация водородных ионов прекращает поступление кальция в растение. В этих условиях наблюдается даже его выделение. При кислой реакции задерживается поступление в растение фосфорной кислоты, использование азота. Нарушается функция питания, и снижается урожай растений.

Слабокислая реакция, затрудняя поступление питательных веществ в растение, вызывает изменение окраски листьев и приводит к некоторым отклонениям морфологических признаков у растений, выращиваемых методом аэропоники. Например, окраска листьев становится пестрой, а у образующихся молодых листьев края более заостренные с выраженной острой зубчатостью. Пестрота окраски листовых пластинок появляется очень рано. Такого рода явление объясняется тем, что кислая реакция раствора затрудняет поступление магния в растение и вызывает магниевое голодание.

Для нормального роста и развития растений необходимо, чтобы рН раствора приближалась к 5,5—6,5.

Определяют рН сразу же после приготовления раствора. Для оценки кислых и основных реакций водных растворов используют 12-балльную шкалу. Универсальным индикатором является лакмус: красная окраска — при кислой реакции показывает изменение реакции в сторону кислотности от 7 к единице, а синяя окраска — при основной (щелочной) реакции показывает изменение в сторону щелочности от 7 до 12.

рН раствора можно также определить так называемым «пегашметром», потенциометром, а также по шкале Алямовского и другими способами.

Растения неодинаково относятся к кислотности раствора. Оптимальная кислотность среды для некоторых овощных культур показана в таблице 9.

Если рН раствора близка к 7,0, то его рекомендуется подкислить разведенной серной кислотой.

Оптимальная кислотность раствора для некоторых культурных растений

| Растения            | рН раствора | Растения         | рН раствора |
|---------------------|-------------|------------------|-------------|
| Огурец . . . . .    | 5,5—6,2     | Шпинат . . . . . | 6,0—6,6     |
| Лук-порей . . . . . | 6,0—6,8     | Томат . . . . .  | 5,5—6,4     |
| Салат . . . . .     | 6,0—6,8     | Лук . . . . .    | 6,5—7,0     |
| Сельдерей . . . . . | 6,5—7,0     |                  |             |

Нужно заметить, что растения овощных культур лучше растут в подкисленном растворе, чем в основном (щелочном).

В практике при составлении растворов необходимо учитывать, что растения различных видов и сортов, а также на различных фазах своего роста и развития предъявляют и различные требования к реакции раствора.

#### Техника приготовления питательного раствора

Питательный раствор определенной концентрации начинают готовить в небольшом объеме, лучше в горячей воде. Это значительно сокращает время на его приготовление.

Сначала надо отвесить и растворить отдельно основные удобрения: суперфосфат, калийные, азотные удобрения, сернокислый магний и все растворы слить в бак. Затем отвесить микроэлементы и всыпать их один за другим в литровую колбу, наполненную на  $\frac{1}{5}$  кипящей водой. Содержимое колбы после растворения вылить в бак, где оба раствора перемешать смесителем. Обычно железо растворяется не полностью. Для лучшей его растворимости в колбу с раствором микроэлементов следует добавить примерно 8—12 мл серной кислоты.

#### Корректировка питательного раствора

Поскольку в процессе использования раствора наблюдается изменение его состава, требуется время от времени производить корректировку раствора. Для этого опре-



деляют содержание питательных веществ в пересчете на 1 л корректируемого раствора. Затем находят разницу в количестве каждого из питательных веществ и умножают ее на 1000.

Корректировку раствора следует начинать с аммиачного азота. Зная недостаток его на 1000 л, делим это число на содержание аммиачного азота в 1 г мочевины или аммиачной селитры или другом азотном удобрении. Результаты деления показывают, сколько граммов аммиачной селитры надо взять на 1000 л корректируемого раствора. Аналогично этому определяют необходимое для корректировки раствора количество других солей или форм удобрений.

Определение рН раствора необходимо проводить ежедневно. Если рН раствора выше 6,2, необходимо провести его корректировку. В этих целях титруют определенный объем раствора 0,02-нормальным раствором серной кислоты с индикаторами, диапазон изменения окраски которых лежит в пределах рН=6,0. Затем делают расчет кислоты на полный объем раствора. Например, на 100 мл питательного раствора, чтобы довести его рН до 6,0, пошло 5 мл 0,02-нормального раствора серной кислоты. Из этого следует, что на 1 л раствора кислоты пойдет в 10 раз больше, т. е. 50 мл. Предположим, что объем раствора равен 10 000 л. Тогда на весь раствор потребуется  $\left(\frac{10\ 000 \times 50}{1000}\right)$  500 л 0,02-нормального раствора серной кислоты. Для приготовления 100 л такого раствора требуется 17,73 мл концентрированной серной кислоты (уд. вес 1,84). На весь же объем раствора, чтобы довести его рН до 6,0, потребуется 266 мл концентрированной серной кислоты.

В том случае, когда реакция рН раствора изменяется в сторону кислотности, в раствор добавляют щелочи. В небольшом количестве лучше добавлять КОН сразу после размешивания раствора.

Одним из существенных разделов агропоники является культура овощных растений. Начинается она с посева семян и выращивания рассады. Семена должны быть сортовые, лучше первого класса. Рассадные растения также должны быть хорошего качества, правильно и своевременно высажены на постоянное место.

Культура овощных растений включает формирование растений (корней и надземных органов), уход за ними, корневые и внекорневые минеральные и воздушные подкормки, меры борьбы с вредителями и болезнями.

### ВЫРАЩИВАНИЕ РАССАДЫ

**Подготовка семян к посеву.** Чтобы вырастить хорошую рассаду овощных культур, необходимо произвести предпосевную обработку семян. Семена перед посевом калибруют, подсушивают, прогревают, замачивают в воде и химикатах.

Замачивание семян сокращает период прорастания. Семена огурца впитывают при набухании 50—52% воды от сухого веса семян, семена томата — 75%, лука — 60%.

Замачивание небольшого количества семян производят в марлевых мешочках, завернутых в мокрую тряпку, которая периодически смачивается. При выращивании нескольких сортов семена каждого сорта намачивают в отдельных мешочках, снабженных этикеткой с названием сорта (название сорта пишется простым карандашом).

Для получения лучших результатов семена можно намачивать в растворе питательных веществ или стимуляторов роста. После намачивания семена помещают в темном месте при температуре 26—28°C. В этих условиях они быстро набухают и на вторые сутки наклеиваются.

Наклюнувшиеся семена высевают густо в посевные ящики (высота 8—10, длина 50 и ширина 20—25 см) во влажные опилки или песок.

**Пикировка.** В фазе семядолей или в начале образования первых двух настоящих листочков молодые растения пересаживают в сетчатые стаканчики, наполненные гравием или керамзитом для большей устойчивости растений. При пикировке в горшочек верхушку корня прищипывают, растение опускают в лунку до семядолей и осторожно сдвигают вокруг него гравий или керамзит.

**Уход за рассадой.** После пикировки горшочки представляют на расстоянии 13—20 см и по мере подсыхания гравия систематически поливают питательным раствором. Когда у огурца образуется первая пара настоящих листьев, производят прищипку точки роста. Прищипку повторяют над шестым или восьмым листом.

У пасленовых растений — баклажан, перец, томат — удаляют пасынки.

Рассаду выращивают в течение 20—26 дней, не допуская ее перерастания.

У переросшей рассады после посадки на постоянное место разросшиеся листья подвядают, подсыхают и отмирают. Подвядание листьев наблюдается главным образом до отрастания корней, в результате того что слаборазвитая корневая система не может задержать большое количество питательного раствора и свободная вода быстро теряется. Вследствие этого тургор ослабевает, хорошо развитая листовая пластинка подвядает, особенно в солнечную, теплую погоду или при повышенной температуре воздуха в теплице.

### ПОСАДКА РАССАДЫ И УХОД ЗА НЕЮ

Высаживать рассаду лучше в пасмурный день, а в солнечные дни — после полудня. Накануне ее обильно поливают питательным раствором. Перед высадкой рассаду осматривают: больную, пораженную вредителями и слаборазвитую, сильно вытянутую или не имеющую верхушечной почки выбраковывают. При перевозке и хранении рассаду затеняют.

Рассаду, выращенную в сетчатых стаканчиках, доставляют к месту посадки и вместе со стаканчиком вставляют в отверстия крышек стеллажей, котлованов

или в стеллажи экспериментальной установки биологического кабинета. Ко времени посадки корни рассадных растений не должны выступать через сетку стаканчиков, иначе при перевозке большая часть их обламывается.

Быстрее растет корневая система огурца и несколько медленнее — томата, баклажана, перца. Медленно отрастают корни у корнеплодов обрезного сельдерея, петрушки после посадки их на сетчатую крышку стеллажа.

После посадки рассады на постоянное место корни ее необходимо опрыскивать так, чтобы сохранить нормальное соотношение между поступлением воды в растение и ее расходом. Для этого циклы должны быть более короткими — 10—12 мин, а импульсы — продолжительностью 5—10 сек. Когда у растений образуется мощная корневая система, циклы можно несколько удлинить — до 20 мин.

В это время хорошо провести 2—3 внекорневые подкормки через стояки. Внекорневые подкормки проводят тем же питательным раствором, которым опрыскивают корневую систему.

### ОСОБЕННОСТИ УХОДА ЗА РАСТЕНИЯМИ ОГУРЦА

**Формирование растений.** При выращивании рассады огурца прищипку надо производить более короткую, а после посадки растений на постоянное место проводить ее не на всех плетях одинаково. Иначе после прищипки плетей над каждым плодом растения оказываются «защищенными», т. е. плеть очень слабо растет, а плодоношение прекращается или почти прекращается.

Чтобы задержать рост огуречного растения в высоту и добиться непрекращающегося плодоношения, надо усилить роль главной плети в улучшении питания плетей последующих порядков. Главная плеть, сообщаясь с корневой системой, с плетями последующих порядков и с листовой поверхностью, является проводником питательных веществ, поступающих из корней и листьев ко всем органам растения.

Плети последующих порядков более продуктивны, чем устаревшие основные плети. Они обладают биологическим свойством образовывать больше завязей, чем на главной плети. Следовательно, формирование растений

должно основываться на том, чтобы в большей мере использовать биологические особенности плетей высших порядков.

