

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ**

В. В. Скорина

ОВОЩЕВОДСТВО ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

**Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
специальности «Плодоовощеводство»
высших сельскохозяйственных учебных заведений**

Горки 2016

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

В. В. Скорина

ОВОЩЕВОДСТВО ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
специальности «Плодоовощеводство»
высших сельскохозяйственных учебных заведений

Горки 2016

УДК 635: 631.544 (0765)

ББК

О

Овощеводство защищенного грунта: учеб. пособие
/В. В. Скорина. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – 268 с.

В учебном пособии представлены этапы развития овощеводства защищенного грунта, его состояние и перспективы развития, рассмотрены виды, типы, технологическое оборудование культивационных сооружений, основные типовые проекты. Рассмотрены требования к основным параметрам микроклимата, способы его регулирования, составы почвогрунтов, особенности питания и применения удобрений, современные инновационные технологии возделывания овощных культур, малообъемная культура, способы проведения фитомониторинга, эффективность использования сооружений защищенного грунта, выращивание цветочных культур и грибов.

Для студентов агрономических специальностей.

Рецензенты: заведующий кафедрой основ агрономии УО БГАТУ, доктор с.-х. наук
И. П. Козловская;

заведующий кафедрой плодоовощеводства и луговодства УО ПГАУ, доцент, кандидат с.-х. наук А. С. Бруйло.

© В. В. Скорина, 2016

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Территория Беларуси находится в зоне умеренного климата и поэтому выращивание овощей в открытом грунте ограничено. Значительная роль в улучшении снабжения населения свежими овощами во внесезонный период отводится защищенному грунту.

Овощеводство защищённого грунта, в т. ч. и грибоводство, осуществляет свою деятельность круглогодично в специализированных культивационных сооружениях. Организация и экономика тепличного хозяйства, технологии выращивания овощей и грибов существенно отличаются от производства овощей в открытом грунте.

В защищенном грунте создаются необходимые условия микроклимата для роста и развития овощных растений в зимний, ранневесенний и позднеосенний периоды, т. е. в период с недостаточной освещенностью и пониженным температурным режимом.

Овощеводство защищённого грунта относится к сфере интенсивного промышленного производства. Современный тепличный комплекс – это сложная техническая инфраструктура, включающая в себя металлоконструкции теплиц и инженерно-техническое оборудование, обеспечивающие создание оптимальных условий для исключения теплопотерь в период вегетации культур. Это обеспечивает возможность осуществления всех требуемых технологических параметров выращивания овощных культур с учетом их биологических особенностей в течение года.

Тепличные комбинаты – это сложная организационная структура с круглогодичным функционированием для производства овощной продукции.

Современная промышленная теплица – сложный комплекс технологических систем и оборудования, который должен обеспечить высокий урожай овощей в любое время года.

Существенную роль при получении овощей в защищенном грунте играет и внедрение новых энергосберегающих техноло-

гий, которые позволяют снизить себестоимость производимой продукции.

Одним из факторов энергосберегающих технологий является выращивание новых сортов и гибридов, способных давать высокие урожаи в условиях пониженного температурного режима и, тем самым, обеспечивать рост валового производства овощей.

Применяемая в настоящее время малообъемная технология выращивания овощных культур с использованием капельного полива и различных видов субстратов позволяет управлять процессами их выращивания по современным технологиям.

Технология выращивания овощных культур на гидропонных стеллажных установках при использовании электродосвечивания в настоящее время является самой совершенной при выращивании низкорослых растений, требующих строго сбалансированного и равномерного питания, дополнительного искусственного освещения и имеющих относительно короткий период роста до пересадки или реализации. Она позволяет охватить широкий спектр различных культур: салатных, зеленных, рассады овощных и цветочных культур, меристемных культур и укоренившихся черенков, горшечных цветочных растений. Данная технология является интенсивной, т. к. она позволяет в течение 10–12 оборотов культуры при чередовании различных видов растений получать более 300 раст/м².

При производстве овощей важным является и проведение системы фитомониторинга, что позволяет в течение вегетационного периода отслеживать реакцию растений на изменения факторов окружающей среды, осуществлять контроль при проведении поливов с подачей элементов питания, а также режимов освещения в системе управляющей информации в цепи растение – датчик. В данной программе необходима также разработка системы мониторинга растений по комплексу взаимосвязанных показателей: оценка транспирации, поддержания углекислого газа в процессе обмена (фотосинтез днем и дыхание ночью), измерение температуры листьев, концентрации углекислого газа, значений температуры и влажности воздуха. Поэтому создание оптимальных условий, обеспечивающих наибольшую

продуктивность овощных растений в тепличном овощеводстве, возможно только с применением системы фитониторинга и представляет практическую значимость.

Современные технологии выращивания овощных культур в теплицах требуют применения комплексных водорастворимых бесхлорных удобрений, не содержащих в своем составе нерастворимых примесей, а также микроэлементов в хелатной форме – хелаты железа, марганца, меди, цинка и борной кислоты.

Анализ новых современных технологий выращивания овощных культур в теплицах показывает, что энергетические затраты составляют в себестоимости производимой продукции не менее 40–60 %. Снижение затрат – главная задача разработки комплексной системы расхода топливно-энергетических ресурсов при выращивании основных культур, таких как огурец, томат и перец.

Мировой опыт убедительно свидетельствует, что инновационный путь развития отраслей агропромышленного комплекса способствует техническому, технологическому, организационному и экономическому обновлению сельскохозяйственного производства и повышению его эффективности. В значительной степени овощеводство защищенного грунта развивалось именно благодаря инновациям.

В современной экономике инновации являются основой развития, конкурентоспособности, эффективных социально-экономических преобразований, а также эффективного функционирования организаций, отраслей, регионов и стран, являются главной движущей силой динамичного развития производства и общества.

В настоящее время важной задачей овощеводства является и использование уже созданного потенциала защищенного грунта, т. е. дальнейшее наращивание объемов производства тепличных овощей, снижение их себестоимости, рост прибыли и рентабельности, сбережение энергоресурсов и материалов.

Важным моментом в сбережении энергетических и трудовых ресурсов в защищенном грунте является освоение прогрессив-

ных, наукоемких технологий, в частности, применение мало-объемных субстратов с капельным поливом.

Овощеводство защищенного грунта, развивающееся по интенсивным технологиям, требует повышения роли и ответственности агрономического персонала, наличия у агрономов-специалистов по защищенному грунту знаний современных технологий.

Учебное пособие по овощеводству защищенного грунта дает возможность будущим специалистам лучше изучить эту сложную отрасль сельскохозяйственного производства, приобрести соответствующие теоретические знания и практические навыки.

ГЛАВА 1

ИСТОРИЯ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОВОЩЕВОДСТВА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Защищенный грунт прошел длительную эволюцию в своем развитии. Еще в начале нашей эры, в древнем Риме, выращивали огурцы в насыпном грунте на телегах, которые на ночь завозили в пещеру.

Опыт возделывания овощных культур в защищенном грунте на Руси насчитывает более 500 лет.

Простейшими типами защищенного грунта были различные ветрозащитные устройства: посадки, кулисы, изгороди из соломенных матов и щитов из хвороста. Затем стали использовать гряды с укрытием на ночь соломенными матами или рогожами. Позднее к укрытию прибавился и биологический обогрев.

Биологический обогрев грунта применяется в виде паровых ям, куч, гребней, гряд и навозной постели.

Паровые ямы и кучи устраивали на поверхности или ниже уровня почвы. Паровая куча представляла собой насыпь биотоплива диаметром 40–60 см и высотой 35–50 см. Для устройства паровой ямы делали углубление в почве диаметром 40 см. Биотопливо засыпали в яму так, чтобы над поверхностью почвы её слой составлял 20–30 см. Поверх биотоплива укладывали плодородную почву слоем 15–20 см. Паровые гребни по устройству напоминают паровую яму, но представлены в виде сплошной борозды, заполненной биотопливом. Паровые гряды отличаются от паровых гребней большей шириной. Их использовали, главным образом, для выращивания зеленных культур. Применяли также и сплошную укладку биотоплива под слоем плодородной почвы. Такой способ обогрева получил название навозной постели (рис. 1).

Появление светопрозрачных материалов, особенно стекла, способствовало значительному развитию защищенного грунта.

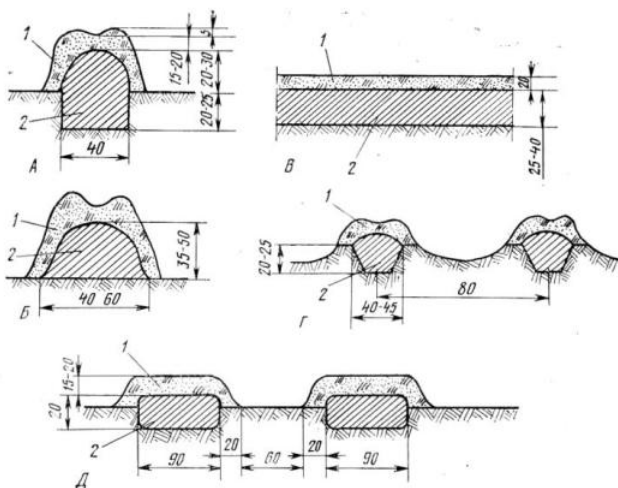


Рис. 1. Утепленный грунт без укрытия на биологическом обогреве:
 А – паровая яма; Б – паровая куча; В – навозная постель; Г – паровые гребни;
 Д – паровые гряды; 1 – грунт; 2 – биотопливо

Его использование способствовало получению так называемого «парникового эффекта» за счет улавливания солнечной энергии.

В результате многолетнего технического совершенствования защищенного грунта созданы современные промышленные теплицы с техническим способом отопления и автоматическим управлением микроклиматом (рис. 2).

В середине XVIII в. в России появляются парники на биологическом обогреве, а в конце века – односкатные теплицы с печным (боровым) обогревом. В теплицах выращивали овощи, землянику, виноград, персики, цветы. Под г. Клин (Московская область) выращивали огурцы в малогабаритных теплицах (основположник – крестьянин В. Афанасьев), получившие название «Клинских». Теплицы обогревались печами. Теплица имела глухую северную стену и стеклянную односкатную кровлю, обращенную на юг. Такая конструкция обеспечивала хорошую тепловую изоляцию и освещенность в зимние месяцы.



Рис. 2. Современная промышленная теплица

В дальнейшем, по мере увеличения площади теплиц, односкатные теплицы уступили место двускатным ангарным (рис. 3).

В них отсутствуют какие-либо внутренние опоры. Несущими элементами кровли являются различного рода арки. Наряду с двускатными ангарными теплицами с плоскими скатами, широкое распространение получили теплицы, профиль поперечного сечения которых приближается к дуге окружности или представляет ломаную линию (полигональный профиль).

Блочные теплицы включают в себя произвольное количество ангарных. При этом стенки между соседними теплицами устраняют, оставляя только поддерживающие стойки. Изменить площадь теплицы можно путем увеличения числа секций, что не требует каких-либо существенных изменений в конструкции.

Кроме основных конструктивных решений, принятых в типовых проектах, имеется ряд инженерных разработок, которые представляют определенный интерес. Это *вантовые* (подвесные) и *воздухоопорные* конструкции, а также *высотные конвейерные теп-*

лицы. Вантовые конструкции способны перекрывать большие пролеты при минимальных расходах материалов.



Рис. 3. Ангарная теплица

На конструкцию теплиц существенное влияние может оказать и способ обогрева. Так, например, для использования низкопотенциальных тепловых отходов промышленных предприятий и электростанций потребовалось создать теплицу с водным фильтром, или *гидротеплицу*. Она имеет горизонтальную или слегка покатую кровлю, по которой постоянно циркулирует теплая вода (зимой обогревает теплицу, летом защищает от перегрева).

В первой половине XIX в. начинают применять шампиньонницы на биотопливе, во второй половине – односкатные углубленные теплицы на биотопливе и двускатные теплицы. К началу XX в. появились попытки использования водяного обогрева.

Основным типом культивационных сооружений в XIX в. и первой половине XX в. был русский углубленный парник на биотопливе, который в настоящее время не применяется.

Парник представлял собой малогабаритное культивационное сооружение, имеющее боковое ограждение и съёмную светопрозрачную кровлю, которое обслуживается людьми, находящимися вне сооружения. Типичный пример – русский парник

(рис. 4), который представляет собой траншею глубиной 0,7–0,8 м и шириной 1,6 м. Сверху парник закрывают рамами или пленкой размером 106×160 см.

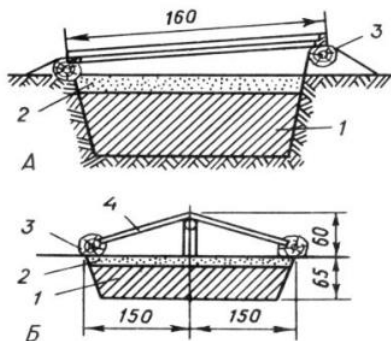


Рис. 4. Парники:

А – русский углубленный, Б – двускатный:

1 – биотопливо, 2 – грунт, 3 – парубень, 4 – парниковая рама.

Наиболее часто в качестве источника тепла использовали биотопливо. Эксплуатировали в течение весенне-летне-осеннего периода. В настоящее время парники практически не применяются.

Русские парники использовали для выращивания рассады и овощей.

С появлением полимерной пленки массовое распространение получили малогабаритные защитные укрытия, отличающиеся простотой конструкций и легкостью изготовления.

Утепленный грунт является простейшим малогабаритным светопрозрачным сооружением, не имеющим бокового ограждения, обслуживаемым людьми, находящимися вне сооружения. Удельный объем менее 0,3. Эксплуатируется в течение весенне-летнего периода. Одна из разновидностей сооружений такого рода – тоннельные укрытия.

Разновидностью малогабаритных сооружений являлись также и двускатные укрытия разборно-переносного типа (рис. 5).

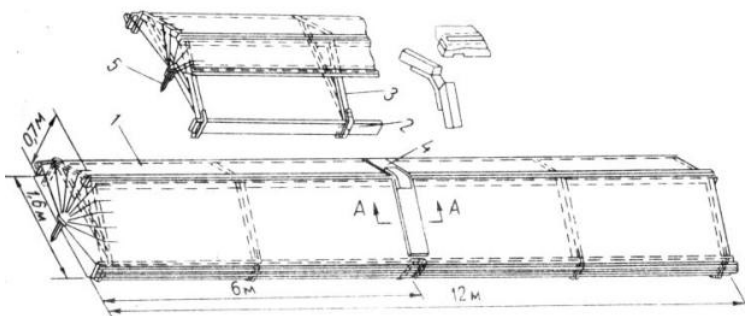


Рис. 5. Разборно-переставной парник УРП-20:
 1 – пленочное покрытие, 2 – бортовая доска, 3 – стропило,
 4 – накладка, 5 – кольцо.

Они получили распространение благодаря скорости монтажа и удобству вентиляции. Широко распространены бескаркасные пленочные укрытия (рис. 6).

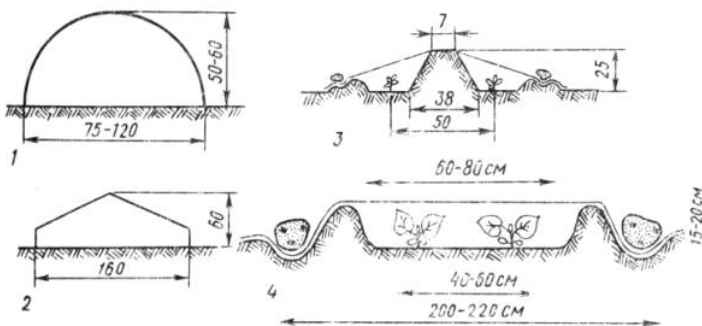


Рис. 6. Малогабаритные защитные укрытия:
 1 – тоннельное, 2 – разборно-переносное каркасное, 3 – схема укладки бескаркасного укрытия, 4 – бескаркасное укрытие с перфорированной пленкой.

В результате многолетнего технического совершенствования защищенного грунта созданы современные промышленные теп-

лицы с автоматическим управлением факторами микроклимата (схема 1).

Схема 1. Этапы эволюции защищенного грунта



Для развития овощеводства защищенного грунта большое значение имели труды профессоров М. В. Рытова ("Огородничество в защищенном грунте", 1914 г.), Н. И. Кичунова и П. Н. Штейнберга, в которых был обобщен мировой опыт выращивания овощей в защищенном грунте.



М. В. Рытов
(1846–1920)

В 20-х годах XX столетия на базе крупных парниковых хозяйств были созданы первые совхозы.

С 1930 по 1940 гг. парники стали переводить с биологического топлива на водное, а затем и на электрический обогрев. В конце 30-х годов начинается строительство тепличных комбинатов по индивидуальным проектам, разработанным инженером В. В. Адоратским. В основном это были ангарные теплицы площадью от 600 до 1000 м² (рис. 6).

Развитие производства овощей требовало и развития научных исследований по овощеводству защищенного грунта.

На Овощной опытной станции сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева (ныне Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева) в начале 20-х годов профессором В. И. Эдельштейном и его учениками был обобщен опыт клинских овощеводов, поставлены первые опыты по светкультуре овощных растений, опыты по электрообогреву парников, обогреву отходящими водами промышленных предприятий, проведены исследования по агротехнике рассады, тепличных культур и семеноводству.



Н. И. Кичунов
(1863–1942)



В. И. Эдельштейн
(1881–1965).

Академик Г. И. Тараканов разработал технологию применения полимерных (пле-



Г. И. Тараканов
(1923–2006)

ночных) ограждений теплиц, углубленно изучил биологические особенности жизненных форм овощных растений и сортовые особенности формирования ассимиляционного аппарата и урожая овощных культур в условиях защищенного и открытого грунта. Под его руководством и непосредственном участии создано более 50 сортов и гибридов овощных культур.

Основные работы по овощеводству защищенного грунта стали проводиться в 30-х годах прошлого века после создания научно-исследовательского института овощного хозяйства (НИИОХ). Были проведены исследования по разработке культурооборотов, агротехнике и семеноводству овощных культур.

В начале 20-х годов XX в. на территории Беларуси научные исследования по овощным культурам проводились на опытной станции Горецкого сельскохозяйственного института и Витебской сельскохозяйственной опытной станции. Они носили эпизодический характер. Деятельность этих научно-опытных учреждений была не в состоянии решить всех задач по научному обслуживанию овощеводства защищенного грунта. Возникла необходимость создания в Беларуси специализированного научно-исследовательского учреждения в области растениеводства и прикладной ботаники. В 1925 году в совхозе «Лошица-1» было открыто Белорусское отделение Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур. В соответствии со специализацией Белорусское отделение занималось вопросами экологического испытания и сортоизучением овощных культур. В 1931 году отделение было преобразовано и создана Белорусская опытная станция, где начали проводиться научные исследования по овощеводству защищенного грунта.

Научный сотрудник станции А. Ф. Касаткин в 1940 г. впервые начал разработку приемов агротехники в защищенном грунте, позволяющих получать ранние и высокие урожаи овощных культур. В довоенный период им были опубликованы работы по парниковому овощеводству, выращиванию ранних ово-

щей в парниках, влиянию светового режима на рост и развитие овощных культур, выращиванию рассады в утепленном грунте. Совместно с Н. Ф. Клешевичем подготовлено к печати практическое пособие для производства овощей «Парніковае гароднінаводства», которое вышло в 1935 г.

Кроме этого, А. Ф. Касаткиным разрабатывались также и другие вопросы овощеводства защищенного грунта: использование навоза и его заменителей для обогрева парников и утепленного грунта, выращивание ранних овощей и рассады в защищенном грунте, осеннее использование парников, эффективность выращивания рассады овощных культур в торфоперегнойных горшочках (кубиках). Среди его более значимых работ необходимо отметить книги «Парніковае агароднінаводства» и «Цяплічнае агароднінаводства», изданные в Минске в 1947 г.

В первой половине 1930-х годов большое внимание уделялось и подготовке кадров овощеводов высшей квалификации. В этих целях в Лошице-1 в 1931 г. был организован Садовогородный институт с отделениями садоводство, огородничества и переработки продукции садоводства и огородничества. В 1934 г. институт был ликвидирован, а на его базе организован плодовоовощной факультет в составе Белорусского сельскохозяйственного института в Горках (ныне Белорусская государственная сельскохозяйственная академия).

Вопросам совершенствования агротехники выращивания ранних овощей в открытом и защищенном грунте посвящены исследования Б. А. Юргенса (1961) и А. Ф. Касаткина (1961).

Большой вклад в развитие научного и практического овощеводства внес профессор К. И. Шуин, возглавлявший в 1961–1985 гг. кафедру овощеводства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. К. А. Шуин, ученик академика В. И. Эдельштейна, ранее работал заведующим кафедрой плодовоовощеводства Бурятского СХИ. На основании проведенных научных исследований он опубликовал 25 научных работ, в том числе 5 крупных работ по биологии и агротехнике выращивания основных овощных культур в Восточной Сибири.

В Беларуси К. А. Шуин опубликовал более 100 научных работ. Он является автором широко известных книг «Овощеводство под синтетическими пленками в БССР», «70 видов овощей на огороде», «Производство овощей в Нечерноземье», «Огород с весны до осени», а также учебников «Овощеводство» для средних и высших сельскохозяйственных учебных заведений.



К. А. Шуин
1913–1991

Профессор К. А. Шуин был одним из первых исследователей в Беларуси по применению пленочных укрытий в овощеводстве и разработке производства овощей под полимерными пленками. При его участии в Могилевской области внедрены передвижные пленочные теплицы и разработаны рациональные схемы их использования. К. А. Шуин являлся консультантом тепличного хозяйства КУП «Минская овощная фабрика».

Под его руководством в этом хозяйстве была разработана и внедрена система применения минеральных удобрений под культуры томата и огурца при выращивании на верховом торфе в теплицах.

Впервые в Беларуси М. Н. Гришкевичем начата разработка технологии выращивания ранних овощей под пленочными тоннельными укрытиями, а Т. С. Якубицкой – технология применения полиэтиленовой пленки при выращивании огурцов в открытом грунте. Результаты исследований по выращиванию огурцов, томатов и зеленных культур в малогабаритных и крупноразмерных тоннельных укрытиях, устройству локального струйно-капельного орошения и агротехнике выращивания отдельных видов овощных культур в пленочных укрытиях обобщены в книге «Ранние овощи под пленкой» (Минск, 1980; 2-е изд. – 1988).

В этот период П. И. Омецинским, Г. Ф. Костромой, М. Н. Березко совершенствуются приемы выращивания овощных культур в защищенном грунте (применение труднорастворимых в воде минеральных удобрений, подбор сортов для летне-осенней

культуры, испытание и использование различных субстратов, вопросы почвоутомления и обеззараживания тепличных грунтов и др.).

До середины 1990-х годов селекция велась только по 6 овощным культурам. В. Д. Поликсеновой, Н. И. Костечко, И. С. Суменковым (1985) проведена работа по оценке коллекционных образцов томатов для зимних теплиц, а В. Л. Налобовой и Н. Н. Завадской (1985, 1987) – сортов огурца для защищенного грунта. С 1987 года и по настоящее время А. В. Кильчевским, В. В. Скориной, М. М. Добродькиным, Мишиным Л. А., Пугачевой И. Г. и др. исследователями ведется научная работа по селекции томата, для необогреваемых пленочных теплиц.

В конце 1990-х годов были начаты исследования по разработке технологий производства овощей в остекленных теплицах (А. А. Аутко, И. П. Козловская, Г. И. Гануш, О. В. Позняк), результаты которых изложены в книгах «Тепличное овощеводство (2003) и «Овощеводство защищенного грунта (2006).

В середине 30-х годов начались опытные работы по применению в овощеводстве светопрозрачной ацетилцеллюлозной пленки.

После Великой Отечественной войны были созданы первые типовые теплицы, налажено производство железобетонных элементов в промышленных масштабах, организовано применение технического обогрева. Начали появляться новые крупные тепличные комбинаты, совершенствовалась агротехника, внедрялись люминисцентные лампы для подготовки рассады.

В первой половине 60-х годов началось массовое применение пленочных теплиц. Пленочные сооружения стали заменять парники и дополнять зимними теплицами в производстве ранних овощей.

В конце 50-х – начале 60-х годов начали применять гидропонный способ выращивания овощей в производственных масштабах (схема 2).

В 1956 г. В. М. Марков и М. А. Тиброва опубликовали работу «Методика полевых опытов с овощными культурами», где была освещена и методика проведения опытов в теплицах и парниках.

Схема 2. Хронология развития овощеводства защищенного грунта

<i>Период</i>	<i>Сооружения и техническое оснащение защищенного грунта</i>
До XVIII в.	Холодные гряды со светонепроницаемыми укрытиями. Паровые гряды, гребни, кучи, теплые рассадники с такими же укрытиями.
XVIII в. 1-я половина XIX в.	Русские парники с навозным обогревом. Русские парники с остекленными рамами. Полутеплицы (сверхранние парники). Шампиньонные теплицы с борновым отоплением.
2-я половина XIX в.	Русские парники, парижские парники. Навозные односкатные теплицы, клинские односкатные теплицы с борновым отоплением.
1901–1930 гг.	Виды утепленного грунта со светонепроницаемыми укрытиями (стекло, промасленная бумага). Парники русские, парижские, архангельские; двухскатные (фонарные) теплицы с биологическим и борновым обогревом.
1931–1937 гг.	Парники с водяным отоплением и бельгийские (двухскатные) парники с биообогревом; весенние остекленные блочные теплицы с рамным перекрытием, биологическим и солнечным обогревом; зимние двухскатные теплицы с водяным отоплением. Строительство тепличных комбинатов по индивидуальным проектам.
1938–1940 гг.	Парники с электрическим отоплением, зимние блочные и ангарные теплицы. Начало производства светопрозрачной ацетилцеллюлозной (ацетатной) пленки для покрытия культивационных сооружений.
<i>Период</i>	<i>Сооружения и техническое оснащение защищенного грунта</i>
22/06 1941 – 09/05 1945 г.	Преимущественно строительство простейших сооружений для выращивания рассады и ранних овощей.
1946–1953 гг.	Восстановление разрушенных во время войны культивационных сооружений и строительство новых.
1954–1960 гг.	Железобетонные парники заводского производства. Парники с паровым отоплением. Отказ от строительства односкатных теплиц. Строительство крупных тепличных комбинатов по индивидуальным проектам, преимущественно с использованием тепла ТЭЦ и теплоотходов промышленных предприятий. Применение полиамидной (перфоль) пленки в утепленном грунте и на парниках.
1961–1964 гг.	Массовое применение малогабаритных сооружений с использованием полиэтиленовой и полиамидной пленки.
1965–1969 гг.	Массовое строительство блочных и арочных весенних теплиц с использованием полиэтиленовой пленки.
1970–1983 гг.	Интенсивное развитие в масштабах страны тепличного овощеводства на промышленной основе как важного звена агропромышленного комплекса.
1990–2000 гг.	Разработка концепции реконструкции тепличного хозяйства по производству овощей.
2000–2015 гг.	Реконструирование тепличного комплекса и перевод на малообъемную технологию производства овощей.

Позже выходит работа В. А. Чеснокова и др. (1963), в которой излагается опыт выращивания растений без почвы.

Большое внимание удлено выращиванию растений гидропонным способом в работе З. И. Журбицкого (1968). Значительный вклад в разработку основ овощеводства защищенного грунта и методику исследований в теплицах внесли С. Ф. Ващенко, В. А. Доспехов, Т. Гейслер, В. И. Алексахин, В. Ф. Белик и др.

Защищенный грунт является необходимым звеном обеспечения круглогодичного потребления овощей в свежем виде. В республике в 28 сельскохозяйственных предприятиях имеется более 253,1 га зимних теплиц (рис. 7), которые производят четвертую часть всех овощей, производимых в общественном секторе республики.

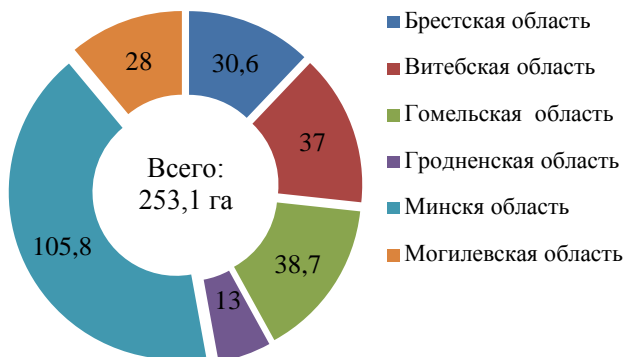


Рис. 7. Структура защищенного грунта в Беларуси

В странах Европейского Союза показатель потребления овощей на душу населения находится на достаточно высоком уровне. Наибольшее их потребление отмечается в Греции, где этот показатель составляет 247 кг. В группу лидеров по потреблению овощей также входят Италия, Испания и Нидерланды, где соответственно на душу населения потребляется 175 кг, 162 кг и 119 кг. Достаточно большое количество овощей также потребляется в Бельгии (111), Германии (80 кг) и Австрии (80 кг).

Контрольные вопросы. 1. По каким признакам классифицируют культивационные сооружения? Типы теплиц, их значение? 3. Роль ученых в развитии овощеводства защищенного грунта? 4. Основные направления развития овощеводства защищенного грунта? 5. Назовите преимущества новой технологии выращивания овощных культур?

ГЛАВА 2

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛИЦ

2.1. Классификация и типы культивационных сооружений. Инженерное оборудование

Защищенным грунтом называют сооружения и земельные участки, оборудованные для создания искусственного микроклимата с целью выращивания овощных культур, рассады, цветочных, декоративных растений и грибов во внесезонный период. Такие виды защищенного грунта называют *культивационными сооружениями*.

В зависимости от конструктивных решений и принятой технологии выращивания овощных растений культивационные сооружения защищенного грунта делят на парники, утепленный грунт и теплицы. Парники и утепленный грунт – простейшие сооружения защищенного грунта. В настоящее время их практически не используют, за исключением случаев их применения в приусадебном овощеводстве. Об их назначении и устройстве упоминалось в главе 1.

В современном овощеводстве защищенного грунта наиболее совершенным видом культивационных сооружений являются теплицы.

Теплица – средне- или крупногабаритное культивационное сооружение, имеющее боковое ограждение и светопрозрачную кровлю (кроме шампиньонницы), с обслуживающим персоналом, находящимся внутри сооружения.

При определении вида культивационных сооружений принимают во внимание следующие классификационные признаки: продолжительность использования в течение года, наличие или отсутствие бокового ограждения, габариты сооружения, удельный объем, местонахождение рабочих и машин (вне или внутри сооружения).

Удельный объем сооружения (по В. М. Маркову, 1981) определяют по формуле:

$$V_{\text{уд}} = V/A_{\text{инв}}, \quad (1),$$

где: V – объем сооружения, м^3 ;

$A_{\text{инв}}$ – инвентарная площадь сооружения, м^2 .

Для культивационных сооружений различают три вида площади: *строительную* – произведение наружной ширины на длину; *инвентарную* – произведение внутренней ширины на длину; *полезную* – площадь, на которой размещают растения, включая проходы между рядами. Большинство хозяйственных и экономических показателей (урожайность, капитальные затраты, себестоимость, прибыль и др.) рассчитывают на единицу (1 м^2 или 1 га) инвентарной площади. Величина некоторых показателей (урожайность, затраты труда на единицу продукции, себестоимость, рентабельность) зависит от *коэффициента светлой полезной площади* (отношение полезной площади к инвентарной). В стеллажных теплицах и шампиньонницах в состав полезной площади включают площадь всех стеллажей, а в овощных теплицах – также и площади подстеллажных (затененных) пространств. Сумма светлой и затененной площадей составляет суммарную полезную площадь всех ее видов, а отношение суммарной площади к инвентарной называют *коэффициентом суммарной площади*, который определяют по формуле:

$$K_{\text{сум}} = \frac{A_{\text{сум}}}{A_{\text{инв}}} = \frac{A_{\text{св}} + A_{\text{зат}}}{A_{\text{инв}}}, \quad (2),$$

где: $A_{\text{сум}}$ – суммарная полезная площадь всех ее видов, м^2 ;

$A_{\text{св}}$, $A_{\text{зат}}$ – светлая и затененная полезная площади, м^2 .

Бесстеллажные теплицы имеют высокий $K_{\text{св}} - 0,85-0,95$, что составляет 100 % полезной площади. Двухскатные стеллажные теплицы имеют $K_{\text{сум}}$ около 1,00, а $K_{\text{св}} - 0,60$.

Удельные затраты на строительство и размеры теплопотерь определяются *коэффициентом ограждения* (отношение всех ограждающих поверхностей к инвентарной площади):

$$K_{opz} = \frac{A_c + A_{кр}}{A_{штв}}, \quad (3),$$

где: A_c – поверхность стен, m^2 ;

$A_{кр}$ – поверхность кровли, m^2 .

Чем меньше этот коэффициент, тем меньше удельные теплотери и капиталовложения, а следовательно и удельные амортизационные отчисления.

Чем больше площадь одной теплицы, тем меньше коэффициент ограждения. У двухскатных теплиц он составляет 1,50–1,75, у ангарных – 1,30–1,40, у блочных – 1,20–1,40.

Теплицы являются наиболее совершенным видом культивационных сооружений защищенного грунта. Существенное отличие теплиц от остальных сооружений защищенного грунта заключается в возможности создания благоприятных условий не только для выращивания растений, но и для обслуживающего персонала и технологического оборудования.

Теплицы классифицируют (Г. И. Тараканов, 1982) по эксплуатационным и строительным признакам:

- по назначению (овощные, рассадные, цветочные);
- сезонности (зимние и весенние);
- технологии выращивания (стеллажные, грунтовые, гидропонные, фитотроны и шампиньонницы);
- виду светопрозрачного ограждения (остекленные, пленочные и теплицы с покрытием из жестких полимерных материалов);
- конструктивно-планировочным решениям (ангарные и блочные);
- по профилю поперечного сечения (односкатная, блочная, двускатная ангарная, двускатная, с внутренними опорами, полигональная, арочная) (рис. 8);
- способу обогрева (солнечный, биологический и технический).

Современные теплицы собирают из деталей заводского изготовления, что в значительной степени упрощает и ускоряет их монтаж, снижает трудоемкость возведения.

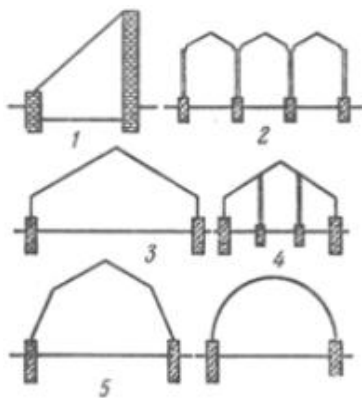


Рис. 8. Схематические разрезы различных типов теплиц:
1 – односкатная; 2 – блочная; 3 – двускатная ангарная; 4 – двускатная с внутренними опорами; 5 – полигональная; 6 – арочная.

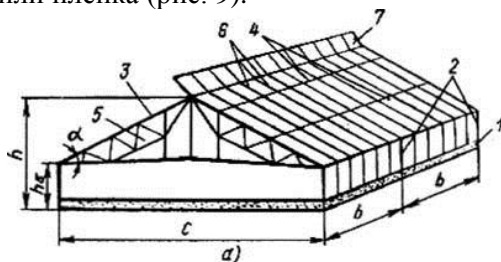
Основными конструктивными элементами теплиц являются фундаменты, цоколь, стойки (коллоны), фермы каркаса и ограждающие поверхности – боковые и торцевые стены, светопрозрачная кровля.

В зимних остекленных теплицах цоколь должен иметь высоту 0,3 м, а в весенних пленочных – 0,1 м. Высоту теплиц определяют под коньком и в карнизе (карниз – это выступ в соединении верхнего и бокового ограждений, предохраняющий стены от затекания воды). Расстояние между боковыми стенами называют *пролетом*, а между коллонами и некоторыми другими элементами конструкции – *шагом*.

Для стока воды по лоткам кровли фундаменты устанавливают на разных отметках, обеспечивающих уклон конструкций 0,03 (3 %) от центральной дорожки к торцам блочных теплиц.

Высота колон в ангарных теплицах составляет 1,8 м, в блочных – 4,0 – 7,0 м. Шаг стоек – соответственно 3 и 5 м. Пролет ангарных теплиц – 18 и 12 м, возможен пролет и 6 м в теплицах с покрытием из пленки, в блочных теплицах – 8 и 9,6 м. Допускается пролет в зимних остекленных теплицах и 6,4 м.

Наклонные элементы фермы называются *ригелями*, горизонтальная часть – *затяжкой*. Затяжка к ригелям крепится с помощью подвесок. Продольную жесткость теплицы обеспечивают прогоны (балки, скрепляющие ригели между собой) и коньковый элемент. Коньковый элемент также является одним из прогонов, а кроме того, выполняет и роль опоры для фрамуг системы вентиляции. К прогонам крепятся шпрансы, на которых закрепляется стекло или пленка (рис. 9).



А – ангарная теплица:

- 1 – цоколь; 2 – стойки; 3 – ригели; 4 – прогоны; 5 – ферма; 6 – шпрансы;
7 – форточки; а – пролет; б – шаг стоек; $h_г$ – высота бокового ограждения;
h – высота теплицы; α – угол наклона кровли.

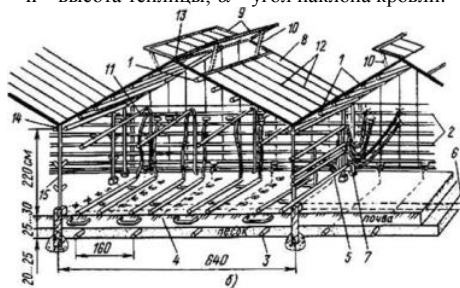


Рис. 9. Основные строительные элементы теплиц:

- Б – блочные теплицы; обогрев шатровый (1), контурный (2), подпочвенный (3), надпочвенный (4); 5 – трубы надпочвенного обогрева; 6 – почвенный дренаж; 7 – водосток; 8 – кровля; 9 – вентиляционные форточки; 10 – рейки; 11 – ороситель; 12 – шпрансы; 13 – коньковый брус; 14 – водосточный столб; 15 – стойка.

Все здания и сооружения проектируют в соответствии с действующими на них нагрузками. Тепличные комплексы производственного назначения строят по проектам, обеспечивающим единство технических решений и конструкций заводского изготовления. Проекты культивационных сооружений имеют единый шифр – 810. Цифра, следующая за этим номером, обозначает индивидуальный номер проекта, например, 810-99 и т. д. По этому проекту сооружено большинство теплиц в странах СНГ. В проекте после его корректировки предусматривается испарительное охлаждение воздуха, применение трансформирующих экранов, капельный полив при выращивании овощных культур на минеральной вате и торфоплитах.

Основные типовые проекты, по которым проводилось их проектирование и строительство, отличались назначением и сроками эксплуатации. Кроме типовых проектов, в производственных условиях применяют и индивидуальные или же вносят коррективы в типовые, применительно к местным условиям.

При расчете строительных конструкций теплиц учитывают воздействие ветровых и снеговых нагрузок, массу шпалер с подвязанными к ним растениями, массу установленного на каркасе технологического оборудования, собственную массу конструкции, нагрузки в процессе перевозок и монтажа, а также воздействие наружных и внутренних температур воздуха и почвогрунтов, а в отдельных случаях – и сейсмические воздействия. Технико-экономические показатели теплиц зависят от климатических условий районов строительства, схем компоновки тепличных блоков, объемно-планировочного и конструктивного решения теплицы.

В настоящее время в современных теплицах, в отличие от ранее изготавливаемых, повысилась их энергоэкономичность, уменьшились теплопотери, увеличилась снеговая нагрузка и нагрузки от растений и высоты теплиц.

Предлагаемые ООО «Агрисовгаз» теплицы нового поколения в силу ряда инженерных решений (двойное остекление стен, эффективная система уплотнений между стеклом и шпросами, принципиально новая система вентиляции, исключаяющая воз-

возможность неплотного закрытия форточек, использование штормового экрана и др.) потребляют при расчетной температуре наружного воздуха -20°C всего около 2 Гкал тепла в час на один га, то есть тепловой энергии, которая сегодня расходуется на отопление одного гектара, достаточно для отопления 4–5 га теплиц нового поколения.

Теплицы конструкций ООО «Агрисовгаз» эксплуатируют в хозяйствах России, Беларуси, Украины и других странах СНГ, во многих фермерских хозяйствах.

При проектировании тепличного хозяйства учитывают размещение сети коммуникаций. Наибольшее распространение получили блочные теплицы, имеющие меньшие металлоемкость и теплопотери.

Современные тепличные комбинаты представляют комплекс производственных зданий и сооружений, обеспечивающих производство овощей, цветочных, декоративных растений или рассады, нормальное функционирование машин и оборудования. Как правило, размещение отдельных теплиц, бытовых и вспомогательных помещений в тепличном комбинате соответствует наиболее эффективной организации производственной деятельности, определяемой назначением комбината. По назначению тепличные комбинаты подразделяют на овощные и рассадно-овощные (рис. 10).

Отдельные теплицы объединяются общим соединительным коридором и блокируются с тепловым пунктом, бытовыми и вспомогательными помещениями. Этот единый блок обеспечивает основную производственную деятельность комбината.

Кроме основных зданий и сооружений, обеспечивающих непосредственно производство товарной продукции, в состав тепличных комбинатов входят и другие вспомогательные помещения: склад тары, участок ремонта и дезинфекции тары, стекольный участок, здание управления и т. д. Состав вспомогательных зданий и сооружений тепличных комбинатов различной площади определяется нормами технологического проектирования.



Рис. 10. Рассадное отделение зимней теплицы

Тепличные комбинаты располагают на участках, находящихся на значительном удалении от источников загрязнения светопрозрачного ограждения, с хорошо дренируемыми грунтами и уровнем грунтовых вод, залегающих на 1,5–2 м ниже поверхности почвы. Не рекомендуется размещать теплицы в зоне затенения естественными образованиями (деревья, холмы и т. д.) и искусственными сооружениями.

Весенние теплицы со сроком их ввода в эксплуатацию в марте–апреле размещают с севера на юг.

При проектировании тепличных комбинатов производственную и вспомогательную зоны размещают так, чтобы теплицы были защищены от ветра и возможного снегопереноса.

Мероприятия по защите тепличных комбинатов от ветра позволяют снижать теплопотери теплиц и экономить топливно-энергетические ресурсы.

2.2. Остекленные теплицы

За последнее время при строительстве теплиц произошли кардинальные конструктивные изменения в плане повышения

энергоэкономичности, уменьшения теплопотерь, увеличения снеговой нагрузки и нагрузки растений и высоты теплиц. Это позволило обеспечить их высокую прочность.

Ведущей фирмой по производству высокоэффективных энергосберегающих теплиц является ООО «Агрисовгаз» (Россия).

Основной базовой моделью промышленной теплицы (рис. 11) является многопролетная теплица с шириной пролета 9,6 м.

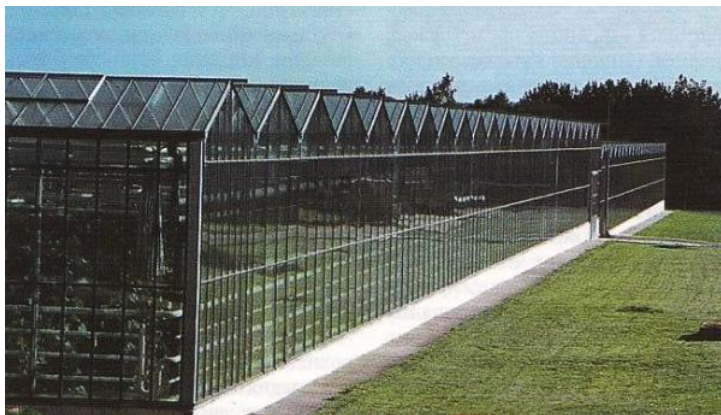


Рис. 11. Многопролетная блочная теплица.

В торцах теплицы и в перегородке по центральной дорожке предусмотрены раздвижные ворота для проезда техники и прохода обслуживающего персонала.

Конструкция несущего каркаса теплицы и соединительных коридоров состоит из колонн, ферм, лотков, прогонов, раскосов, тяг, соединительных крепежных элементов:

- колонны – закрытый профиль размером 110×70×3 мм. Высота колонн – 4,0 м;
- фермы – конструкция решетчатая из закрытого профиля размером 80×50×3 мм;
- прогоны – открытый стальной профиль размером 90×45×3 мм;

– лотки для сбора дождевой и талой воды – 175×90×3 мм.

Все основные конструкции несущего каркаса теплицы и соединительного коридора предусмотрены из стальных профилей, изготовленных методом холодного изгиба.

Детали и конструкции несущего каркаса имеют цинковое покрытие, выполненное методом горячего цинкования, толщиной более > 80 мкр.

Конструкции ограждения теплицы и соединительного коридора состоят из алюминиевых специальных вертикальных, горизонтальных, цокольных кровельных шпросов, форточек и дверей, соединительных изделий, крепежных деталей, метизов.

В составе конструкций ограждения предусматриваются также резиновые атмосферостойкие профили для уплотнения стыков стекла и шпросов.

Форточки размером 3000×1000 мм (при ширине стекла кровли 1000 мм) или 3200×1000 мм (при ширине стекла кровли 800 мм) выполнены из алюминиевых профилей и располагаются по каждому коньку теплицы в шахматном порядке по одной на каждый шаг колонн каркаса – правые и левые.

Общая площадь форточных проемов составляет 25 % от площади теплицы.

Специальный алюминиевый профиль ограждения выполнен под двойное остекление боковой и торцевой поверхностей и одинарное остекление кровли стеклом толщиной 4 мм. В составе конструкций ограждения теплицы и коридора предусматриваются также резиновые профили для уплотнения стекла.

Основные детали металлоконструкций ограждения теплицы и соединительного коридора выполняются из алюминиевых сплавов методом экструзии и имеют необходимые прочностные характеристики.

Системы технологического и инженерного оборудования.

Размещение рядов овощных растений с V-образной подвеской в пролете 9,6 м и цветочных культур предусматривает расположение всего технологического и инженерного оборудования (рис. 12, 13).

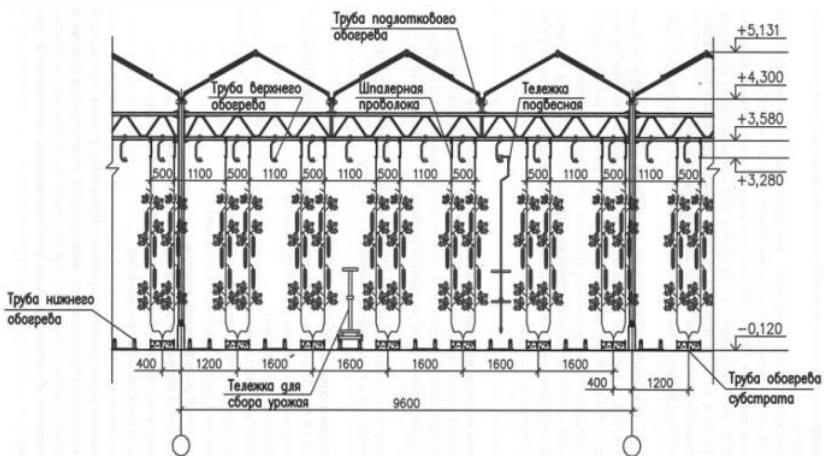


Рис. 12. Схема размещения овощных культур в теплице

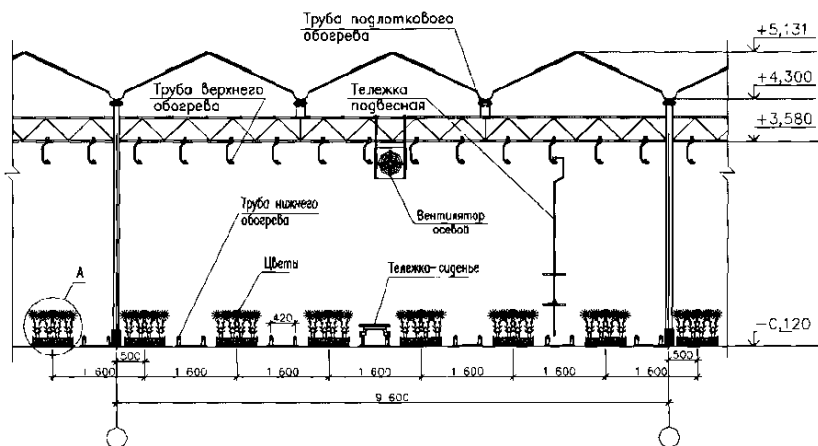


Рис. 13. Схема размещения цветочных культур в теплице

Теплица конструкции ООО «Агрисовгаз» (Россия) оснащается следующими системами инженерно-технологического оборудования:

- системой вентиляции;
- системой зашторивания;
- системой водяного трубного обогрева;
- системой водоснабжения и канализации;
- системой рециркуляции воздуха;
- системой подкормки растений углекислым газом;
- системами электрооборудования и электроосвещения;
- системой электродосвечивания;
- автоматизированной системой управления микроклиматом.

Технические характеристики принятых проектных решений по каждой системе инженерно-технологического оборудования приводятся в проектной документации.

Система вентиляции. В теплице и соединительном коридоре система вентиляции (рис. 14) предназначена для осуществления естественного воздухообмена через вентиляционные проемы в кровельном светопрозрачном ограждении теплиц. Во всех пролетах теплицы предусматривается открывание до 25 % ее площади.

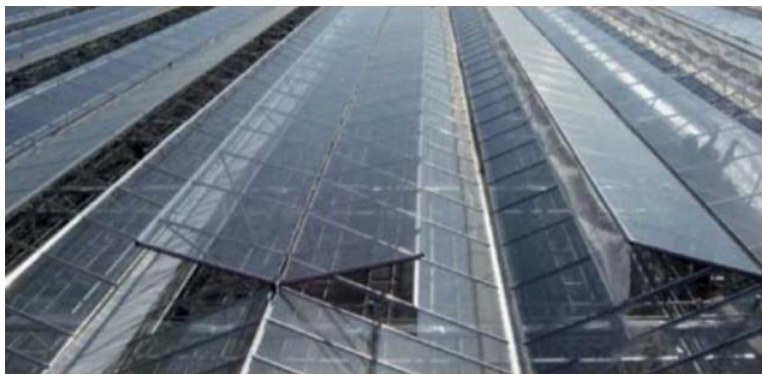


Рис. 14. Система форточной вентиляции

Площадь вентиляционных проемов позволяет обеспечить поступление необходимого объема наружного воздуха в теплицы для поддержания оптимальных температурных параметров в периоды с избыточной солнечной инсоляцией. Угол подъема форточек и площадь вентиляционного проема регулируются в зависимости от температуры воздуха, скорости ветра и осадков. Конструкция механизма открывания и закрывания форточек теплицы с приводом от мотор-редуктора обеспечивает их одновременный подъем или опускание на всей площади каждого отделения теплицы. Каждый механизм состоит из реечных редукторов, установленных на верхнем поясе ферм в центральной части теплицы с рейками, штангами, роликовыми опорами.

Система зашторивания. Системы горизонтального и вертикального зашторивания (рис. 15) предназначены для снижения перегревов воздуха в объеме культивационных сооружений в периоды с избыточной солнечной радиацией способом притенения.



Рис. 15. Система горизонтального зашторивания

Они служат также для уменьшения тепловых потерь через ограждение теплицы в холодные периоды года, создания более равномерного и благоприятного для растений температурного поля и повышения влажности в объеме растительного ценоза на всей площади выращивания растений.

Горизонтальное зашторивание предусматривается во всех отделениях теплицы с полимерным экраном в каждом пролете между верхними поясами ферм, что обеспечивает практически полное перекрытие верха культивационных сооружений. Экран открывается (закрывается) по мере необходимости дистанционно от кнопки или в автоматическом режиме от системы управления микроклиматом теплицы.

Системы обогрева. Система отопления предназначена для поддержания температурного режима в объёме теплицы в соответствии с технологическими требованиями. В качестве теплоносителя используется горячая вода с расчётными значениями температур в диапазоне 50–95 °С, циркулирующая по стальным трубам из источника теплоснабжения (рис. 16).

Расчетные температуры наружного воздуха в холодный период года для проектирования систем отопления приняты согласно действующему в Российской Федерации нормативному документу – СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» для района строительства. Расчетная температура воздуха принята согласно действующим в России нормам технологического проектирования теплиц – НТП 10-95 и пожеланиям Заказчика:

- в теплицах – не ниже +15 °С (ночной режим);
- в соединительном коридоре – +10 °С (ночью), +15 °С (днем).

Режимы потребления тепла определяются технологическим назначением потребителей. Компенсация тепловых потерь теплицы производится системами нижнего, верхнего и подлотового водяного трубного обогревов, а также обогревом субстрата. Обогрев соединительного коридора осуществляется системами подлотового и верхнего обогревов, а также транзитными трубопроводами. Системы обогрева теплицы и соединительного

коридора предусматриваются с попутным движением теплоносителя.

Поддержание требуемой температуры воздуха в теплице осуществляется автоматическим регулированием тепловой мощности каждой системы. Поддержание в теплице и соединительном коридоре требуемых параметров температуры воздуха осуществляется с помощью узлов управления системой обогрева. Узел обслуживает одну теплицу и работает в автономном независимом режиме управления, при этом в теплицах блока параллельно можно обеспечивать одинаковые заданные параметры микроклимата. Разделение отопления блока по теплицам улучшает управляемость системами обогрева в каждой, обеспечивает поддержание заданных параметров микроклимата в пределах допустимых отклонений (+; - 1 °С).



Рис. 16. Система отопления

Обогревательные трубы систем подлоткового и нижнего обогревов присоединяются к распределительным трубопроводам при помощи резиноканевых рукавов. Обогревательные трубы

системы верхнего обогрева присоединяются к распределительным трубопроводам при помощи стальных труб диаметром 15 мм без запорной арматуры. Обогревательные трубы систем верхнего, нижнего и подплаткового обогревов изготавливаются из стальных труб диаметром 51×2,5 мм.

Системы водоснабжения и канализации. В тепличном блоке предусматриваются следующие системы инженерного оборудования:

- система поливочного водопровода;
- система хозяйственно-питьевого водопровода;
- система капельного полива растений (или иного);
- система резервного полива из шлангов;
- система испарительного охлаждения;
- система внутренних водостоков;
- система технологического дренажа;
- система производственной канализации.

Система поливочного водопровода. Источником водоснабжения теплицы поливочной водой являются наружные сети технического водопровода. На вводе в тепловой пункт предусматривается установка водомерного узла для учета расхода воды на полив. После водомерного узла поливочная вода с принятой расчетной температурой поступает в водоподогреватели, где подогревается до температуры +25 °С. От водоподогревателей поливочная вода подается к растворному узлу, системе резервного полива и установке испарительного охлаждения воздуха. Система поливочного водопровода монтируется из стальных оцинкованных труб.

Система хозяйственно-питьевого водопровода. Система хозяйственно-питьевого водопровода предусматривает подвод воды питьевого качества к питьевым фонтанчикам, установленным у входа в теплицу и умывальнику, расположенному в растворном узле. Источником водоснабжения является хозяйственно-питьевой водопровод диаметром 32 мм.

Система капельного полива растений. Система капельного полива растений предусматривается в теплице для подачи в корнеобитаемую зону дозированных объемов воды или раство-

ров минеральных удобрений. Система включает в себя растворный узел, трубопроводы с капельницами, необходимую запорную арматуру (рис. 17).



Рис. 17. Растворный узел с системой полива

При строительстве теплицы в составе блока сооружений один растворный узел обслуживает несколько теплиц общей площадью до 2–3 га. Размещение растворных узлов предусмотрено в соединительном коридоре.

Производительность каждого растворного узла подбирается в зависимости от площади полива. Система капельного орошения в теплице представляет собой две клапанные секции по 0,5 га. Каждая секция обслуживается одним электромагнитным клапаном. Производительность капельницы – 2–3 л/час. Интервал между капельницами определяется технологией. Системы капельного полива растений выполняются таким образом, что можно легко демонтировать любой участок системы через разъемные соединения, а также промыть систему при необходимости. Системы капельного орошения монтируются из труб ПВХ.

Система резервного полива. Система резервного полива предусматривается для доувлажнения отдельных участков площади теплиц при необходимости, а также мытья пола дорожки, проходов, технологического оборудования и инвентаря. Источником системы резервного полива является поливочный водопровод с подогретой водой.

Система испарительного охлаждения и увлажнения. Назначение автоматизированной системы испарительного охлаждения и увлажнения (СИОУ) – поддержание в заданных пределах тем-

пературно-влажностного режима воздуха в теплице и температуры растений в период перегревов (рис. 18).



Рис. 18. Система испарительного охлаждения и увлажнения

Исполнительная часть оборудования размещается в теплице с шириной пролета 6,4 м (по два оросителя, симметрично, с расстоянием между ними 3,2 м, поверх поперечных растяжек ферм, вдоль конька). При использовании металлических оцинкованных труб оросители укладывают на растяжки с фиксированием к ним через одну. Оросители, изготовленные из полихлорвиниловых труб (ПВХ), укладывают также поверх растяжек, крепят их через 1,5 м к проволоке, натянутой под трубами.

Давление в системе должно обеспечивать распыление воды таким образом, чтобы диаметр капель (по Заутеру) был не более 150 мкм.

Производительность СИОУ за 10 с работы в одном цикле распыления составляет до 50 г/м^2 осадков.

Площадь, на которой одновременно включаются форсунки для охлаждения и увлажнения воздуха, определяют в зависимости от конкретного типа и площади теплицы.

Используют различные типы форсунок (насадок, распылителей). Распылители всех типов комплектуются повысителями, которые обеспечивают одновременность начала распыления, постоянное наличие воды в оросителях и уменьшение капель по окончании цикла.

Для применения СИОУ желательно использовать воду без примесей (например, дождевую), однако можно ограничиться и уровнем действующих норм технологического проектирования по качеству воды с соответствующей ее подготовкой и фильтрацией.

Зная расход воды одной форсункой, экспозицию распыления, число форсунок на площади обслуживания и число включений СИОУ, нетрудно рассчитать расход воды за 1 ч, сутки и за период вегетации.

Автоматизированная система испарительного охлаждения и увлажнения высокого давления с мелкодисперсным распылением воды обеспечивает более широкие возможности борьбы с перегревом и дефицитом влаги в воздухе теплиц, чем обычная система дождевания.

По данным производственных испытаний, при применении СИОУ температура листьев растений без вентиляции может снижаться на 4–6 °С, при естественной вентиляции – на 10–12 °С, а температура воздуха – на 2–4 °С. При этом относительную влажность воздуха (при закрытых фрамугах) можно увеличивать на 20 %, а при открытых – на 10 %.

Система испарительного охлаждения предусмотрена секционной. Включение клапанов автоматическое по показателям датчиков влажности и температуры. Расчетный интервал включений – 3 минуты. Включение клапанов поочередное.

Система СИУО в режиме работы для понижения температуры воздуха, в автоматическом управлении включается после отключения отопления.

Клапанная секция не включается, если работает система досвечивания. Включение системы СИУО возможно через 20 минут после отключения системы досвечивания.

Система внутренних водостоков. Система внутренних водостоков предусмотрена для отвода ливневых и талых вод с кровли теплицы.

Отвод стоков с кровли предусмотрен через приемные воронки по стоякам и подземному коллектору в сеть ливневой канализации или в накопительную емкость.

В системе внутренних водостоков также предусмотрен отвод конденсата из конденсатных лотков теплицы в стояки ПВХ диаметром 110×3,2 мм. Отвод производится по резиновым шлангам ВП-6-18-23 в косой тройник 45 ПВХ размером 110×50 мм и непосредственно в стояк через узел отвода конденсата.

Система технологического дренажа. Для предотвращения попадания дренажных стоков в грунтовые воды предусматривается устройство системы дренажа закрытого типа с организованным сбором и отводом стоков в канализацию по ТУ Заказчика (рис. 19). Отвод дренажных стоков включает различное оборудование: бетонные основания со сточными каналами, полимерные лотки, подземные коллекторы и другое.

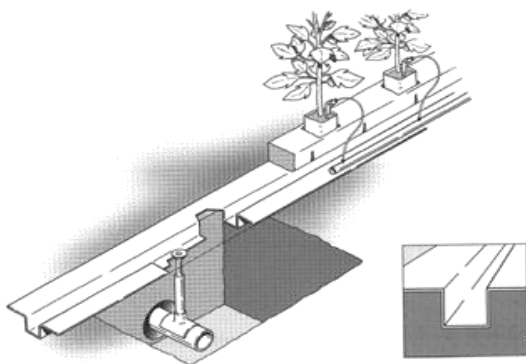


Рис. 19. Устройство ирригации и дренажа в гидропонной системе при использовании в качестве субстрата кубиков из минеральной ваты

Система производственной канализации. Система производственной канализации предназначена для отвода стоков от трапов и раковины в растворном узле, соединительном коридоре (после мытья полов), узлах регулирования систем обогрева. Отвод стоков предусмотрен в коллектор подземного дренажа.

Система производственной канализации запроектирована из труб ПВХ.

Система рециркуляции воздуха. Система рециркуляции воздуха в теплице (рис. 20) предназначена для его искусственного перемешивания с целью более равномерного распределения температурных полей в объеме сооружения, снижения перегревов растений, активизации физиологических процессов в растениях, ликвидации зон с повышенной влажностью особенно в периоды, когда естественная вентиляция через форточки невозможна или малоэффективна. В состав системы входят осевые вентиляторы, электротехническое оборудование. Работа вентиляторов осуществляется в автоматическом режиме.



Рис. 20. Система рециркуляции воздуха в теплице

Система подкормки растений углекислым газом. Система подкормки растений углекислым газом предназначена для выработки углекислого газа. Получение CO_2 осуществляется прямым сжиганием природного газа в теплицах с помощью газогенераторов (рис. 21) и отходящих газов котельной (ОГК), содержащих в своем составе до 11–12 % CO_2 .

Система подачи, распределения и регулирования концентрации CO_2 в объеме теплиц осуществляется с использованием конденсоров на выходе дымовых газов из водогрейных котлов и распределительных трубопроводов по секциям теплиц. Кон-

троль содержания CO_2 в воздухе теплиц осуществляется автоматически.



Рис. 21. Газогенератор для получения CO_2

Системы электрооборудования, электродосвечивания и электроосвещения. Силовыми электроприемниками блока теплиц являются насосные группы узлов управления системами обогрева, орошения растений, испарительного охлаждения и доувлажнения воздуха, электродвигатели систем зашторивания и вентиляции, технологическое оборудование растворного узла минеральных удобрений, передвижные механизмы, система электродосвечивания растений (рис. 22), осветительное оборудование системы дежурного освещения.

В качестве распределительных пунктов приняты шкафы пусковой и защитной аппаратуры электроприемников – пускатели соответствующих серий и типов, а для передвижных механизмов – автоматические выключатели, устанавливаемые в щитах управления, и ящики силовые. Щиты управления электрооборудованием тепличного блока расположены в соединительном коридоре. Питающие и распределительные электрические сети выполняются кабелем, прокладываемым в лотках и по строительным конструкциям.

Системы электродосвечивания растений предусматриваются для создания искусственного освещения культур до уровня от

6000 тыс. лк до 20000 тыс. лк в зависимости от потребностей растений и особенностей технологий.



Рис. 22. Досвечивание растений огурца

В качестве основного осветительного оборудования, как правило, применяются натриевые зеркальные лампы REFLUX (ДнаЗ) единичной мощностью 600 и 1000 Вт. Каждый пульт управления содержит коммутационную, защитную аппаратуру и элементы управления системой искусственного электродосвечивания. Подключение пультов к питающей сети выполняется по проекту внешнего электроснабжения.

Автоматизированная система управления микроклиматом (АСУ МТК). Система предназначена для автоматизированного контроля параметров и управления микроклиматом в тепличном блоке. Использование АСУ МТК (рис. 23) обеспечивает высокую точность поддержания заданных климатических режимов отдельно для каждой теплицы посредством воздействия на ис-

полнительные механизмы и оборудование следующих технологических систем и процессов:



Рис. 23. Автоматизированная система управления микроклиматом в теплице

- система нижнего обогрева воздуха;
- система верхнего обогрева воздуха;
- система подлоткового обогрева;
- система обогрева субстрата;
- система вентиляции;
- система зашторивания;
- система испарительного охлаждения и увлажнения;
- система капельного орошения;
- регулирование перепадов давления систем тепловодоснабжения;
- система рециркуляции воздуха;
- система полива растений.

АСУ МТК обеспечивает также возможность измерения энергопотребления каждой теплицы, выполнения различных агротехнических расчетов. Базовым вариантом системы автоматизации предусматривается двухуровневая АСУ МТ, выполняющая следующие функции: управление параметрами микроклимата; сбор и отражение информации о параметрах теплиц; автоматическое управление исполнительными механизмами; поддержание заданных режимов микроклимата; централизованные ручной, дистанционный и автоматический режимы управления; создание архивов данных по теплице за год и весь период работы с ними.

Точность поддержания в теплице параметров микроклимата соответствует требованиям норм технологического проектирования, действующим в Российской Федерации. Требования излагаются в техническом задании на АСУ МТК для каждого конкретного объекта.

Комплекс технических средств АСУ МТК включает в себя следующие элементы:

- центральную станцию управления С–2000 (одна на блок);
- микропроцессорные контроллеры А–2001 (два на блок);
- метеостанцию с датчиками М–2000 (одна на блок);
- аналоговые измерительные каналы;
- дискретные каналы контроля;
- каналы управления.

Комплекс технических средств в автономном независимом режиме может обслуживать до 6 га теплиц и территориально расположен в блоке с размещением микропроцессорных контроллеров в соединительном коридоре на площадках узлов управления системами обогрева, а на центральной станции управления – в операторском блоке бытовых и вспомогательных помещений.

Теплицы с пластиковым покрытием. Модели тепличных комплексов спроектированы на основе запатентованного метода сборных конструкций производства французской компании RICHEL SERRES DE FRANCE.

Все теплицы обладают рядом общих технических показателей:

- готическая форма арок обеспечивает высокую степень освещенности теплицы, не позволяет снегу скапливаться на поверхности кровли, исключая опасность деформации каркаса;
- элементы каркаса изготавливаются из оцинкованной стали;
- покрытие теплицы может выполняться из полиэтиленовой пленки или полужестких материалов, таких как поликарбонат (рис. 24) или ПВХ;
- широкий выбор типов вентиляционных систем, устройства торцевых стен и дверей.

ООО «Тепличные технологии» предлагает различные конструкции многорядных и туннельных теплиц, выбор которых будет зависеть от целей использования и места расположения комплекса.

Производителем пластиковых теплиц в Европе является компания «Richel serres de France», которая производит самое большое количество теплиц в мире (более 350 га) и имеет большое количество моделей и конфигураций теплиц.



Рис. 24. Блок теплиц с пластиковым покрытием

Компания «Richel» является ведущим экспертом в разработке единых европейских норм и стандартов в области производства теплиц. В 2004 году появилась новая модель с шагом арок 3,66 м и шириной пролета 12,8 м, а в 2005 году – теплица с шагом арок 3 м и шириной пролета 9,6 м.

Например, модель «Richel 12.8». Многорядная теплица с шириной пролета 12,8 м и шагом арок 3,66 м и 4 м. Высота до сливного желоба варьирует от 3,5 до 4 м. Высота конька – 6,4–6,9 м.

Теплица оснащается двухсторонней системой коньковой вентиляции с двумя независимыми приводами фирмы «Ridder», ширина одной форточки – 2 м. Проем открытой форточки – 1,8 м. Дополнительно возможно установить боковые системы и системы принудительной вентиляции.

Покрытием такой теплицы является одинарный или двойной слой полиэтиленовой пленки с надувом, полужесткие материалы – «Ондекс» или сотовый поликарбонат. Возможна и комбинация данных материалов. Боковые или торцевые раздвижные двери размером от 2 до 3,6 м (ширина) и до 3 м высотой. Теплица имеет усиленные торцевые балки размером 140×80×2 мм с системой специализированного тросового крепления шестнадцати шпалерных линий для подвеса сельскохозяйственных культур с промежуточными подвесами через каждые 3,66–4 м. Вегетационная нагрузка – до 25 кг. Плюс технологическая нагрузка (15 кг/м²), помимо 63 кг/м² снеговой и 120 км/ч ветровой нагрузки. Длина модели может достигать 160 м в одном объеме (без деформационного шва).

Теплицы данной модели содержат меньше металла и фундаментных столбов, требуют значительно меньших затрат на общестроительные и монтажные работы. В данной модели теплицы практически нет затеняющих элементов. В кровельном обогреве она не нуждается; системы затенения и энергосбережения устанавливаются по запросу (в зависимости от производимой культуры) – в обязательной установке необходимости нет. Хорошая система вентиляции (40 %) обеспечивает пятикратный обмен воздуха. Две независимые фрамуги работают от отдель-

ных редукторов по выбору параметров защиты от ветра приоритетной стороной. В стандартную комплектацию включена система контроля микроклимата «Максиклим 2003 и/или 2005» с расширенными функциями контроля принудительной вентиляции и контроля CO_2 , наряду с возможностями управления двухсторонней системой вентиляции, боковой вентиляции, затенения, контролем подачи воздуха в межпленочное пространство, управления системой водяного и воздушного обогрева, управления системой СИОД и т. д.