На основной плети прищипку следует проводить над вторым листом, а плети последующих порядков не прищипывать. Если прищипка плети проводится над каждым плодом, то пластические вещества прилегающего к нему листа используются развивающимся плодом, а для образования новых тканей почти ничего не остается до тех пор, пока плод не разовьется. Поэтому образование новых плетей задерживается или совсем не происходит.

Прищипками необходимо усиливать приток питательных веществ не только к образующимся плодам, но и к точкам роста. При этом рост главной плети следует сдерживать, а рост плетей последующих порядков — стимулировать. При таком уходе состояние растений улучшается, число завязей и плодов на растении увеличивается.

**Обновление листовой поверхности.** Как бы ни прищипывались растения, они все же вырастают большими, достигают крыши теплицы, и дальнейшая их культура становится невозможной. Особенно это относится к культуре в стеллажных теплицах. В процессе освоения воздушной культуры вместо омоложения растений был разработан способ обновления ассимиляционной поверхности, позволяющий избежать разрыва в плодоношении растений. Этот метод разработан с учетом особенностей расположения листьев на огуречном растении. Известно, что на растениях огурца листья располагаются у основания плети, затем на плетях между плодами и, наконец, над плодами, в непосредственной близости к ним.

В зависимости от места нахождения листьев на растении они бывают разных размеров. Величина листьев, как правило, уменьшается снизу вверх, по направлению к точке роста. Листья на плетях стадийно и физиологически разнокачественны. При обновлении листовой поверхности разнокачественность листьев имеет практическое значение.

Иногда в пазухе каждого листа образуется одна или несколько завязей, развивающихся в плоды; часто плоды образуются через 2, 3, а иногда через 4 и даже через 8—9 листьев. Однако возле каждого плода образуется 1 или 2 листа, размеры которых увеличиваются вместе с ро-

стом плода. Когда плод достигает товарной годности, соседний с ним лист достигает почти полного развития и после этого стареет. Аналогично этому, но в разное время образуются плоды и листья на плетях всех порядков. При этом создается затенение. Листья, которые находятся в затенении, желтеют и превращаются из листьев, производящих питательные вещества, в листья, потребляющие эти вещества. Обновление листовой поверхности улучшает условия освещенности, ускоряет образование новых



Рис. 18. Общий вид аэропной культуры огурца в теплице.

тканей — плетей, листьев и повышает темпы роста плодов.

На плетях последующих порядков (отплетках) плоды образуются чаще, а листья, как правило, бывают моложе, чем на основных плетях, но листья главной плети и плетей последующих порядков затеяют их. Поэтому отдельные вновь образующиеся плети бывают почти бесплодные. Они быстро растут и мешают плодоносящим.

Чтобы произвести осветление посадки, следует оставить только продуктивные листья — с растений нужно удалить желтеющие, старые и часть стареющих и молодых листьев, образующихся по нескольку штук на плети между плодами, а также частично или целиком удалить бесплодные, вновь образовавшиеся плети. Не плодоносящие молодые плети удаляют не совсем, а оставляют часть плети с 2—3 листочками; у большей части молодых плетей прищипку не производят.

Плети последующих порядков, как и основную плеть, равномерно размещают над стеллажом на проволоке, (шпалере), не привязывая (рис. 18). Сразу после обновления растений на стеллаже остаются как бы оголенные растения, но они скоро покрываются листьями, развивающимися из пазух удаленных листьев, и растения продолжают плодоносить. Несмотря на это, часто на стеллаже в котловане теплицы создается сплошной, малопропускаемый для солнечных лучей зеленый шатер, внутри которого, зачастую из-за недостатка света, плоды приобретают светлую окраску.

Способом обновления ассимиляционной поверхности удается выращивать культуру огурца в течение всего периода вегетации без опускания растений.

**Арочный способ подвязки растений.** Затенение растений огурца бывает меньше при арочном способе подвязки. В этом случае на высоте 2—2,2 м от почвы между двумя рядами растений натягивают 3—4 ряда проволоки (шпалер) в виде арки: крайние проволоки ниже, а средние — выше. Поперек их без привязывания распределяют образующиеся плети. При таком размещении молодые плети не перегибаются и не ломаются, а точка роста каждой из них свободно движется в том направлении, где для нее имеются соответствующие условия.

Установлено, что при этом способе лучше освещается листовая поверхность. Цветки и плоды, образующиеся из

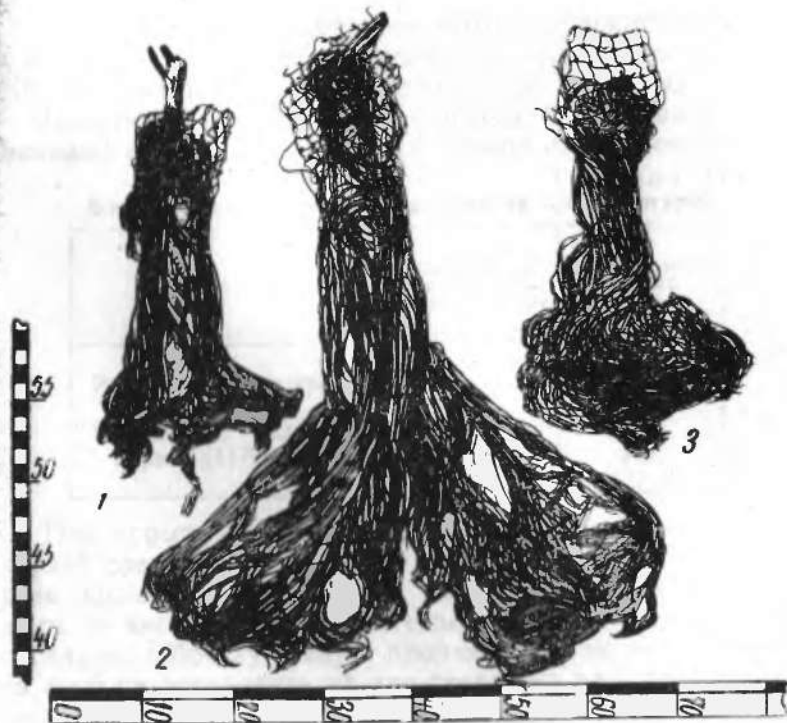


Рис. 19. Корневая система овощных культур, выращиваемых в сетчатых стаканчиках в условиях aeropоники: 1 — баклажана; 2 — огурца; 3 — перца.

пазух молодых листьев, развиваются быстрее, и урожай бывает выше.

**Омолаживание корневой системы.** При выращивании огурца на aeropонике у растений образуется целая прядь тонких мочек корней, спускающихся из сетчатых стаканчиков и направляющихся в полое пространство стеллажей, где задерживается питательный раствор (рис. 19). Достигнув дна стеллажа, корни, переплетаясь между собой, образуют «войлочную» подстилку. Расстилаясь по дну стеллажа, корни в период массового плодоношения достигают своей наибольшей величины. После этого условия существования корневой системы ухудшаются, резко изменяется рН раствора, в связи с чем иногда на-

ступает магниевое голодание, проявляющееся в пестролистности. Часть корней стареет, желтеет и отмирает.

Развитие мощной корневой системы отрицательно сказывается на росте и плодоношении растений. Поэтому необходимо корневую систему, как и надземную часть растения, ограничивать в росте путем подрезки.

Возрастные процессы, протекающие в корневой системе, оказывают влияние на продуктивность растений. С возрастом процент сухих веществ корней возрастает, количество воды в них уменьшается и урожай растений снижается. Это ускоряет процесс развития и снижает темпы роста растений. Обезвоживание связано с возрастными реакциями и является одной из причин преждевременного старения корневой системы и растения в целом. Оно оказывает влияние на поглощение, нагнетательную способность корневой системы и обменные реакции растений.

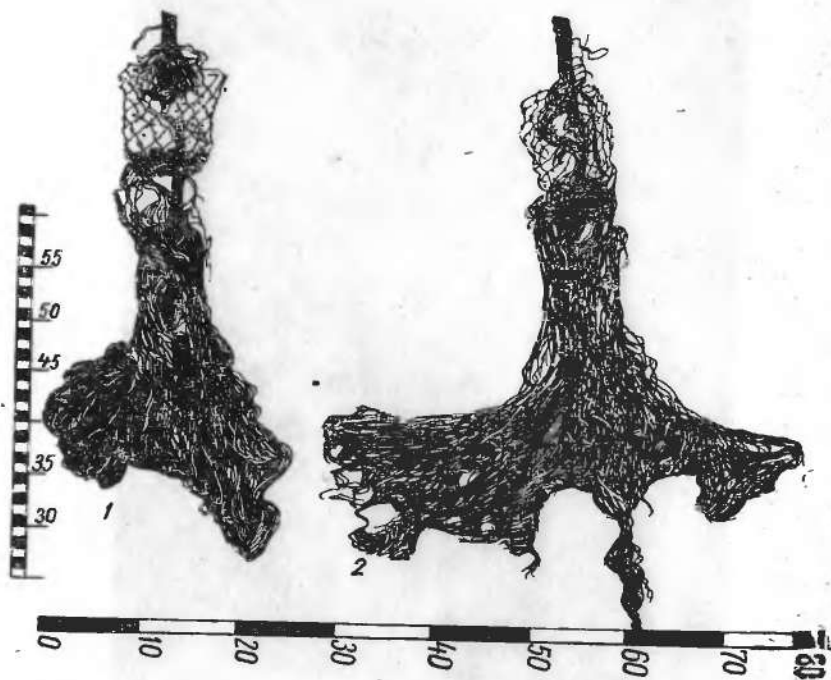


Рис. 20. Развитие корневой системы у растений огурца после обрезки в условиях аэропоники:  
1 — без обрезки; 2 — с обрезкой.

При подрезке наблюдается некоторое усиление ростовых процессов, отрастание новых молодых корней (рис. 20), повышается урожай растений (см. табл. 10).

Первую подрезку корней необходимо производить у молодых растений, вторую — в период их плодоношения.

Таблица 10  
Влияние подрезки корней растения на урожай огурца

| Варианты опытов                            | Средний урожай плодов (в кг с 1 м <sup>2</sup> ) | Средний вес товарного плода (в г) |
|--|--|-----------------------------------|
| Растения без подрезки корней . . . . .     | 29,52  | 97                                |
| Растения с подрезкой корней (11/V и 1/VII) | 33,12  | 98                                |

При хорошем состоянии растений частичную обрезку корней следует начинать на пятнадцатый — двадцатый день после высадки рассады на постоянное место. Удаляют ту часть корневой системы, которая застилает дно стеллажа. Обрезку следует производить так, чтобы корни на 3—5 см оставались на дне стеллажа или другой емкости.