В такой теплице применяется комбинированная система отопления с газовыми или водяными воздухонагревательными агрегатами.

Теплицы «Richel 12.8» предназначены для выращивания высокорослых цветочных или овощных культур. Шпалеру можно расположить на уровне 4 м. Это позволит увеличить урожайность, даст возможность применять подвесную систему производства овощей на металлопластиковых лотках с разным субстратом.

В тепличном овощеводстве широкое применение нашли теплицы и туннельного типа с различными видами покрытий.

В туннельных теплицах с круглыми стенами устанавливается боковая вентиляция (рис. 25, 26), управляемая ручным или автоматическим приводом.



Рис. 25. Боковая вентиляция теплицы с автоматическим приводом



Рис. 26. Боковая вентиляция теплицы с противовеетровой сеткой

Боковая вентиляция может комбинироваться с установкой вентиляционных элементов в торце теплицы: полукруглых фрагм, подъемных торцевых стен, раздвижных покрытий в коньке (рис. 27), раздвижных дверей.



Рис. 27. Раздвижное покрытие в коньке теплицы

Специальные типы теплиц (шампиньонницы). Для выращивания шампиньонов проектируют и строят специальные комплексы, состоящие из сооружений основного и вспомогательно-

го назначения (рис. 28). Комплексы проектируют площадью 0,5, 1 и 2 га, с числом камер соответственно 12, 24 и 48. В состав шампиньонного комплекса входят следующие объекты: 1) шампиньонница с блоком обслуживания; 2) цех приготовления субстрата; 3) цех приготовления покровного материала; 4) навес для хранения куриного помета, склады гипса и ядохимикатов; 5) автовесы; 6) площадка для хранения соломы; 7) сооружения канализации, водо-, электро- и теплоснабжения.

Камеры выращивания в шампиньоннице размещают параллельными рядами. Для обслуживания камер предусматривают два технологических коридора – один для загрузки и выгрузки субстрата, другой – для ухода за культурой и для транспортировки продукции. В камерах выращивания с длиной 18 м, высотой 3,8 м устанавливают четыре 5-ярусных стеллажа шириной по 1,5 м. Расстояние между ярусами составляет 0,4 м, между стеллажами – 1,05 м, от пола камеры до низа первого стеллажа расстояние не менее 0,26 м, высота бортового элемента стеллажа – 0,2 м. Расстояние от стеллажей до торцов камеры – 1,3 м, от продольных стен камеры до крайних стеллажей – не менее 0,9 м. Ширина загрузочного коридора – 9 м, высота – 4,2 м, коридора для ухода за культурой – 4 и 2,5 м соответственно.



Рис. 28. Шампиньонница

Площадки для увлажнения и размягчения соломы принимают из расчета 20 и 8 м² на т начальной массы соломы. Высота цеха для приготовления субстрата (от пола до низа строительных конструкций) должна быть не менее 6 м, цеха приготовления покровного материала – 4,8 м.

Контрольные вопросы. 1. Дайте определение, что такое защищенный грунт. Назовите его виды? 2. Назовите основные типы теплиц и их конструктивные элементы? 3. Какие виды площадей различают в защищенном грунте? По каким признакам классифицируют теплицы? 4. Назовите основные конструктивные и строительные элементы теплиц? 5. Какие изменения произошли при строении современных теплиц? 6. Назовите основные системы технологического и инженерного оборудования современных теплиц? 7. Назначение и роль основных систем технологического и инженерного оборудования при выращивании овощных культур? 8. Специальные типы теплиц (шампиньонницы). Назовите основные технологические объекты для выращивания грибов?

ГЛАВА 3

СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС

3.1 Регулирование теплового режима в теплице. Тепловой баланс

Оптимальную температуру воздуха и субстрата (почвогрунта) для растений в сооружениях защищенного грунта создают с помощью систем отопления.

Поддержание данных параметров микроклимата на оптимальном уровне – задача различных инженерных систем. Во всех сооружениях защищенного грунта поддерживают необходимую температуру, которая обеспечивается как за счет солнечной радиации, так и за счет тепла, получаемого от обогревающих установок. Сооружения защищенного грунта обогревают с помощью горячей воды, электроэнергии, сжигания природного газа, биологического топлива (парники, утепленный грунт), солнечной энергии делят: на солнечный, биологический и технический.

Солнечный обогрев применяют в утепленном грунте и пленочных теплицах. Использование теплиц на солнечном обогреве возможно в условиях Беларуси с середины апреля до октября.

Биологический обогрев основан на выделении тепла в процессе разложения органических материалов бактериями. Применяют в пленочных сооружениях.

В промышленном овощеводстве защищенного грунта преимущественно применяют технический обогрев. Системы технического отопления должны обладать высоким коэффициентом полезного действия (КПД), т. е. высоким коэффициентом использования тепла. При выборе системы обогрева или отопления, при проектировании отопительных систем необходимо исходить из параметров температуры в зоне роста растений.

Для обогрева воздуха используют металлические трубы, а для обогрева грунта – трубы из полиэтилена низкого давления,

но при температуре теплоносителя не выше 40–45 °С. Их объединяют в группы, называемые регистрами.

В системах с водяным обогревом используют горячую или перегретую воду температурой на входе в систему 95 °С и 130 °С, на выходе – 70 °С. При обогреве почвы применяют воду температурой 40 °С.

В теплице поддерживается тепловое равновесие, хотя оно и не постоянно. Часть света, проникающего в укрытие, преобразуется в тепло и аккумулируется, поэтому температура в теплице повышается быстрее, чем снаружи. Чем больше света проникает в теплицу, тем больше его преобразуется в тепло. При определенной температуре создается равновесие между притоком тепла и поступающей солнечной радиацией, а также его количеством, излучаемым в атмосферу.

Правильный расчет и конструирование системы отопления невозможны без учета всех тепловых воздействий на сооружение. Также необходимо учитывать все тепловые потоки и при прогнозировании расхода тепла и топлива для поддержания заданной температуры. Алгебраическая сумма всех тепловых потоков сооружения составляет его *тепловой баланс*. В периоды, когда температуры внутри и снаружи сооружения постоянны, тепловой баланс равен нулю, т. е. приходные составляющие равны расходным составляющим. Тепловые потоки, действующие на воздушное пространство сооружения (рис. 29), следующие: *расходные составляющие*: 1) Теплопотери через ограждение ($Q_{огр}$); 2) теплопотери в результате вентиляции и инфильтрации воздуха через щели ($Q_{вент}$ и $Q_{инф}$).

Приходные составляющие: 1) тепловой поток проникающей солнечной радиации ($Q_{с.р.}$); 2) теплоотдача отопительного оборудования ($Q_{от. об.}$).

Знакопеременные составляющие: 1) теплообмен с субстратом ($Q_{суб.}$). 2) теплообмен с ограждением за счет конденсации или испарения влаги ($Q_{конд.}$).

При наличии растений солнечная радиация почти полностью поглощается или расходуется большей частью на испарение влаги с поверхности листьев. В результате этого процесса рас-

тения регулируют свою температуру и существенным образом влияют на температуру воздуха в сооружении. Поэтому этот фактор необходимо учитывать при тепловых расчетах культивационных сооружений.

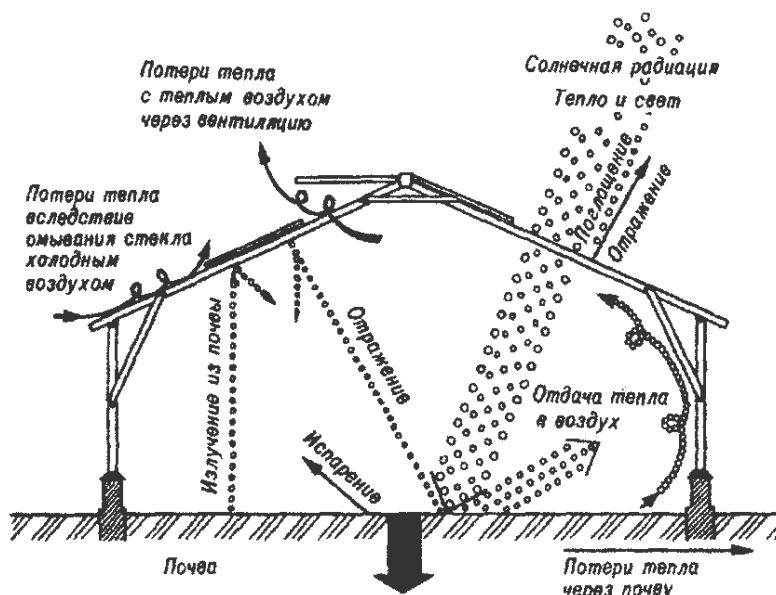


Рис. 29. Тепловой баланс культивационного сооружения

В ясную солнечную погоду требуются более высокие температуры, чем в пасмурную. Днем температура должна быть выше, чем ночью. Высокие температуры должны сочетаться с высокой влажностью воздуха. В теплицах тепло теряется через остекленную поверхность, непрозрачные части конструкций, субстрат. Потери тепла пропорциональны площади теплоотдающей поверхности, разности температур внутри и вне помещения и коэффициенту теплопередачи. Величину Q определяют по формуле:

$$Q = S \times H (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) \times k \times K_{\text{инф}}, \quad (4),$$

где Q – потери тепла, ккал;

S – площадь теплоотдающей поверхности, м²;

H – продолжительность теплоотдачи, час;

$t_{\text{вн}}$ – внутренняя температура в помещении, °С;

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, град;

k – коэффициент теплопередачи, ккал/м²×ч × °С;

$K_{\text{инф}}$ – коэффициент, учитывающий затраты теплоты на инфильтрацию, $K_{\text{инф}} = 1,1 \dots 1,3$;

k – коэффициент теплопередачи, ккал, на 1 м² теплоотдающей поверхности в 1 ч при разности температур ($t_{\text{вн}} - t_{\text{в}}$) в 1°С.

Коэффициент теплопередачи k для различных материалов следующий:

Листовое железо.....10,5

Стекло толщиной, мм: Дверь: стеклянная..... 3,5

1,5..... 5,3 глухая..... 2,5

2–2,55,0 Стена:

3–3,5.....4,8 бетонная (25 см).....2,4

4,5.....4,5 кирпичная (38 см).....1,3

Формула потерь тепла позволяет определить его максимальный расход и потери за весь отопительный период. Зная максимальный расход тепла, рассчитывают необходимую мощность системы отопления и подсчитывают необходимое количество топлива.

Расход тепла с 1 м² стеклянной поверхности в час при разнице между внутренней и наружной температурами 1 °С называют **коэффициентом теплопередачи**. Для стеклянного перекрытия этот коэффициент составляет 5 ккал, в ветреную погоду – 7 ккал.

Чем больше удельная поверхность теплицы (отношение ограждающих поверхностей к инвентарной площади), тем быстрее нагревается она днем и охлаждается ночью. Чтобы подсчитать, сколько топлива потребуется для создания дополнительно, к поступающему с солнечной радиацией тепла, воспользуемся формулой

$$g = (Q_2:g) \text{ кг/ч}, \quad (5),$$

где: Q_2 – часовой расход тепла, ккал;

g – теплотворная способность 1 кг топлива, ккал.

Тепло, вносимое в теплицу солнечной радиацией, определяется специальным прибором (пиранометром) по формуле

$$Q_{\text{рад}} = q \times A \times 600 \text{ кал/ч}, \quad (6),$$

где: q – солнечная радиация, кал/см² × мин;

A – инвентарная площадь теплицы, м².

Овощные культуры защищенного грунта, особенно в первой половине вегетационного периода, крайне отрицательно реагируют на колебания температур. Резкие колебания во время цветения и плодоношения ведут к тому, что многие цветки abortируются, а молодые завязи опадают.

Каждая фаза роста и развития растений протекает нормально только лишь при определенной для данного вида или сорта температуре. Набухание семян может происходить при низкой положительной температуре, а прорастание начинается при определенном минимуме тепла. Для огурца и томата прорастание семян начинается при температуре 12–15 °С, но быстрее оно происходит при температуре 25–30 °С. Именно при такой температуре превращение сложных органических соединений в простые, необходимые для прорастания, идет более активно.

После появления всходов растениям нужна более низкая температура, чем во время их появления: повышенная температура приводит к вытягиванию рассады и слабому развитию корневой системы.

После появления настоящих листьев темпы роста растений усиливаются, нарастают процессы ассимиляции. На этой стадии развития овощные растения нуждаются в более высоких температурах. Такие же температуры нужны растениям и во время формирования репродуктивных органов – цветков, плодов, семян. При хорошей освещенности и высокой влажности воздуха для растений огурца можно повышать температуру до 28–29 °С

днем и 18–19 °С ночью. Опасность перегрева растений огурца возникает при температуре выше 30–32 °С.

Для роста, цветения, формирования растений и налива плодов у томатов оптимальная температура составляет 20–22 °С, а в сочетании с хорошей освещенностью возможно повышение до 25–26 °С. Это способствует быстрому накоплению пластических веществ в плодах, ускоряет их прирост и созревание. Более высокие температуры недопустимы, так как это может привести к нарушению водного баланса растений и прекращению их роста.

Чрезвычайно высокие температуры влияют не только на ассимиляцию, но и на процесс опыления цветков. Пыльца не созревает, быстро теряет способность к оплодотворению, цветки опадают.

Для устранения дестабилизирующего действия притока тепла от солнечной радиации применяют систему вентиляции. В весенне-летний, летний и летне-осенний периоды температуру регулируют открытием фрамуг. В зимний период теплообмен определяется, прежде всего, размером остекленной поверхности теплицы, температурой теплоносителя и окружающего воздуха.

Рост и развитие растений не в меньшей степени зависят и от температуры корнеобитаемой среды. Она влияет на скорость прорастания семян, рост и развитие корневой системы и на ее активную деятельность.

Доказано, что при повышении температуры почвы с 12 °С до 14 °С поглощение P_2O_5 увеличивается на 50 %, а при повышении до 16 °С поглощение возрастает еще на 50 %. Температура субстрата влияет и на содержание питательных элементов в листьях. Эти факты обуславливают необходимость поддержания требуемого уровня температуры в зоне корнеобитания.

Температура воздуха в отделениях теплиц, расположенных в северном и южном секторах, подвержена более заметным колебаниям, чем в центральных. Эти различия особенно усиливаются при понижении температур. В холодное время температура в теплицах, как правило, ниже вследствие общего похолодания и ослабления солнечной радиации. Средняя дневная температура

с ноября и до середины марта, как правило, на 2–3 °С ниже, чем в остальные месяцы. Что касается максимальной температуры, то она возрастает начиная с января; разница в среднесуточной температуре воздуха на высоте 2 и 150 см составляет 2–3,5 °С, причем при проветривании через верхние фрамуги она увеличивается.

Поддержание оптимальных температурных параметров при выращивании овощных культур осуществляется за счет системы отопления теплиц, которая включает в себя отопительные котлы разной мощности, конденсаторы, горелки, системы расширения, распределения тепла, транспортные смесительные группы, термические установки, систему запаса тепла и дозирования CO₂.

Применение высокоэффективных систем отопления позволяет снизить энергозатраты на 30–40 %. Это достигается за счет разделения систем отопления на автономные контуры и установкой дистрибьютеров тепла. Применяется четыре системы обогрева: периферийный, подлотковый, подсубстратный и вегетационный.

Для снижения потерь тепла в теплице в холодные периоды, а также для предотвращения перегрева воздуха при избыточной солнечной радиации путем затенения предназначена система теплозащитного и светоотражающего экрана. В целом это обеспечивает создание более равномерной и оптимальной температуры воздуха. В состав системы входит экранирующая палатка, механизм зашторивания с системой управления, приспособления для крепления штор. Шторы изготавливаются из химически устойчивых к износу прочных материалов, исключая образование конденсата в теплицах.

При горизонтальном зашторивании предусматривается закрытие верхней части всех отделений теплиц полимерным экраном. Конструкция механизма зашторивания обеспечивает одновременное перемещение полимерного экрана во всех пролетах теплиц. Могут также зашториваться боковые и концевые торцы. Экраны могут открываться и закрываться в автоматическом и ручном режимах. Шторный экран уменьшает освещенность теп-

лиц на 15 % и более, теплотери – на 30–70 %, экономит электрическую и тепловую энергию на 20–50 %.

Системы зашторивания и ткани производятся в Швеции, Бельгии, Германии и других странах мира.

В настоящее время проблемам малой энергетики в контексте энергосбережения уделяется большое внимание. Процесс старения генерирующего оборудования централизованной энергетики сопровождается, с одной стороны, накоплением проблем в вопросах транспортировки энергии потребителю, а с другой стороны – стремительным ростом энергопотребления, потери в сетях при передаче электроэнергии достигают 10 % и более, а тепла – от 20 % до 40 %. Децентрализация энергоснабжения, т. е. переход от выработки электричества и тепла на базе крупных генерирующих мощностей к их производству на малых теплоэлектростанциях, решает целый ряд стоящих перед некоторыми предприятиями проблем – от повышения экономической эффективности и сокращения тарифов до снижения уровня загрязнения окружающей среды

Одним из решений для децентрализованного производства энергии является применение модульных установок в контейнерном исполнении.

Основные преимущества таких генераторных агрегатов заключаются в отсутствии затрат на строительство зданий ТЭЦ, простоте транспортировки, монтажа, а также пуска в эксплуатацию. Поставляемый заказчику силовой модуль уже имеет все необходимые вводы/выводы для подключения внешних систем: подвода топлива, трубопроводов сетевой воды, электрической нагрузки и т. д. Кроме того, при необходимости можно быстро нарастить уже имеющиеся генерирующие мощности за счет установки дополнительных силовых модулей.

Контейнеры для генераторных установок могут быть следующих основных типов и размеров: 6, 9 и 12 м. Модельный ряд силовых агрегатов, которые могут поставяться в контейнерном исполнении, обширен.

Практически любая генераторная установка (как газопоршневая, так и дизельная) может быть смонтирована в контейнере.

Таким образом, мощность генераторной установки в контейнерном исполнении может находиться в диапазоне от 70 до 2000 кВт. Энергетический модуль включает в себя следующие основные компоненты: мотор-генератор с системами двигателя, систему управления, защиты и распределения нагрузки, а также оборудование для рекуперации теплоты выхлопных газов и «рубашки охлаждения» двигателя. Контейнер может иметь тепло- или шумоизоляцию и различное вспомогательное оборудование (в зависимости от требований заказчика).

3.2 Солнечный обогрев

Сущность тепличного (синонимы – парниковый, оранжевый) эффекта в остекленных и пленочных культивационных сооружениях сводится к следующему.

Тепличный эффект основан на свойстве стекла пропускать около 83–85 % видимого спектра излучения, около 45 % ультрафиолетового, 85 % коротковолновых инфракрасных лучей и совсем не пропускать или пропускать не более 10 % тепловых – средне- и длинноволновых лучей. Видимое излучение, проникая через стекло в культивационное сооружение трансформируется в длинноволновое (тепловое), которое задерживается остекленной кровлей и стенами (рис. 30). При низкой температуре наружного воздуха в культивационном сооружении происходит снижение температуры за счет теплообмена с окружающей средой, главным образом путем теплопередачи и конвекции. В пленочных сооружениях тепличный эффект наблюдается в зависимости от *коэффициента пропускания* (отношение потока излучения, пропущенного данным телом, к потоку излучения, упавшему на тело; умножив его числовое значение на 100, коэффициент выражается в процентах) инфракрасных лучей используемой пленки. Так, поливинилхлоридная армированная пленка имеет коэффициент пропускания 5 %, а свободная (неармированная) поливинилхлоридная пленка – 10 %. В сооружениях, покрытых этими материалами, тепличный эффект возникает так же, как и под стеклом.



Рис. 30. Схема тепличного (парникового) эффекта

Стабилизированная или нестабилизированная полиэтиленовая пленка пропускает 70–80 % инфракрасных и 83–90 % световых лучей. Таким образом, здесь имеются два источника получения тепла. Вот почему при использовании полиэтиленовой пленки в солнечные дни в теплицах создается сильный перегрев. Зато в темное время суток, когда отсутствуют источники формирования тепла, такие теплицы сильно охлаждаются за счет обратного пропускания в атмосферу до 80 % длинноволнового излучения.

Аэроэксплуатационная оценка солнечного обогрева. Солнечный обогрев используется во всех видах весенних сооружений – теплицах, парниках, утепленном грунте. Приход тепла за счет оптического излучения различен в разных районах СНГ.

Использование теплиц на солнечном обогреве в условиях Беларуси возможно примерно с середины апреля и до октября. Если учесть суточные колебания температуры воздуха и возможное понижение температуры, особенно ночью, то период использования в этой зоне таких теплиц для теплолюбивых культур мы вынуждены ограничить сроками, начиная с середи-

ны мая и заканчивая серединой сентября, а для малотребовательных к теплу культур – середина апреля – начало октября.

Основные пути повышения эффективности использования культивационных сооружений на солнечном обогреве следующие: применение аварийного отопления (калориферного и электрического) и выращивание рассады для этих сооружений в более ранних отапливаемых весенних или зимних теплицах.

Оптическое излучение – источник тепла, который участвует в формировании теплового баланса как в необогреваемых, так и обогреваемых культивационных сооружениях.

Поэтому в настоящее время, когда проблема экономии всех видов энергии является одной из важнейших, применяется система мер по аккумуляции солнечной тепловой энергии на всех этапах – проектирования, строительства, эксплуатации сооружений.

На первое место следует поставить подбор светопрозрачных материалов с высоким коэффициентом пропускания (80–90 %) для видимой части спектра и, наоборот, наименьшим (менее 20 %) коэффициентом для инфракрасного излучения. Коэффициент затенения¹ светонепроницаемыми элементами перекрытия (шпросами, фермами, стыками стекол и др.) не должен превышать 25 % в остекленных и 15 % в пленочных сооружениях, а коэффициент пропускания кровли для видимой части спектра должен быть соответственно не менее 60 для стеклянной и 65–70 % – для пленочной.

Большое значение имеет и угол наклона светопрозрачной кровли по отношению к линии горизонта. Потери солнечных лучей за счет отражения составляют при угле наклона 60 ° – 2,7 %, при 50 – 3,4 %, при 40° – 11,2 %, при 20° – 22,2 % и при 10 ° – 41,2 %. Таким образом, чем ближе угол падения лучей на кровлю к прямому, тем меньше составляют потери на отражение. Однако высота солнцестояния непрерывно меняется на

¹ Коэффициентом затенения конструкциями называется отношение площади проекции несущих конструкций к общей площади ограждения (т. е. к инвентарной площади культивационных сооружений), выраженное в процентах.

протяжении года и суток. С учетом этого положения и удельных затрат стройматериалов на единицу площади и других строительных и эксплуатационных сооружений, установлены следующие оптимальные углы наклона кровли: для блочных теплиц зимних – 25–30 °, весенних – 18–23 °; для ангарных и обычных зимних двухскатных теплиц – 25–30 °; для двухскатных парников – 20 °; для односкатных ранних – 9–12 °, средних – 6–8 °, поздних – 4–5 °.

Ориентация культивационных сооружений светопрозрачными скатами относительно сторон света имеет также большое значение. Она может быть меридиональной (сооружения расположены коньками вдоль меридиана, т. е. с севера на юг, а светопрозрачными скатами – на восток и запад) и широтной (коньками – с востока на запад, а скатами – с севера на юг).

Односкатным сооружениям дается широтная ориентация (светопрозрачным скатом на юг).

Для весенних теплиц и сооружений утепленного грунта допускается любая ориентация, однако опыт эксплуатации этих сооружений свидетельствует о том, что севернее 60 ° с. ш. целесообразна широтная ориентация всех сооружений утепленного грунта.

Тепло, полученное за счет тепличного эффекта, необходимо удержать и накопить, что достигается путем ограничения теплопотерь различными способами: созданием ветрозащитных насаждений или сооружений; укрытием кровли в темное время суток теплоизоляционными материалами; созданием на ночь конденсата на внутренней стороне пленочной кровли, если это не противоречит требованиям к относительной влажности воздуха и др.

3.3 Светопрозрачные материалы, применяемые для защищенного грунта

Светопрозрачные материалы не только являются элементами конструкции кровли и стен, но и формируют световой, а частично тепловой режим и режим влажности в культивационных

сооружениях. Они должны пропускать фотосинтетически активную радиацию (ФАР), задерживать длинноволновые излучения, быть прочными, иметь значительное термическое сопротивление и минимальный коэффициент теплового расширения.

Наиболее распространенными материалами для покрытия культивационных сооружений являются стекло, полиэтиленовая пленка и различные виды нетканых материалов.

Стекло. Для основного остекления культивационных сооружений применяют мерное стекло толщиной 4 мм, шириной 600 и 750 мм. Качество стекла определяется его оптическими теплоизолирующими свойствами и прочностью. Выпускаемое стекло такой толщины пропускает около 83–85 % видимого спектра излучения, около 45 % – коротковолнового инфракрасного и не более 10 % средне- и длинноволновых лучей.

Сочетание малой теплопроводности стекла и его способности удерживать тепловые лучи позволяют сохранять тепло в культивационных сооружениях. Во время ночных заморозков стеклянные ограждения позволяют (без использования искусственного обогрева) создавать перепад между внутренней и наружной температурами воздуха до 5–8 °С. Большое влияние на величину теплопотерь оказывает ветер и качество остекления теплиц.

Стекло укладывают в фальцы шпросов. Ширина пластин для зимних теплиц составляет 60 и 75 см. Масса 1 м² стекла толщиной 4 мм – 10 кг, 3 мм – 7,5 кг.

Стекло долговечно, длительное время сохраняет прозрачность, не изменяет линейных размеров. Этим оно отличается от полимерных материалов. Но 1 м² стекла разной толщины примерно в 60–150 раз тяжелее пленки такой же площади. Поэтому несущие конструкции в сооружениях со стеклянным ограждением должны быть более прочными. Недостатком стекла является его хрупкость и более высокая плотность.

Полимерные материалы. Обогрев пленочных сооружений в значительной степени зависит от интенсивности солнечной радиации, свойств пленочных материалов и видов его покрытия.

В настоящее время используется много различных материалов, среди которых наибольшее распространение получили:

- полиэтиленовая пленка;
- армированная полиэтиленовая пленка;
- воздушно-пузырчатая пленка;
- поливинилхлоридная пленка (ПВХ);
- нетканый материал спанбонд.

Самым известным материалом для укрытия теплиц служит полиэтиленовая пленка. Светопроницаемость полиэтиленовой пленки в видимой части спектра близка к стеклу.

Полиэтиленовая пленка, применяемая в тепличном овощеводстве, легко сваривается (температура плавления пленки 110–120 °С), практически водо- и паронепроницаема, но она достаточно проницаема для углекислого газа и кислорода. Прочность на разрыв составляет 130–140 кг/см², а относительное удлинение – 250–350 %.

Для малогабаритных пленочных укрытий применяют пленку толщиной 0,06–0,08 мм, для теплиц – 0,12–0,2 мм. Выпускают ее в рулонах и в виде полотна. Ширина рукава – 280–300 см и более. Нормы расхода пленки на 1 м² инвентарной площади определяются видом и проектом культивационного сооружения, толщиной, массой 1 м² и дополнительным расходом на сварку и крепления на конструкциях (табл. 1).

Пленка называется по виду полимерного материала, из которого она изготавливается. Чаще всего используют два материала: полиэтилен и поливинилхлорид. Наиболее распространена полиэтиленовая пленка.

Поливинилхлоридная пленка сочетает лучшие оптические свойства стекла и полиэтилена. Пленка почти полностью пропускает лучи видимой части спектра солнечной радиации, значительную часть ультрафиолетовой и только 5–10 % инфракрасной радиации. Кроме того, она медленно меняет прозрачность. Срок службы поливинилхлоридной пленки изменяется от трех до четырех лет. К недостаткам пленки относят пониженную морозостойкость, ее не используют при температуре ниже – 15 °С.

Таблица 1. **Норма расхода пленки в зависимости от толщины и массы**

Толщина пленки, мм	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25
Масса 1 м ² , г	45,9	55,1	73,4	91,8	110	137	183	229
Количество в 1 кг пленки, м ²	21,8	18,2	13,6	10,9	9,1	7,3	5,4	4,4

Растения под пленкой могут переносить заморозки от минус 2 °С до минус 7 °С (в зависимости от плотности пленки и объема теплицы).

В настоящее время освоены технологии производства, позволяющие изготавливать продукцию разнообразной структуры, с армирующими включениями, с добавками веществ – светостабилизаторов и светопреобразователей, а также пигментов. В Дании разработана технология производства армированной полиэтиленовой пленки.

Армирующим компонентом в ней служит сетка из стекловолокна с ячейками приблизительно 10×10 мм, вплавленная в полиэтиленовую основу. Благодаря этому, пленка имеет большую прочность. Разновидность такого материала – пористая пленка, в каждой ячейке которой имеются микроскопические отверстия, пропускающие воздух и воду. У светопреобразующей полиэтиленовой пленки в состав введены специальные окрашенные вещества (люминофоры), служащие своеобразными фильтрами для солнечных лучей. Из солнечного спектра они выделяют и пропускают только лишь волны определенного диапазона, регулирующие обменные процессы роста и развития овощных растений, интенсифицирующие фотосинтез. Растения усваивают более 50 % видимого света, при этом повышается урожайность и качество плодов, значительно сокращаются сроки вегетации.

Пленка обладает свойством поглощать волны дальней инфракрасной области оптического спектра. Это благоприятствует созданию в подпленочном пространстве оптимальных температурных условий, исключая перегрев, так и переохлаждение растений.

Светообразующие пленки бывают однослойные – голубоватого или красноватого цвета, и трехслойные (с эффектом пузырьков) двухцветные (с одной стороны красного, с другой – голубого цвета).

Отличительной особенностью цветной светообразующей пленки является наличие специальной добавки, способной преобразовывать спектр солнечного излучения (ультрафиолетовое излучение переходит в полезное для растений инфракрасное). Такое покрытие способствует активизации процесса фотосинтеза, а также ускорению роста растений, защите их от заморозков и перегрева.

Воздушно-пузырчатая пленка состоит из трех слоев пищевого полиэтилена, общая толщина которых меньше 150 мкм, что обеспечивает достаточную светопрозрачность пленки. Между слоями располагается герметично закупоренный пузырек сухого воздуха, благодаря чему достигается высокая теплозащита (в 20–30 раз выше, чем у однослойных укрывных материалов). Воздушно-пузырчатой пленка обладает высокой механической прочностью и включает в себя люминофорные добавки, усиливающие солнечное излучение в том диапазоне, который нужен растениям.

В составе пленки присутствуют гидрофильные добавки, обеспечивающие стекание влаги с внутренней поверхности пленки.

Для защиты растений от заморозков применяют материалы из полипропиленового нетканого полотна типа «спанбонд».

Спанбонд является экологически чистым, легким нетканым материалом. В отличие от полиэтиленовой пленки спанбонд хорошо пропускает свет, воду и воздух. При этом создается необходимый для растений микроклимат, которые можно поливать непосредственно через материал.

Воздухо-, водо-, светопрозрачность и низкая теплопроводность материала обеспечивают благоприятный микроклимат для роста растений. Материал защищает посадки от насекомых – вредителей, птиц, а также от града. Применение спанбонда способствует предотвращению переохлаждения и перегрева расте-

ний, уменьшению испарения влаги с поверхности почвы, обеспечению оптимального баланса ночных и дневных температур, защите от вредителей и болезней.

Спанбонд плотностью 42 и 60 г/м² применяется для укрытия теплиц.

В последнее время широкое распространение получил светопрозрачный пластик – поликарбонат.

Листовой поликарбонат в соответствии с общепринятыми мировыми стандартами выпускается согласно единой размерной таблице (рис. 31).

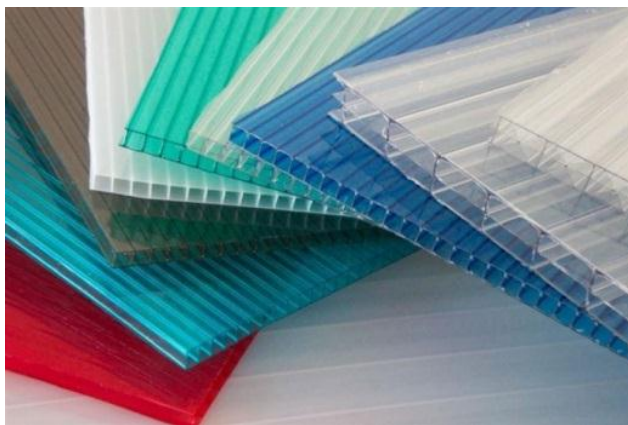


Рис. 31. Виды поликарбоната

Сотовый материал может иметь длину три, шесть или двенадцать метров и стандартную ширину в два метра и десять сантиметров. Толщина сотового светопрозрачного пластика может составлять от трёх до сорока мм. Рёбра жёсткости в сотовом поликарбонате прямые или Х-образной формы. Строение, которым обладает такой материал, может быть одно-, двух- или трёхкамерным.

Монолитный материал выпускается с длиной в три метра пять сантиметров, а ширина составляет два метра пять сантиметров. Толщина не может быть менее одного и более двенадцати миллиметров. Такой материал является хорошим замени-

телем стекла и имеет значительную прочность. Стандартная ширина позволяет широко применять такой материал в остеклении зимней оранжереи.

Контрольные вопросы. 1. Назовите виды обогрева, применяемые в культивационных сооружениях? Тепловой баланс культивационного сооружения? 2. Назовите приходные и расходные составляющие тепловых потоков? 3. Как определяют потери тепла в теплице. Принцип расчета потребности в тепле? 4. Как влияет температура на прохождение фаз роста и развития растений в теплице? 5. На чем основан тепличный эффект в защищенном грунте. Солнечный обогрев, его роль? 6. Назовите виды светопрозрачных материалов, применяемые в защищенном грунте?