**Стимулирование роста придаточных корней.** В полном пространстве внутри стеллажей температура воздуха ниже, а влажность его выше, чем над поверхностью крышек. Вследствие этого здесь образуются постоянные токи воздуха с повышенной влажностью и создаются условия, вызывающие образование у растений придаточных корней. Чтобы использовать эти условия, стаканчики опускают на 10 см ниже деревянных крышек стеллажей, отверстия крышек прикрывают непрозрачными пленками или крышками или обкладывают стебли растений торфом сфагнумом. После этого на стеблях растений образуются придаточные корни, что приводит также к частичному омолаживанию корней.

#### ОСОБЕННОСТИ УХОДА ЗА РАСТЕНИЯМИ ТОМАТА, ПЕРЦА, БАКЛАЖАНА

При выращивании томата, перца и баклажана используют шпалерный способ (рис. 21). На горизонтально натянутой проволоке распределяют главные побеги,

подвязанные к проволоке шпагатом. Форма куста может быть одно- и двухстебельная, с ограничением на 6—8 кистях.

Установлено, что каждый лист растения поглощает до 80—90% падающего на него света, а пропускает через себя и отражает только 10—20%. Вследствие этого освещенность растений нередко оказывается крайне недостаточной. Поэтому в теплице необходимо регулировать густоту посевов, подбирать соответствующие сорта, выбирать правильное направление рядков (с восто-

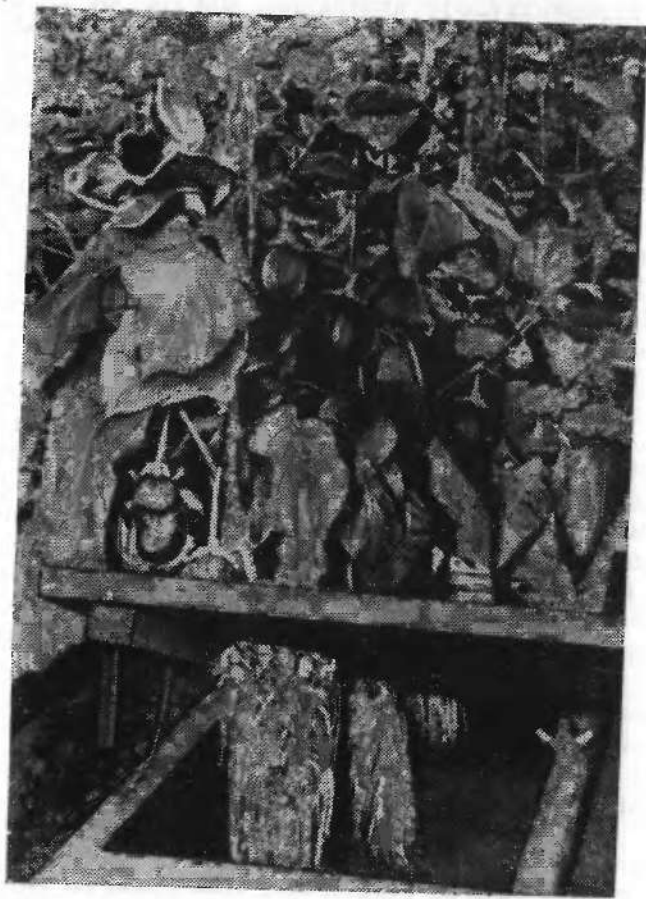


Рис. 21. Культура баклажана на аэропонике.

ка на запад), более рациональную форму куста и систему распределения листовой поверхности в пространстве. Путем формирования и подвязки стеблей и использования ярусного способа размещения листовой поверхности удастся улучшить условия освещенности растений.

Хорошие результаты дает многоярусное расположение растений в теплице, которое можно создать посадкой различных по высоте сортов растений и приемами их формирования.

Желтые и желтеющие листья следует удалять. Если создается значительная загущенность растений, то целесообразно удалить и часть зеленых листьев, сначала в нижней части растения (свободных). Рекомендуется удалить часть листьев также в момент формирования и созревания плодов. Это способствует ускорению созревания и помогает повысить товарность плодов, снятых с первых кистей. Листья нужно срезать ножом, чтобы не повреждать стеблей.

При двухстебельной культуре томата следует оставлять на растении не менее 4—6 кистей. Подвязку стеблей нужно проводить на горизонтальных шпалерах так, как распределяется, например, виноградная лоза. Опыты показали, что проволоку надо натягивать в 2—3 ряда и на каждом из них подвязывать стебли отдельных растений в двух направлениях.

В процессе роста и развития растений в пазухах листьев появляются молодые побеги — пасынки, их лучше удалять сразу, не допуская роста пасынков более чем на 2—3 см, так как они часто способствуют появлению у плодов вершинной гнили. Это объясняется тем, что образующиеся молодые пасынки поглощают большое количество воды и плод обезвоживается.

#### ВЕНТИЛЯЦИЯ ТЕПЛИЦЫ И ОБОГАЩЕНИЕ ВОЗДУХА УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

Основная масса урожая создается растениями в результате фотосинтетической деятельности зеленых листьев. Управлять процессом фотосинтеза растений в теплицах проще, чем в условиях открытого грунта. Благодаря ограниченности пространства здесь можно поддерживать наиболее выгодную концентрацию углекислого газа

и влажности, освещенности и других факторов микроклимата.

По данным Института физиологии растений АН СССР, в зависимости от культуры, сорта и зоны расположения листьев на растении продуктивность фотосинтеза их достигает от 5 до 100 мг  $\text{CO}_2$  с 1  $\text{дм}^2$  в 1 ч. Это значит, что за 1 ч площадь зеленого листа в 1  $\text{дм}^2$  может поглотить от 5 до 100 мг  $\text{CO}_2$  и с помощью лучистой энергии солнца или других источников света превратить ее в органическое вещество.

Чтобы получить представление о связи фотосинтеза с урожаем, достаточно показатели продуктивности (в мг на 1  $\text{дм}^2$ ) пересчитать на величину зеленых листьев среднего растения, затем на число всех растений в теплице и на число дней плодоношения. Такого рода расчеты показывают, сколько растениями поглощается  $\text{CO}_2$  и сколько создается органического вещества на площади теплицы или на стеллажах. Но так как урожай плодов составляет только часть зеленой массы — для огурца  $\frac{1}{2}$ , для томата  $\frac{1}{3}$  — от общей массы, последнюю делим на 2 или на 3. Если обеспечить бесперебойную работу листа, поглощающего 5 мг  $\text{CO}_2$  с 1  $\text{дм}^2$  в 1 ч, то за 180 дней урожай плодов огурцов достигнет 9,5 кг, томатов — 7,7 кг, а при поглощении 100 мг  $\text{CO}_2$  с 1  $\text{дм}^2$  в 1 ч урожай достигнет соответственно 190 и 154 кг с 1  $\text{м}^2$  стеллажа.

Для фотосинтеза скорость тока воздуха через теплицу с растениями не может быть произвольной. Движение воздуха должно быть таким, чтобы лист выбирал из воздуха не больше чем 25—30% содержащегося в нем  $\text{CO}_2$ . Более сильное обеднение воздуха вызывает углекислотное голодание растений и снижение интенсивности фотосинтеза.

Вместе с тем нельзя допускать, чтобы скорость тока воздуха была и слишком большой. Необходимо, чтобы лист успевал выбрать из протекающего над ним воздуха не менее 5—10% углекислого газа. Если лист поглощает из воздуха не более 25—30% и не менее 5%  $\text{CO}_2$ , то эти скорости тока воздуха могут удовлетворять требованиям растений с разной интенсивностью фотосинтеза.

Принято, что обычное содержание  $\text{CO}_2$  в воздухе 0,03% (по объему) составляет 0,54 мг  $\text{CO}_2$  в литре при нормальных условиях — давлении 760 см рт. ст. и температуре 20°.

Это значит, что если содержать лист в камере в течение 20 мин, пропуская над 1  $\text{см}^2$  поверхности листа воздух со скоростью 1 л/ч, то над каждым квадратным сантиметром листа за 20 мин пройдет 333  $\text{см}^3$  воздуха, в котором будет содержаться 0,18 мг  $\text{CO}_2$ , а за час пройдет 1 л воздуха с 0,54 мг  $\text{CO}_2$ . За 20 мин лист усвоит 40% всего углекислого газа.

При фотосинтезе 5 мг  $\text{CO}_2$  на 1  $\text{дм}^2/\text{ч}$  для огурца потребуется примерно 21 кг  $\text{CO}_2$ , а при интенсивности фотосинтеза 100 мг  $\text{CO}_2$  на 1  $\text{дм}^2/\text{ч}$  — 420 кг: для томата соответственно 32 и 630 кг  $\text{CO}_2$  на всю теплицу площадью 1000  $\text{м}^2$ .

Опыт показал, что растения одной и той же культуры, но разных сортов отличаются по интенсивности фотосинтеза и что с повышением интенсивности фотосинтеза количество  $\text{CO}_2$  в теплице также должно увеличиваться.

#### ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ТЕМПЕРАТУРОЙ ЛИСТЬЕВ И АССИМИЛЯЦИЕЙ ИМИ $\text{CO}_2$

Между температурой листьев и ассимиляцией ими  $\text{CO}_2$  имеется прямая связь: с увеличением температуры листьев до оптимальной интенсивность ассимиляции возрастает, причем ассимиляция имеет свой температурный минимум и максимум, высота которых зависит, кроме температуры, от концентрации  $\text{CO}_2$  в воздухе и силы света.

По литературным данным, при концентрации  $\text{CO}_2$ , равной 1,22%, и оптимальной освещенности максимум ассимиляции наблюдается у картофеля при температуре 41—45°, у огурца при 30—32°, у томата при 28—30°.

С увеличением интенсивности света температура листа становится выше температуры воздуха.

Температура листа в вечернее время снижается быстрее, чем температура воздуха в зоне стояния растений.

Таким образом, зная концентрацию  $\text{CO}_2$ , температуру воздуха в зоне стояния растений и отклонения температуры листа от температуры воздуха, можно создавать температурный режим в теплице, который будет повышать ассимиляционную способность растений и урожай.