ГЛАВА 4

МИКРОКЛИМАТ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЕ

Рост и развитие овощных растений в теплицах определяется не только их генетическими и биологическими особенностями, а также климатическими, почвенными и агротехническими условиями. Жизнедеятельность растений лимитируется целым рядом факторов, а их существование возможно только в определенных границах, которые очерчены зонами минимума и максимума относительно данного фактора. Между этими границами лежит зона оптимума, которая и определяет широту экологических амплитуд. Каждый фактор играет определенную роль, а его действие проявляется только в комплексе, предоставляя растениям все факторы в требуемых параметрах, которые создают оптимальные условия для роста и развития растений. Все факторы, влияющие на рост и развитие растений, находятся в тесной взаимосвязи, и степень напряженности каждого из них ослабляет или усиливает действие остальных. Температура корнеобитаемой среды может существенно влиять на поглощение воды и элементов минерального питания, увеличение интенсивности солнечной радиации способствует усилению дыхания, рост концентрации питательных веществ снижает транспирацию.

Каждый вид растений в зависимости от биологических особенностей предъявляет свои экологические требования, причем на каждом этапе роста и развития требования растений к условиям среды различные, а роль факторов изменяется.

Если для набухания семян необходима влага, то для прорастания, помимо влаги, нужно и тепло. В фазе появления всходов основным фактором является свет.

При регулировании экологических факторов необходимо учитывать происхождение данного вида, так как основные экологические требования закреплены генетически. Например, томат лучше чувствует себя в условиях сухих субтропиков (высокая температура днем и пониженная ночью, хорошая освещен-

ность, укороченный день и относительно низкая влажность воздуха).

Овощные растения очень резко реагируют на изменение экологических факторов. Все факторы равнозначны, ни один из них не может быть заменен другим. Нельзя заменить недостаток освещенности увеличением температуры или улучшением корневого питания. Полноценное развитие растений, а следовательно, и высокие урожаи достигаются при поддержании комплекса экологических факторов в пределах оптимальных значений.

Оптимизация условий выращивания овощных культур в защищенном грунте зависит от уровня технического оснащения, обеспечивающего обогрев, освещение, поддержание газового режима, осуществление поливов, питания и ухода за растениями и фитомониторинга.

Для обеспечения максимальной продуктивности растений важно знать их отношение к конкретным факторам окружающей среды. Лучистая энергия, тепло, вода, минеральное питание и газовый состав воздуха являются необходимыми условиями для жизнедеятельности растений.

Несмотря на то, что сооружения защищенного грунта отделены от наружного климата стеклянным или полимерным покрытием, микроклимат сооружений в значительной степени зависит от воздействий наружной среды. Факторы наружной среды – оптическое излучение, сила и направление ветра, температура и относительная влажность воздуха, а также осадки – влияют на микроклимат культивационных сооружений.

4.1 Контроль за технологическими параметрами в теплице. Фитомониторинг

Рост и развитие растений в остекленных теплицах контролируются автоматизированными системами управления. Длительное время система управления микроклиматом в теплицах основывалась на том, что специалист задавал основные параметры климатических факторов. Современные автоматизиро-

ванные системы управления микроклиматом основываются на том, что изменение режимов осуществляется с учетом физиологического состояния растений. Такая система управления получила название «фитомониторинг». Для оценки физиологического состояния к группе специально выбранных растений подключают датчики, которые позволяют фиксировать необходимые показатели в динамике.

Фитомониторинг – новая информационная технология, обеспечивающая агронома-технолога информацией о динамике физиологического состояния растений, которая решает две основные задачи:

- сигнализирует при помощи стресс-детектора о возникновении стрессовых ситуаций у растений до того, как их последствия будут видимы визуально, благодаря чему приносит прямой экономический эффект от предотвращения возможного ущерба (по оценкам зарубежных исследователей фитомониторинг может сберечь до 10–15 % урожая);

- позволяет практически без затрат времени, рабочей силы и средств, проверить правильность принимаемых технологических решений и усовершенствований (режим орошения, удобрения и т. п.), что дает дополнительную прибавку урожая до 20–30 % в зависимости от вида культуры и характера новшества.

Измерительная часть системы фитомониторинга представлена фитомониторами различной конструкции, оснащенными сетью датчиков, которые снимают текущую информацию с модельного растения, не причиняя ему вреда и окружающей среды.

Записываемая датчиками информация интерпретируется оператором при помощи программного обеспечения, поставляемого вместе с приборной базой и служащего для обработки полученных данных и наглядного их представления в виде таблиц баз данных, графиков, диаграмм и символьных обозначений.

Стандартный набор датчиков фитомониторинга:

- датчики окружающей среды (температура и относительная влажность воздуха);

- датчики температуры и влажности почвы/субстрата;

– датчики светового излучения, диффузионного сопротивления воздуха и датчики, прикрепляемые к растению (диаметр стебля и плода, сокодвижение, температура листа), позволяют непрерывно и без вреда растению на протяжении всего периода вегетации оценивать такие важные физиологические параметры, как транспирация, тургор, рост растений, фотосинтетическая активность, дыхание и др.

Сегодня в защищенном грунте имеется возможность одновременного наблюдения за параметрами питания растений (ЕС, рН) в сочетании с кривыми роста растений.

Фитомониторинг в теплицах представляет собой ряд взаимосвязанных систем, которые дополняют друг друга.

Базовая измерительная система обеспечивает сбор данных и их представление в виде таблиц и графиков.

Информационная система преобразует данные в физиологически значимые показатели состояния растений.

Экспертная система помогает оценить реакцию растений и принять необходимые решения об изменении режима выращивания. Она специфична для каждого вида и даже сорта растений.

Управление осуществляется автоматически с учетом состояния растений при наличии надежных алгоритмов обратной связи. Фитомониторинг осуществляет преобразование измеренных параметров среды и растения в форму, удобную для оценки физиологического состояния растений.

Группировка полученной информации позволяет оценить практическое значение изменения ряда параметров и характеристик.

Особую роль играет система фитомониторинга в диагностике стрессового состояния растений, которым обусловлены многие проблемы их роста и развития. Для выявления стрессового состояния используется ряд показателей:

- подавление роста плодов и вегетативных органов, которое зависит от суммы активных температур или других причин;
- снижение интенсивности циркуляции воды по сосудам в полуденные часы;
- полуденное сжатие стебля;

- уменьшение диаметра стебля в течение суток;
- сравнение температуры листьев и цветков с оптимальной;
- зависимость водного потока в стебле от дефицита давления водяного пара;
- зависимость интенсивности фотосинтеза от притока солнечной радиации;
- выявление водного стресса.

Диагностика стресса помогает правильно выбрать технологические режимы, позволяющие вывести растение из этого состояния и уменьшить его негативные последствия.

Имеется ряд систем управления мониторингом. Система управления микроклиматом поддерживает и регулирует температуру, влажность, концентрацию CO_2 , а также поддерживает и регулирует другие климатические параметры внутри теплиц с учетом состояния окружающей среды.

Местная станция фитоклиматического контроля, осуществляющая измерение всех параметров, – наиболее важная часть системы управления микроклиматом. Станция фитомониторинга расширяет возможности управления климатическими параметрами теплиц благодаря системе одновременного сбора данных по режимным параметрам и характеристикам окружающей среды.

Приведенная выше иерархия фитомониторинговых систем отражает эволюцию их способности обрабатывать и отображать результаты измерений в более простой форме.

Местная станция фитоклиматического контроля представляет собой многоканальную систему сбора данных, предназначенную для накопления ежедневных сведений о развитии растений. Она оснащена серией датчиков, имеющих на выходе нормированный сигнал постоянного тока. Данные, собранные в памяти контроллера, могут быть вручную выведены на экран жидкокристаллического дисплея. Кроме того, эти данные можно также наблюдать на персональном компьютере. Специальное программное обеспечение предусматривает три уровня обработки данных.

Нижний, базовый, уровень предоставляет базовые данные в виде таблиц и схем. Это позволяет определить физиологическую реакцию растений на действия управляющего оборудования и дает возможность корректировать графики операций и установочные величины в соответствии с критериями пользователя. *Промежуточный* уровень предназначен для подачи предупредительных сигнальных сообщений относительно предшествовавшего и текущего физиологического состояния растений.

Верхний уровень дает «живое» изображение растения, по которому можно судить об общем состоянии участка. При этом анализируются следующие данные:

- солнечная радиация,
- температура воздуха,
- влажность воздуха,
- диффузионное сопротивление пограничного слоя лист-воздух,
- концентрация CO_2 ,
- температура нижнего слоя почвы,
- электропроводимость подпочвы,
- температура листа,
- разница температур лист-воздух,
- водный поток стебля,
- изменения диаметра стебля,
- прирост высоты стебля,
- прирост размеров плода,
- интенсивность обмена CO_2 в листьях,

Применение фитомониторинга создает новые возможности оптимизировать условия роста и развития растений.

4.2. Автоматическая система управления микроклиматом и минеральным питанием растений

Данная система осуществляет контроль всех параметров микроклимата в теплице и их поддержание в пределах заданных климатических условий температуру, влажность воздуха и субстрата, концентрацию двуокиси углерода, режимы облучения и

питания растений, а также осуществляет управление другими параметрами (рис. 31).



Рис. 31. Система контроля параметров микроклимата теплиц

Это осуществляется за счет автоматического управления системой отопления, положением вентиляционных фрамуг, исполнительным механизмом системы питания, облучения, концентрации CO_2 и другим инженерным оборудованием. Также обеспечивается автоматизация работы котельной, артскважины, автоматический выбор одного или комбинированной работы различных источников тепла, водоснабжения и подачи CO_2 .

На фирме «Нетафим» (Израиль) разработана система, удовлетворяющая практически всем требованиям, предъявляемым к оборудованию контроля. Данная система обеспечивает в теплице контроль отопления, вентиляции, охлаждения, управления CO_2 , циркуляции воздуха, дополнительного освещения, обработки растений средствами защиты. Она выполняет такие задачи, как управление экранами и затемнением, управление увлажнением воздуха, управление системой охлаждения крыши, управление горелками отопительных котлов, управление системой испарительного охлаждения и увлажнения, управление дез-

инфекцией дренажной воды и рециркулирующей воды, генераторами и электроснабжением. Система обеспечивает фиксирование погодных условий, температуры и влажности внутри теплиц. Сбор данных и построение графиков производится с помощью персонального компьютера.

4.3. Контроль за технологическими параметрами

Фотосинтез – процесс образования зелеными растениями биорганических веществ из неорганических (углекислотного газа и воды) при участии световой энергии, поглощенной хлорофиллом. Большое влияние на интенсивность фотосинтеза оказывают свет, температура, влага, содержание в воздухе углекислоты, уровень снабжения элементами минерального питания и некоторые другие внешние факторы. Одни факторы, например освещенность и снабжение CO_2 , действуют на фотосинтез непосредственно, другие – содержание воды и элементов питания в субстрате – косвенно, посредством воздействия иных физиологических процессов.

Сегодня современную теплицу невозможно представить без наличия систем контроля за состоянием растений, субстратов, параметров микроклимата и т. д. Специалисты НПФ «ФИТО» разработали и внедрили в производство системы контроля, способные в режиме реального времени предоставлять оперативную информацию о состоянии растений, их физиологической активности, параметрах субстратов, дренажа, характеристиках микроклимата. Это следующие системы, включающие комплекс датчиков:

1. Система контроля параметров микроклимата (фиксирует температуру, влажность воздуха, количество CO_2 , уровень освещенности, в том числе интенсивность света, суммарную и фотосинтетически активную солнечную радиацию).
2. Система контроля параметров субстратов (фиксирует ЕС, рН, влажность в корнеобитаемой среде).

3. Система электронного взвешивания субстрата (позволяет получать информацию о потере влаги за определенный период времени).

4. Система контроля параметров дренажа (анализирует параметры ЕС, pH дренажного раствора, фиксирует время появления дренажа и время окончания его поступления, а также производит расчет фактического количества дренажа в зависимости от общей дозы полива). Отличительная особенность данной системы – это возможность контроля дренажа не с одного или нескольких растений, а с целой грядки, что является наиболее показательным при анализе состояния теплицы в целом.

Благодаря системам электронного взвешивания и контроля параметров субстратов возможна минимизация человеческого фактора и освобождение агронома от выполнения рутинной работы. Основное достоинство системы – оперативное управление режимами полива и питания растений.

Система контроля следит за физиологическими процессами овощных растений, которые невозможно оценить визуально, а только с помощью датчиков. В состав системы входит контроль следующих параметров:

а) температура листа.

Один из самых важных параметров, так как он позволяет оценить, поддерживаются ли оптимальные условия для прохождения процесса фотосинтеза у растений. Физиологами доказано, что для успешного протекания фотосинтеза температура листовой поверхности должна быть на уровне 25 °С. Зная фактическую температуру, специалист может оценить, правильно ли поддерживаются параметры микроклимата, а в случае необходимости – скорректировать их;

б) интенсивность сокодвижения.

Датчик измеряет скорость сокодвижения в стебле растений и, соответственно, их водопотребление. Фактически датчики измеряют количество тепла, переносимого соком растения, которое затем пересчитывается непосредственно в количественные показатели – единицы измерения потока – г/ч, кг/ч. Зная интенсивность сокодвижения, можно оценить интенсивность транс-

пирации растений. Прекращение транспирации отрицательно сказывается на фотосинтезе, поскольку при диффузии и испарении воды в атмосферу через устьица происходит поступление в растение углекислого газа, а прекращение поступления углекислого газа в растение приводит к прекращению фотосинтеза;

- в) измерение диаметра плодов;
- г) измерение диаметра стебля;
- д) система электронного взвешивания растений.

Сегодня имеется целый комплекс систем контроля технологических параметров для любых способов выращивания культур в теплицах. Агрономы получают совершенные инструменты для работы, которые способствуют пониманию физиологических потребностей растений, оперативному контролю за процессами роста, полива и питания. В итоге, это способствует увеличению урожайности и повышению эффективности тепличного производства.

4.4. Тепловой режим

Для обеспечения максимальной продуктивности растений необходимо знать их отношение к факторам внешней среды. Выделяют три группы факторов, необходимых для жизни овощных растений: абиотические, биотические и антропогенные.

Основное назначение культивационных сооружений – создание условий для выращивания овощных культур и других растений в течение периода, когда возделывание их в открытом грунте невозможно. В первую очередь, это относится к температуре воздуха и почвы, освещенности, влагообеспеченности и содержанию диоксида углерода в воздушном пространстве сооружения.

На растение действует целый комплекс факторов и степень напряженности одного из них вызывает изменение реакции организма на остальные. Обычно реакцию растений на фактор характеризуют тремя значениями: *оптимумом* (наиболее благоприятное для растения), *минимумом* и *максимумом* – границы действия фактора роста и развития растения. Интенсивность

фактора, находящаяся между максимумом и минимумом, называется зоной толерантности.

В овощеводстве защищенного грунта действует комплекс климатических факторов, складывающихся в зоне обитания растений, которые называют *микроклиматом*.

Микроклимат – совокупность физических параметров воздушной и корнеобитаемой среды в отдельных культивационных сооружениях.

Микроклимат в теплицах создается путем взаимодействия всех систем технологического оборудования: отопительной, вентиляционной, поливной, внесением удобрений, подкормкой углекислым газом, искусственным освещением.

На микроклимат оказывают также влияние климатические факторы и фитоценоз (фитоценоз – растительное сообщество, характеризующееся определенным составом и взаимоотношениями между растениями и окружающей средой).

Каждому виду овощных растений и даже отдельным сортам, соответствует определенная максимальная и минимальная температура.

Овощные культуры защищенного грунта по требовательности к теплу делятся на три группы (по В. А. Брызгалову, 1983).

1. Требовательные к теплу ($t_{\text{opt}} = 23 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$) – растения из семейства тыквенные и пасленовые.

2. Культуры, для которых необходима умеренная температура ($t_{\text{opt}} = 14 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$) – растения из семейства капустные, укроп, салат, шпинат.

3. Растения, требующие пониженной температуры ($t_{\text{opt}} = 4 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$). К ним относятся доращиваемые культуры.

Для каждой культуры существует определенный предел температур, ниже и выше которого изменяется интенсивность фотосинтеза. Так, для холодостойких культур максимальная интенсивность фотосинтеза наблюдается при температуре 17–20 °С, у требовательных к теплу – при температуре 25–30 °С.

Кроме того, овощные растения в зависимости от вида, сорта, фазы роста, интенсивности освещения и способа выращивания предъявляют различные требования и к температуре воздуха.

Определенная фаза роста и развития растения протекает нормально лишь при оптимальной для конкретного вида или сорта температуре воздуха.

Существенное влияние на рост и развитие, формирование урожая оказывает и температура почвы. Оптимальное значение ее обычно несколько ниже температуры воздуха.

Распределение тепла внутри теплиц зависит от ее конструкции, способа отопления и размещения отопительных приборов, режима работы отопительной системы. Температура воздуха в теплице не должна превышать 30 °С. Продолжительность воздействия максимальной температуры должна составлять не более 10 ч подряд. Допустимое отклонение температуры, как в зимних, так и в весенних теплицах составляет ± 2 °С.

Температура воздуха в теплице является тем климатическим фактором, которому уделяют наибольшее внимание. Регулируют ее двумя способами: отоплением и вентилированием.

Полную информацию о температурном режиме в культивационных сооружениях можно получить при использовании приборов. Они позволяют проводить всестороннее сравнение температурных условий. Заданную температуру воздуха автоматически поддерживают посредством датчиков, установленных в теплицах и трехходовых смесительных клапанов, которые регулируют температуру теплоносителя.

4.5. Световой режим

Свет в жизни овощных растений является главным лимитирующим фактором. Его влияние на урожайность наиболее значимо. Компенсация недостатка освещенности по экономическим причинам более проблематична по сравнению с компенсацией недостатка других факторов.

Солнечная радиация (лучистая энергия солнца) – главный источник энергии на Земле. Прежде чем дойти до поверхности Земли, солнечная радиация претерпевает целый ряд изменений; часть ее поглощается, преобразуясь, в основном, в тепловую энергию, а остальная рассеивается молекулами газов воздуха

(азотом, водяными парами, углекислым газом) и содержащимися в атмосфере примесями.

Излучение Солнца, приходящее к верхней границе атмосферы, характеризуется *солнечной постоянной*. Это количество лучистой энергии, которая проходит за пределами атмосферы за 1 мин через площадку 1 см^2 , перпендикулярную к солнечным лучам. Ее численное значение равно примерно $2 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$, что соответствует освещенности порядка 140 тыс. л к.

Известно, что частота колебаний (ν) электромагнитных волн (а солнечная радиация представляет собой электромагнитные волны) связана со скоростью света $C=310^8 \cdot \text{м/с}$ и длиной волны (λ) постоянным соотношением $\nu = C/\lambda$. При этом скорость света является постоянной величиной, а длина волны и частота изменяются от нуля до бесконечности.

Свет имеет двойственную природу – корпускулярную и волновую, т. е. он проявляет как свойства потока частиц с разной энергией (фотонов), так и электромагнитных волн. Природа фотонов такова, что они имеют ничтожную массу, но громадное количество энергии. Поэтому мощность светового потока устанавливают не по массе фотонов, а по энергии, которую они несут.

Электромагнитные волны могут излучаться и поглощаться только дискретными порциями или квантами (фотонами). Энергия различных квантов электромагнитного излучения выражается соотношением:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (7),$$

где: h - постоянная Планка ($h= 6,62 \cdot 10^{-27}$ эрг/с; в системе СИ она равна $6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж с).

Длина волны и частота меняются от нуля до бесконечности. С уменьшением длины волны возрастает энергия квантов и увеличивается проникающая способность излучения. Поэтому

участки электромагнитного спектра оказывают различное действие на биологические объекты.

Для растениеводства, и в частности для овощеводства, представляет интерес, в основном, оптическое излучение, участвующее в процессе фотохимической реакции при фотосинтезе. По спектральному составу оптическое излучение можно разделить на три части: ультрафиолетовое, видимое (свет) и инфракрасное (тепловое).

Наиболее важную роль в жизни растений играет видимая часть солнечного излучения, которая воспринимается глазом человека как свет. Эту часть радиации называют *фотосинтетически активной радиацией* (ФАР), т. к. многие физиологические процессы в растениях не могут протекать без видимого излучения. Лишь на свету растения нормально растут, цветут и плодоносят, а в зеленых листьях совершается важнейший физиологический процесс – фотосинтез.

Физиологическое значение ультрафиолетовых лучей (300–380 нм) и инфракрасных (> 800 нм) изучено недостаточно. Известно, что инфракрасные лучи (800–1100 нм), изменяя температуру растений и среды, влияют на рост, развитие и другие процессы, а действие ультрафиолетовой радиации (300–380 нм) оказывает положительное влияние на содержание аскорбиновой кислоты в плодах, окраску цветков и улучшает приживаемость рассады при посадке ее из теплиц в открытый грунт.

Это чрезвычайно важное обстоятельство необходимо учитывать при выборе геометрических параметров культивационных сооружений и их ориентации относительно сторон света.

Основные характеристики солнечной радиации и закономерности ее изменения в зависимости от высоты солнца, времени года, географических координат местности и других факторов достаточно полно изложены в специальной агрономической и метеорологической литературе.

При проектировании производственных процессов, особенно при разработке и эксплуатации светотехнического оборудования для облучения растений в защищенном грунте культивационных сооружений, а также при оценке оптических свойств подстила-

ющих поверхностей приходится иметь дело с энергетическими и фотометрическими величинами и единицами их измерения.

Поток лучистой энергии (лучистый поток, поток излучения) – количество энергии, переносимой в единицу времени, т. е. мощность лучистой энергии (в ваттах (Вт): $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$).

Плотность потока лучистой энергии (облученность) – поток лучистой энергии на единицу равномерно облучаемой поверхности (в Вт/м^2 или $\text{кал/(\text{см}^2 \text{ мин})}$).

Количество энергии облучения – поток энергии, приходящей на единицу облучаемой поверхности в течение определенного времени (в $\text{Вт}\cdot\text{с/м}^2$).

Световой поток – мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею световому ощущению (лм).

Сила света – пространственная плотность светового потока, т. е. световой поток, отнесенный к единице телесного угла. Сила света (I_v) – физическая величина, одна из основных световых фотометрических величин. Характеризует величину световой энергии, переносимой в некотором направлении в единицу времени. Количественно равняется отношению светового потока, распространяющегося внутри элементарного телесного угла, к этому углу.

Освещенность – отношение светового потока к площади поверхности, на которую он падает. Единица измерения освещенности – люкс (лк): освещенность, создаваемая световым потоком в 1 лм при равномерном распределении его на площади в 1 м^2 . В природе освещенность меняется в широких пределах; на открытом месте при ясном небе в полдень летом – 100000 лк; на открытом месте без солнца – 1000; при полной луне – 0,2–0,5; ночное небо без луны – 0,0003 лк.

Основными энергетическими единицами измерения лучистой энергии являются *джоуль, эрг, калория и электронвольт*. Между этими единицами измерения существуют следующие количественные соотношения:

$$1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж} = 2,39 \cdot 10^{-8} \text{ кал} = 6,29 \cdot 10^{11} \text{ эВ};$$

$$1 \text{ Дж} = 10^7 \text{ эрг} = 0,239 \text{ кал} = 6,29 \cdot 10^{18} \text{ эВ};$$

$$1 \text{ кал} = 419 \text{ Дж} = 419 \cdot 10^7 \text{ эрг} = 2,64 \cdot 10^{19} \text{ эв};$$
$$1 \text{ эв} = 1,59 \cdot 10^{12} \text{ эрг} = 1,59 \cdot 10^{19} \text{ Дж} = 0,38 \cdot 10^{-19} \text{ кал}.$$

Освещенность 1 лк соответствует 5–6 эрг/(см² · с) для прямой солнечной радиации, 6–6,5 эрг/(см² · с) – для рассеянной.

Фотосинтетическая радиация (ФАР) составляет 45–50 % от общей, приходящей на деятельную поверхность, радиации.

Важнейшим экологическим фактором, определяющим местообитание растений, является солнечная радиация. Для нормального роста и развития овощным растениям необходим свет определенного спектрального состава и достаточной интенсивности. От этих показателей зависит питание растений, их рост, развитие и урожайность.

Особое значение, которое придается условиям освещенности, объясняется тем, что свет – это основной источник энергии, необходимый для физиологических процессов, протекающих в растениях, и в первую очередь – фотосинтеза. Прямое действие света и его влияние на ход многих других биоклиматических элементов в большой степени определяет рост и развитие выращиваемых растений, а следовательно и рентабельность тепличного овощеводства.

Приток солнечной радиации на поверхность Земли определяется астрономическими факторами (продолжительность дня, время года и высота солнцестояния), а также циркуляцией атмосферы, высотой над уровнем моря и другими факторами.

Интенсивность и спектральный состав солнечных лучей, достигающих поверхности Земли, определяется высотой солнцестояния. По мере снижения высоты уменьшается доля прямой и увеличивается доля рассеянной радиации. Одновременно прямая солнечная радиация обедняется коротковолновыми ультрафиолетовыми и сине-фиолетовыми лучами и обогащается длинноволновыми оранжево-красными лучами.

Поступающее количество энергии летом примерно в 10 раз, а число часов солнечного сияния – в 2–3 раза больше, чем зимой. На интенсивность света также влияют и погодные условия. При сплошной облачности на поверхность земли поступает не боль-

ше 20 % световой энергии. Изменяется и спектральный состав солнечной радиации; утром и вечером, а также зимой преобладают красные и инфракрасные лучи, а летом в середине дня – ультрафиолетовые и синие. Необходимо отметить, что в некоторые годы отклонения показателей режима освещенности, особенно в зимний период, достигают 25 % от средних.

Солнечная радиация представляет собой электромагнитные излучения с волнами различной длины. Область солнечного спектра, которой соответствуют волны длиной 28–4000 нм, называется коротковолновой радиацией, 4000–10000 нм – длинноволновой. Промежуток спектра с волнами длиной от 400 до 750 нм – видимая область спектра.

Глаз человека воспринимает только волны этой длины. Излучение с волнами длиной более 750 нм относится к инфракрасной области спектра (близкая инфракрасная – 750–25000 нм, далекая – 25000–1000000 нм). Тепловое, или длинноволновое излучение, приходится на область спектра с волнами длиной 5000–100000 нм.

Практически вся лучистая энергия потоков прямой, рассеянной и отраженной солнечной радиации приходится на область коротких волн (289–4000 нм), причем, в основном, на видимую и инфракрасную области спектра. Эта радиация называется также *интегральной*. Для нормального роста и развития растений имеет значение, главным образом, коротковолновое излучение (380–710 нм), поглощаемое пигментами листьев. Это фотосинтетически активная радиация (ФАР).

Под действием ФАР протекает фотосинтез, осуществляется воздействие на сложные физиологические процессы в растении, которые влияют на формирование урожая. В процессе фотосинтеза создается около 95 % органической массы урожая и аккумулируется вся энергия, накапливаемая в растительном организме.

При выращивании растений в защищенном грунте основное внимание должно уделяться улучшению их фотосинтетической деятельности, т. к. она в наибольшей степени определяет качество продукции.

Кроме ФАР, для растений важна и инфракрасная радиация с волнами длиной свыше 1000 нм, которая, в основном, поглощается водой тканей листа и определяет их температурный режим. Роль этих лучей положительна при температуре ниже 20 °С и отрицательна при температуре выше 30 °С. Для климата теплиц также имеют значение тепловые и световые лучи. По требовательности к интенсивности освещения и продолжительности светового дня различия овощных растений весьма существенны (табл. 2).

Наиболее требовательными к свету являются плодовые овощные растения. Интенсивность освещения определяет не только начало плодоношения, но и количество плодов. Наиболее не требовательными являются листовые овощи. Количество лучистой энергии, приходящееся на единицу площади в единицу времени, дает представление об интенсивности радиации. Рост и развитие растений зависят от интенсивности радиации и ее суммарного количества на протяжении того или иного этапа их жизни. При этом необходимо учитывать, что приток ФАР на открытом месте и внутри теплицы значительно различается.

Таблица 2. Агротехническая группировка овощных культур по требовательности к свету с учетом способов авыращивания в защищенном грунте

Группа	Культура и способ выращивания	Минимальная освещенность, тыс. клк	Минимальная продолжительность освещения при указанной интенсивности, ч/сут.
I	Культуры при выращивании посевом семян и рассадным методом	5–6	8–10
II	Культуры, выращиваемые доращиванием, выгонкой, методом консервации; вешенка	0,5–2	5–6

Лучистая энергия Солнца улавливается листом не полностью. Часть ее проходит мимо, не принимая участия в фотосин-

тезе; 15 % отражается в окружающую среду, 10 % проходит сквозь лист, 75 % поглощается листом.

Из этой энергии только часть используется для фотосинтеза, а около 70 % превращается в тепло.

Потери падающей на ограждение теплиц солнечной энергии происходят в результате поглощения и отражения стеклом и непрозрачными элементами конструкций теплиц. В культивационных сооружениях освещенность уменьшается примерно наполовину по сравнению с освещенностью на открытом месте. Около 10 % падающего света отражается стеклом, 10 % поглощается конструкциями теплиц. Вследствие загрязнения кровли теплиц теряется до 30 % света, а общие потери достигают 50 %. Если на почву поступает 20 % света, то на долю растения остается всего 30 %.

При достаточном количестве солнечного излучения фотосинтез в растении проходит интенсивнее его дыхания, поэтому идет накопление органического веществ. По мере уменьшения интенсивности излучения процесс фотосинтеза ослабевает, и наступает момент, когда интенсивность фотосинтеза и дыхания становятся одинаковыми (компенсационная точка). При дальнейшем уменьшении интенсивности излучения над фотосинтезом преобладает дыхание, и растения вместо накопления органических веществ расходуют их, а повышенная температура при недостатке света усиливает дыхание.

Самыми критическими месяцами по притоку ФАР являются декабрь и январь. По этим месячным суммам ФАР формируются световые зоны, которые и определяют типы культивационных сооружений и культурообороты в теплицах. Поступление солнечной радиации в декабре – январе определяет возможность начала культуры огурца и томата.

Зимой и в облачные дни света в теплицы поступает очень мало.

Освещенность в культивационных сооружениях в зимние и осенние месяцы значительно меньше освещенности на открытом пространстве.

Суммарная солнечная радиация, проникающая в теплицы, определяется *интегральным коэффициентом пропускания покрытия*:

$$K = Q_T / Q_{от} 100\%, \quad (8),$$

где: Q_T – суммарная радиация на единицу площади теплицы за один день;

$Q_{от}$ – суммарная радиация на единицу площади открытой поверхности в тот же день.

Большинство тепличных растений в зависимости от физиологических особенностей растут и плодоносят лишь при освещенности 8–12 тыс. лк. Поток такой мощности в нашей зоне отмечается с конца февраля и по сентябрь. Зимой, в полдень, освещенность на поверхности Земли на открытом месте достигает около 4–5 тыс. лк. Еще меньше лучистой энергии поступает в утренние и послеполуденные часы.

Условия освещенности овощных растений в сооружениях защищенного грунта зависят от многих факторов, в частности от выбора участка, размещения сооружений, угла наклона кровли, качества стекла и его степени загрязненности, размещения растений в теплицах и т. д. Солнечной радиации проникает больше, когда солнечный луч падает непосредственно на освещенный скат. Это диффузный свет, поступающий со всех направлений. В ясные дни доля рассеянного света составляет около 20 % вследствие отражения от соседних построек, деревьев, водяного пара и др. В декабре она достигает 75 %. В туманные и облачные дни растения развиваются, в основном, за счет рассеянного света.

Принято считать, что увеличение освещенности в культивационных сооружениях на 1 % способствует повышению урожайности также примерно на 1 %.

Солнечная радиация, поступающая в культивационные сооружения, претерпевает не только количественные, но и качественные изменения. Важное качество солнечного луча – возможность изменять длину волны света.

Прошедший сквозь стекло солнечный луч падает на растения, внутренние части теплицы и почву и преобразуется в тепло, которое очень медленно удаляется наружу и приводит к его накоплению, а в результате – к повышению температуры в теплице. Солнечная радиация является существенным элементом теплового баланса в теплицах с искусственным обогревом и основным источником тепла в необогреваемых теплицах.

При проектировании и эксплуатации теплиц предусматривается необходимость максимально уменьшать количество и площади затеняющих элементов в подкровельном пространстве и регулярно очищать остекление.

При рассмотрении условий освещенности, требующихся для овощных культур, выращиваемых в теплицах, необходимо иметь в виду и прямую солнечную радиацию, поступающую сквозь открытые вентиляционные фрамуги. Она составляет от 0 до 15 % и имеет практическое значение с марта по ноябрь, когда фрамуги открыты довольно продолжительное время. То, что размер светового пятна не остается постоянным и оно перемещается по площади, не вызывает заметных изменений в освещении растений.

В теплицах, используемых для выращивания овощей в летне-осенний период, требуется затенение. Количество поступающего света при затенении уменьшается на 18 % на южном скате и на 27 % на северном.

Слабая интенсивность естественного излучения и короткий день в течение осенне-зимнего периода на широте Беларуси не позволяют выращивать овощные растения в теплицах без дополнительного освещения. Источником искусственного досвечивания служат электрические лампы различных типов.

Для успешного роста и развития овощных растений эти источники должны обладать следующими свойствами: иметь спектральный состав излучения, в наибольшей степени способствующий прохождению основных физиологических процессов; содержать все участки видимого излучения с преобладанием красных, синих и фиолетовых лучей, а также небольшую часть длинной ультрафиолетовой и короткой инфракрасной радиации

(300–1000 нм); не излучать большого количества тепла, так как систематическое перегревание растений нарушает нормальный обмен веществ, приводит к преждевременному цветению, плодоношению и, как правило, к снижению урожая; быть экономичными, создавать достаточную степень освещенности при возможно меньшем потреблении электроэнергии.

Различают два способа применения электрического света при выращивании овощных растений – в качестве дополнительного к естественному (*электродосвечивание*) и в качестве единственного источника света (*электросветокультура*).

Экономически эффективным является досвечивание рассады. Оно продолжается короткий период (25–40 дней), и облучению подвергается большое количество растений (25–100 шт.), размещенных на 1 м² площади.

Скорость роста и развития рассады зависят от количества света. Электродосвечивание рассады позволяет ускорить развитие растений (место заложения первой цветочной кисти у томатов находится на стебле тем ниже, чем большее количество света было получено растением), получить продукцию на 20–25 дней раньше и повысить урожай на 20–25 %. Затраты электроэнергии составляют соответственно примерно 5 и 8 кВт ч на одно растение огурца и томата.

Себестоимость овощей при досвечивании рассады, несмотря на дополнительные расходы, снижается на 15–20 %.