## СПОСОБ УПЛОТНЕНИЯ ОСНОВНОЙ КУЛЬТУРЫ ЗЕЛЕННЫМИ РАСТЕНИЯМИ

При выращивании растений рассадных культур — огурец, томат, перец, баклажан — междурядья не используют. Чтобы повысить эффективность использования



Рис. 22. Уплотнение основной культуры (огурца) луком в условиях аэропоники.

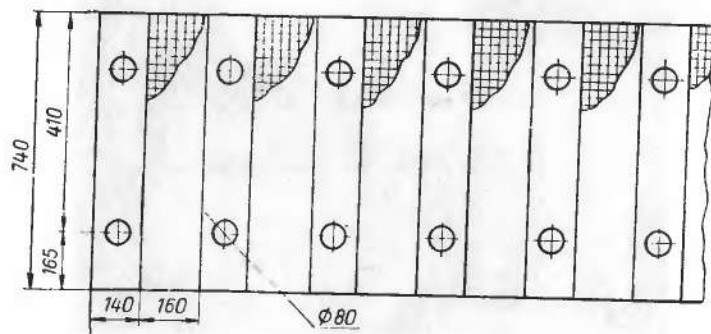


Рис. 23. Панельное укрытие стеллажей при уплотненном выращивании растений в условиях аэропоники.

теплицы, был разработан способ уплотнения основной культуры зелеными, в частности луком (рис. 22). Для этого между растениями рассадных культур стеллаж накрывают перфорированной пленкой или панелями из перфорированной пленки (рис. 23), чередуя их с листовыми панелями. В листовые панели вставляют сетчатые стаканчики, куда высаживают рассаду. Рядом с рассадными растениями на сетчатые панели высаживают лук (рис. 24). Таким образом можно одновременно выращи-

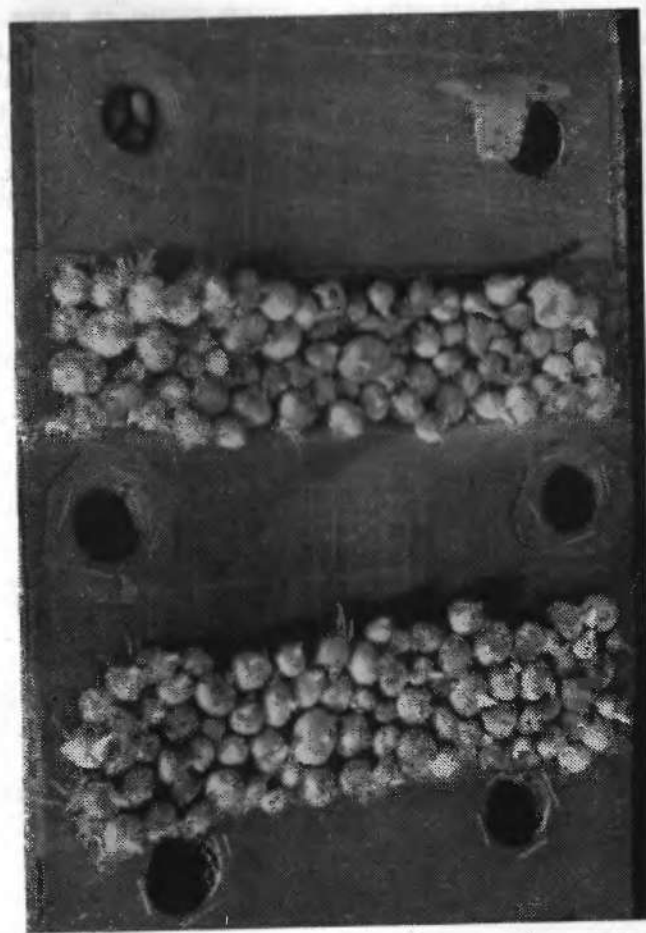


Рис. 24. Высаженный лук на панельном укрытии при уплотненной культуре.



вать огурцы и лук; помидоры и лук и пр. Продолжительность культуры овощей при аэропонике — примерно около 6 месяцев. В течение этого времени при уплотненной культуре на 1 м<sup>2</sup> стеллажа можно вырастить около 63 кг овощей. Кроме того, до посадки огурцов можно выращивать лук на зеленое перо. Продолжительность роста зеленого пера с момента посадки — 18—25 дней. Всего за год можно вырастить 100 и более килограммов овощей с 1 м<sup>2</sup> стеллажа.

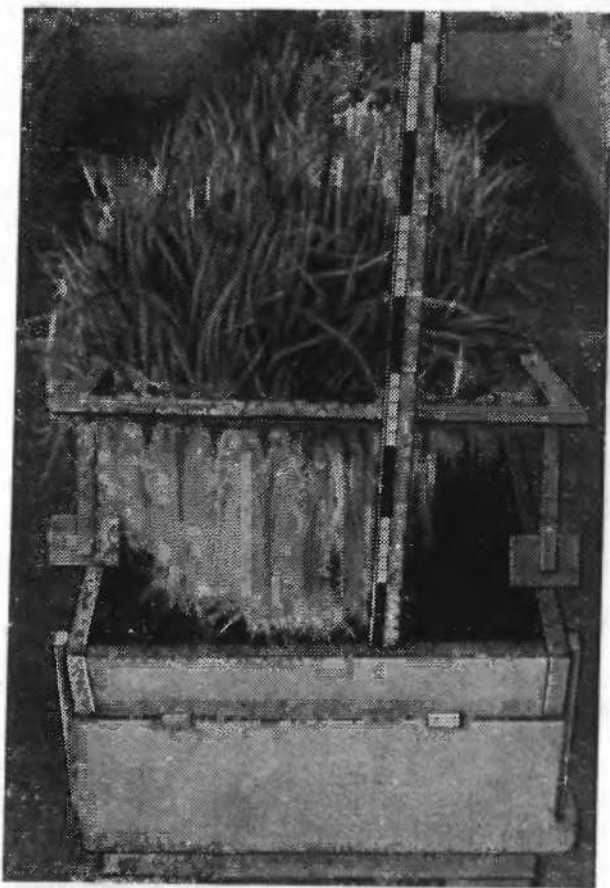


Рис. 25. Выращивание лука аэропнным способом.

## КУЛЬТУРООБОРОТ ПРИ АЭРОПНИКЕ

Для эффективного круглогодичного использования теплиц и установок должен быть разработан план последовательного выращивания овощных культур, т. е. культуурооборот. Культуурообороты должны быть научно обоснованы. В них необходимо строго учитывать биологические особенности различных овощных культур. Необходимо помнить, что в зимнее время без дополнительного освещения не могут расти и развиваться огурец, томат, перец, баклажан. Однако лук на перо (рис. 25), свеклу, петрушку, сельдерей можно выращивать и в зимних условиях, при недостатке света. Ряд культур можно выращивать в ранневесенний период, как промежуточные.

В качестве примера можно привести следующий культуурооборот (табл. 11).

Таблица 11

Примерный культуурооборот на аэропонике

| Чередование культур                             | Дата                        |               |                       |
|---|-----------------------------|---------------|-----------------------|
|   | посадки на постоянное место | начало уборки | ликвидационного сбора |
| 1. Лук на перо                                  | 20.XI                       | 20.XII        | 25.XII                |
| 2. Петрушка, сельдерей на зелень из корнеплодов | 27.XII                      | 27.I          | 1.II                  |
| 3. Зимне-весенне-летнее выращивание огурца      | 2.II                        | 5.VII         | 15.VII                |
| 4. Выращивание томата                           | 17.VII                      | 5—7.IX        | 18.XI                 |

За один культуурооборот с 1 м<sup>2</sup> можно получить 25—35 кг огурцов, в осенне-зимний период — 2,5—3 кг томатов и 40—50 кг зелени, а за год до 100 кг овощей с 1 м<sup>2</sup> стеллажа.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ У РАСТЕНИЙ НЕДОСТАТКА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

При недостатке питательных веществ в среде, окружающей корень, начинает снижаться содержание этих веществ и в растении. При недостатке азота, фосфора и

калия из старых частей растения эти вещества начинают передвигаться в молодые. В результате измененного обмена веществ признаки голодания проявляются прежде всего в нижних, старых частях растений, а затем распространяются на листья средних ярусов. При недостатке элементов питания, которые не могут использоваться вторично, признаки голодания проявляются и в верхних частях растения. Это особенно относится к кальцию и сере.

Чаще всего могут наблюдаться признаки недостатка азота, фосфора и калия, значительно реже — признаки недостатка магния, серы, кальция и микроэлементов. При сдвиге pH в щелочную сторону могут наблюдаться признаки недостатка железа.

Ниже приводится характеристика внешних признаков, которые могут служить для распознавания симптомов недостатка отдельных питательных веществ в среде и в растениях. Для различных культур эти симптомы могут проявляться в различной степени и могут несколько варьировать, особенно когда сочетается недостаток в растворе двух или нескольких элементов питания (см. табл. 12).