В большинстве случаев для оценки интенсивности роста овощных растений используют показатели интенсивности фотосинтеза, количественной мерой которого является количество углекислого газа, поглощенного растениями в единицу времени на единице площади – (г/ч×м²). Характеристикой света служит его интенсивность (Вт/м²).

Темпы фотосинтеза возрастают при увеличении интенсивности света, это особенно ярко проявляется при низких уровнях освещенности в зимний период (до 200 Вт/м²).

Свет – ведущий энергетический фактор в защищенном грунте, который в значительной степени определяет возможные сро-

ки использования культивационных сооружений. Световой режим определяется солнечной радиацией (кроме светокультуры).

Спектральный состав света также очень важен для растений. Ультрафиолетовые лучи (длина волн – 380–400 нм) благоприятны для рассады и нежелательны в период активной вегетации и плодоношения. Оранжево-красные лучи (595–750 нм) способствуют интенсивному накоплению биомассы и раннему цветению. При преобладании в спектре сине-фиолетовых лучей (400–490 нм) активизируются процессы плодоношения. Желто-зеленые лучи наименее поглощаются растениями, под их влиянием увеличивается расход энергии на дыхание. Наименее благоприятна для растений инфракрасная радиация (750 нм), вызывающая перегрев и иссушение почвы.

Различают прямую солнечную радиацию и рассеянную. Интенсивность ее зависит от высоты стояния солнца, чистоты атмосферы, облачности. Сумму прямой и рассеянной солнечной радиации называют **суммарной радиацией**. Поток солнечной энергии, приходящейся на перпендикулярную поверхность в единицу времени, называют **интенсивностью радиации** и выражают в Дж/см²×мин или Вт/см².

В практике для характеристики светового режима обычно пользуются освещенностью, которая определяется световым потоком, приходящимся на единицу площади. Измеряют ее в люксах (лк). Большинство тепличных растений, в зависимости от физиологических особенностей, растет и плодоносит при освещенности 8–12 тыс. лк.

Требовательность к свету может изменяться у одной и той же культуры в зависимости от способа выращивания (посев семян, рассадный способ, выгонка, доращивание и др.).

Освещенность в значительной степени влияет на сроки цветения, плодоношения и нарастания урожая. Весной и летом растения растут быстрее, чем зимой. Относительно высокая освещенность способствует и улучшению качества продукции, увеличению количества витаминов, снижению вредных для организма нитратов и нитритов.

Наряду с освещенностью рост растений и формирование урожая зависят и от длины дня. Различают растения длинного, короткого и нейтрального дня. К растениям длинного дня относят капустные культуры, салат, шпинат, редис, укроп, морковь, свеклу, лук; короткого – томат, перец, огурец; нейтрального – фасоль, картофель, некоторые сорта огурца.

Продолжительность дня и освещенность в осенне–зимние месяцы определяют возможность выращивания в эти сроки основных тепличных культур (огурец и томат). Улучшение световых условий в защищенном грунте достигается не только за счет конструктивно-планировочных устройств теплиц, но и дополнительного электродосвечивания рассады.

Для освещения рассады в теплицах используют тепличные облучатели REFLUX–400 W, REFLUX–600 W (SUPER), светильники серии ЖСП 37 с лампами Philips SON-T, AGRO и GREEN POWER. Кроме перечисленных источников освещения, в хозяйствах используют и другие виды ламп и светильников производства стран дальнего зарубежья.

Удельная мощность системы дополнительного освещения составляет 80–450 Вт/м².

Электродосвечивание рассады ускоряет плодоношение на 20–25 дней и увеличивает общий урожай на 25–30 %. При электродосвечивании взрослых растений затраты электроэнергии на 1 кг продукции достигают 150–200 кВт × ч.

4.6 Воздушно-газовый режим, рециркуляция воздуха, подкормка растений CO₂

Атмосферный воздух содержит около 78 % азота, 21 % кислорода, 0,03 % углекислого газа и незначительные количества (0,93%) аргона, гелия, ксенона, криптона и других газов. К такому составу воздушно-газовой среды адаптировано большинство овощных растений. В обычных условиях открытого грунта растения не испытывают недостатка в O₂ и CO₂, несмотря на то, что некоторые виды растений на площади 1 га ежедневно поглощают 500–600 кг двуокиси углерода, которую они извлекают

из 100000 м³ воздуха. Благодаря непрерывной циркуляции больших воздушных масс практически неподвижные растения обеспечиваются необходимым количеством СО₂. Однако в условиях защищенного грунта, где создается замкнутое пространство, состав воздуха может существенно отличаться от атмосферного. Разлагающееся органическое вещество почвы и питательных субстратов обогащает воздух теплиц углекислым газом (из 1 м² почвы в день может выделяться до 75 г углекислого газа), аммиаком, метаном. В воздухе теплиц присутствуют и другие газы, образующиеся при сжигании топлива, и т. д. Содержание углекислого газа в теплице при выращивании томата колеблется в течение дня в довольно широких пределах.

Содержание углекислого газа в 1 л воздуха в оптимальных условиях составляет 0,58 мг. Для синтеза 1 г крахмала растениям необходимо извлечь углекислый газ из воздуха объемом 220 л. Обычного содержания СО₂ в воздухе достаточно для нормального протекания процесса фотосинтеза, но благоприятная температура и влажность в условиях теплиц, правильное питание способствуют развитию значительно более мощного листового аппарата у растений.

Углерод составляет около 45 % сухого вещества растений. Потребность в углероде растений защищенного грунта значительно выше, чем открытого. В благоприятных условиях освещения, температуры и корневого питания овощные растения могут усваивать в сутки 30–50 г углекислого газа с 1 м². Углекислый газ, содержащийся в воздухе, является источником, из которого они получают углерод.

Нехватка углерода нарушает физиологическое состояние растений, а увеличение концентрации углекислого газа в воздухе усиливает фотосинтетическую активность, следовательно, способствует повышению урожайности.

Оптимальное содержание углекислоты в воздухе теплиц для огурца составляет 0,2–0,6 %, для томата – 0,1–0,3 %. С увеличением содержания СО₂ в воздухе теплицы до указанных концентраций усиливается плодообразование и улучшается качество плодов томата.

Подкормка растений углекислым газом широко практикуется в условиях защищенного грунта. Она ускоряет нарастание их массы и плодоношение, повышает урожайность на 15–20 %. Углекислый газ целесообразно подавать в теплицы в течение длительного промежутка времени – на протяжении всего периода вегетации, начиная с рассадного. Высокие прибавки урожая обеспечивает подкормка углекислым газом в период цветения и плодоношения. При недостатке света и пониженной температуре она способствует нарастанию вегетативной массы, т. е. ускоряет развитие ассимиляционного аппарата, при хорошем освещении и благоприятной температуре способствует развитию генеративных органов.

Целесообразно использовать углекислоту как удобрение в начале года и весной, когда фрамуги теплиц закрыты. Подкормку проводят в утренние или в послеполуденные часы, когда несколько снижается интенсивность освещения. Температура при этом должна быть на 2–3 °С выше рекомендованной для выращивания данной культуры.

Особое значение имеет подкормка углекислым газом в гидропонных теплицах, поскольку здесь, как правило, почвогрунт заменяется минеральными и другими субстратами, не выделяющими углекислоту. Овощные культуры, особенно огурец, положительно реагируют на увеличение концентрации углекислого газа. Другие газы могут оказывать токсическое действие (табл. 3).

Таблица 3. Предельно допустимая концентрация вредных газов в воздухе теплиц, мг/м²

Объект	Дву- окись серы	Дву- окись азота	Ам- миак	Озон	Фор- маль- дегид	Дву- окись угле- рода	Аце- ти- лен	Про- пи- лен
Человек	5	5	50	0,1	5	5	–	–
Растения	0,2	20	10	0,2	0,7	500	0,05	50

При содержании в воздухе 0,1–0,6 % аммиака растения быстро начинают проявлять признаки старения, появляются ожоги

листьев, а при большей концентрации (около 4 %) погибают в течение суток. Такое же токсическое действие оказывает и метан. Для овощных растений токсичным является и повышенное содержание в воздухе аммиака. Оно может возникать после высадки рассады сразу же после внесения в грунт свежего навоза, а также при использовании больших количеств куриного помета, аммонизированных торфяных смесей. Токсическое действие повышенного содержания аммиака в воздухе проявляется в виде ожогов на нижних листьях растений.

Вследствие сжигания природного газа с примесью серных соединений в воздухе теплиц появляется сернистый газ, который поражает растения уже в концентрации 0,01 %; листья белеют и засыхают, плоды томата теряют характерную округлую форму и деформируются.

При выращивании овощей в сооружениях защищенного грунта необходимо учитывать и скорость движения воздуха. Усиление движения активизирует процесс фотосинтеза. Оптимальная скорость движения воздуха в теплицах должна составлять 0,3–0,5 м/с. При застое воздуха, что часто возникает в теплицах, затрудняется газообмен, ослабляется фотосинтез, водяной пар удаляется медленно, а это ограничивает транспирацию.

Температура листа зависит от движения воздуха. При повышении температуры воздуха целесообразно усилить его циркуляцию. Стрессовое состояние растений приводит к их ослаблению, повышенной чувствительности к болезням, незначительным колебаниям температуры и т. д.

Для нормальной жизнедеятельности растительного организма клетки листа должны быть насыщены водой, которая участвует в дыхательном обмене, синтезе углеводов, органических соединений. Кроме того, растения непрерывно испаряют ее. При недостатке влаги в воздухе листья перегреваются, увядают, интенсивность фотосинтеза резко снижается, а дыхание усиливается.

Относительная влажность воздуха показывает соотношение между имеющимися в воздухе водяными парами и максимальным их количеством при данной температуре. Она зависит об

абсолютной влажности и температуры воздуха. Если при неизменной абсолютной влажности температура воздуха повышается, то относительная влажность будет снижаться и, наоборот, при неизменном содержании водяных паров снижение температуры воздуха будет повышать его относительную влажность.

Если воздух насыщен водяными парами, то снижение температуры приведет к их конденсации. Как правило, конденсация происходит в ночное время, и растения в теплицах становятся влажными. Конденсат, покрывая тонким слоем листья, затрудняет транспирацию. При низкой влажности транспирация усиливается, растения теряют много влаги и ростовые процессы замедляются.

Поэтому в жаркие солнечные дни целесообразно распылять воду в воздухе теплиц.

Особое внимание необходимо обратить и на требования овощных растений к влажности воздуха в культивационных сооружениях. Тепличные растения предъявляют различные требования к влажности воздуха; для огурца желательна высокая влажность – 75–80 % и более, для томатов – 60–65 %.

От влажности воздуха и теплового режима в теплицах зависит распространение болезней растений и вредителей. Высокая влажность в условиях пониженной температуры обычно создает условия для быстрого развития вредной микрофлоры (грибной и бактериальной), вследствие чего возрастает заболеваемость растений. При высокой влажности воздуха и несвоевременной вентиляции теплиц томаты могут поражаться серой гнилью, у огурца трескаются стебли. Очень низкая влажность воздуха при повышенной температуре создает условия для распространения паутинного клеща. Повышенная и пониженная влажности воздуха при выращивании самоопыляющихся растений (томат) ухудшает условия опыления цветков.

Циркуляция воздуха в обогреваемых теплицах более интенсивна, так как на влажность в них существенное влияние оказывает наружный воздух. Воздух, удаляемый из теплицы при проветривании, содержит больше водяного пара, чем наружный.

Вентиляционный напор определяется разницей в давлении воздуха снаружи и внутри теплицы.

Режим влажности воздуха в теплицах должен регулироваться таким образом, чтобы при создании оптимальной для растений влажности избежать конденсации водяных паров. Изменения средней максимальной и средней ночной относительной влажности воздуха показывают, что такая опасность может возникнуть, начиная с марта месяца.

Создание в теплицах воздухообмена и газообмена нужной интенсивности достигается автоматическим регулированием.

Система рециркуляции воздуха теплицы предназначена для естественного проветривания наружным воздухом через форточки. Открытие и закрытие форточек осуществляется мотором с редуктором, который обеспечивает их одновременный подъем и опускание на всей площади каждого отделения.

Система подкормки растений углекислым газом предназначена для обогащения овощных культур в период их вегетации двуокисью углерода для стимуляции процесса фотосинтеза и увеличения продуктивности. Получение двуокиси углерода осуществляется сжиганием природного газа в теплицах с помощью газогенератора.

В тепличных комплексах могут быть задействованы и другие способы обеспечения требуемой концентрации CO_2 , например, использование емкостей с жидкой углекислотой. Возможен также комбинированный вариант.

Процесс управления в теплице концентрацией углекислого газа осуществляется в автоматическом режиме климатическим компьютером.

Применение подкормки растений CO_2 позволяет повысить качество продукции и увеличить урожайность на 10–20 %, она особенно необходима при выращивании овощей в зимний период и при круглогодичном выращивании цветов.

Получение высокого общего и раннего урожая невозможно без использования подкормок CO_2 . В теплицах углекислый газ выделяется растениями при дыхании, или подается в теплицу. В солнечную погоду, а в феврале-марте при закрытых фрамугах,

без дополнительной подачи углекислого газа его содержание в воздухе может снижаться до 100–150 ppm, что приводит к недобору урожая.

Источники подаваемого в теплицу углекислого газа делят на биологические и технические. Использование биологических источников связано с деятельностью микроорганизмов, разлагающих клетчатку и продуцирующих в процессе своей жизнедеятельности углекислый газ. Биологическими источниками CO_2 в теплицах являются навоз, солома, щепы, опилки, торф и др. Такие источники могут быть учтены при выращивании культуры огурца на грунтах, но их не следует принимать в расчет при выращивании огурца в условиях малообъемной культуры на торфе. По некоторым литературным источникам, выделение CO_2 из торфа незначительно и составляет 0,2–0,4 г/м-час.

Основным недостатком биологических источников является невозможность регулирования процесса подкормки и кратковременность повышения концентрации CO_2 в теплице.

Из технических источников углекислого газа в настоящее время наибольшее распространение получили – сжиженная углекислота, отходящие газы котельной, газогенераторы различного типа, работающие на природном газе.

Для подкормки растений наиболее часто применяется сжиженная углекислота. Достоинства этого метода заключаются в том, что есть возможность автоматизации подачи и регулирования концентрации CO_2 , а также отсутствуют примеси. Основным недостатком применения сжиженной кислоты в теплицах является её высокая стоимость, к тому же с началом открытия вентиляционных фрагм в теплицах подкормки прекращают, т. к. увеличиваются потери газа и они становятся неэффективными.

Перспективным источником углекислого газа являются отходящие газы котельной (ОГК), содержащие в своем составе до 11–12 % CO_2 . Отходящие газы котельных можно непосредственно подавать в теплицу, а можно, очищая и сжижая с помощью дополнительной установки, накапливать или подавать в теплицу. Второй способ дороже, но преимущества у него те же, что у

применения жидкой углекислоты. Помимо возможности автоматизировать процесс подачи и регулировать концентрацию CO_2 , использование отходящих газов имеет несколько серьезных достоинств: подкормку можно проводить при открытых фрамугах, т. е. в течение всего сезона, выброс CO_2 в атмосферу регулируется, при этом происходит экономия природного газа и, главное, проект быстро окупается.

Подача отходящих газов котельной в теплицу происходит по трубопроводу, с использованием нагнетающих вентиляторов, а в теплице – по полиэтиленовым рукавам диаметром 5 см с перфорацией по 4 отверстия на каждые 20 см. Рукава укладываются под каждый ряд растений. В трубопроводе должны быть дренажные отверстия, для отвода конденсата. В настоящее время, с отказом многих тепличных комбинатов от больших котельных и с установкой котельных на каждом блоке теплиц, этот метод стал более экономичным, т. к. не требует монтажа дорогостоящего магистрального трубопровода большого диаметра на большие расстояния.

Есть у этого способа и недостатки, один из них – наличие примесей CO и NO_2 , что может представлять серьезную опасность как для людей, работающих в теплице, так и для растений. В этом случае обязательно наличие прибора-анализатора CO/NO_2 для контроля воздуха в теплицах. Второй недостаток заключается в том, что в летнее время, когда нет необходимости в отоплении, котел работает на подачу CO_2 . Кроме того, при переходе с газа на мазут в штатной или аварийной ситуации, из-за большого количества опасных для здоровья людей и вредных для растений примесей, подкормку отходящими газами котельной вести нельзя.

Использование газогенераторов, работающих на природном газе или пропане, в настоящее время также достаточно широко распространено. Газогенераторы в количестве 9–16 шт/га, в зависимости от их производительности, устанавливают над уровнем шпалеры, стационарно. Они просты в эксплуатации, снабжены устройством автоматического контроля работы горелки и позволяют автоматизировать процесс подкормки CO_2 . Основ-

ными недостатками являются: невозможность их использования при открытых вентиляционных фрамугах, когда CO_2 с нагретым при работе горелки воздухом выходит в атмосферу; значительное повышение температуры воздуха в районе расположения газогенераторов, что сказывается на выравненности роста растений; возможность образования примесей CO и NO_2 .

На практике подкормку CO_2 начинают с восходом солнца, одновременно с началом фотосинтеза растений, и заканчивают за 2–3 часа до захода солнца. В зимние месяцы подкормку растений ведут при освещенности не менее 2,8–3,0 тыс. лк, начиная с периода высадки рассады и приживания растений на постоянном месте.

Концентрацию CO_2 в теплице поддерживают на уровне 700–800 ppm. В летние месяцы (май–июнь) желательнее поддерживать концентрацию CO_2 на более высоком уровне (до 1000 ppm) по причине более высокой освещенности.

4.7 Режим влажности субстрата и воздуха

От того, насколько овощные растения обеспечены влагой, зависит их рост и развитие, интенсивность протекания процесса фотосинтеза, и, в конечном итоге, формирование урожая.

Влажность субстрата и воздуха влияют на особенности роста и развития растений. Регулируя их параметры в культивационных сооружениях, можно направленно изменять процессы роста и развития растений. Требовательность овощных культур к влажности грунтов определяется их биологическими особенностями, величиной и характером листовой поверхности, развитием корневой системы, продолжительностью периода вегетации.

Количество воды, необходимое для получения урожая с единицы площади, называют **водопотреблением**; израсходованное на получение единицы урожая и выраженное в литрах на 1 кг – **коэффициентом водопотребления**. Количество воды, необходимое для получения 1 г сухой массы урожая, называют **транспирационным коэффициентом**; расходуемое при поливах в течение вегетации культуры – **оросительной нормой**, за один

полив – **поливной нормой**. Названные показатели, характеризующие водный режим, изменяются в зависимости от культуры, сорта, продолжительности периода выращивания овощных растений, интенсивности солнечной радиации, условий микроклимата, применяемой агротехники.

Требования овощных растений к влаге в разные фазы роста и развития неодинаковые. Наибольшие требования к влажности субстрата предъявляют растения при прорастании семян.

Влажность субстрата – количество воды, находящейся в данный момент в почве, выраженное в весовых или объемных процентах. *Влагоемкость* – способность субстрата вмещать и удерживать в себе то или иное количество воды.

С практической точки зрения для защищенного грунта наибольшее значение имеет полная (ПВ) и полевая, или наименьшая влагоемкость (НВ).

Полная влагоемкость – количество влаги, удерживаемое субстратом в состоянии полного насыщения при заполнении всех пор водой. Полную влагоемкость вычисляют по скважности (суммарный объем пор между частицами твердой фазы грунта в единице объема).

Полевая (предельная полевая, или наименьшая) влагоемкость – это то максимальное количество воды, которое способно удерживаться в субстрате длительное время при отсутствии стока или испарения. Этот вид влагоемкости имеет наибольшее практическое значение, так как позволяет судить о возможных запасах влаги.

Принято считать, что для большинства овощных культур влажность субстрата должна, в среднем, составлять 70 % НВ. Особенно требовательны к влаге зеленные культуры и рассада. Влажность субстрата при зимне-весенней культуре огурца и томата дифференцируют по трем периодам:

1. Высадка рассады – начало плодообразования: для огурца – 70–80 %, для томата – 65–75 % НВ;
2. Начало плодообразования – первые сборы плодов – соответственно 75–85 % и 70–80 %;

3. Первые сборы плодов – конец вегетации – 85–95 % и 80–85 % НВ (по Павлову, 1983).

В культивационных сооружениях важно определение норм поливов в соответствии с требованиями выращиваемых культур. Зимой, ранней весной и в пасмурную погоду растениям нужно меньше воды, поздней весной, летом, в условиях повышенных температур требуются обильные поливы. Норма полива – 10–12 л/м², в августе сокращается, а в ноябре–декабре она составляет 5 л/м².

Норма полива зависит от культуры. Для огурца минимальная норма полива дождеванием составляет 3–4 л/м², томата – 6–8 л/м². При этом необходимо учитывать и особенности тепличных субстратов.

Зная величины оптимальной и фактической влажности субстрата в определенный момент, можно определить дефицит влаги и норму полива:

$$H = (a - \epsilon) \times P \times 10, \quad (9),$$

где: Н – норма полива, л/м²;

а – оптимальная влажность субстрата, % НВ;

в – фактическая влажность субстрата в данный момент, % НВ;

Р – удельная масса слоя субстрата, т/га;

10 – коэффициент пересчета воды на литры.

Пример. Оптимальная влажность субстрата в период плодоношения огурца – 90 %, фактическая влажность – 79 % НВ. Масса слоя субстрата при его глубине 30 см и плотности 0,6 г/м³ – 1800 т.

Норма полива составит: $(90-79) \times 1800 \times 10 = 198000$ л/га, или 19,8 л/м².

Для нормирования поливов можно пользоваться и рекомендациями по примерным поливным нормам (табл. 4).

Сроки поливов можно определять глазомерно по внешнему виду растений, по влажности субстрата на ощупь, физиологическим методом – по концентрации клеточного сока, лабораторно – весовым методом. Для тепличных субстратов, характеризующихся высокой концентрацией элементов питания, а следова-

тельно, достаточно высокой электропроводностью, наиболее подходящим методом определения влажности будет весовой метод.

Таблица 4. Поливной режим огурца и томата в зимне-весеннем обороте
(В. А. Брызгалов, 1983 г.)

Месяц	Количество поливов		Поливная норма, л/м ²	
	Огурец	Томат	Огурец	Томат
Январь	8–10	–	2–3	–
Февраль	10–12	4–6	4–5	6–8
Март	14–16	8–10	4–5	8–10
Апрель	18–22	10–12	–6	8–10
Май	24–28	10–12	5–6	10–12
Июнь	26–30	13–15	5–6	10–12
Июль	–	13–15	–	10–12

В теплицах поддержание оптимальной влажности грунта осуществляют, применяя капельное орошение, шланговый полив, дождевание, подпочвенное орошение. Наиболее совершенными считаются капельный полив и дождевание. При этом способе воду подают в определенную зону корневой системы растений. При капельном поливе для орошения применяют микро-трубки, капельницы (рис. 32), микропористые увлажнители.



Рис. 32. Виды капельниц

Эту систему полива применяют при выращивании овощных культур в контейнерах способом малообъемной гидропоники. Кроме влажности грунта, для тепличных культур имеет значение относительная влажность воздуха (ОВВ).

Относительная влажность воздуха является фактором среды, тесно связанным как с температурным, так и с водными режимами овощных растений.

Для огурца оптимальный уровень ОВВ в блочных теплицах равен 75–80 %, а для томата – 60–65 %. ОВВ дифференцируют по фазам роста и развития растений.

В действующих проектах тепличных комплексов для увлажнения растений используют систему испарительного охлаждения и увлажнения.

Контрольные вопросы. 1. Микроклимат в защищенном грунте, его регулирование? 2. На чем основывается система управления микроклиматом в культивационных сооружениях. 3. Что такое «фитомониторинг», его задачи? 4. Назовите системы фитомониторинга, их назначение? 5. Тепловой режим, его значение? Деление овощных культур защищенного грунта по требовательности к теплу? 4. Световой режим. Его влияние на рост и развитие овощных культур? 5. Какова роль автоматической системы управления микроклиматом в теплице? 6. На сколько групп по отношению к теплу делятся овощные культуры? 7. Назовите виды солнечной радиации, их роль и значение? 8. Назовите энергетические и фотометрические величины и единицы их измерения? 9. Как группируют овощные культуры по требовательности к свету с учетом способов выращивания? 10. Назовите способы применения электрического света при выращивании овощных растений? 11. Какова роль спектрального состава света для растений? 12. Назовите виды солнечной радиации? Деление растений по отношению к длине дня? 13. Каково значение воздушно-газового режима при выращивании овощных культур в защищенном грунте? 14. С помощью чего происходит создание в теплицах нужной интенсивности воздухообмена и газообмена? 15. Как происходит процесс управления подкормкой растений CO_2 в культивационных сооружениях? 16. От чего зависит требовательность овощных культур к влажности грунтов? 17. Назовите показатели, характеризующие водный режим? 18. Назовите периоды, характеризующие влажность субстрата при выращивании огурца и томата в зимне-весенней культуре? 19. Охарактеризуйте принцип определения дефицита влаги и нормы полива для овощных культур в защищенном грунте?

ГЛАВА 5

ПОЧВОГРУНТЫ И СИСТЕМА ПИТАНИЯ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ

5.1. Почвогрунты (субстраты), применяемые в защищенном грунте, их состав и свойства

Овощные культуры защищенного грунта предъявляют высокие требования к уровню плодородия почвы, что связано с большим выносом питательных элементов и более продолжительным выращиванием, чем в открытом грунте. Корнеобитаемые среды в теплицах называют **субстратами**. Оптимизация минерального питания тепличных культур в значительной степени зависит от физико-химических свойств субстрата, от его способности минимально обеспечивать растения элементами питания, водой, а корневые системы – воздухом.

В защищенном грунте (пленочные теплицы) используют, в основном, насыпные почвенные смеси (почвенный грунт), органические и минеральные субстраты. Они должны обладать высокой влагоемкостью, буферностью, воздухопроницаемостью, почвенной поглотительной способностью, быть свободными от вредителей и болезней, выдерживать длительный срок эксплуатации.

Все субстраты для защищенного грунта можно условно разделить на несколько типов.

Собственно почва – высокоплодородная и удобренная органическими и минеральными удобрениями. Используют в пленочных теплицах, тоннелях.

Почвенные смеси (грунты). В качестве компонентов для их приготовления используются почва, торф, органические и минеральные удобрения, другие материалы. Применяют в современных теплицах с насыпным грунтом, в пленочных сооружениях.

Заменители почвы растительного органического происхождения (древесные опилки, дробленая кора, солома, верховой

торф, отходы гидролизной промышленности) – в основном, быстро разлагающиеся материалы.

Искусственные субстраты (минеральная вата, гравий, керамзит, перлит, вермикулит, и др.). Питание растений происходит за счет питательных растворов.

Почва (субстрат, грунт), как физическое тело, состоит из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Твердая фаза представлена минеральными и органическими веществами, жидкая – водой с растворенными в ней соединениями (почвенный раствор), газообразная – воздухом.

Соотношение фаз может изменяться в зависимости от рыхлящих материалов. В почвогрунтах с содержанием 10 % органического вещества соотношение твердой, жидкой и газообразной фаз составляет 1:1:1.

При выращивании овощных растений в теплицах большое значение имеют и физические свойства почвогрунтов. Основными показателями, определяющими водно-физические свойства тепличного грунта, являются следующие: плотность, плотность твердой фазы, пористость.

Плотность твердой фазы (удельная масса) – это отношение массы твердой фазы грунта в абсолютно сухом состоянии к массе равного объема воды. Таким образом, удельная масса – это масса (в граммах) одного кубического сантиметра твердой фазы абсолютно сухого грунта.

Этот показатель у тепличных грунтов зависит от содержания органического вещества, структуры, гранулометрического состава, сложения и пористости.

Тепличные почвогрунты считаются рыхлыми, если их плотность находится в пределах 0,9–0,95 г/см³, с нормальной плотностью – 0,95–1,15, плотные – 1,15–1,25, сильно плотные – 1,25 г/см³ и выше.

Оптимальная плотность для тепличных культур составляет: огурец – 0,5 г/см³, томат – 0,8, кочанный салат – до 1, рассада – 0,5 г/см³.

Величина удельной массы минеральных почв колеблется от 2,50 до 2,65. У торфов удельная масса изменяется, в зависимости от степени разложения и зольности – от 1,4 до 1,7 г/см³.

Плотность – это масса абсолютно сухой единицы объема грунта в естественных условиях. Объемная масса (ОМ) грунта зависит от гранулометрического состава минеральной части, содержания органического вещества и сложения. Объемная масса пахотного слоя минеральных почв колеблется от 0,8 до 1,6 г/см³; объемная масса торфяных почв – от 0,04–0,08; у целинных верховых болотных почв до 0,2–0,3; у старопахотных низинных болотных почв.

Плотность и плотность твердой фазы тепличного почвогрунта могут служить признаками, указывающими на содержание в нем органического вещества, на его структуру, пористость.

Скважность, или пористость – это суммарный объем пор между частицами твердой фазы грунта в единице объема. Величина общей скважности рассчитывается по объемной массе и плотности твердой фазы в процентах от объема:

$$\text{Ск, \%} = (1 - \text{ОМ/УМ}) \times 100, \quad (10),$$

где: Ск – скважность; ОМ – объемная масса; УМ – удельная масса.

Выражают ее в процентах от объема почвогрунта. Пористость тепличных почвогрунтов с высоким содержанием гумуса равняется 50–70 %.

Определение скважности имеет большое агрономическое значение, так как она обуславливает такие свойства, как влагоемкость, водопроницаемость и определяет направление и интенсивность биохимических процессов в почве.

Скважность аэрации – это часть скважности грунта, заполненная воздухом. Она соответствует разности между объемом общей скважности и объемом воды, которая содержится в грунте в момент определения скважности.

Скважность аэрации (Аэ) вычисляют по данным общей скважности, фактической влажности и плотности грунта и выражают в процентах по отношению к общей скважности по формуле

$$A_{\text{э}} = C_{\text{к}} - (OM \times a), \quad (11),$$

где: $C_{\text{к}}$ – общая скважность, %; OM – объемная масса, $\text{г}/\text{см}^3$;
 a – влажность грунта, % на сухую почву.

Удельную массу вычисляют по формуле:

$$UM = A / (A + B - C), \quad (12),$$

где: UM – удельная масса, $\text{г}/\text{см}^3$; A – масса абсолютно сухой почвы, г; B – масса пикнометра с водой, г; C – масса пикнометра с водой и почвой, г.

Формула для определения массы абсолютно сухой почвы:

$$A = a \cdot 100 / 100 + \Gamma, \quad (13),$$

где: a – навеска воздушно-сухой почвы, г;

Γ – гигроскопическая влага, %.

Рассчитывают объемную массу или плотность ($\text{г}/\text{см}^3$) по формуле:

$$OM = A - 100 / (100 + a) \times V, \quad (14),$$

где: A – масса влажной почвы в объеме цилиндра, г;

a – влажность почвы, % на сухую навеску;

V – объем цилиндра = $\pi r^2 h$.

Водные свойства. *Влажность почвы* – количество воды, находящейся в данный момент в почве, выраженное в весовых или объемных процентах.

Влагоемкость – способность почвы поглощать и удерживать в себе то или иное количество воды.

С практической точки зрения, для защищенного грунта наибольшее значение имеет полная (ПВ), или наименьшая влагоемкость (НВ).

Полная влагоемкость – количество влаги, удерживаемое почвой в состоянии полного насыщения при заполнении всех пор водой.

Полную влагоемкость вычисляют по скважности.

Полевая (предельная полевая, или наименьшая) влагоемкость – это то максимальное количество воды, которое способно удерживаться в почве длительное время при отсутствии стока или испарения. Этот вид влагоемкости имеет наибольшее практическое значение, так как позволяет судить о возможных запасах влаги.

Определение влажности грунта. Для тепличных грунтов, характеризующихся высокой концентрацией элементов питания, а следовательно, достаточно высокой электропроводностью, наиболее подходящим методом определения влажности является весовой метод.

Влажность рассчитывают по формулам:

$$a = (A - B) / (B - C) \times 100, \text{ в \% на сухую почву} \quad (15),$$

$$a = (A - B) / (A - C) \times 100, \text{ в \% на сырую почву}, \quad (16),$$

где: А – масса стаканчика с грунтом до высушивания, г;

В – масса стаканчика с грунтом после высушивания, г;

С – масса пустого стаканчика, г.

Определение предельной полевой влагоемкости. Величина НВ используется для расчета норм полива. В начальный период вегетации огурца (до плодоношения) влажность почвы поддерживается на уровне 70 % ПВ, а в последующем – на уровне 90 %.

Определение физических параметров грунтов, используемых в теплицах, необходимо для осуществления контроля за влажностью азрации, расчета норм полива и промывки грунтов.

Пример расчета нормы полива.

Объемная масса (ОМ) = 0,5, т/м³.

Удельная масса (УМ) = 1,5, т/м³.

Объем грунта на 1 га при мощности слоя 30 см – 3000 м³, оптимальная влажность 55 % от ПВ, фактическая влажность 45 % от ПВ, общая скважность составит:

(Ск) = ПВ = 66,7% от объема, т. е. 2001 м³/га.

При оптимальной влажности = 2001 × 0,55 = 1100 м³/га.

При фактической влажности = 2001 × 0,45 = 900 м³/га.

Дефицит влаги составляет = 1100 – 900 = 200 м³/га = 20 л/м².

Промывная норма рассчитывается в зависимости от характера засоления по формуле А. П. Розова:

$$M = P - m + nP,$$

где: P – запас воды при ПВ = Ск = 2001 м³/га, m – фактический запас = 900 м³/га, n – числовой коэффициент, зависящий от характера засоления и гранулометрического состава грунта; для тепличных грунтов он принимается от 0,25 до 0,5.

В нашем случае – M = 2001 – 900 + (0,25 · 2001) = 1101 + 500 = 1600 м³/га = 160 л/м².

При длительном использовании тепличных грунтов ухудшаются их физические свойства; увеличивается их плотность, уменьшается общая пористость, значительно возрастает капиллярная пористость, в связи с чем, ухудшается водно-воздушный режим.

Углекислый газ непосредственно участвует в фотосинтезе, интенсивность которого зависит от концентрации CO_2 в окружающем воздухе. Оптимальную концентрацию диоксида углерода поддерживают в зависимости от условий освещенности. Необходимое его количество рассчитывают исходя из баланса культивационных сооружений по его содержанию. Выделение CO_2 из торфа составляет 1–5 кг/га в 1 ч в течение первых двух-трех недель, затем 20–30 кг/га. Внесение 300 т навоза на 1 га теплиц позволяет поддерживать концентрацию диоксида углерода на уровне 0,1 %.

При недостатке органического субстрата, а также при выращивании овощных культур методом гидропоники повысить концентрацию диоксида углерода можно за счет следующих технических источников: твердой и сжиженной углекислоты, продуктов сгорания углеводородного топлива. Чаще всего подкормки растений проводят при помощи генератора, работающего на природном газе. Работа генератора автоматизирована. Можно также использовать предварительно очищенные отходящие газы котельных.

Свойства тепличных грунтов зависят от их состава и соотношения компонентов (табл. 5).

Тепличные грунты готовят, как правило, из расчета 3000 м^3 на 1 га. Рассадную смесь готовят в количестве около 100 м^3 на 1 га ежегодно.

При составлении почвенной смеси принимают во внимание, что 1 м^3 имеет массу: низинный торф – 0,4–0,5 т; верховой – 0,25–0,3 т; перегной – 0,7–0,9 т; компост – 1 т; дерновая полевая земля – 1,2–1,5 т; навоз – 0,8 т; песок – 1,8–2,0 т; опилки – 0,15–0,2 т; солома прессованная – 0,14 т.

Питательные смеси заготавливают из расчета толщины почвенного слоя в грунтовых теплицах 30 см, добавляя 4–6 см на подсыпку в процессе выращивания томата и огурца.

Таблица 5. Состав и свойства тепличных грунтов

Физические свойства грунтов	Типы грунтов:		
	органические	органоминеральные	минеральные
Состав, % объема	Торф 60–70, древесные отходы 10–20, навозный компост 10–20	Торф 50–60, полевая земля 10–30, навозный компост 10–20	Полевая земля 50–60, местные органические материалы 15–25, навозный компост 15–25
Содержание органического вещества, %	40–60	20–30	5–20
Плотность, г/см ³	0,2–0,4	0,3–0,6	0,6–1,0
Пористость общая, %	80–90	70–80	55–70
Пористость аэрации, %	25–30	20–25	20–25
ППВ, % объема	55–60	40–45	30–40
Соотношение фаз: твердая, жидкая, газообразная	1:6:3	1:3:2	1:1:1

5.1 Субстраты для выращивания растений по малообъемной технологии

Субстрат для малообъемной технологии должен отвечать определенным требованиям; не выделять токсические вещества, не нарушать питательные режимы и не изменять в значительной степени реакцию питательного раствора, иметь высокую пористость, хорошую аэрированность и влагоемкость, прочность при использовании.

Верховой торф. Использование торфа для малообъемной гидропоники целесообразно по следующим причинам:

- запасы сырья практически не ограничены;

– торфяные субстраты являются экологически чистым продуктом, после использования в теплицах их можно применять для улучшения почв сельскохозяйственных угодий;

– торфяные субстраты значительно дешевле минеральной ваты.

Благодаря низкой объемной массе, высокой пористости и значительной емкости поглощения, он с успехом используется для малообъемного способа выращивания овощных растений в теплицах. Преимущества торфа перед минеральной ватой (особенно одногодичного срока использования) следующие: сравнительно невысокая стоимость, выделение большого количества CO_2 , простота утилизации. Лучше всего использовать верховой торф со степенью разложения до 15 %, зольностью до 4–8 %, емкостью поглощения 120–130 мг/экв на 100 г, плотностью 0,1–0,3 г/см³, пористостью 80–90 %, с содержанием частиц размером 6–16 мм до 80 %. Нежелательно использовать фрезерный торф с большим содержанием пылевидных частиц диаметром менее 1 мм. Содержание пыли не должно превышать 3 %.

Водно-воздушный режим в торфяном субстрате определяется размером пор. Тонкие, мелкие поры чаще всего заполнены водой, крупные – воздухом. Размеры пор в большей степени зависят от размера частиц торфа. Чем меньше частицы торфа, тем неблагоприятнее для растений соотношение в субстрате воды и воздуха. Большое количество частиц размером 1 мм и менее приближает содержание воздуха в субстрате к нулю.

Доля твердой фазы в верховом торфе составляет 3–10 % объема, при этом поры занимают 80–97 % объема. При наименьшей влагоемкости запас воздуха не снижается ниже 35 %. В низинном торфе твердая фаза возрастает до 15 %, снижается порозность до 85 %, возрастает наименьшая влагоемкость и снижается запас воздуха до 10 % объема.

При выращивании в малом объеме очень важно, чтобы растения имели хорошо развитую корневую систему, для этого содержание водной и воздушной фаз в торфяном субстрате должно быть 1:1. Этого легче добиться на верховом торфе и очень трудно при использовании низинного торфа, особенно

если заготовка шла методом фрезерования при небольшом углублении фрезы, что способствует увеличению количества пылевидной фракции.

При выращивании растений на торфе по малообъемной технологии с капельным поливом могут использоваться полиэтиленовые мешки с прорезями и полипропиленовые лотки. И в том и в другом случае необходимо, чтобы слой торфа был не меньше 12 см, так как иначе трудно создать оптимальные водно-воздушные условия. В полиэтиленовых мешках создается замкнутое пространство, а это приводит к быстрому уменьшению содержания кислорода в почвенном воздухе. При обильных поливах и недостаточном стоке дренажных вод очень быстро возникают анаэробные условия, в торфе возрастает содержание аммиачного азота, нитратов, что, в свою очередь, препятствует поступлению кальция в растения и может привести к развитию на томатах вершинной гнили. Поэтому очень важно иметь необходимое количество и качество дренажных разрезов в мешках. Более перспективно использование торфа в открытых полипропиленовых лотках. В них отмечается лучшая дренированность и свободный газообмен, легкая смена торфа.

На дно лотка рекомендуется насыпать мелкий, химически инертный щебень слоем 2–3 см, так как это значительно улучшает отток дренажной воды из субстрата. Сверху лотки следует закрывать черно-белой пленкой, чтобы не происходило подсушивание верхнего слоя торфа и засоление его из-за испарения капиллярной воды.

Применение лотка и такого субстрата наиболее целесообразно для выращивания методом малообъемной культуры короткоплодных пчелоопыляемых огурцов, что подтверждается практическим опытом работы многих тепличных овощеводческих комбинатов республики. Очень часто на торфяных субстратах в зимний период наблюдается недостаток воды, что может привести к развитию вершинной гнили на томатах. В апреле, мае, наоборот, часто наблюдается переувлажнение субстрата. Важно помнить, что торф обладает высоким показателем влажности устойчивого увядания растений – 9–17 % объема.

Чтобы не ошибиться в поливных нормах при выращивании овощных культур на торфе, следует тщательно следить за дренажом. Наличие дренажа свидетельствует о том, что субстрат предельно заполнен водой. Зимой количество дренажа может составлять 3–5 % от поливной нормы. Весной и летом постепенно количество дренажа может достигать 10–25 % и более. Следует отметить, что большой объем дренажа приводит к некоторому перерасходу минеральных удобрений, но это необходимо для сбалансированного питания растений, иначе произойдет засоление субстрата.

Кроме того, важно помнить, что поступление кислорода в субстрат происходит и с поливной водой. Высокая температура поливной воды также может привести к кислородному голоданию корней овощных растений, так как при увеличении температуры до 25 °С содержание кислорода в воде резко падает.

С внедрением малообъемной технологии очень важно с первого дня следить за количеством дренажа и его химическим составом. Сделать это быстро позволяет автоматизированная, подключенная к компьютеру, система контроля и анализа дренажа, которая непрерывно отслеживает количество дренажной воды, а также ее ЕС и рН. Программа, заложенная в компьютер, позволяет оперативно изменять ЕС и рН подаваемого питательного раствора в зависимости от результатов анализа дренажной воды, проведенного контроллером системы, а также автоматически увеличить или уменьшить количество подаваемого раствора. Для увеличения воздухоемкости торфа часто используют смесь торфа с агроперлитом в соотношении 50–70 % : 50–30 %. При поливах применяют такие нормы, чтобы в субстрате оставалось 20 % пор не заполненных водой для поступления кислорода.

Минеральная вата. Минеральная вата фирмы «Гродания АГ» появилась в 80-е годы в Дании, к концу 90-х распространилась и в других странах мира.

Минеральную вату (рис. 33), которую еще называют каменной ватой, производят из базальтовых горных пород или сходных с ними диабазов. Измельченную горную породу смешивают

с коксом. Смесь доводят до точки плавления при температуре 1600 °С. Затем из расплавленного материала делают волокна. Длина и толщина волокон – важные факторы, определяющие физические характеристики конечного продукта. Расплавленная горная порода попадает на диски, ее комбинируют с добавками, включающими известняк, смачивающий агент и органический полимер, соединяющий волокна вместе для производства плит. Полимеры обычно производят на основе фенола – материала, похожего на пластичный бакелит. Другие материалы добавляют для обеспечения поглощения воды, хотя водоотталкивающая форма (наиболее часто используемая в качестве изолирующего материала в стройматериалах) также используется в гранулированной форме как составная часть компстных смесей или как материал, добавляемый в почву.



Рис. 33. Минеральная вата

Все минераловатные плиты стандартной плотности пригодны для использования.

Два основных преимущества минеральной ваты – ее стерильность и способность обеспечивать оптимальное соотношение воздуха и воды в корневой зоне при соответствующем регулировании интенсивности полива. Культура и субстрат всегда должны быть полностью изолированы от пола теплицы.

Основной особенностью минеральной ваты является то, что она позволяет регулировать водно-воздушный режим. Это значит, что культура никогда не будет страдать ни от водного стресса, иссушения или от подтопления, ни от кислородного голодания.

Минераловатная плита состоит из 5 % объема волокон и 95 % пространства пор. Плита, насыщенная до полной влагоемкости и получившая возможность свободного стока в основании, содержит воды около 65 % и воздуха около 30 %, хотя действительные значения будут зависеть от таких факторов, как плотность волокон, высота плиты, направления волокон и наклон плиты. Таким образом, 10-литровая плита длиной 1 м будет вмещать более 6 л воды после орошения. Для выращивания овощных культур используют минеральную вату различных размеров (табл. 6).

Таблица 6. **Виды субстратов из минеральной ваты**

Субстрат	Размер, см	Объем, л	
Плиты (блоки) для: томата	100×15×7,5	10	
	перца	100×20×7,5	15
	огурца	100×30×7,5	20
Кубики	7,5×7,5×6,5	0,4	
	10×10×6,5	0,65	
	10×10×8	0,8	
	10×10×10	1,0	
	12×12×10	1,5	
	12×12×13,3	2,0	
	15×15×13,3	3,0	
20×20×15	6,0		
Гранулы (мм)	8		
	50		
	75		
	100		

Минеральная вата по сравнению с торфом имеет ряд преимуществ:

- обладает высокой порозностью для воздуха и воды;
- поддерживает хорошее соотношение между содержанием воздуха и воды;
- химически инертна;
- ее структура стабильна и имеет постоянное качество;
- не содержит патогенов;

– ее можно стерилизовать паром, химически и использовать повторно – не более чем два раза.

Ограниченный объем минераловатной плиты означает, что она имеет низкую буферную способность для воды, поэтому водные свойства минеральной ваты являются важным фактором при оценке того, какой и даже имеется ли он – тот особый тип плит, который следует использовать в качестве растениеводческого субстрата (табл. 7).

Недостатком минваты является необходимость многократных, особенно летом, циклов полива в течение дня, достигающих 20–25 циклов за день, что увеличивает нагрузку на системы капельного орошения.

Таблица 7. **Физические свойства минеральной ваты и торфа**

Субстрат	Сухое вещество, %	Объем пор, %	Вода, %	Воздух, %
Сфагновый торф	4	96	65	31
Минеральная вата: Гранулированная	7	93	68	25
Блок (плита)	3	97	82	15

Гравий. Используют кремниевый или кварцевый гравий, не содержащий углекислого кальция, так как наличие в нем карбонатов приводит к подщелачиванию питательного раствора (до pH 8 и выше) и выпадению фосфатов из раствора в виде осадка. Частицы гравия размером 3–8 мм считаются оптимальными. В связи с тем, что размер частиц очень малый, субстрат обладает низкой влагоемкостью. Поэтому в него рекомендуется добавлять вермикулит.

Песок. Используют песок с размером частиц 0,6–2,5 мм. Нежелательны пылевидные частицы, так как их наличие затрудняет доступ воздуха к корневой системе овощных растений.

Гранитный щебень. Данный субстрат хорошо предохраняет корневую систему от подсыхания и перегрева. На поверхности удерживается достаточное количество питательного раствора.

Субстрат обладает хорошей аэрацией и водопроницаемостью, не порист, легко промывается и дезинфицируется. Размер частиц для растений – 3–15 мм, для рассады – 3–8 мм. Однако, острые грани гранитного щебня могут травмировать корневую систему растений.

Перлит. Обладает рядом ценных свойств: высокой влагопоглощающей способностью; хорошо впитывает и медленно отдает воду и элементы минерального питания. Предохраняет корни растений от перегрева, так как имеет хорошие теплоизоляционные свойства. Наиболее пригоден субстрат с размером частиц 5–15 мм. При тепловой обработке перлит вспучивается, многократно увеличиваясь в объеме и резко уменьшаясь в плотности. Химический состав непостоянен. Перлит – субстрат непрочный, при многократном использовании крошится. Используется 3–4 года, затем утилизируется путем внесения в почву.

Вермикулит. Химический состав субстрата непостоянен. При нагревании до 800–1000 °С в течение 30–60 секунд вспучивается и увеличивается в объеме в 15–25 раз и более. При этом образуется масса воздушных полостей низкой плотности (100–150 кг/м³) и высокой водоудерживающей способности.

Вермикулит отличается высокой емкостью катионного обмена – 65–145 м-экв./100 г минерала. Обладает низкой теплопроводностью. Рекомендуемый размер частиц – 5–15 мм. По сравнению с другими субстратами вермикулит менее прочен. Используют не более 4–5 лет.

Керамзит. Получают из глинистых пород путем вспучивания при температуре 1150–1250 °С. Зернистый субстрат, пористого строения, обладает хорошими теплоизоляционными и водоудерживающими свойствами. Керамзит инертен, не изменяет pH раствора, не обладает поглотительной способностью по отношению к катионам. При длительном использовании на поверхности керамзита откладываются фосфаты кальция, алюминия и железа. По влагоемкости уступает вспученному перлиту и вермикулиту.

Контрольные вопросы. 1. Какие требования, предъявляют к субстратам? 2. Назовите виды субстратов, применяемые в защищенном грунте? 3. Какие основные показатели, определяют водно-физические свойства тепличного грунта? 4. Назовите основные показатели, характеризующие водные свойства почвогрунтов, принцип их расчетов? 5. От чего зависят свойства тепличных грунтов? 6. Какими свойствами должен обладать торф? 7. Назовите свойства минеральной ваты, ее преимущества и виды? 8. Какие другие виды субстратов используют при выращивании овощных культур?

ГЛАВА 6

ВЫРАЩИВАНИЕ РАССАДЫ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

6.1 Производство рассады овощных культур для защищенного грунта

Производство овощей в защищенном грунте обуславливается применением различных методов возделывания с учетом биологических особенностей растений, сортов и факторов внешней среды.

В защищенном грунте овощные растения выращивают посевом семян, рассадой, а также используют доращивание и выгонку.

Посев семян на постоянное место. Посев семян на постоянное место применяют, в основном, при возделывании зеленных культур (редис, салат, укроп, шпинат, пекинская капуста). Их выращивают самостоятельной культурой или в качестве уплотнителей. Величина и качество урожая овощных культур во многом определяются дружностью и скоростью прорастания семян и выравниваемостью посевов. Для получения хорошего урожая большое значение имеет и продолжительность хранения семян. Кроме того, улучшению посевных качеств семян, повышению устойчивости их против болезней и вредителей во многом способствует и предпосевное обеззараживание семян.

Рассадный метод. Рассадные культуры занимают до 92–95 % всей площади теплиц. Рассадой выращивают огурец, томат, перец, баклажан, кочанный салат, цветную и пекинскую капусту и другие овощные культуры. Этот метод позволяет рационально использовать площадь теплиц, получать продукцию в более ранние сроки, удлиняет период поступления овощей из защищенного грунта.

Доращивание. Метод, при котором не закончившие рост растения пересаживают из открытого в защищенный грунт с целью получения товарной продукции.

Посадочный материал прикапывают осенью в теплицах и доращивают при температуре 2–6 °С и влажности воздуха 85–90 % в течение 2–2,5 месяцев. Доращивают цветную и брюссельскую капусту, сельдерей, петрушку, лук порей.

Выгонка. Выгонка – формирование продуктивных органов за счет запасов питательных веществ овощных растений после прохождения ими фазы покоя. Методом выгонки при температуре 18–22 °С выращивают репчатый лук на перо, сельдерей, петрушку, свеклу, многолетние луки, щавель. Посадочный материал заготавливают заранее, который затем хранят в хранилище при соответствующем температурном режиме и влажности воздуха.

Подготовительные работы в защищенном грунте. В процессе подготовки теплиц к посадке новой культуры выполняется ряд операций: очистка и обеззараживание тепличных конструкций, дезинфекция грунтов, внесение удобрений, обработка грунтов, укладка надпочвенных регистров, влагозарядковый полив (при необходимости), укладка матов из минеральной ваты.

Подготовительные работы включают в себя также монтаж электроустановок для облучения рассады, установок для подкормки растений углекислотой, подготовку посадочного материала.

Приемы ухода за растениями. В общие приемы ухода за растениями входят обрезка главного стебля и боковых побегов (у высокорослых растений), прореживание густо размещенных растений, удаление пожелтевших, сильно пораженных болезнями листьев, а также деформированных плодов.

В общие приемы входят также поливы растений, подкормки, создание благоприятного воздушного и теплового режимов в культивационных сооружениях, очаговые обработки растений пестицидами при появлении заболеваний и вредителей. Поливы и подкормки, в том числе углекислотой, проводят в ясную погоду, в утренние часы. В жаркую погоду применяют охлаждающие поливы.

Одна из особенностей овощеводства – применение рассадного метода, позволяющего наиболее полно использовать главный источник жизни растений – солнечную радиацию.

Рассада – молодое растение, выращенное при загущенном посеве в защищенном грунте и предназначенное для посадки на постоянное место с предоставлением большей площади питания.

При этом по сравнению с посевом семян в открытый грунт, создается «забег» в развитии растений, который позволяет получить более ранний урожай овощей. Величина «забега» зависит от агротехники, применяемой в рассадный период.

При рассадном методе молодые растения в первый период жизни занимают площадь в 50–100 раз меньшую, чем отведенную для взрослых растений. При выращивании растений этим методом расход семян уменьшается в 3–7 раз по сравнению с посевом на постоянное место. Для выращивания рассады используют пленочные и остекленные сооружения защищенного грунта, холодные рассадники.

Рассаду выращивают в рассадных отделениях, где в течение всего периода роста поддерживают оптимальный микроклимат.

В условиях Беларуси для продленного и зимне-весеннего оборотов при выращивании рассады культивационные сооружения оборудуют системами электродосвечивания. В качестве источников электрооблучения наиболее часто используют натриевые лампы высокого давления с повышенной эффективностью ФАР (GE LUCALOX PSL 600 & 750W 400 V или другие модификации).

Это позволяет получать рассаду, как основную продукцию теплиц, в заданные сроки, нужного возраста для всех оборотов и сроков выращивания овощных культур, в зависимости от зоны.

В период выращивания рассады рассадное отделение изолируют от основных теплиц. Служба защиты растений должна систематически следить за соблюдением правил и мер профилактики.

Подготовка семян. Для выращивания рассады используют семена первого класса (чистота семян не менее 99,5%, всхо-

жесть – 95%), заранее проверенные и прошедшие предпосевную обработку, включающую обязательное обеззараживание.

В практике нашел широкое распространение и прием обработки семян физиологически активными веществами и микроэлементами, что приводит к стимуляции обмена веществ в семенах и ускорению процесса роста.

Сроки выращивания рассады. Типы культурооборотов и сроки выращивания овощных культур зависят от естественной освещенности в конкретной зоне. При составлении культурооборотов рекомендуется учитывать суммарную (прямую и рассеянную), фотосинтетически активную радиацию (ФАР) в декабре и январе.

В зависимости от притока ФАР, установлены сроки возможной высадки рассады овощных культур на постоянное место для дальнейшего выращивания без дополнительного досвечивания.

При выборе сроков посадки, наряду с оценкой условий освещенности, следует учитывать, что при ранних сроках увеличиваются затраты на отопление культивационных сооружений, но появляется возможность получить раннюю продукцию. А это и является одной из основных целей использования культивационных сооружений. Обеспечение населения ранней витаминной продукцией имеет большую социальную значимость.

Способы выращивания. В овощеводстве, при выращивании рассады, применяют пикировку (пересадку). Без пикировки выращивают, в основном, культуры, которые плохо переносят травмирование корневой системы при пересадке. Семена непосредственно высевают в грунт, питательные горшочки, кубики из торфа и минеральной ваты, пластиковые кассеты.

Для овощных культур, требующих значительной площади питания в рассадный период, применяют горшочный способ выращивания рассады. Для выращивания могут быть использованы полые горшочки из пластмассы (рис. 34) или верхового торфа (диаметр их должен быть не менее 14–15 см), заполненные смесью; торфяные кубики; блоки из минеральной ваты (рис. 35); торфоблоки.



Рис. 34. Полые горшочки из торфа и пластмассы

При этом у овощных растений лучше развивается корневая система, повышается их приживаемость после посадки на постоянное место.



Рис. 35. Блоки из минеральной ваты для выращивания рассады

Для пикировки семена высевают густо в посевные ящики или на гряды, где получают всходы (сеянцы), которые через несколько дней после их появления пересаживают (пикируют) в контейнеры или грунт. Пикировка позволяет сэкономить площадь в период подготовки сеянцев, отобрать наиболее сильные из них и выбраковать слабые и больные. Учитывая сжатые сроки и значительные затраты труда, пикировку целесообразно применять при подготовке ранней рассады.

Откалиброванные и протравленные семена высевают в пропаренный или в свежий рассадный грунт в обогреваемых пле-

ночных теплицах, семена холодостойких растений – при температуре грунта 10–15 °С, а требовательных к теплу (тыквенных, пасленовых) – при 20–22 °С.

Глубина посева – 1,5–2 см для капусты, томата, перца, баклажана и 0,5–1,0 см для сельдерея и салата.

Влажность грунта перед посевом семян должна составлять 70–75 % НВ. Распикированные сеянцы сразу же поливают. В солнечную погоду их притеняют на 1–2 дня, что увеличивает приживаемость. В зависимости от культуры, стандартная рассада должна иметь 5–9 листочков, высоту 16–20 см, определенную массу как надземной, так и корневой систем.

Важным условием получения качественной рассады является надлежащий уход в период ее выращивания; поддержание оптимальной температуры, влажности воздуха и почвы, защита от вредителей и болезней.

Молодое растение отличается, с одной стороны, пластичностью, с другой – слабой сопротивляемостью неблагоприятным условиям внешней среды. Факторы среды влияют на рассаду сильнее, чем на взрослое растение. В рассадных сооружениях складывается особый микроклимат: сглаживаются колебания температур, исключается влияние ветра.

Одним из показателей качества рассады, связанных с площадью питания, является отношение массы листьев к массе стебля. У высококачественной рассады оно находится в пределах 1,5–2,0, у рассады среднего качества – 1,5–1,0, у некачественной – менее 1,0.

Для сохранения корневой системы и «забега» рассаду выращивают в кубики из низинного и верхового торфа, полых горшочках из прессованной смеси верхового торфа и целлюлозы с добавкой минеральных удобрений, горшочках из полиэтилена, кассетах и т. д.

При выращивании рассады водно-физические свойства используемого субстрата оказывают существенное влияние на последующие процессы роста и развития овощных растений. Требования к субстрату: отсутствие токсических веществ; относительная химическая инертность отсутствие влияния на хими-

ческие и физико-химические свойства почвенного и питательного растворов); хорошая водоудерживающая способность и аэрация (эти параметры зависят от размера частиц; с их увеличением снижается водоудерживающая способность и возрастает пористость); оптимальное соотношение фаз (твердая – 20–30 %, жидкая – 40–50 %, газообразная – 30–35 %); достаточная прочность. В качестве субстратов для рассады чаще всего используют торф и торфосмеси различного состава. При выращивании растений без почвы в качестве субстрата могут быть использованы различные материалы, такие, как гродан, перлит, вермикулит, цеолит, торфоблоки. На искусственных субстратах значительно увеличивается масса, объем и адсорбирующая поверхность корней рассады.

Для получения качественной рассады рассадные субстраты должны иметь следующие оптимальные агрохимические параметры: рН – 5,0–6,5; общее содержание солей – 1,3–1,8 мСм/см; содержание химических элементов, мг/л: N – 100–150, P – 30–40, K – 160–230, Mg – 45–65.

Для обеспечения роста и развития растений в период выращивания рассады при приготовлении рассадного субстрата на 1 м³ смеси добавляют: сернокислого магния – 0,3, аммиачной селитры – 0,8–1,0, суперфосфата – 1,0–1,5, сернокислого калия – 0,5–0,8 кг. При необходимости торф известкуют. Удобрения растворяют в воде при температуре 22–25 °С.

Современные технологии выращивания овощных культур в зимних теплицах предусматривают использование удобрений, обеспечивающих не только полноценное минеральное питание растений, но и бесперебойную работу системы капельного полива.

Требования к качеству удобрений для теплиц имеют специфические особенности: высокая химическая чистота и полная растворимость. При ограниченном объеме корнеобитаемой среды недопустимо попадание в субстрат балластных веществ, так как они могут оказывать токсическое действие на растения. Капельная система орошения может работать только при условии полной растворимости применяемых удобрений. Выпадение

солей в осадок приводит к нарушению работы оборудования вплоть до выхода его из строя.

Для капельного орошения целесообразно применять комплексные сбалансированные удобрения, содержащие наряду с макроэлементами и комплекс микроэлементов в формах легко усвояемых хелатов.

К удобрениям, полностью отвечающим вышеизложенным требованиям качества, относится ряд марок. Широкое применение находят удобрения Буйского химического завода, АО «Кемира Агро», фирма PG Mix, фирма Норск Гидро.

На искусственных субстратах рассаду поливают питательными растворами. Полив рассады проводят один раз в сутки, расход питательного раствора составляет 0,3–0,4 л на кубик.

За содержанием питательных элементов в растворе проводят систематический контроль. Корректировка питательного раствора на основании результатов химического анализ сводится к следующему; в растворе, который применяли в определенный период роста растений, определяют содержание питательных элементов и приводят к исходному уровню.

Рассаду огурца выращивают путем прямого посева протравленных и прогретых сухих или предварительно проросших семян в горшочки или кубики.

При подготовке рассады для зимне-весеннего и продленного оборотов следует помнить, что начало роста той или иной овощной культуры проходит в условиях очень слабой освещенности, поэтому качество рассады, имеет важное значение.

Посадку проводят рассадой, имеющей пять-шесть крупных листьев, высотой 20–25 см, массой 20–35 г. В большинстве районов при выращивании рассады для зимне-весенней культуры лимитирующим фактором является недостаток солнечной радиации. Устраняется он дополнительным облучением (досвечиванием), в 1,5–2 раза ускоряющим получение высококачественной рассады.

После смыкания листьев и когда растения будут затенять друг друга, проводят расстановку рассады (густоту стояния со 100 уменьшают до 25–30 шт/м²).

Режим температуры при выращивании рассады для защищенного грунта приведен в таблице 8.

В весенне-летней культуре применяют 15–20-дневную рассаду (в фазе двух-трех листьев), что позволяет увеличить ее выход с единицы площади, а также облегчает посадку.

Таблица 8. Режимы выращивания рассады огурца и томата

Режим	Культура	
	огурец	томат
Температура почвы, °С:		
до всходов	27	24
после всходов	20–22	16–18
Температура воздуха, °С:		
в солнечный день	21–23	20–22
в пасмурный день	19–20	18–19
Влажность:		
воздуха (относительная), %	70–75	60–70
Субстрата (почвы), % ППВ	75–80	75–80

Рассаду томата для продленной и зимне-весенней культуры выращивают в рассадном отделении зимних теплиц с электродосвечиванием. Сроки выращивания рассады зависят от начала оборота культуры. Для обеспечения оптимального светового режима при выращивании рассады для продленной культуры применяют ее расстановку. Продолжительность электродосвечивания рассады огурца и томата до и после расстановки приведены в таблице 9.

Ее выращивают в рассадных отделениях зимних теплиц или в пленочных теплицах.

Для утепленного грунта рассаду готовят в весенних пленочных теплицах. Температуру и относительную влажность в период ее выращивания поддерживают на более низком уровне, чем при подготовке рассады для теплиц.

Расстановку проводят через 27–30 дней после появления всходов.

Таблица 9. Продолжительность дополнительного освещения по фазам выращивания рассады огурца и томата

Фаза рассады	Культура			
	огурец		томат	
	продолжи- тельность освещения, ч	количе- ство дней	Продолжител- ьность осве- щения, ч	количе- ство дней
Всходы	24	2–3	24	2–3
Сеянцы	–	–	16	10–12
Рассада:				
до расстановки	16	10–12	16	12–15
после расстановки	14	10–12	15	20–25

При проведении расстановки рассады необходимо учитывать ее свещенность. В пасмурные дни температуру поддерживают у нижних пределов.

Продолжительность выращивания рассады перца составляет примерно 45–60 дней. Технология выращивания рассады, режим досвечивания, в целом, такие же, как и для томата. Рассаду перца для зимне-весенней культуры высаживают в те же сроки, что и рассаду томата.

Перец отличается от томата более медленным прорастанием семян и ростом и более высокой требовательностью к теплу и свету.

Сеянцы перца пикируют в питательные горшочки или кубики размером 8×8×8 см. Через 14–16 дней после пикировки проводят расстановку рассады из расчета 70 шт/м², а затем, до смыкания листьев, – 35–40 шт/м² к концу выращивания рассады.

Контрольные вопросы. 1. Назовите методы, которые применяют при возделывании овощных культур в защищенном грунте? 2. Какие виды подготовительных работ применяют в защищенном грунте перед посадкой новой культуры? 3. Значение рассадного метода культуры. Назовите сроки и способы выращивания рассады? 4. Пикировка и ее значение? 5. Какие требования предъявляют к субстратам при выращивании рассады? 6. Режим выращивания рассады?

ГЛАВА 7

ГИДРОПОННЫЙ МЕТОД ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

7.1 Виды гидропоники

Увеличение производства тепличных овощей, повышение их урожайности, улучшение качества продукции и снижение затрат труда на их производство зависят от применения новых прогрессивных энергосберегающих технологий и создания современной научно-технической базы. Одна из таких технологий – выращивание овощных растений на малообъемных субстратах, или малообъемная гидропоника (когда на одно растение приходится 5–15 л субстрата).

Гидропонный метод позволяет оптимизировать режим минерального питания и получать высокие урожаи, автоматизировать процессы полива и подкормок, легко бороться с корневыми инфекциями.

Для этой цели используют органические (верховой торф), минеральные субстраты (минеральная вата, перлит, вермикулит и др.). Сущность этого метода состоит в том, что растения выращивают на растворах минеральных удобрений с использованием инертных минеральных субстратов, органических заменителей почвы или без них (водная культура, аэропоника).

Новая энергосберегающая технология – выращивание тепличных овощей на торфяных и минераловатных субстратах – имеет ряд важных преимуществ, по сравнению с почвенной культурой:

– возможность более точного и быстрого регулирования параметров корнеобитаемой среды (концентрации, кислотности питательного раствора, содержание элементов питания, влажность, температуры и т. д.) за счет малого ее объема и применения микропроцессорной техники, что обеспечивает существенное повышение урожайности (этот фактор сыграл определяю-

щую роль в распространении данной технологии за рубежом); улучшение качества производимой продукции;

- более рациональное использование тепловой энергии за счет применения подсустратного обогрева и сокращения затрат энергии на пропаривание; исключение необходимости в подготовке и завоза почвенных грунтов, внесения органических удобрений и рыхлящих материалов, а также обработки грунтов в теплицах (вспашка, фрезерование); уменьшение в 15–30 раз количества субстрата – торфяного, минераловатного (в зависимости от культуры);

- существенная экономия воды за счет применения капельного полива и экономия энергии на испарение благодаря покрытию поверхности грунта и субстрата пленкой;

- экономия минеральных удобрений (до 40 %);

- сокращение расхода пестицидов на основную дезинфекцию теплиц, улучшение фитосанитарных условий;

- увеличение возможности стандартизации субстратов;

- снижение капитальных вложений при строительстве и реконструкции теплиц;

- повышение производительности труда, организационно-технологического уровня производства.

Для внедрения данной технологии необходимо специальное оборудование – растворные узлы, система капельного полива, высококачественные субстраты (из верхового торфа или минеральной ваты), автоматика на базе ЭВМ, набор полностью растворимых удобрений, хорошо организованное оперативное агрохимическое обслуживание, портативные приборы, квалифицированный обслуживающий персонал.

Однако метод имеет и недостатки: быстрое распространение корневой инфекции в случае заражения раствора, более высокий расход минеральных удобрений на единицу площади, чем при почвенной культуре, высокая требовательность к уровню подготовки кадров, обслуживающего персонала и техническому обеспечению.

По классификации Г. И. Тараканова различают следующие виды гидропонных систем:

агрегатопоника – выращивание растений на твердых субстратах, обладающих небольшой влажностью. Тепличные хозяйства в качестве субстрата используют минеральную вату (малообъемная гидропоника);

хемотропоника – выращивание растений на субстратах растительного происхождения;

ионитопоника – выращивание растений на синтетических ионообменных смолах, насыщенных питательными элементами, которые находятся в поглощенном, но доступном для растений обменном состоянии;

водная культура – выращивание растений на водных питательных растворах, в которые непосредственно погружены корни растений;

аэропоника, или «воздушная культура» – культура растений с размещением корневой системы в воздушном пространстве с периодическим автоматическим опрыскиванием корней питательным раствором.

Агрегатопоника. При выращивании растений на твердых искусственных субстратах корневая система размещается в щебне, гравии или в других заменителях почвы и поглощает питательные элементы из раствора, который подается в субстрат с помощью орошения или подтопления.

Метод капельного орошения применяют при выращивании томата, огурца, перца, баклажана (малообъемная культура) на минеральной вате. Объем субстрата в расчете на одно растение зависит от выращиваемой культуры. Для культуры огурца минимальный объем субстрата должен быть не менее 10 л на растение, для томата – не менее 5 л.

Минеральная вата (гродан) – волокнистый материал, получаемый из расплавленного базальта. Выпускается в виде матов, которые сохраняют форму при их намачивании. Минераловатный субстрат выпускают в виде плит размерами 90×30×7,5 см (для культуры огурца) и 90×15×7,5 см (для культуры томата).