Таблица 12

Внешние признаки недостатка питательных веществ в растениях (по Эллису и Сваней)

| Признаки недостаточности питательных веществ   | Недостающий элемент питания |
|--|-----------------------------|
| <i>Симптомы голодания, проявляющиеся на взрослых листьях</i>   |                             |
| 1. Повреждение распространено по всему растению:<br>а) Растения чахлые, светло-зеленые; цвет старых листьев желто-зеленый до желтого; на более поздних стадиях листья высыхают и становятся коричневыми            | Азот                        |
| б) Растения чахлые; листья ненормально темно-зеленые, обычно с черешками, прикрепленными под острым углом; часто наблюдается красноватая или пурпурная пигментация, иногда у более старых листьев наступает хлороз | Фосфор                      |
| 2. Повреждение местное (на листьях появляются пятна)   |                             |

| Признаки недостаточности питательных веществ  | Недостающий элемент питания |
|---|-----------------------------|
| а) На концах и краях более старых листьев начинается хлороз (побледнение листьев в результате разрушения хлорофилла). Хлороз распространяется между жилками и сопровождается образованием коричневых пятен с последующим выпадением тканей, вследствие чего листья кажутся разорванными; листья искривлены и скручены, что наиболее резко выражено на ранних стадиях развития | Калий                       |
| б) Хлороз начинается между жилками листьев более старых или средних ярусов; листья становятся желтыми или почти белыми, но жилки обычно остаются зелеными; отмирания листьев не наблюдается   | Магний                      |
| <i>Симптомы голодания, проявляющиеся на молодых листьях</i>   |                             |
| 1. Повреждение распространено по всему растению.<br>Все растения светло-зеленого или желтовато-зеленого цвета. У верхних листьев изменение окраски проявляется более интенсивно   | Сера                        |
| 2. Повреждение местное<br>А. <i>Ткань с некрозами</i> (мертвыми участками)<br>а) Хлороз начинается между жилками молодых листьев; листья становятся желтыми или белыми; все жилки остаются зелеными; хлороз сопровождается появлением небольших коричневых некротических пятен  | Марганец                    |
| б) Хлороз начинается с основания и краев молодых листьев, за ним следует некроз; листья искривляются, а при более сильном голодании отмирают верхушечные почки, которые чернеют, ослизняются  | Бор                         |
| в) Хлороз верхних листьев (не пожелтение, а побеление), верхушечные почки отмирают и приобретают коричневый или черный цвет; корни короткие, утолщенные, ослизненные  | Кальций                     |
| Б. <i>Ткань не некротическая</i><br>а) Хлороз начинается между жилками молодых листьев; жилки сначала остаются зелеными, а потом весь лист желтеет или белеет   | Железо                      |
| б) У растений наблюдается привядание верхушек; у молодых листьев — хлороз   |                             |

Во внешнем виде растений могут проявляться и признаки избытка ионов, т. е. симптомы отравления растений (см. табл. 13).

Симптомы минерального отравления растений  
(по Эллису и Свапей)

| Признаки отравления  | Элемент, находящийся в избытке  |
|--|---|
| <p><i>Первые признаки поражения появляются на старых листьях</i></p> <p>2. Повреждение распространено по всему растению</p> <p><i>А. Ткань некротическая</i></p> <p>а) Листья слегка темнеют и немного уменьшаются; иногда наблюдается ненормальное свертывание и сморщивание молодых листьев; на поздних стадиях роста концы листьев вытянуты и отмирают, особенно при ясной погоде</p> <p>б) Общее пожелтение листьев; концы и края более старых листьев позднее становятся желтоватыми или коричневыми; это сопровождается появлением ярких некротических пятен; происходит опадение листьев; у некоторых растений сходно с калийным голоданием, у других — с избытком азота</p> <p><i>Б. Ткань не некротическая</i></p> <p>а) Общее огрубение растений; листья маленькие, тускло-зеленые; стебли твердые; у некоторых растений на более старых листьях появляются пурпурно-коричневые пятна, появление их сопровождается опадением листьев</p> <p>б) Общее огрубение растений; листья маленькие, синевато-зеленого цвета; стебли твердые; позднее листья могут скручиваться внутрь и покрываться наростами, края листьев становятся коричневыми, затем бледно-желтыми</p> <p>в) На ранних стадиях наблюдается слабый рост. Удлинение междоузлий, светло-зеленая окраска листьев; на поздних стадиях рост замедляется; у листьев появляется пятнистость, похожая на мозаику, затем появляются матовые пятна, листья вянут и опадают</p> <p>2. Повреждение местное</p> <p><i>Ткань некротическая</i></p> <p>а) Хлороз развивается по краям листьев и распространяется между жилками, сопровождается коричневым некрозом и свертыванием концов листьев; опадение листьев (повреждение сходно у многих растений с калийным голоданием)</p> <p>б) Хлороз развивается между жилками, пятна становятся беловатыми и некротическими, могут</p> | <p>Магний</p> <p>Фосфор</p> <p>Хлор</p> <p>Сера</p> <p>Калий</p> <p>Азот аммонийный и азот нитратный</p> <p>Кальций</p> |

| Признаки отравления   | Элемент, находящийся в избытке   |
|---|--|
| <p>стать окрашенными или на них могут появляться наполненные водой концентрические кольца; у некоторых растений происходит рост листовых розеток и побеги отмирают, теряя листья (по повреждению сходно с недостатком калия у одних и с недостатком железа у других растений)</p> <p>в) Хлороз кончиков и краев листьев; хлороз распространяется внутрь, особенно между жилками, пока весь лист не станет бледно-желтым или беловатым; ожоги краев листьев и некроз с закручиванием краев; опадение листьев</p> <p>г) У некоторых растений вдоль основных жилок, остающихся зелеными, появляются участки, наполненные водой; эти участки становятся прозрачными; развивается также хлороз между жилками; позднее появляется коричневое окрашивание, и, когда весь лист становится коричневым, он опадает</p> <p>д) Хлороз нижних листьев, сопровождающийся появлением коричневых пятен, а затем опадением листьев</p> <p><i>Первые признаки повреждения молодых листьев</i></p> <p>1. Повреждение распространено по всему растению</p> <p><i>Ткань некротическая</i></p> <p>Хлороз листьев; молодые листья становятся совершенно желтыми; верхушечные почки отмирают, более старые листья также могут опадать без увядания; жилки окрашиваются в красный или черный цвет, листья опадают (на ранних стадиях повреждение сходно с недостатком железа)</p> <p>2. Повреждение местное</p> <p><i>А. Ткань некротическая</i></p> <p>Хлороз развивается между жилками молодых листьев, которые становятся желтыми или беловатыми с темно-коричневыми или почти белыми некротическими пятнами; лист искривляется и сморщивается; в этом основное отличие от голодания</p> <p><i>Б. Ткань не некротическая</i></p> <p>а) Хлороз развивается между жилками; жилки остаются зелеными, позднее весь лист становится желтым или беловатым</p> <p>б) Хлороз молодых листьев, жилки остаются зелеными</p> | <p>Бор</p> <p>Цинк</p> <p>Медь</p> <p>Цинк</p> <p>Марганец</p> <p>Железо</p> <p>Медь</p> |

Часто избыток одного иона вызывает у растения развитие симптомов, сходных с симптомами недостаточности другого иона. Химический анализ помогает выяснить настоящую причину.

Если анализ произвести нельзя, то нужно тщательно промыть сетчатые стаканчики и стеллажи водой и приготовить свежий раствор. Если симптомы через несколько дней исчезнут, следовательно, растения действительно испытывали токсикоз от избытка того или другого иона.

В процессе вегетации у растений томата и огурца происходят так называемые физиологические нарушения. К ним относятся диспропорция между товарной и нетоварной частями урожая (измельчание большей части плодов). У томата появляется почернение верхней части плодов и отмирание клеток ткани (вершинная гниль), растрескивание плодов, разного рода пятнистость плодов и другие явления. Их можно объяснить несоответствием между факторами микроклимата и питательными веществами в растворе.

---

#### **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА ПОСТАНОВКИ ОПЫТОВ**

При выращивании растений аэропонным методом постановка и проведение опытов во многом отличаются от полевых условий, почвенных, гравийных и прочих культур. Здесь возможно проведение таких исследований, которые невозможно провести в условиях почвенной культуры, гидропоники и вегетационных опытах.

Обязательное условие всякого исследования — наличие биологической однородности изучаемых овощных и других растений, при которой можно было бы определить средний урожай растений с наибольшей точностью. Точность опыта зависит от выравниваемости условий, в которых ставится опыт, от размеров деланки опыта, от числа повторностей и многих других факторов.

Основное требование методики опыта — соблюдение единства всех условий, кроме одного — изучаемого.

Схема опыта состоит из опытных и контрольных вариантов. Под опытным вариантом понимают изучаемое растение, сорт, условие возделывания, агротехнический прием и др. В каждой схеме опыта один вариант служит стандартом или контролем, с которым сравнивают результаты всех других вариантов. Отсутствие контроля делает опыт малоубедительным. Например, чтобы сказать, какой сорт лучше, надо его сравнить с сортом, который районирован в данных условиях; чтобы изучить влияние на рост и развитие растений органических веществ, содержащихся в питательном растворе, необходимо иметь контроль — тот же раствор без органических веществ.

Для получения вполне убедительных результатов опыты проводят в течение нескольких лет. Например, Госкомиссия по сортоиспытанию испытывает сорт, поль-

зуюсь лабораторно-полевым методом в течение трех-четырёх лет.

Составив схему опыта, нужно определить метод или способ исследования. При проведении опытов в природной обстановке пользуются различными методами: предварительным (ориентировочным), лабораторно-полевым или производственным.

На аэропонике в условиях школы более приемлем лабораторный и лабораторно-полевой методы, так как их можно применить в условиях биологического кабинета и в небольших теплицах, парниках, пленочных укрытиях на пришкольном опытном участке.

Размер, форма делянок, число повторностей и метод исследования, а также расположение делянок избираются в соответствии с возможностями и имеющимися условиями в каждом отдельном случае.

Закладка опыта, а затем проведение наблюдений, выполнение всех видов работ по уходу за растениями, сбору и учету урожая должны выполняться на всех повторностях и вариантах опыта одновременно не дольше, чем за один день, за исключением специальных опытов (по срокам посева и др.). Урожай убирают отдельно с каждого варианта.

На каждый опыт составляют схематический план. В нем указывают сущность изучаемого вопроса, расположение повторностей, номера и размеры делянок (ширину, длину).

У каждой делянки ставят этикетку, на которой в числителе указывают номер варианта, а в знаменателе номер повторности.

На делянках этикетки устанавливают по шнуру на одной высоте, лицевой стороной к проходу. Счет делянок идет слева направо.

Деревянные этикетки изготавливают длиной 45—50 см и шириной 8—10 см, металлические таблички шириной 8—10 см. Затем их красят обычно белой масляной краской, а надписи на них делают черной краской или лаком.

На всех делянках опыта проводят фенологические и метеорологические наблюдения, учет болезней растений и их повреждений. В соответствии с темой опыта может проводиться изучение динамики нарастания урожая, динамики нарастания площади листьев, определение продуктивности листьев (в кг урожая на 1 м<sup>2</sup> листовой по-

верхности), изучение степени раскрытия устьиц, степени обводненности листьев и др.

Данные наблюдений ученики записывают в специальные журналы. Журнал ведется простым черным карандашом по принятым формам. Результаты опытов подвергают математическому анализу. Кроме этого, ведется дневник. Здесь по каждому варианту опыта и по отдельным повторностям записывают отклонения, наблюдаемые в росте и развитии растений, которые не предусмотрены схемой опыта, сроки и нормы корректировки раствора и пр. Записи в дневнике должны наиболее полно отражать особенности наблюдаемых явлений.

### ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ОПЫТОВ ПО АЭРОПОНИКЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

1. *Изучение теплового режима.* Изучение теплового режима проводится с целью выяснения температурных перепадов в различных точках зоны обитания растения. Выяснение этого вопроса с рядом других сопутствующих позволит определить оптимальные температуры для выращивания растений огурца, томата и других овощных культур.

Изучение теплового режима проводится с помощью обыкновенных термометров и термографов или многоточечных термометров. Изучается тепловой режим в стеллаже, в зоне корнеобитания, среди растений над крышкой стеллажа, в зоне корневой шейки, в сетчатом стаканчике (в гравии, керамзите) и в перлоне при посадке растений без стаканчиков. Изучается изменение температуры питательного раствора и воздуха в теплице.

Температуру фиксируют в 7, 13 и 19 ч. Термографы устанавливают в стеллажах (ограждая их легкой пленкой, чтобы не попадала струя раствора) и над стеллажами.

2. *Изучение режима влажности.* Режим влажности следует изучать в зоне листьев и корневой системы. В первом случае с помощью гигрографов, во втором — с помощью психрометра Ассмана. Влажность в зоне корневой системы фиксируют в начале и в конце цикла и импульса, т. е. в последние 2 мин перед опрыскиванием и сразу после опрыскивания корней питательным раство-

ром. Такого рода замеры влажности (в течение всего периода вегетации) следует проводить 3 раза в сутки и в пасмурную и в солнечную погоду.

3. *Изучение рационального размещения разбрызгивателей на коллекторе в зоне корней.* Этот вопрос имеет большое значение для питания растений и конструктивных решений. Очень важно выяснить, как часто в стеллаже среди корней растений на коллекторе следует располагать разбрызгиватели. Для этой цели в одном стеллаже на коллекторе будет установлен один разбрызгиватель на 4 растения, а в другом стеллаже — один разбрызгиватель на 2 растения. Затем проводятся наблюдения.

4. *Изучение роли и значения глубины залегания корневой системы.* Изучение этого вопроса имеет значение для улучшения питания растений и при разработке конструкций стеллажей и проектировании технологического оборудования теплиц или экспериментальных установок биологических кабинетов.

При изучении этого вопроса стеллажи должны быть глубиной 45 см, 35 см, затем 25 см и т. д.

Питательный раствор, циклы и импульсы должны быть одинаковыми на всех типах стеллажей. За растениями, которые будут выращиваться, нужно проводить наблюдения и учитывать их урожай.

Очень важно изучить темпы роста корней. Для этого надо вставить мерную линейку в стеллаж рядом с корнями и через определенное время, 1—2 раза в день, проводить наблюдения и записывать сведения о росте корней, нанося эти замеры на сетку, а затем вывести кривую роста корней.

5. *Изучение уплотненных посевов.* Эта тема имеет значение для совершенствования технологии выращивания растений и получения большего урожая с единицы площади.

На одном стеллаже в крышке должны чередоваться сплошные участки с участками, закрытыми сеткой. Контрольные растения рассадных культур следует выращивать на стеллажах, укрытых сплошными крышками. Рядом с основными рассадными культурами (огурец, томат, перец, баклажан) можно высаживать уплотняющие культуры — лук, а осенью петрушку, сельдерей.

Все остальные приемы выращивания растений в этих опытах обычные, т. е. формирование растений, удаление

пасынков, циклы и импульсы. Учет роста, развития и плодоношения растений те же, что и на остальных стеллажах.

Во всех вариантах следует производить сопутствующие наблюдения по изучению температуры, влажности, освещенности в теплице.

6. *Изменение концентрации отдельных питательных элементов в растворе в процессе вегетации растений.* Для уточнения состава и соотношения питательных веществ в растворе следует организовать изучение выноса основных питательных элементов — N, P, K, Ca, Mg. Агрохимические анализы можно проводить общепринятыми методами.

7. *Влияние органических соединений, содержащихся в питательном растворе, на рост и развитие растений.* До настоящего времени для питательного раствора использовались в основном только смеси химических солей, органические же вещества не вводились.

В связи с этим интересно поставить опыты, направленные на выявление наиболее эффективного способа использования органических веществ при составлении питательных растворов.

В схему опытов по изучению состава питательных растворов можно включить в качестве контрольной смеси Базыриной и Чеснокова (табл. 14).

Таблица 14

Питательный раствор Чеснокова и Базыриной<sup>1</sup>

| Состав раствора              | Количество удобрений (в г на 1000 л) | Питательные вещества                              |                     |                                     |                     |
|------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------|-------------------------------------|---------------------|
|                              |                                      | в солях   |                     | в растворе                          |                     |
|                              |                                      | формула вещества                                  | количество (в мг/л) | действующее вещество                | количество (в мг/л) |
| Аммиачная селитра . . . . .  | 200                                  | NH <sub>4</sub><br>NO <sub>3</sub>                | 45<br>155           | N <sub>ам</sub>                     | 35                  |
| Калийная селитра . . . . .   | 500                                  | NO <sub>3</sub>                                   | 306,9<br>232        |                                     |                     |
| Суперфосфат . . . . .        | 550                                  | K <sub>2</sub> O<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 88<br>105           | K <sub>2</sub> O                    | 232                 |
| Магний сернокислый . . . . . | 300                                  | CaO<br>MgO  | 105<br>30           | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>Ca | 88<br>105           |
|                              |                                      |   |                     | Mg                                  | 30                  |

<sup>1</sup> Соотношение питательных элементов N : P : K = 1 : 0,3 : 1,37.

Таблица 15

Количество микроэлементов в растворе Чеснокова и Базириной

| Микроэлементы                       | Количество в г на 1000 л воды |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Борная кислота . . . . .            | 1,4                           |
| Цинк сернокислый . . . . .          | 0,1                           |
| Железо сернокислое (закисное) . . . | 2,5                           |
| Марганец сернокислый . . . . .      | 1,0                           |
| Медь сернокислая . . . . .          | 0,1                           |
| Кобальт сернокислый . . . . .       | 0,1                           |
| Алюминий молибденовокислый . . .    | 0,1                           |

Одновременно следует проводить сопутствующие наблюдения по биологии роста и развития растений и учет урожая. К концу опыта желательно дать выводы по определению лучшей смеси удобрений и солей, используемых для питательного раствора.

8. *Изыскание более эффективных пластмассовых материалов для изготовления оборудования стеллажей и емкостей для аэропоники, разработка новых конструкций экспериментальных установок.*

До настоящего времени для аэропоники и гидропоники стеллажи оборудуют из бетонных плит или выкладывают из кирпича. Изготовление таких стеллажей обходится дорого. Изыскание дешевого и более эффективного материала из пластмасс представляет большой интерес. Кроме того, на аэропонике следует совершенствовать программное автоматическое управление питанием растений.

9. *Изучение ритма питания растений.* Для того чтобы более полно изучить суточный ритм питания овощных растений, можно поставить опыт по выращиванию огурца или томата. Определение расхода воды из питательного раствора растениями при воздушной культуре проводят с помощью измерительной линейки, помещенной в питательном баке. Корневую систему растений следует опрыскивать питательным раствором днем в течение 9—10 ч, поддерживая растения в состоянии тургора, а остальные 14—15 ч. через большие промежутки времени.

Учет проводят по следующей форме:

| Дата | Потребление воды из раствора (в мл) |      | % потребления воды из раствора ночью по отношению к дневному |
|------|-------------------------------------|------|--|
|      | день                                | ночь |  |
|      |                                     |      |  |

10. *Изучение фотосинтеза.* В первый период жизни растений создается ассимиляционный аппарат и вместилища запасов питательных веществ, а в последующие периоды происходит усиленное накопление запасов этих веществ в плодах, корнях, клубнях, луковицах, а также образование разнообразных вторичных продуктов. Поэтому очень важно еще на ранних стадиях формирования растения выяснить условия, обеспечивающие интенсивный фотосинтез, использование и распределение ассимилятов.

Очень важно изучить изменение фотосинтеза в количественном и качественном отношении в связи со стадийными изменениями растения и его органов, а также в связи с условиями роста и развития растений.

Представляет интерес выяснение результатов работы листа в зависимости от отдельных приемов агротехники: опрыскивания корней, внекорневых подкормок, внесения отдельных видов удобрений и др.

В защищенном грунте с устранением самозатенения растений продуктивность фотосинтеза возрастает, урожай повышается. Это достигается созданием ярусов с использованием чередования растений с различной величиной стеблей и листьев. При этом важно подобрать сорта и культуры, позволяющие создать наиболее благоприятные условия освещенности при их чередовании.

Изучение фотосинтеза можно проводить различными методами. Методом весового учета устанавливают характер накопления общей органической массы растений.

Химические методы изучения фотосинтеза позволяют химическим путем учесть накопление продуктов фотосинтеза или углерода с учетом оттока ассимилятов в другие органы.

Индикаторный метод с использованием меченого углерода дает возможность учитывать интенсивность процесса фотосинтеза в широком диапазоне, его направленность и, наконец, направленность токов ассимилятов из листьев в другие органы.

11. *Селекция и семеноводство.* Жизнь растений на искусственных средах резко отличается от условий их выращивания в обычных условиях. Об этом часто забывают. Много говорят о питательных растворах и нейтральных субстратах и нередко упускают из виду сам организм — растение, ради которого создается искусственная среда. Эта односторонность в исследованиях привела к ряду серьезных неудач.

Выращивая на искусственных средах растения огурца, томата, перца, баклажана и разные их сорта, можно видеть, что требования их к питанию и заменителям почвы весьма различны. Поэтому возделывание культур на субстратах и без субстратов может быть успешным, когда не будут упускаться из виду потребности культуры и сорта.

Чтобы новые способы выращивания овощей были наиболее эффективными, надо произвести подбор сортов, а также заняться селекцией и семеноводством в условиях аэропоники и в других искусственных средах. Новые сорта должны быть солеустойчивыми, устойчивыми к колебаниям температуры и перенасыщению влагой в зоне корневой шейки. Необходимо изучить гетерозис и способы получения гетерозисных семян с использованием однополых сортоформ и сортов со стерильной пылью.

При работе по выведению новых сортов можно использовать методы половой и вегетативной гибридизации, индивидуального отбора, а также мутагенов и изменение условий выращивания.

## ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ

Проведение опыта — длительный и сложный процесс. Он включает в себя много разнообразных работ: подготовка теплицы, технологического оборудования (стеллажей, их укрытий, стаканчиков, экспериментальных установок, питательного узла, автоматики, подготовка удобрений, микроэлементов, проверка исправности трубопроводов, отверстий или форсунок, проверка наличия посев-

ного, посадочного материала и пр.), посев, уход за растениями в рассадный период и после высадки их на постоянное место, наблюдения за ростом и развитием растений, за метеорологическими условиями, уборка урожая и учет его, обработка материалов и целый ряд других работ в соответствии с программой и схемой опыта.

Все виды работ, использованные при проведении опыта, все условия, при которых его проводили, необходимо зафиксировать, учесть. Чем полнее это будет сделано, тем обстоятельнее можно сопоставить полученные в опыте числовые показатели, характеризующие величину и качество урожая, с условиями, при которых формировался урожай, и тем глубже можно проанализировать явления и более достоверно вскрыть сущность результатов опыта и сделать надежные выводы.

Документация должна содержать сведения об опытном участке, регистрацию выполняемых на опытном участке работ, наблюдений и учета в соответствии с задачами опыта. Своевременная запись сведений, их достоверность, однотипность записей — необходимое условие проведения опыта.

Документация опыта должна состоять из следующего:

1. *Основные данные об участке теплицы или экспериментальной установке* (стеллажах, технологическом оборудовании и т. п.), о программе и методике опыта. Обычно их записывают перед закладкой опыта.

2. *Первичная документация.* Она состоит из повседневных записей о работах, наблюдениях, об учете данного опыта, выполняемых в период его проведения в теплице, лаборатории, биологическом кабинете. Записи проводятся одновременно с выполнением этих работ, анализов. Они должны быть сделаны тщательно и своевременно, что в значительной степени предопределяет достоверность выводов по результатам опыта.

Первичную документацию можно вести при помощи картотеки — когда отдельные виды работ или наблюдений записывают в особые карточки, потом переносят записи в общий журнал.

Педагог должен контролировать своевременность и качество заполнения карточек. Карточку подписывает ученик, делавший записи. Карточки нужно строго хранить. В том случае, если записи не поместились в одной



карточке, но не были закончены, продолжить их можно в новой карточке.

Первичная документация должна давать полную картину всего процесса исследования в целом, и ей нужно уделять самое серьезное внимание.

Чтобы не утратить показателей, которые регистрируются в первичной документации, необходимо данные из карточек ежедневно или в крайнем случае через 1—2 дня переписывать в основной журнал. Журнал включает отдельные карточки по видам работ и наблюдений (см. приложение).

Для сохранения четкости всех записей первичной документации их делают простым карандашом. Ни в коем случае не разрешается пользоваться для этого чернильным карандашом или чернилами, так как в сырую погоду записи могут расплыться, и их будет трудно читать.

Основной журнал должен храниться у педагога. Записи в него переносят из карточек чернилами или тушью. Все графы, предусмотренные в карточках или журналах, должны обязательно заполняться. При отсутствии необходимых сведений для заполнения соответствующей графы необходимо в ней делать об этом отметку.

3. *Отчетная, или сводная, документация.* Эту документацию составляют на основе обработки и систематизации первичной документации.

Кроме карточек, каждому учащемуся следует рекомендовать вести дневник, в который он должен записывать наблюдения, не отраженные в карточке, а также делать подробные записи о проводимых работах, например о корректировке раствора (дата, часы, что и в каком количестве добавлял в раствор). При подготовке отчета он может использовать данные дневника и восстановить все, что он видел или делал.

### Научный отчет

Каждый опыт завершается составлением научного отчета. Он включает в себя основные и сопутствующие наблюдения, которые фиксировались в таблицах в течение всего вегетационного периода. Сюда включаются сведения о месте проведения опыта, о схеме и методике опыта, основные сведения об опытном участке, сопутствующих условиях, о примененной агротехнике, фенологи-

ческих и прочих наблюдениях. В научный отчет должны войти все сведения, отраженные в таблицах приложения.

Суммируя и анализируя полученные данные по росту и развитию растений во взаимной связи и обусловленности с внешними условиями, учащиеся делают в итоге выводы и предложения. Учитель дает оценку результатам проведенной работы и делает выводы и предложения по ней (пригодность для внедрения в производство, требует повторения и т. д.).

Все первичные документы по проведению опыта в конце года нумеруют и кладут в папку со штампом «Первичные документы опыта № . . . за 196 . . . год». На внутренней стороне папки наклеивают опись хранящихся в ней ведомостей.

В таблице 1 приложения описывают схему фактического заложенного опыта и условия его проведения. Схематический план опыта нужно наносить так, чтобы можно было установить размещение опыта в натуре, не прибегая к дополнительному объяснению.

Большое внимание в отчете уделяется методике проведения опыта. Важно точно соблюдать и учитывать применяемую агротехнику (таблицы 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12). В этих таблицах записывают характеристику посевного материала, данные о посеве, учитывают условия и способы выращивания рассады, посев, всходы, сведения о подкормках, высадке рассады, меры борьбы с вредителями и болезнями, учет заболеваний. Кроме того, в них дается обстоятельная характеристика рассады при высадке.

Отдельно в дневнике следует фиксировать ошибки и отступления от агротехники и методики, допущенные при проведении работ. Подробно характеризуют посевной материал, как один из важнейших факторов, обуславливающих точность опыта и высокий урожай. При этом указывают, как проведена его подготовка, где и кто определял его качество.

Большое внимание уделяют записям учета урожая. В таблице 17 приведен учет урожая огурцов и томатов, а также сводная таблица учета. Учет урожая огурцов проводят по мере образования стандартного зеленца — 12—14 см у Клинского и других короткоплодных сортов, а у длинноплодных — 15—25 см. В таблице фиксируют дату каждого сбора, затем вес и количество, причем учитыва-

ют отдельно товарные, нетоварные (нестандартные и больные). Первые сборы бывают редко, а при массовом плодоношении с растений огурца плоды собирают через день, а у томата — через 2—3 дня.

У томата снимают с растений плоды, достигшие бурой спелости.

В таблице 18 обобщаются полученные данные учета по сборам, по каждому сорту и варианту отдельно. Здесь определяются темпы отдачи урожая растениями и выясняется раннеспелость того или другого сорта или влияния факторов и т. д. путем вычисления количества (в процентах) товарных плодов от всего собранного урожая. Часто в журналы записывают статистически обработанные данные опыта.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ЖУРНАЛ наблюдений и учета опытов по агропоники

Название опыта \_\_\_\_\_

Культура \_\_\_\_\_

Тема \_\_\_\_\_

Задание \_\_\_\_\_

Место проведения опыта \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ область (край) \_\_\_\_\_ район

\_\_\_\_\_ школа \_\_\_\_\_ класс

Исполнители \_\_\_\_\_

Таблица 1

#### Условия проведения опыта

Тип теплицы или биологического кабинета, в которых проводится опыт \_\_\_\_\_

Инвентарная площадь теплицы \_\_\_\_\_ м<sup>2</sup> длина \_\_\_\_\_

м, \_\_\_\_\_ ширина \_\_\_\_\_ м

Посевная площадь (в м<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_

Расположение конька культивационного помещения относительно стран света \_\_\_\_\_

Угол ската кровли \_\_\_\_\_

Ширина провета между рейками \_\_\_\_\_

Характеристика устройства aeropоники в теплице или в другом культуривационном помещении, биологическом кабинете \_\_\_\_\_

длина \_\_\_\_\_ ширина \_\_\_\_\_ глубина емкостей \_\_\_\_\_

Автоматика \_\_\_\_\_

Число стеллажей \_\_\_\_\_

Дезинфекция:

срок \_\_\_\_\_

доза \_\_\_\_\_

норма \_\_\_\_\_

Таблица 2

Данные о посевном материале

| Название сорта и селекционный номер | Репродукция | Год урожая | Чистосортность (в %) | Категория | Класс | % всхожести | % чистоты |
|-------------------------------------|-------------|------------|----------------------|-----------|-------|-------------|-----------|
|                                     |             |            |                      |           |       |             |           |

Таблица 3

Выращивание рассады  
(Общая характеристика)

Характеристика помещения, где выращивалась рассада \_\_\_\_\_

Подготовка семян к посеву (протравливание, отбор, намачивание,

проращивание и т. д.) \_\_\_\_\_

Дата посева \_\_\_\_\_

Место (ящики, горшки и т. д.) посева \_\_\_\_\_

Способ посева или посадки и норма высева семян на 1 м<sup>2</sup> \_\_\_\_\_

Дата пикировки \_\_\_\_\_

Место пикировки \_\_\_\_\_

Размер горшков \_\_\_\_\_

Смесь питательного раствора \_\_\_\_\_

Концентрация (г/л) \_\_\_\_\_

Соотношение питательных веществ N, P, K, Ca, Mg \_\_\_\_\_

Сроки поливов \_\_\_\_\_

Доза поливов \_\_\_\_\_

Способы поливов \_\_\_\_\_

Прищипка рассады огурцов \_\_\_\_\_

Удаление пасынков у томатов \_\_\_\_\_

Таблица 4

Посев, всходы, пикировка, высадка рассады на место

| Название сорта | Дата посева | Всходы           |                 | Пикировка |               | Высадка на место |               |
|----------------|-------------|------------------|-----------------|-----------|---------------|------------------|---------------|
|                |             | единичные (10 %) | массовые (75 %) | дата      | фаза растения | дата             | фаза растения |
|                |             |                  |                 |           |               |                  |               |

Таблица 5  
Уход за рассадой

Поливы \_\_\_\_\_  
 Количество \_\_\_\_\_  
 Сроки \_\_\_\_\_  
 Норма \_\_\_\_\_  
 Температура воды \_\_\_\_\_

Подкормки (жидкие, воздушные CO<sub>2</sub>)

| Порядковый номер подкормки | Срок | Фаза растения | Способ подкормки | Норма | Дозировка |
|----------------------------|------|---------------|------------------|-------|-----------|
|                            |      |               |                  |       |           |