Из зарубежных образцов наибольшее распространение имеет минеральная вата «Гродан», «Агрос» и др.

Питательный раствор в субстрат подается с помощью капельного орошения. Оборудование состоит из растворного узла, магистральных и распределительных трубопроводов, фильтров, электромагнитных и регулировочных вентилей, поливных оросителей, а также средств контроля и управления.

Растения высаживают в субстрат и подводят капельницу (рис. 36). С помощью компьютера регулируют подачу питательного раствора, продолжительность, количество раствора, кислотность и его концентрацию.



Рис. 36. Технологическая схема выращивания томата на минеральной вате

К малообъемной гидропонике относится так называемая контейнерная культура, т. е. культура, при которой субстрат (минеральная вата, перлит, торф или их смеси) засыпают в пленочные мешки или контейнеры, высаживают растения и к ним подводят систему капельного орошения.

Кроме того, применяют и бессубстратную технологию выращивания томата и огурца – в технологических рукавах, изготовленных из черно-белой пленки, в которые периодически подается питательный раствор.

Хемопоника. Данный метод близок к культуре растений при выращивании на почвосмесях. В качестве субстрата используют верховой торф со степенью разложения 30%, сфагновый мох, древесную кору, опилки, и др. Продолжительность использования этих материалов в качестве субстрата 1–2 года. Некоторые виды органических материалов требуют предварительной подготовки; измельчение (кора, стружка) и корректировка реакции среды. Минеральное питание осуществляют поверхностным поливом питательного раствора. Хемопоника не требует специального оборудования, и ее можно применять в различных видах защищенного грунта.

Ионитопоника. Метод выращивания растений, близкий к агрегатопонике. Субстрат состоит из смеси двух типов синтетических ионообменных смол: катионита и анионита. Катионит – нерастворимый в воде полимер с сильнокислой реакцией, сыпучий, с размером гранул 0,3–0,5 мм, обменивающий свои гидроксилы на ионы минеральных солей (K, Ca, Mg). Анионит, полимер с размером гранул 0,3–1,5 мм, обменивает свои ионы на SO_4 , NO_3 , H_2PO_4 и др.

Катиониты и аниониты ионита прочны, химически стойки, не разлагаются при воздействии кислорода, света и обычной температуры. В отличие от агрегатопоники питательные элементы находятся в составе субстрата, а полив проводится только чистой водой. Это по существу искусственный заменитель почвы.

Водная культура. Метод не нашел широкого практического применения из-за трудностей аэрации питательного раствора. Вместе с тем, появились более приемлемые для промышленного выращивания овощных культур модификации водной культуры, например, проточная.

Аэропоника. Корневая система растений развивается в условиях воздушной среды, где через каждые 12–15 мин на протяжении 5–7 с корни опрыскивают питательным раствором. Корни при этом обеспечиваются кислородом воздуха, а для предотвращения подсыхания их необходимо вовремя смачивать питательным раствором.

Выбор и подготовка субстрата. Прежде чем приступить к выращиванию овощей способом малообъемной гидропоники, необходимо выбрать субстрат (среду), в котором будут выращиваться растения. Почва, как среда для развития растений, может быть заменена различными материалами, которые должны отвечать следующим требованиям:

- 1) Не выделять токсичные вещества;
- 2) Не нарушать питательный режим и сильно не изменять реакцию питательного раствора;
- 3) Обладать высокой пористостью, которая определяет достаточную аэрированность, и иметь хорошую водоудерживающую способность;
- 4) Обладать высокой поглотительной способностью и хорошей теплоемкостью;
- 5) Не содержать семян сорняков и патогенных организмов;
- 6.) Иметь низкую объемную массу;
- 7) Субстрат должен, по возможности, не засоляться и легко промываться от избытка солей.

7.2 Поливная вода и ее качество

При беспочвенном выращивании овощных растений вода служит одновременно растворителем (для удобрений) и средой (для развития корневой системы). Ее качество при использовании метода гидропонной культуры является важным фактором.

Поэтому важно знать химический состав используемой в хозяйстве воды. Это необходимо как для расчета количества солей и кислот в питательном растворе, так и при его коррекции. Используемая поливная вода имеет определенный химический состав, что следует учитывать еще на стадии проектирования систем капельного полива.

Различная по происхождению вода представляет собой сложный раствор, содержащий химические элементы в виде простых и сложных ионов, комплексных соединений, растворенных или газообразных молекул, стабильных и радиоактивных изотопов.

Сложность состава определяется присутствием большого числа химических элементов, различным содержанием и разнообразием форм каждого из них.

В воде отмечается шесть основных групп химических компонентов:

1) главные ионы (макроэлементы) – K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} ;

2) растворенные газы – кислород, азот, сероводород, углекислота;

3) биогенные вещества – соединения N, P, Fe, Si;

4) органические вещества – органические кислоты, сложные эфиры, фенолы, гумусовые вещества;

5) микроэлементы;

6) загрязняющие вещества.

Суммарное содержание минеральных веществ называется *минерализацией* воды, которая выражается в $мг/дм^3$, $г/дм^3$, $г/кг$, ‰ (промилле).

По степени ее минерализации различают: *пресная* (1 ‰), *солончатая* (1–25 ‰), *соленая* (25–50 ‰), *очень соленая* (более 50 ‰). Для капельного орошения лучше использовать воду с содержанием минеральных веществ не более 0,5–1 ‰.

При высоком содержании солей возможно не только засоление субстрата, но и при выпадении в осадок соли выводят из строя капельницы. Томаты более солеустойчивы, чем огурцы, но на засоленных субстратах сильнее поражаются вершинной гнилью.

Следует отметить, что лишенная солей вода также вредна, поскольку понижает осмотическое давление внутри клетки.

Вода является слабым электролитом, большинство растворенных в ней солей представлено в ионной форме и поэтому общее содержание солей в воде определяют по ее электропроводности. Существует следующая градация качества воды ($мСм/см$): 0,75 – хорошая, 0,75–1,50 – пригодная для полива, 1,5–2,5 – малопригодная (высокое содержание солей), больше 2,25 – не пригодная вода (очень высокое содержание солей).

Следует учитывать, что электрический ток проводят лишь ионные растворы, а молекулярные – нет. Мочевина при растворении имеет молекулярную форму и не повышает электропроводности питательного раствора.

При анализе воды ее результаты могут выражаться в различных единицах:

– главные ионы при общей минерализации больше 1 г/л выражаются в г/кг или в ‰ (промилле), а при минерализации меньше 1 г/л – в мг/л;

– растворенные газы – O_2 , N_2 , CO_2 , H_2S , CH_4 – выражаются в мг/л;

– биогенные вещества – соединения N, P, Si – в мг/л;

– микроэлементы – в мг/л.

Часто содержание тех или иных элементов в воде или питательном растворе выражают в молях, миллимолях, микромолях. Понятие молярности распространяется на любые виды реальных (молекулы, атомы, ионы, электроны, радикалы) и условных частиц.

Единицей молярной концентрации является моль/л.

Миллимоль – это 0,001 моль; микромоль – 0,000001 моль.

Содержание основных макроэлементов в воде выражают в миллимолях/литр (ммМ/л), микроэлементов – в микромолях/л (мкМ/л).

Среди главных ионов воды, присутствующий анион Cl^- характеризуется повышенной миграционной способностью. Содержание ионов Cl^- в воде не должно превышать 50 мг/л (1,5 ммМ/л), так как более высокая концентрация хлора вызывает повреждения корневой системы растений и продуктивность томатов может снижаться на 15–20 %, а огурцов – на 45–65 %.

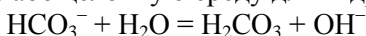
Ионы SO_4^{2-} тоже обладают хорошей подвижностью, но уступают Cl^- . В анаэробной среде сульфатные ионы восстанавливаются до сероводорода, при этом также отмечается гибель корневой системы. Анион SO_4^{2-} необходим растениям, но высокое его содержание (больше 4 ммоль/л в виде S) препятствует усвоению кальция, так как сульфат-ион и кальций являются антагонистами. Вредное влияние высоких концентраций сульфат-ионов

устраняется увеличением уровня кальция в питательном растворе, так как CaSO_4 , так как ионы кальция связывают избыток сульфат ионов, переводя их в нерастворимую форму.

Гидрокарбонатные (HCO_3^-) и карбонатные (CO_3^{2-}) ионы являются важнейшими составными частями природной воды:

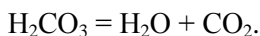


Бикарбонаты, содержащиеся в воде, определяют ее нейтральную или слабощелочную среду для гидролиза:



Распределение в воде CO_2 , HCO_3^- и CO_3^{2-} зависит от величины рН.

При $\text{pH} < 5$ концентрация гидрокарбонатных ионов (HCO_3^-) практически равна нулю, так как в кислых водах происходит следующая реакция:



В анаэробных условиях, при застаивании воды, накапливается CO_2 и происходит увеличение кислотности почвенного раствора.

В нейтральных и щелочных водах преобладают гидрокарбонатные (бикарбонатные) ионы. При гидропонном способе выращивания овощных растений вода должна содержать не более 4 мМ/л HCO_3^- (244 мг/л), иначе потребуется большое количество кислот для нейтрализации.

Ионы CO_3^{2-} присутствуют в природной воде редко, так как карбонаты Са и Mg – слабо растворимы.

По величине рН вода бывает: сильнокислой (< 3), кислой (3–5), слабокислой (5–6,5), нейтральной (6,5–7,5), слабощелочной (7,5–8,5), щелочной (8,5–9,5), сильнощелочной ($> 9,5$).

Среди катионов первое место по распространенности занимает Na^+ , уравнивающий Cl^- . Эти два иона представляют собой подвижное и устойчивое соединение. Na^+ также может соединяться с анионом SO_4^{2-} . Соединений Na^+ и HCO_3^- в воде мало. Вода для капельного полива должна содержать Na^+ не более 35 мг/л (меньше 1,5 мг).

Катион K^+ образует соли – KCl , K_2SO_4 , K_2CO_3 , KHCO_3 . Но соединений калия в воде мало, так как существует биологиче-

ская потребность в этом катионе, т.е. происходит «перехват» его растениями.

Катион Ca^{2+} является самым важным из металлов в живом организме. Ионы кальция доминируют в катионном составе слабоминерализованных вод. С ростом минерализации относительное содержание Ca^{2+} уменьшается, так как образуются слаборастворимые соли: CuSO_4 и CaCO_3 . В воде Ca^{2+} находится, в основном, с анионами HCO_3^- и SO_4^{2-} .

Катион Mg^{2+} присутствует почти во всех природных водах, но редко доминирует. Содержание в воде растворимых бикарбонатов, хлоридов, сульфатов Ca^{2+} и Mg^{2+} определяет ее жесткость. Выражается она в градусах: $1^\circ = 10$ мг СаО в литре воды.

Для капельного полива при малообъемном способе выращивания жесткую воду применять не следует, так как при высоком содержании ионов кальция и магния отмечается подавление поглощения калия. Содержание кальция и магния в воде должно быть ниже, чем в питательных растворах.

Различают три класса воды по анионам: гидрокарбонатные; сульфатные; хлоридные; и три класса по катионам: кальциевые; магниевые; натриевые.

Следует обращать внимание и на содержание в воде микроэлементов. Вода для капельного полива при малообъемном способе выращивания должна содержать не более 0,3 мг/л бора (< 30 мкМ/л), 1 мг/л (< 18 мкМ/л) железа, 0,5 мг/л (10 мкМ/л) марганца, 0,5 мг/л (< 8 /л) цинка.

Для приготовления сбалансированного питательного раствора необходимо учитывать качество воды, и поэтому перед началом выращивания культуры проводят полный анализ поливной воды и определяют: электропроводность (ЕС), рН, содержание Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^- , Fe^{2+} (суммарное); микроэлементы – Mn^{2+} , Zn^{2+} , B^{3+} , Cu^{2+} , Mo^{2+} , Br^{3+} . От точности анализа зависит количество применяемых кислот и удобрений. Воду для анализа отбирают в чистую бутылку из темного стекла (светлую необходимо обернуть темной бумагой), так как на свету развитие микроорганизмов может изменить ее рН и состав.

Проба воды должна быть срочно доставлена в лабораторию, поскольку при температурах выше 15 °С и ниже 0 °С может быстро измениться ее химический состав.

Важно учитывать, что химический состав воды может меняться по временам года (особенно это характерно для воды из открытых водоемов), поэтому рекомендуется не реже четырех раз в год проводить анализы исходной поливной воды.

На основе химического состава воды проводится коррекция питательного раствора. Существует правило, по которому концентрация элементов в поливной воде не должна превышать их содержание в стандартных питательных растворах. Особенно это касается микроэлементов, так как выращивание растений в ограниченном корневом объеме может привести к их накоплению и отравлению растений.

В течение всей вегетации необходимо иметь достоверную информацию о химическом составе воды. Повторные анализы проводят один раз в два–три месяца, особенно если это вода из открытых водоёмов. Анализ проводят по следующим показателям: рН, HCO_3^- , Na, Cl, NH_4^+ , NO_3^- , K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B, Cu.

Для малообъёмного выращивания в отдельных регионах вода без дополнительной доработки непригодна для непосредственного использования, если имеют место следующие параметры: ЕС – 1–1,5 мСм/см, Na – 70–100 мг/л, Cl – 100–160 мг/л и более высокое.

Допустимые предельные уровни элементов в воде для приготовления рабочих растворов удобрений (табл. 10) должны быть в определенных максимальных пределах или менее их (мг/л).

При малообъёмном методе выращивания культур необходимо контролировать буферность воды и дренажа, т. е. содержание свободных ионов HCO_3^- , общее количество которых в растворах не должно превышать суммы ионов Ca^{+2} и Mg^{+2} . Обычная норма гидрокарбонатов 0,5–1 мМ/л.

При этом учитывают жёсткость воды – общее содержание солей $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaCl_2 , MgCl_2 , CaSO_4 , MgSO_4 , которая выражается в градусах (1° – концентрация катионов Ca и Mg, эквивалентная 10 мг/л CaO).

Содержание ионов Ca и Mg в используемой воде должно быть ниже расчётного количества этих ионов в рабочем растворе, в противном случае нарушается оптимальное соотношение ионов K, Ca и Mg, проявляется их антагонизм и сокращение поглощения K растениями.

Часто вода имеет избыток гидрокарбонатов, ионов Na, Cl, Mg, S, Zn, Fe.

Таблица 10. Предельно допустимые уровни засоления воды, (мг/л)

Сухой остаток солей из воды	Малообъёмные субстраты 1000–1200	Тепличные грунты 500–1100
Ca	150,0–200,0	до 350
HCO ₃	4–4,5 мМ/л	5–7 мМ/л
Cl	50–100	100–150
Na	30–60	100–150
Fe	1	5
Mn	1	1
B	0,7	0,7
Zn	до 0,3	1,0
S(SO ₄)	66 (200)	93 (280)

Только избыток Mg не является токсичным, но имеет место дисбаланс элементов питания. Избыток Ca, Mn, Fe, HCO₃⁻ также создаёт дисбаланс, нарушается оптимальное соотношение этих элементов в рабочем растворе. Кроме того, избыток Cl, Mn, S может быть токсичным, т. е. дисбаланс и токсичность – результат неконтролируемого количества этих элементов. К токсичным гидрокарбонатам в воде относятся NaHCO₃ и Al(HCO₃)₃. Вот почему гидрокарбонаты нейтрализуют частично, а иногда и полностью. При pH раствора удобрений равным 5,5, обычно остаётся в воде 1 мМ/л HCO₃, при pH 5 – в воде остаётся 0,3 мМ/л и менее гидрокарбонатов.

Избыток Na в рабочих растворах более 60 мг/л опасен для тепличных культур, так как имеет место постепенное накопление Na в корневой зоне. Установлено, что концентрация Na⁺ 30–60 мг/л ощутимо снижает интенсивность роста томата, огурцов

и других тепличных растений. Кроме того, Na является антагонистом Ca, Mg, K.

Против негативного действия повышенного количества Na следует увеличивать в питательных растворах и в дренаже норму Ca, Mg, K, выдерживая соотношение этих элементов. Следующая проблема – это вода с повышенным количеством серы, $S > 60$ мг/л ($SO_4 > 150$ мг/л). Повышенное количество серы в почвенном растворе усиливает усвояемость Na и одновременно уменьшает усвояемость Ca.

Избыточные количества серы в воде снижают предварительной обработкой воды активным хлором $Ca(HOCl)_2$, хлорной известью, жидким хлором. Норма активного хлора составляет 0,6 мг на 1 мг серы. Этой же нормой активного хлора дезактивируют избыточное количество Fe и Mn. Предварительное осаждение избыточного количества серы в воде можно осуществлять, добавляя в воду мел $CaCO_3$ с активным перемешиванием воды (фонтанированием).

В связи с необходимостью регулировать качество воды для приготовления рабочих растворов, особенно в регионах, где используют воду с повышенными количествами в воде Ca, Mg, S, Na, Cl необходимо учитывать следующие факторы:

1. Показатель pH воды и рабочего раствора. Летом вода открытых водоёмов имеет более высокую щёлочность, чем весной и осенью. Это явление связано с деятельностью сине-зелёных водорослей в открытых водоёмах и разложением гидрокарбонатов на CO_2 и OH. Поэтому летом необходимо чаще анализировать воду из открытых водоёмов. Предварительная кислотная обработка воды в бассейнах-накопителях летом до pH 6 – важный технологический приём подготовки воды для малообъёмного выращивания, т. к. при такой кислотности предотвращается осаждение солей Ca и Mg на трубах-магистралах. Жёсткость воды и осаждение солей на магистралах капельного полива и капельницах также связана с избытком Fe, Mn, Al, Zn, S.

2. Гидрокарбонаты воды представлены солями карбоновой кислоты – H_2CO_3 , которая диссоциируется в воде на H^+ и HCO_3^- .

Ионы HCO_3^- вступая в реакцию с ионами металлов, находящихся в воде, образуют следующие соли: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, NaHCO_3 , KHCO_3 . Это основные соли по их количеству в воде. Кроме того, в воде могут присутствовать NH_4 , HCO_3 , $\text{Al}(\text{HCO}_3)_3$, $\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$, MnHCO_3 . Из них только NaHCO_3 и $\text{Al}(\text{HCO}_3)_3$ токсичны для растений. Нейтрализация гидрокарбонатов кислотами с оставлением 0,5–1 мМо/л для создания определённой буферности раствора имеет место при показателе кислотности раствора в пределах рН 5,5–5,3.

Кислотная обработка бикарбонатов приводит к выделению в раствор ионов металлов. Усвоение этих ионов растениями имеет место при их соотношениях в растворах, не связанных с антагонистическими количествами.

Предварительная химическая очистка воды также необходима в водах с высокими показателями гидрокарбонатов (3,5–4 мМ/л) и более 214–244 мг/л HCO_3 .

Для предварительной химической очистки воды можно рекомендовать установку сборной ёмкости объёмом около 55 м³, так как основное водопотребление имеет место в летние месяцы. Для удаления из воды ионов Cl^- , Fe^{2+} , S хорошо использовать бассейны-отстойники большой ёмкости с аэрационными установками, где можно использовать активный Cl. Это баллонный хлор или гипохлорит кальция, с содержанием активного хлора от 30 % до 70 %.

Активный хлор нейтрализует: H_2S – 1 мг на 1 мг Cl; Fe^{2+} – 1 мг на 0,6 мг Cl; Mn – 1 мг на 0,6 мг Cl.

Весьма эффективным решением является активное аэрирование воды с последующей фильтрацией её через песчано-гравийный фильтр.

После этого необходимо провести анализ воды для определения рН, ЕС, количества катионов и анионов, что следует учитывать при приготовлении рабочих растворов.

Питательный раствор обязательно корректируется на содержание присутствующих в воде K, Ca, Mg, SO_4^{2-} , NO_3 . Реакция его доводится до оптимального уровня рН, который для большинства культур составляет 5,5–6,0. Так как вода чаще всего сла-

бошелоchnая или щелоchnая, для снижения pH используют ортофосфорную (H_3PO_4) или азотную (HNO_3) кислоты.

Количество кислоты рассчитывается по содержанию бикарбонатов (HCO_3). На 1 мМоль HCO_3 в воде необходимо наличие 1 мМоль кислоты.

Высокое общее содержание солей в поливной воде приводит к засолению субстрата, нарушению соотношений между элементами, что замедляет рост растений, снижает их продуктивность и ухудшает качество урожая. При высоком содержании натрия и хлора в воде может произойти гибель растений, избыток железа вызывает ожоги и побурение листьев растений.

Содержание бикарбонатов, превышающих суммарное содержание ионов кальция и магния, вызывает значительное повышение pH корнеобитаемой среды. Их нейтрализуют путем внесения ортофосфорной или азотной кислот.

При этом нейтрализуют не все бикарбонаты. Оставляют свободным около 1 мэкв HCO_3 (61 мг/л), чтобы обеспечить буферность раствора. Когда используют физиологически кислые соли или соли, которые при гидролизе подкисляют раствор, свободным оставляют дополнительно еще 1 мэкв HCO_3 , т. е. всего 2 мэкв HCO_3 (122 мг/л).

Кислоты и бикарбонаты взаимодействуют в эквивалентных количествах, т. е. 1 мэкв H_3PO_4 (соответственно HNO_3) реагирует с 1 мэкв HCO_3 :

$$1 \text{ мэкв } \text{HCO}_3 = 61 \text{ мг,}$$

$$1 \text{ мэкв } \text{H}_3\text{PO}_4 = 98 \text{ мг,}$$

$$1 \text{ мэкв } \text{HNO}_3 = 63 \text{ мг.}$$

Учитывая, что 61 мг/л HCO_3 реагирует с 98 мг/л 100 %-ной H_3PO_4 или с 63 мг/л HNO_3 , находим, что количество фосфорной кислоты в 1,6 раза, а азотной – в 1,03 раза больше количества бикарбонатов, которое надо нейтрализовать:

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \times 1,6 = \text{мг/л } 100 \text{ \% -ной } \text{H}_3\text{PO}_4 ,$$

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \times 1,03 = \text{мг/л } 100 \text{ \% -ной } \text{HNO}_3 .$$

Для расчета необходимого количества кислоты можно также использовать следующие формулы:

Для ортофосфорной кислоты:

$$A_1 = a \times 98/61 \times 100/K, \quad (17),$$

где: A_1 — количество ортофосфорной кислоты (мг/л); a — количество нейтрализуемых бикарбонатов (мг/л); K — концентрация применяемой кислоты (%).

Для азотной кислоты:

$$A_2 = a \times 63/61 \times 100/K, \quad (18),$$

где: A_2 — количество азотной кислоты (мг/л); a — количество нейтрализуемых бикарбонатов (мг/л); K — концентрация применяемой кислоты (%).

В практике используют более разбавленные кислоты и соответственно расходуют большее их количество: при 77 %-ной концентрации – в 1,3 раза, при 45 %-ной – в 2,2 и при 37 %-ной – в 2,7 раза по сравнению с 100 %-ной кислотой:

$$\text{мг/л HCO}_3 \times 2,08 = \text{мг/л 77 \% -ной H}_3\text{PO}_4,$$

$$\text{мг/л HCO}_3 \times 3,52 = \text{мг/л 45 \% -ной H}_3\text{PO}_4,$$

$$\text{мг/л HCO}_3 \times 4,32 = \text{мг/л 37 \% -ной H}_3\text{PO}_4,$$

$$\text{мг/л HCO}_3 \times 1,33 = \text{мг/л 77 \% -ной HNO}_3,$$

$$\text{мг/л HCO}_3 \times 2,27 = \text{мг/л 45 \% -ной HNO}_3,$$

$$\text{мг/л HCO}_3 \times 2,78 = \text{мг/л 37 \% -ной HNO}_3.$$

Пример 1. Вода, используемая для приготовления питательного раствора, содержит 99,2 мг/л HCO_3 (1,6 мэкв). Необходимо нейтрализовать $99,2 - 61 = 38,2$ мг/л HCO_3 . В зависимости от концентрации кислоты рассчитывают ее количество, необходимое для нейтрализации. При работе с 77 %-ной H_3PO_4 или 45 %-ной HNO_3 получают:

$38,2$ мг/л $\text{HCO}_3 \times 2,08 = 79,5$ мг/л 77 %-ной H_3PO_4 или $38,2$ мг/л $\text{HCO}_3 \times 2,27 = 86,7$ г/л 45 %-ной HNO_3 .

Таким образом, для приготовления 1000 л маточного раствора, во 100 раз более концентрированного, чем рабочий, необходимо 7,95 кг 77 %-ной H_3PO_4 или 8,67 кг 45 %-ной HNO_3 .

В практике удобнее применять ортофосфорную кислоту, так как она служит хорошо растворимым источником фосфора. При высокой концентрации HCO_3 используют одновременно и орто-

фосфорную, и азотную кислоты, чтобы избежать избыточного накопления фосфора в питательном растворе. При этом 91,5 мг/л (1,5 мэкв) HCO_3 нейтрализуют H_3PO_4 , а остальное – HNO_3 .

Пример 2. Если вода содержит 230,3 мг/л HCO_3 (3,8 мэкв), нужно нейтрализовать $230,3 - 61 = 169,3$ мг/л HCO_3 . Тогда 91,5 мг/л (1,5 мэкв) бикарбонатов нейтрализуют ортофосфорной кислотой, а остальные 77,8 мг/л (1,3 мэкв) – азотной:

$$91,5 \text{ мг/л } \text{HCO}_3 \times 2,08 = 190,3 \text{ мг/л } 77 \% \text{-ной } \text{H}_3\text{PO}_4,$$

$$77,8 \text{ мг/л } \text{HCO}_3 \times 2,27 = 176,6 \text{ мг/л } 45 \% \text{-ной } \text{HNO}_3.$$

Пример 3. Необходимо нейтрализовать 2,4 мМ HCO_3 – (146 мг/л).

1,5 мМ нейтрализуем ортофосфорной кислотой и 0,9 мМ – азотной.

1,5 мМ/л $\times 61 = 91,5$ мг/л – количество бикарбонатов, которые требуется нейтрализовать ортофосфорной кислотой;

0,9 мМ/л $\times 61 = 54,9$ мг/л – количество бикарбонатов, которые требуется нейтрализовать азотной кислотой.

В наличии имеется 65 %-ная ортофосфорная кислота и 59 %-ная азотная. Рассчитываем их количество по приведенным формулам.

Для H_3PO_4

$$A_1 = 91,5 \times 98/61 \times 100/65 = 226 \text{ мг/л.}$$

Для HNO_3

$$A_2 = 54,9 \times 63/61 \times 100/59 = 96 \text{ мг/л.}$$

Для приготовления 1000 л маточного раствора, в 100 раз более концентрированного, чем рабочий, необходимо взять: 65 %-ной ортофосфорной кислоты – $226 \text{ мг} \times 1000 \times 100 = 22,6 \text{ кг}$; 59 %-ной азотной кислоты – $96 \text{ мг} \times 1000 \times 100 = 9,6 \text{ кг}$.

Для перевода массы кислот в литры необходимо знать их плотность.

Чтобы легче регулировать рН рабочего раствора, крепкие кислоты нужно предварительно разбавлять в 5–10 раз.

Количество ортофосфорной и азотной кислот для коррекции рН при приготовлении 1000 л концентрированного раствора (100 \times) приведено в таблице 11.

Если вода содержит около 60 мг/л HCO_3 , рН не корректируют для сохранения буферности раствора. При содержании бикарбонатов менее 60 мг/л подкисление раствора происходит очень быстро. Тогда в чистую воду добавляют бикарбонат калия, карбонат калия или гидроксид кальция.

Таблица 11. Количество ортофосфорной и азотной кислот, необходимое для коррекции рН в зависимости от содержания нейтрализуемых бикарбонатов

HCO_3		H_3PO_4				HNO_3			
мэкв	мг/л	77 %-ная		37 %-ная		77 %-ная		37 %-ная	
		кг	л	кг	л	кг	л	кг	л
0	0	–	–	–	–	–	–	–	–
0,5	30,5	6,3	3,9	13,2	10,6	–	–	–	–
1,0	61,0	12,7	7,9	26,5	21,2	–	–	–	–
1,5	91,5	19,0	11,9	39,7	31,8	–	–	–	–
2,0	122,0	19,0	11,9	39,7	31,8	6,9	5,4	8,5	6,9
2,5	152,5	19,0	11,9	39,7	31,8	13,8	10,8	17,0	13,8
3,0	183,0	19,0	11,9	39,7	31,8	20,8	16,8	23,5	20,7
3,5	213,5	19,0	11,9	39,7	31,8	27,7	21,6	34,0	27,6
4,0	244,0	19,0	11,9	39,7	31,8	34,6	27,0	42,5	34,5

Два раза в год, необходимо проводить полный анализ воды по следующим показателям: рН, электропроводность (ЕС), содержание солей натрия, калия, кальция, азота (N-NH_4 , N-NO_3), магния, хлора, сульфатов, бикарбонатов, железа, марганца, цинка, бора, меди, молибдена, кобальта.

Один раз в месяц воду анализируют по сокращенной схеме: рН, электропроводность, содержание HCO_3 , Ca, Mg, Cl.

7.3 Концентрация питательного раствора

Концентрация раствора – это количество растворенного вещества (г) на единицу объема (л или мл) раствора. Концентрацию раствора определяют двумя способами: весовым (сухой остаток) и измерением удельной электропроводности раствора

(ЕС). Выражают ее в миллисенсах (мС/см), где 1 ЕС = 700 мг соли на 1 литр и 3 ЕС = 1 атм. осмотического давления.

Концентрация питательного раствора влияет на рост и развитие растения. Концентрированные растворы характеризуются высоким осмотическим давлением, что препятствует усвоению воды растениями. При высокой концентрации снижается активность корневой системы, укорачиваются междоузлия стебля, уменьшаются размеры листьев. Концентрация раствора отражается также на передвижении и распределении кальция в растении, что вызывает вершинную гниль плодов. Изгибание верхних листьев томатов и огурца – это также результат повышенного содержания солей в питательном растворе.

Вследствие зависимости, которая существует между концентрацией раствора и скоростью поступления солей в корни растений, сильно разбавленные растворы не обеспечивают интенсивного снабжения растений питательными веществами. Поэтому необходимо поддерживать оптимальную концентрацию раствора (мС/см).

Уровень: низкий < 0,8; средний – 0,8–1,5; нормальный – 1,5–2,5; высокий – 2,5–3,5; очень высокий – > 3,5.

Концентрация оптимального раствора не является постоянной величиной, ее можно изменять. Чтобы предотвратить буйный вегетативный рост молодых растений, концентрацию солей повышают по сравнению с нормальной. Для томатов она может достигать 3,5–4 мС/см, для огурца – 2,5–3,0 мС/см, но с таким раствором работают не более 7–10 дней. Повышение и снижение концентрации раствора должно происходить постепенно, в течение 5–6 дней, чтобы растения приспособились к нему и не создалась стрессовая ситуация.

При выращивании растений, чувствительных к концентрации солей, необходимо следить за состоянием раствора, его электропроводность не должна превышать 2,5–3,0 мС/см.

Солеустойчивость растений зависит и от условий внешней среды. В пасмурные дни солеустойчивость возрастает, а в солнечные – уменьшается. В весенние месяцы с увеличением солнечной радиации усиливается транспирация, и растения испа-

ряют много воды. Чтобы они не испытали водного дефицита и не теряли продуктивности, в этот период применяют более разбавленные растворы (около 2,0 мС/см).

По мере старения растений их солеустойчивость уменьшается, поэтому к концу вегетации концентрацию раствора постепенно снижают.

Влияние концентрации солей на развитие растений зависит от состава питательного раствора. Увеличение содержания сульфатов более вредно отражается на плодах томатов (вершинная гниль), чем увеличение хлора. При максимально допустимой электропроводности раствора и содержании хлора более 4 мэкв/л (141,8 мг/л) и серы более 5 мэкв/л (160 мг/л) необходимо промыть субстрат и уменьшить концентрацию этих элементов в растворе на 15–20% в сравнении с необходимой в данном случае.

7.4. Состав и приготовление питательных растворов

Питательные растворы готовят путем растворения различных удобрений в воде. Рецепты составляют на основе соотношения минеральных элементов в растении. Растения каждого вида и сорта поглощают питательные элементы в различных соотношениях, что определяется их потребностью в минеральных веществах. В этом одна из причин изменения первоначальной сбалансированности раствора в течение вегетации.

Поглощаемые растением ионы макро- и микроэлементов находятся во взаимосвязи, которая в зависимости от их специфических свойств, электрического заряда и концентрации питательного раствора проявляется как антагонизм (снижают поглощение) и синергизм (увеличивают поглощение).

Например, катионы K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Al^{3+} стимулируют поглощение анионов NO_3 и PO_4 . Антагонизм проявляется наиболее часто между катионами K^+ и Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , B^{2+} , Ca^{2+} и H^+ , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ и NH_4 , Na^+ и Mg^{2+} . У анионов антагонизм выражен слабее, только анионы с общими свойствами конкурируют между собой (SO_4 , SeO_4).

Для каждой культуры и для определенных фаз их роста и развития концентрация питательного раствора различна. Концентрацию раствора определяют двумя способами: весовым (сухой остаток) и измерением удельной электропроводности раствора. Обычно ее выражают через удельную электропроводность (ЕС) в миллисименсах (мСм/см), где $1 \text{ мСм/см} = 700 \text{ мг соли на 1 л}$ или $3 \text{ мСм/см} = 1 \text{ атм. осмотического давления}$.

Содержание элементов питания в растворах, соотношение N : K может меняться по фазам развития овощных растений, а также в зависимости от погодных условий и данных анализов субстратов.

Огурец лучше растет и плодоносит при концентрации питательного раствора 1,6–1,8 г/л, а томат – при 1,8–2,2 г/л.

Весной и летом эта концентрация должна быть ниже, а осенью и зимой – выше.

В питательные растворы вносят микроэлементы, г на 1000 л воды:

железо серноокисное окисное – 6,0; борная кислота – 1,5; марганец серноокислый – 1,0; медь серноокислая – 0,2; цинк серноокислый, кобальт азотноокислый, аммоний молибденовоокислый – по 0,1.

Растворы макро- и микроудобрений составляют с учетом химического состава поливной воды, вида культуры и состояния растений в данный период. Для предотвращения выпадения в осадок отдельных элементов питания маточные концентрированные растворы для долгосрочного использования разделяют на два основных – А и Б. Растворы готовят в емкостях по 1,5 – 2 м³ каждый (рис. 37).