Таблица 6

Характеристика рассады при высадке

| Название |       | Состояние рассады (крепкая, слабая, переросшая) | Фаза развития |
|----------|-------|---|---------------|
| варианта | сорта |   |               |
|          |       |   |               |

Таблица 7

Подготовка места под высадку рассады в теплице и на опытных установках в биологическом кабинете

Исправность емкостей (поддонов-стеллажей) \_\_\_\_\_

Промывка горячей водой емкостей \_\_\_\_\_

Проверка автомата \_\_\_\_\_

Высадка рассады

Способ посадки (в стаканчики, без стаканчиков) \_\_\_\_\_

Срок посадки \_\_\_\_\_

Питание: продолжительность циклов (в мин) \_\_\_\_\_

» » импульсов (в сек) \_\_\_\_\_

Таблица 8  
Площадь питания и размер опытной делянки в теплицах или биологическом кабинете

| Название | Число рядков | Расстояние (в см) |                           | Площадь питания (в см <sup>2</sup> ) | Площадь делянки (в м <sup>2</sup> ) | Число растений на 1 м <sup>2</sup> | Количество растений на делянке |         |
|----------|--------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------|
|          |              | между рядами      | в рядках между растениями |                                      |                                     |                                    | всего                          | учетных |
|          |              |                   |                           |                                      |                                     |                                    |                                |         |

Таблица 9

Выращивание растений в теплице и на опытных установках в биологическом кабинете

Способ культуры (на шпалерах, на сетках и пр.) \_\_\_\_\_

Газирование CO<sub>2</sub> (срок, способ) \_\_\_\_\_

Формирование куста \_\_\_\_\_

Пасынкование:

срок \_\_\_\_\_

длина пасынков \_\_\_\_\_

Прищипка верхушек, главных боковых ветвей и отплетков \_\_\_\_\_

Опыление (способ) \_\_\_\_\_

Сроки опыления \_\_\_\_\_

Питание:

Смесь раствора по фазам \_\_\_\_\_

Концентрация (в г/л) \_\_\_\_\_

Соотношение питательных веществ \_\_\_\_\_

Циклы по фазам роста растений \_\_\_\_\_

Импульсы по фазам роста растений \_\_\_\_\_

Температура раствора \_\_\_\_\_

Омоложение растений:

корневой системы \_\_\_\_\_

ассимиляционной поверхности \_\_\_\_\_

Фаза роста растений:

срок \_\_\_\_\_

способ \_\_\_\_\_

Т а б л и ц а 10

**Внекорневые подкормки (жидкие, воздушные CO<sub>2</sub>)**

| Порядко-<br>вый номер<br>подкормки | Дата | Фаза<br>растений | Способ<br>подкормки | Норма | Дозировка |
|------------------------------------|------|------------------|---------------------|-------|-----------|
|                                    |      |                  |                     |       |           |
|                                    |      |                  |                     |       |           |

Т а б л и ц а 11

**Посадка и оценка состояния растений в теплице  
и на опытных установках в биологическом кабинете**

| Название сорта | Повторность | Высажено учетных<br>растений | Подсажено растений | Дата подсадки | Процент посаженных<br>растений | Состояние<br>растений<br>на делянках<br>(оценка<br>в баллах) |             | Варианты | Высажено учетных<br>растений | Подсажено растений | Дата подсадки | Процент посаженных<br>растений | Состояние<br>растений<br>на делянках<br>(оценка<br>в баллах) |             |
|----------------|-------------|------------------------------|--------------------|---------------|--------------------------------|--|-------------|----------|------------------------------|--------------------|---------------|--------------------------------|--|-------------|
|                |             |                              |                    |               |                                | первая дата  | вторая дата |          |                              |                    |               |                                | первая дата  | вторая дата |
|                |             |                              |                    |               |                                |  |             |          |                              |                    |               |                                |  |             |

Т а б л и ц а 12

**Борьба с болезнями и вредителями**

Профилактические меры:

Истребительные меры:

| Наименование<br>болезней<br>и вредителей | Время их<br>появления | Принятые меры борьбы,<br>способы проведения и ре-<br>зультативность мероприятий | Время<br>проведения |
|--|-----------------------|---|---------------------|
|  |                       |   |                     |

Т а б л и ц а 13

**Микроклимат в теплице**

| Дата учета | Уровень<br>раствора<br>в баке<br>(в ч) | Температура воздуха |    |    |            |    |    | Влажность воздуха              |    |    |            |    |    |           |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------|--|---------------------|----|----|------------|----|----|--------------------------------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|
|            |  | в теплице           |    |    | в стеллаже |    |    | Темпера-<br>тура раст-<br>вора |    |    | в стеллаже |    |    | в теплице |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |
|            |  | 7                   | 13 | 19 | 7          | 13 | 19 | 7                              | 13 | 19 | 7          | 13 | 19 | 7         | 13 | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Часы       |  |                     |    |    |            |    |    |                                |    |    |            |    |    |           |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |

Т а б л и ц а 14

**Фенологические наблюдения за ростом и развитием огурца**

| Название сорта | Варианты | Всходы | При-<br>шпики | Цветение | Дата<br>сборов | Число дней                         |                                 |
|----------------|----------|--------|---------------|----------|----------------|------------------------------------|---------------------------------|
|                |          |        |               |          |                | от посева до массо-<br>вых всходов | от посева до пер-<br>вого сбора |
|                |          |        |               |          |                |                                    |                                 |

Сводная таблица поступления товарного урожая по сборам  
в процентах от всего урожая по культурам

| Название сорта | Варианты опытов | № сбора | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----------------|-----------------|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
|                |                 |         | дата сбора |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|                |                 |         |            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |

Таблица 15

Фенологические наблюдения за ростом и развитием томата

| Название сорта | Варианты | Всходы          |                | Дата появления первого настоящего листа | Над каким листом и дата заложения первой кисти | Через сколько листьев закладываются последующие кисти | Цветение        |                | Дата образования первых плодов | Сбор урожая |           | Число дней                 |                                |
|----------------|----------|-----------------|----------------|---|--|---|-----------------|----------------|--------------------------------|-------------|-----------|----------------------------|--------------------------------|
|                |          | единичные (10%) | массовые (75%) |   |  |   | единичное (10%) | массовое (75%) |                                | первый      | последний | от посева до первого сбора | от первого сбора до последнего |
|                |          |                 |                |   |  |   |                 |                |                                |             |           |                            |                                |

Таблица 16

Фенологические наблюдения за ростом и развитием зеленных культур (редис, салат, укроп, лук)

| Название сорта | Варианты | Дата посева или посадки | Всходы          |                | Сбор урожая |           | Число дней                 |                                |
|----------------|----------|-------------------------|-----------------|----------------|-------------|-----------|----------------------------|--------------------------------|
|                |          |                         | единичные (10%) | массовые (75%) | первый      | последний | от посева до первого сбора | от первого сбора до последнего |
|                |          |                         |                 |                |             |           |                            |                                |

Таблица 17

Учет урожая плодов огурца, томата<sup>1</sup>  
Вариант \_\_\_\_\_

| Название сорта | № сбора | Дата сбора | Повторность первая, учетная делянка _____ м <sup>2</sup> |                    |                  |                    |               |                    | Повторность вторая, учетная делянка _____ м <sup>2</sup> |                    |                  |                    |               |                    |  |  |  |  |  |
|----------------|---------|------------|--|--------------------|------------------|--------------------|---------------|--------------------|--|--------------------|------------------|--------------------|---------------|--------------------|--|--|--|--|--|
|                |         |            | товарные плоды   |                    | нетоварные плоды |                    | больные плоды |                    | товарные плоды   |                    | нетоварные плоды |                    | больные плоды |                    |  |  |  |  |  |
|                |         |            | вес (в г)  | количество (в шт.) | вес (в г)        | количество (в шт.) | вес (в г)     | количество (в шт.) | вес (в г)  | количество (в шт.) | вес (в г)        | количество (в шт.) | вес (в г)     | количество (в шт.) |  |  |  |  |  |
|                |         |            |  |                    |                  |                    |               |                    |  |                    |                  |                    |               |                    |  |  |  |  |  |

<sup>1</sup> Товарные, или стандартные, плоды, нетоварные — уродливые, мелкие и большие. Аналогичные таблицы составляют и для других повторностей, сортов, культур и вариантов опытов. Журнал рассчитывается на число сборов каждого сорта, культуры и вариантов (от первого и до последнего).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| Введение . . . . .   | 3         |
| <b>Глава I. Устройство, оборудование и эксплуатация аэропонных установок . . . . .</b>               | <b>8</b>  |
| Устройство и оборудование аэропонных установок . . . . .   | —         |
| Программированное автоматическое управление и контроль за водно-воздушным питанием растений. . . . . | 21        |
| Эксплуатация автоматической аэропонной установки . . . . .   | 31        |
| Аэропонная закрытая установка . . . . .  | 34        |
| <b>Глава II. Условия выращивания растений в аэропонной установке . . . . .</b>                       | <b>40</b> |
| Микроклимат . . . . .  | —         |
| Воздушный режим . . . . .  | 45        |
| Водный режим . . . . .   | 48        |
| Пищевой режим . . . . .  | 52        |
| <b>Глава III. Культура овощных растений . . . . .</b>  | <b>65</b> |
| Выращивание рассады . . . . .  | —         |
| Посадка рассады и уход за нею . . . . .  | 66        |
| Особенности ухода за растениями огурца . . . . .   | 67        |
| Особенности ухода за растениями томата, перца, баклажана . . . . .                                   | 73        |
| Вентиляция теплицы и обогащение воздуха углекислым газом . . . . .                                   | 75        |
| Зависимость между температурой листьев и ассимиляцией ими CO <sub>2</sub> . . . . .                  | 77        |
| Способ уплотнения основной культуры зелеными растениями . . . . .                                    | 78        |
| Культурооборот при аэропонике . . . . .  | 81        |

|  |           |
|--|-----------|
| Определение у растений недостатка питательных веществ по внешним признакам . . . . . | 81        |
| <b>Глава IV. Опытническая работа по аэропонике . . . . .</b>                         | <b>87</b> |
| Организация и методика постановки опытов . . . . .                                   | —         |
| Примерная тематика опытов по аэропонике и методика исследований . . . . .            | 89        |
| Документация и отчетность . . . . .  | 94        |
| Приложение . . . . .   | 99        |