Рабочий раствор рекомендуется получать разведением маточного раствора водой в соотношении 1:100, допустимо 1:50 или 1:200. Растворы А и Б подают одновременно и разбавляют водой до заданной электропроводности рабочего раствора (ЕС).



Рис.37. Оборудование для смешивания растворов

Для поддержания необходимой кислотности рабочего раствора в него добавляют ортофосфорную или азотную кислоту.

Пример маточного раствора, приготовленного из полностью растворимых удобрений, кг/м³:

Раствор А

Кальциевая селитра	63,7
Калийная селитра	10,0
Аммиачная селитра	4,0
Хелат железа (9 %-ный)	0,56

Раствор Б

Калийная селитра	30,4
Однозамещенный фосфат калия	20,4
Сульфат калия	4,4
Сульфат магния	18,5
Сульфат марганца	0,16
Борная кислота	0,12
Сульфат цинка	0,11
Сульфат меди	0,012
Молибдат аммония	0,012

Основные требования к удобрениям – отсутствие балласта и полная их растворимость в воде. Учитывая плохую растворимость всех фосфорных удобрений и большое количество осадка, которое они дают, лучше всего в качестве источника фосфора использовать ортофосфорную кислоту и однозамещенный фосфат калия.

Примерный расход минеральных удобрений при выращивании огурца или томата на малообъемной гидропонике за год (по В. Каназирской, Болгария) следующий:

Макроудобрения, кг/га

Калийная селитра	4,5
Кальциевая селитра	2–3
Аммиачная селитра	0,07–0,1
Однозамещенный фосфат калия	1,5–2
Сульфат калия	0,14–0,18
Сульфат магния	1–2
Ортофосфорная кислота 77 %	2–3
Азотная кислота (45 %)	0,8–1

Микроудобрения, кг/га

Хелат железа (FeЭДТА)	50–100
Сульфат марганца	40–50
Борная кислота	30–40
Сульфат цинка	40–50
Сульфат меди	3–4
Молибдат аммония	1–1,5
Нитрат кобальта	1–1,5

7.5 Режим питания и корректировка питательных растворов

О том, что растения могут расти и нормально развиваться на искусственных питательных средах, известно давно. Впервые растение на водном растворе химически чистых солей было выращено в 1559 г. немецким агрохимиком Ф. Кнопфом. В России выращивание растений в искусственных условиях осуществил великий русский ученый К. А. Тимирязев. В 1896 г. в

Нижнем Новгороде им были продемонстрированы знаменитые опыты по выращиванию растений без почвы, в физиологических растворах. К. А. Тимирязев подчеркивал, что по мере развития общества и средств его производства, культура растений без почвы будет приобретать все большее распространение, как способ интенсивного производства продуктов растительного происхождения.

Продолжателями идеи К. А. Тимирязева были академик Д. Н. Прянишников и его ученики. Они широко использовали беспочвенную культуру для углубленного изучения проблем минерального питания растений.

Однако отсутствие соответствующих технических условий в то время не позволяло проводить подобные опыты в производственных условиях. Длительное время способ выращивания растений на питательных растворах использовался, в основном, только в научных экспериментах.

Впервые промышленное выращивание овощных культур на водных растворах было осуществлено в 1929 году профессором W. F. Geriche (Калифорнийский университет, США), который выращивал беспочвенные культуры в коммерческих целях (W. F. Geriche, 1949). Он внес небольшие изменения в технику этого метода и дал ему название «гидропоника», что означает в переводе с греческого «работа с водой».

Американцы первые освоили возможности промышленной гидропоники. Эллис и Суонней в 1938 году, Турнер Генри в 1939 году, доктора Герике и Лори в 1940 году начали исследовательские работы в этой области.

Гидропонный способ выращивания растений получил широкое применение в защищенном грунте.

Для оптимизации минерального питания растений необходимы показатели свойств почвы-субстрата и данные о содержании в нем доступных элементов питания. В условиях защищенного грунта потребление растениями элементов питания и их вымывание более интенсивны по сравнению с открытым грунтом, поэтому определение содержания питательных элементов проводят не реже одного раза в месяц, что позволяет поддерживать

питание растений на оптимальном уровне в течение всего периода выращивания.

Условия минерального питания влияют на формирование всех органов растений, которые воздействуют на их рост, развитие, ход биологических процессов, качество и количество получаемой продукции.

Степень поглощения питательных элементов растениями зависит от интенсивности роста, величины урожая, условий внешней среды и составляет в день на одно растение, в среднем, 0,2–0,3 г азота и 0,35–0,5 г калия. Другие питательные элементы используются в меньших количествах.

Средний вынос питательных элементов культурой огурца на 1 кг продукции равен: N – 2,2 г; P₂O₅ – 1,1; K₂O – 4,7; CaO – 2,8 и MgO – 0,66 г; для томата эти показатели равны, соответственно, 3,3; 1,2; 6,3; 4,6 и 0,8.

Путем регулирования условий минерального питания можно продлить плодоношение или ускорить старение растений. Правильная система удобрений должна обеспечивать оптимальный уровень питания растений в течение всего периода вегетации.

Потребность растений в удобрениях определяют несколькими методами: по результатам агрохимических анализов питательных растворов при гидропонике (или тепличных грунтов); расчетный, с учетом выноса питательных элементов планируемым урожаем; листовая диагностика.

Основным методом для оценки обеспеченности растений питательными элементами являлся агрохимический анализ субстратов и используемых тепличных грунтов.

Для анализа тепличных грунтов применяют метод водной вытяжки, который позволяет установить количество элементов в доступных формах для растений. Его проводят весовым методом (анализ воздушно-сухих образцов) или объемным (при естественной влажности).

В течение всей вегетации, практически ежедневно, к растениям с поливной водой поступают питательные вещества. Их количество зависит от фазы роста и развития растений и данных показателей агрохимического анализа.

Известно, что растения обладают избирательной способностью в отношении элементов питания, поглощая их в различных количествах.

Во все фазы роста и развития они больше всего поглощают калий, азот в аммиачной и нитратной форме, меньше – фосфор и еще меньше магний. Потребность в этих элементах возрастает с увеличением вегетативной массы и завязыванием плодов.

Кроме того, потребление элементов питания зависит от погодных условий. Весной и летом растения поглощают больше азота, осенью и зимой – калия. Количество азота и калия в растворе и их соотношение изменяют в зависимости от освещенности, содержания питательных элементов в субстрате, состояния растений и количества плодов на растениях ($N:K_2O = 1:1,8-2,2$ для томата и $1:1,5-1,9$ для огурца).

Для каждой культуры оптимальная концентрация питательного раствора различна: для огурца – $1,5-2,0$ мСм/см, для томата – $2,0-2,5$ мСм/см. Содержание аммиачного азота должно составлять не более 4–10 % общего азота в растворе для минеральной ваты и не более 10–30 % для торфа, уменьшаясь до минимума в осенне-зимний период.

Концентрация фосфора в растворе должна быть на оптимальном уровне (не ниже 30 мг/л в минеральной вате и 20 мг/л в торфе), так как он регулирует азотный обмен в растении.

Низкий уровень фосфора бывает чаще всего при повышенном значении рН, в этом случае лучше снизить рН, чем добавить фосфор.

Концентрация оптимального раствора не является постоянной величиной.

Чтобы предотвратить сильный вегетативный рост молодых растений в зимние месяцы, концентрацию солей повышают по сравнению с оптимальной, в основном, за счет кальциевой и калийной селитр. Для томата она может достигать $3,5-4,0$ мСм/см, для огурца – $2,5-3,0$ мСм/см, но такой раствор применяют не более 7–10 дней, иначе образуются мелкие плоды. Повышение и снижение концентрации раствора должно происходить постепенно (по $0,5$ мСм/см), чтобы растения приспособились.

бились к этому и не было ожогов корней. При низкой концентрации питательного раствора у растений образуются тонкие верхушки.

Солеустойчивость растений в пасмурные дни возрастает, а в солнечные дни и по мере старения растений уменьшается. Чтобы они не испытывали водного дефицита и не теряли продуктивности, концентрацию раствора снижают в солнечные дни и к концу вегетации до 1,0–1,2 мСм/см.

При максимально допустимой в субстрате электропроводности, а также при содержании хлора более 140 мг/л и серы более 160 мг/л, нужно промыть субстрат и на 15–20 % уменьшить концентрацию только этих элементов в растворе по сравнению с необходимой, иначе на плодах томата может появиться вершинная гниль. При накоплении элементов питания в субстрате выше уровня их содержания в растворе субстрат промывают водой, используя систему капельного полива, или снижают концентрацию питательного раствора.

Корректировку питательного раствора проводят на основании сравнения результатов агрохимического анализа субстрата или отжима (выжимки) из субстрата и анализа сока листьев растений.

При отклонении от заданных в данный момент уровней концентрации рН и содержания элементов питания или изменении этих уровней с учетом фаз развития и климатических условий проводят корректировку раствора, то есть его изменение, при этом количество недостающего или избыточного элемента увеличивают или уменьшают на 25–50 % или временно исключают его из рецепта. При этом обязательно учитывают химический состав поливной воды.

Расчет необходимого количества солей. Для выражения содержания элементов питания в растворе наиболее удобны единицы ppm и экв; ppm означает «частей на миллион» (part per million). 1 ppm = мг/л или мг/кг.

Мэкв (миллиграмм–эквивалент) – количество массы элемента, которое соединяется с единицей массы водорода (1,008) или замещает такое же его количество.

При обозначении состава питательного раствора указывают каждый элемент (азот – N, фосфор – P, калий – K и т. д.). Коэффициенты пересчета элементов и их соединений даны в таблице 12, приложениях 1–5.

Составить питательный раствор можно двумя способами: на основе комплексных удобрений, или используя исключительно простые. Очень важно при подборе удобрений учитывать, что они должны быть полностью водорастворимыми и не содержать балластных примесей. Если используются простые отечественные удобрения, обязательно надо предусмотреть приобретение комплексона ОЭДФ (оксиэтилидендифосфоновая кислота). Эта кислота используется в небольших количествах (400–800 г/ 1000 л маточного раствора, в зависимости от химического состава поливной воды) и выполняет четыре функции:

1. облегчает усвояемость растениями элементов питания (выступает в роли хелатирующего реагента);
2. способствует растворимости удобрений;
3. позволяет повышать концентрацию маточного раствора (важно в летний период);
4. препятствует отложению минеральных солей в капельницах и трубопроводах (продлевает срок службы системы полива).

На качество раствора влияет срок его использования. Это необходимо учитывать и готовить его такое количество, которое будет израсходовано не более чем за неделю. Баки для маточных растворов должны быть светопроницаемыми, их следует закрывать крышками и содержать в чистоте.

Оптимальные уровни содержания питательных веществ в торфяном субстрате приводятся в таблице 13.

При расчете количества солей используют коэффициенты, приведенные в приложении 3. Они показывают количество удобрения (кг), добавляемое к 1000 л маточного раствора (100-кратной концентрации) для увеличения содержания соответствующего элемента в рабочем растворе на 1 мг/л.

Таблица 12. Источники питательных элементов

Название	Химическая формула	Содержание, %
Источники азота:		
Фосфат аммония	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N–12; P–26
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	N–20
Аммиачная селитра	NH_4NO_3	N–35
Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	N–15,5; Ca–22
Калийная селитра	KNO_3	N–13; K–38
Мочевина	NH_2CONH_2	N–46
Магниева селитра	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	N–11; Mg–9
Натриевая селитра	NaNO_3	N–15
Источники фосфора:		
Фосфат аммония	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	P–26; N–12
Однозамещенный фосфат кальция	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	P–26; Ca–17
Однозамещенный фосфат калия	KH_2PO_4	P–23; K–28
Источники калия:		
Хлористый калий	KCl	K–47
Калийная селитра	KNO_3	K–38, N–13
Сульфат калия	K_2SO_4	K–45, S–18
Однозамещенный фосфат калия	KH_2PO_4	K–28; P–23
Источники магния:		
Сульфат магния	$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	Mg–10; S–13
Сульфат магния обезвоженный	MgSO_4	Mg–20
Магниева селитра	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Mg–10; N–11
Источники кальция:		
Хлористый кальций	CaCl_2	Ca–36
Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Ca–22; N–15,5
Сульфат кальция	CaSO_4	Ca–29
Источники микроэлементов:		
Сульфат марганца	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn–32
Сульфат цинка	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn–23
Бура	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	B–11
Сульфат меди	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu–26
Молибдат аммония	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mo–54
Молибдат натрия	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Mo–39
Хелат железа 330 Fe	FeДТПА	Fe–9
Хелат железа Fe ДП	FeДТПА	Fe–9
Хелат железа 138 Fe	FeЭДЦА	Fe–5
Хелат железа	FeЭДТА	Fe–14

Таблица 13. Уровни питания и корректировка питательного раствора на торфяном субстрате

Культура	Градации уровней и поправок	Содержание в субстрате	N	P	K	Ca	Mg
Томат	Уровни питания, мг/л	низкое	<60	< 10	< 100	< 120	<30
		умеренное	60-30	10-25	100-220	120-200	30-60
	Поправки питательного раствора, мг/л	низкое	+85	+25	+135	+90	+35
		умеренное	+50	+15	+75	+50	+20
Огурец	Уровни питания, мг/л	низкое	<80	<20	< 130	< 120	<40
		умеренное	80-120	20-30	130-200	120-180	40-60
	Поправки питательного раствора, мг/л	низкое	+ 55	+15	+80	+70	+25
		умеренное	+35	+10	+45	+40	+15
Сладкий перец	Уровни питания, мг/л	низкое	<60	< 10	< 100	<90	<30
		умеренное	60-100	10-20	100-180	90-120	30-50
	Поправки питательного раствора, мг/л	низкое	+55	+15	+90	+75	+25
		умеренное	+35	+10	+50	+60	+15

Пример. Приготовление 1000 л концентрированного (маточного) раствора (100×) для выращивания томатов на минеральной вате.

Коррекция рН. Вода содержит 99,2 мг/л HCO_3 . Нужно нейтрализовать $99,2 - 61 = 38,2$ мг/л HCO_3 . Следовательно: $38,2 \times 2,08 = 79,5$ мг/л 77% H_3PO_4 , т. е. 7,95 кг 77 %-ной H_3PO_4 .

Коррекция Р. Ортофосфорная кислота (77 %), используемая для нейтрализации, содержит 24% Р, т. е. с 1 кг H_3PO_4 в рабочий раствор вносят 2,4 мг/л Р, а с 7,95 кг – 18,96 мг/л Р.

Для достижения желаемого уровня фосфора (47 мг/л) вносят еще 28 мг/л Р. С этой целью используют однозамещенный фос-

фат калия, количество которого рассчитывают с помощью коэффициента 0,43 (табл. 15): $28,0 \times 0,43 = 12,0$ кг.

Коррекция кальция (Ca). Вода содержит 20,1 мг/л Ca. Следует добавить $150 - 20,1 = 129,9$ мг/л Ca, т. е. $129,9 \times 0,45 = 58,5$ кг кальциевой селитры.

Аналогичным образом проводят расчеты по коррекции и других элементов.

Корректировку питательного раствора проводят на основании сравнения результатов агрохимического анализа субстратов или отжима (выжимки) из субстратов и анализа сока листьев растений.

Возможное отклонение в сторону подщелачивания корректируют внесением небольшого количества азотной кислоты, а при отклонении в сторону подкисления добавляют немного йодистого калия.

Таким образом, питательные растворы макро- и микроудобрений составляют с учетом химического состава поливной воды, вида культуры и состояния растений в данный период.

Кроме того, применяют некорневую подкормку растений в том случае, когда недостающие элементы нельзя быстро внести через субстрат. Тогда целесообразно использовать систему испарительного охлаждения, для чего необходима фильтрация приготовленного раствора и повышение рабочего давления системы.

7.6 Методы фертигации

Совместное нормированное внесение в субстрат (почву) воды и удобрений является организационной, технологической и экологической основой оптимизации условий выращивания сельскохозяйственных культур и повышения их качества. В основу этого метода положено использование различных систем капельного орошения с одновременной подачей раствора удобрений, что позволяет постоянно поддерживать влажность субстрата в оптимальной пропорции в системе «вода – воздух» в субстрате и подавать растениям удобрения небольшими дозами.

Это способствует повышенной их усвояемости, меньшей выщелачиваемости, в сравнении с традиционными методами внесения, и ирригации и, как результат, более высокому коэффициенту усвояемости удобрений растениями.

Фертигация – способ внесения жидких удобрений, одновременно с осуществлением орошения (*ирригации*).

Ирригация (орошение) – это автоматизированный способ нормированной подачи воды и удобрений в корневую зону каждого растения.

При внесении в почву минеральных комплексных удобрений способом фертигации выполняется растворение сухих удобрений в воде и последующее получение жидкого концентрированного раствора, который называют *маточным*.

Кроме того, такая система ирригации с фертигацией позволяет вносить сбалансированное количество азота, фосфора, калия и других элементов питания с учетом фаз роста растений. Подача растворов удобрений с поливной водой приводит к более равномерному распределению их во всем увлажняемом слое. Увлажняемый слой субстрата с помощью капельного полива в зоне основной массы корней имеет определенный горизонтальный и вертикальный размеры, в зависимости от вида субстрата и дозы полива.

При использовании капельного орошения осуществляется точное дозирование поступления всех находящихся в растворе удобрений, в том числе с помощью систем автоматического регулирования количества подаваемых удобрений, и контроль электропроводности, контроль показателя заданного уровня pH рабочего раствора, контроль количества раствора на единицу площади орошения.

Фертигацию проводят в течение всего цикла полива или в середине – конце его, но так, чтобы в конце цикла фертигации подавать чистую воду для промывки системы капельного полива в зависимости от применяемого субстрата.

Основные преимущества фертигации перед традиционными методами внесения удобрений следующие:

– позволяет поддерживать в почвенном растворе необходимый уровень концентрации элементов питания;

– экономит затраты труда и энергии на внесение удобрений; в отличие от обычной ирригации с использованием больших доз полива позволяет не только эффективно использовать удобрения, но и предотвращать загрязнение грунтовых вод, что не создает условий для вторичного засоления субстрата (почвы).

Применение фертигации основано на соблюдении определенных требований к использованию удобрений. Для фертигации используют только полностью растворимые удобрения, свободные от высоких доз натрия, хлора и других вредных примесей. Простые и комплексные удобрения, широко используемые для фертигации: KNO_3 , с соотношением $N:P_2O_5:K_2O$ (13:0:46), $KMgNO_3$ (12:0:43+2–3 % MgO , $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (11:0:0 + 15 MgO), KH_2PO_4 (0:52:34), K_2SO_4 (0:0:51), $Ca(NO_3)_2$ (N – 15,5 %, CaO – 28,2 %), полихелаты микроудобрений, комплексные удобрения различных марок, обогащенные микроэлементами в полихелатной форме.

Кроме того, следует учитывать возможность химических реакций в растворе удобрений, что может вызвать нежелательное осаждение карбонатов кальция и магния, оксидов железа и других. Некоторые виды удобрений могут давать подобные соединения. Следует избегать образования и содержания в почвенном растворе таких вредных соединений, как Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, $NaCl$, Na_2SO_4 , $MgCl_2$, $CaCl_2$, находящихся в воде. Использование высококачественных полностью растворимых удобрений, организационно и экономически эффективно еще и потому, что эти удобрения имеют повышенное количество элементов питания (полностью усваиваются растениями из почвы, например, монокалийфосфат – 52 % P_2O_5 и 34 % K_2O или комплексные удобрения на основе нитратного азота – различные виды селитры: калийная, кальциевая, магниевая и др.).

В защищенном грунте фертигация применяется для грунтовой и малообъемной культуры овощей и цветов. Количество элементов питания в единице объема субстрата зависит от показателя кислотности субстрата, его количество, приходящееся на

одно растение, потребности отдельных видов растений в удобрениях за весь период их выращивания, а также в отдельные периоды и фазы роста.

Программа фертигации должна учитывать тип субстрата и наличие в нем доступных для растений подвижных форм основных элементов питания. На основании агрохимических анализов по стандартным методикам и планируемого уровня урожайности составляют программу внесения удобрений. Она может основываться только на применении фертигации или внесении части удобрений при подготовке субстрата (почвы) – основное внесение + фертигация.

7.7 Роль и значение отдельных элементов питания

Условия минерального питания влияют на формирование всех органов растений и служат фактором воздействия на их рост, развитие, ход биохимических процессов, качество и количество получаемой продукции.

В тканях растений содержится то или иное количество всех известных элементов. Значение этих элементов в жизнедеятельности растительного организма определяется не столько их количественным содержанием, сколько биохимической ролью, которую они играют в синтезе органического вещества.

Азот – основной биогенный элемент. Он входит в состав белков и нуклеиновых кислот. Этим и определяется его роль в жизни всех организмов на земном шаре. Азот входит в состав таких жизненно важных веществ, как аминокислоты, хлорофилл, фосфатиды, а также таких органических соединений, как алкалоиды, гликозиды и другие.

Поступившие в растения минеральные формы азота проходят сложный цикл превращений, в конечном счете, включаясь в состав органических соединений.

Для образования аминокислот вначале нитраты и нитриты в тканях растений восстанавливаются до аммиака. Причем, если растение содержит значительное количество углеводов, процесс их восстановления происходит уже в корне. Процесс восстанов-

ления нитратов катализируется ферментами и имеет несколько промежуточных стадий. Активность восстанавливающих ферментов зависит от наличия в растительных тканях магния и микроэлементов – молибдена, меди, железа, марганца.

Нитратный азот способен накапливаться в растениях в значительных количествах, что совершенно безвредно для растительного организма. Однако содержание нитратов в овощах и других продуктах растительного происхождения выше определенного уровня вредно для животных и человека.

Свободный аммиак в растениях содержится в незначительных количествах. Это связано с тем, что он быстро взаимодействует с углеводами, содержащимися в растительных тканях.

Результатом этого взаимодействия является образование первичных аминокислот. Чрезмерное накопление аммиака, особенно при дефиците углеводов, ведет к отравлению растений.

Качество продукции зависит от того, какие из соединений азота усваиваются в больших количествах. При усиленном аммиачном питании повышается восстановительная способность растительной клетки и идет преимущественное накопление восстановительных соединений. При нитратном питании усиливается окислительная способность клеточного сока и образуется больше органических кислот.

Усвоение растениями аммиачного и нитратного азота зависит от концентрации питательного раствора, его реакции, содержания сопутствующих элементов, обеспеченности растений углеводами, от биологических особенностей культуры.

Фосфор содержится в растениях в значительно меньших количествах, чем азот, но является не менее важным для жизнедеятельности растений биогенным элементом. Фосфор выступает в роли спутника азота, при его недостатке в растении усиливается накопление нитратных форм азота. Этот элемент назвали "ключом жизни", так как без фосфорной кислоты не может существовать ни одна живая клетка.

В растениях фосфор содержится как в органических (до 90 % от общего количества), так и в минеральных формах. Причем в молодых органах растений доля органического фосфора всегда

больше, чем в старых. Наибольшие количества этого элемента концентрируются в репродуктивных органах; примерно в 3–6 раз больше, чем в вегетативных.

Фосфор содержится в клеточной протоплазме, хромосомах, нуклеиновых кислотах, витаминах, ферментах. Он принимает активное участие в синтезе белковых соединений.

В живых клетках фосфор также присутствует в виде орто- и пирофосфорных кислот и их производных. Фосфатная группа способна к образованию ковалентных связей и за их счет активно связывает катионы металлов и аминов. При помощи ковалентных связей фосфор образует целый ряд соединений; от простых эфиров до сложных молекул дезоксирибонуклеиновой (ДНК) и рибонуклеиновой (РНК) кислот. Он входит в состав ферментов, ускоряющих кислотный обмен.

Фосфор содержится в нуклеиновых кислотах – сложных высокомолекулярных веществах, состоящих из азотистых оснований, углеводов (рибозы и дезоксирибозы) и фосфорной кислоты. В этих соединениях на долю фосфора (в пересчете на P_2O_5) приходится около 20 %.

Нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) являются основными носителями наследственной информации. То есть благодаря наличию в растительных клетках этого элемента возможна работа хромосомного аппарата.

Органические вещества, содержащие фосфор, играют огромную роль в обмене веществ растительного организма. Эти соединения содержат богатые энергией связи, в составе которых находится фосфор и принимают участие во всех физиологических процессах растительного организма: фотосинтезе, дыхании, биосинтезе белков, жиров, крахмала и других соединений.

Соединения фосфора с белками – *фосфоропротеиды* – являются важнейшими растительными ферментами, катализирующими биохимические реакции.

При участии фосфора происходит углеводный обмен. Фосфорная кислота активно взаимодействует с углеводами (*фосфорилирование*), и эти соединения играют огромную роль в *процессах дыхания и фотосинтеза*, ферментативных превращениях

и передвижениях углеводов. Фосфор, поступающий в растения, способствует накоплению крахмала, сахаров, красящих и ароматических веществ, повышает лежкость плодов.

Соединения фосфора с жирами (фосфолипиды) – сложные эфиры глицерина и жирных кислот регулируют проницаемость клеток, процессы прорастания семян и обеспечивают их энергетический запас.

Калий – один из основных элементов минерального питания – находится в растительных организмах в ионной форме и не входит в состав органических соединений клетки. В ядре клетки этот элемент не содержится, основные его запасы обнаружены в цитоплазме и вакуолях.

Клетки растений около 20 % этого элемента содержат в поглощенном состоянии, в обменной форме; основная часть калия, около 80 %, находится в клеточном соке, и только 1 % поглощается митохондриями необменно.

Почти весь калий находится в растениях в ионизированном состоянии и не образует нерастворимых в воде соединений. Из старых тканей он довольно легко выщелачивается водой. По мере созревания урожая возможен отток калия через корневую систему.

Калий регулирует водный обмен клетки, физическое состояние коллоидов цитоплазмы, ее набухаемость и вязкость. Под влиянием калия возрастает водоудерживающая способность цитоплазмы, что уменьшает опасность кратковременного завядания растений при временном недостатке влаги. Наличие калия в растительной клетке обеспечивает нормальный ход окислительных процессов, углеводный и азотный обмен. Накопление калия способствует активизации обменных процессов растений.

Повышая активность ферментов, калий способствует накоплению в растениях крахмала и сахаров, обеспечивает повышение иммунитета; усиливает использование аммиачного азота при синтезе аминокислот и белка.

Для калия характерна высокая подвижность – отток калия из более старых листьев и тканей в более молодые, энергично растущие побеги и листья.

Фактически растительный организм за счет такой подвижности получает возможность использовать калий повторно.

Кальций. Необходимость в этом элементе проявляется в росте надземных органов и корневой системы растений. Кальций играет важную роль в процессе фотосинтеза, в передвижении углеводов в растении. Он участвует в формировании клеточных оболочек, обуславливает обводненность и поддержание структуры клеточных органелл. Недостаток кальция оказывает негативное влияние на рост и развитие корневой системы растений. В результате его дефицита не растут корни, не образуются корневые волоски, корни утолщаются, ослизняются и гнивают. Листья, при этом, замедляют рост, появляется хлоротичная пятнистость, пожелтение и отмирание. Кальций не реутилизируется, поэтому признаки голодания проявляются, прежде всего, на молодых листьях.

При введении в питательный раствор кальция физиологическая уравновешенность раствора восстанавливается. Катионы кальция оказывают сильное *антагонистическое действие* против других катионов (H^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} и др.), препятствуя избыточному поступлению их в растения. Кальций поступает в растения в течение всего периода активного роста. При наличии в растворе нитратного азота поступление его в растения усиливается, а в присутствии аммиачного, вследствие антагонизма, – снижается.

Многие растения различаются по потреблению кальция. Однако потребность растений в кальции и отношение их к кислотности почвы не всегда совпадают. Кальций выщелачивается из почвы, поэтому запасы его быстро уменьшаются и зависят от типа почвы, количества осадков, норм, форм извести и минеральных удобрений.

Магний. Функции, которые выполняет магний в растении, многообразны. Он входит в состав молекулы хлорофилла и принимает непосредственное участие в фотосинтезе. Магний, находясь непосредственно в растении, входит в состав пектиновых веществ, фитина. При недостатке магния содержание хлорофилла в листьях уменьшается, проявляется физиологическое забо-

ление "мраморность". Листья, при этом, скручиваются и затем опадают. Это замедляет рост и уменьшает урожай. Магний с фосфором находятся, прежде всего, в растущих частях растений, в семенах. Он более подвижен, чем кальций, и может реутилизироваться (использоваться повторно). После выполнения функций в листе растения магний накапливается в семенах и, в основном, концентрируется в зародыше. Магний участвует в передвижении фосфора в растениях, активизирует некоторые ферменты (фосфатазы), ускоряет образование углеводов, влияет на окислительно-восстановительные процессы в тканях растений. Этот элемент способствует восстановительным процессам и накоплению восстановительных органических соединений – эфирных масел, жиров и др. При недостатке магния усиливаются окислительные процессы, возрастает активность фермента пероксидазы, снижается содержание инвертного сахара и аскорбиновой кислоты. Овощные культуры потребляют магний в различных количествах. Кислые почвы содержат мало магния.

Магний при недостаточном содержании кальция проявляет токсичность. Наилучшим соотношением магния и кальция является 1:6,5.

Увеличение поступления калия в растения за счет высоких доз задерживает поглощение магния.

Сера – необходимый элемент питания растений и по своему физико-биохимическому значению стоит в одном ряду с азотом и фосфором. Ее роль определяется тем, что сера входит в состав белков; содержится в аминокислотах (цистин, метионин); витаминах группы В; является составным элементом некоторых антибиотиков.

Этот элемент играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах, активизации ферментов, синтезе белков и хлорофилла.

В молодых органах растений сера находится преимущественно в восстановленной форме, а по мере старения растительного организма превалирует накопление окисленных форм. Сера сдерживает накопление нитратов в растениях.

Источником серы для растений могут служить как органические, так и неорганические соединения. В довольно больших количествах сера содержится в торфах.

Содержание в растениях микроэлементов колеблется от тысячных до сотысячных долей процента. Но их активность определяет полноценность окислительно-восстановительных процессов, углеводного и азотного обменов и образования хлорофилла. Они входят в состав многих ферментов и витаминов, влияют на проницаемость клеточных мембран и скорость поступления элементов питания в растения.

Микроэлементы содержатся в минеральных и органических соединениях, причем их доступность растениям колеблется в значительных пределах, но каждый из них играет свою физиологическую роль.

Железо. Как микроэлемент железо входит в состав окислительно-восстановительных ферментов растений, участвует в синтезе хлорофилла, процессах дыхания и обмена веществ. В иных условиях при его недостатке проявляется хлороз.

Бор. Микроэлемент бор участвует в реакциях углеводного, белкового, нуклеинового обменов и других процессах. Бор необходим растениям в течение всего периода их жизни. Он не реутилизируется в растениях, поэтому от его недостатка страдают, прежде всего, молодые листья и точки роста. Недостаток бора вызывает нарушение процессов синтеза, особенно нарушается передвижение углеводов и формирование репродуктивных органов.

Избыток бора вызывает своеобразный ожог нижних листьев. Они желтеют и опадают. Порог токсичности бора определяется не только его содержанием, но и количественными соотношениями с другими элементами питания. При хорошей обеспеченности кальцием и фосфором увеличивается потребность в боре.

Избыточное известкование закрепляет бор в почве, что задерживает поступление его в растения. При его недостатке происходит опадание цветков, завязей и отмирание верхушек молодых растений томатов.

В качестве удобрения используют борный суперфосфат и бормагниевые удобрения. Борная кислота, в основном, используется для обработки семян и некорневых подкормок.

Молибден. Молибдену отводится исключительная роль в азотном питании. Он локализуется в молодых растущих органах, а в стеблях и корнях его меньше. Больше всего молибдена содержится в хлоропластах. При недостатке молибдена задерживается развитие клубеньков на корнях бобовых растений и фиксация азота.

Внесение в почву молибдена способствует усвоению азотных удобрений растениями вследствие быстрой нитрификации аммиачных и амидных форм. Это уменьшает потери азота в результате денитрификации и вымывания нитратов.

Высокое содержание молибдена весьма токсично для растений, 1 мг/кг сухой массы вреден для человека и животных.

Обычно молибден содержится в почве в окисленной форме в виде молибдатов кальция и других металлов.

В кислых почвах молибден образует плохо растворимые соединения с алюминием, железом, марганцем. Количество водорастворимых форм молибдена увеличивается при снижении кислотности почвенного раствора.

Положительное действие молибдена на величину и качество урожая овощных культур обусловлено не только его влиянием на усвоение растениями азота удобрений, но и улучшением использования его из почвы. Применение молибдена на почвах с недостаточным его содержанием обеспечивает, наряду с ростом урожая, более полное включение поступившего в растения азота в состав белка, а также ограничивает накопление нитратов в овощной продукции в количествах, токсичных для человека.

Медь. Физиологическая роль меди определяется ее присутствием в составе медьсодержащих белков, ферментов, катализирующих окисление дифенолов и гидроксילирование монофенолов – ортодифенолоксидазы, полифенолоксидазы и тирозиназы. Медь входит в состав и других ферментов и принимает непосредственное участие в процессе фотосинтеза, углеводного и

белкового обменов. Очень часто бедны медью торфяно-болотные почвы.

Проводимое известкование кислых почв уменьшает поступление меди в растения, так как она связывается с почвой. Известь действует как адсорбент меди, а при подщелачивании создает лучшие условия для образования комплексов органических соединений с медью.

Потребность в меди возрастает в условиях применения высоких норм азотных удобрений.

Марганец. Физиологическая роль марганца определяется тем, что он входит в состав окислительно-восстановительных ферментов и принимает участие в процессе фотосинтеза, углеводном и азотном обменах. Марганец необходим всем растениям. Среднее его содержание в растениях составляет 0,001 %. Основное количество его локализовано в листьях и хлоропластах. Марганец относится к металлам с высоким значением окислительно-восстановительного потенциала и может легко участвовать в реакциях биологического обмена.

Наряду с кальцием, этот элемент способствует избирательному поглощению ионов из внешней среды. При исключении марганца из питательной среды в тканях растений повышается концентрация основных элементов питания, нарушается их соотношение. Этот элемент повышает водоудерживающую способность тканей, снижает транспирацию, улучшает плодоношение.

При остром недостатке марганца не образуются продуктивные органы у редиса, капусты, томатов и других овощных растений.

Марганец в дерново-подзолистых почвах содержится в количестве 0,1–0,2 %, однако большая его часть находится в почве в виде труднорастворимых окислов и гидратов окислов. Нейтральная среда в почве способствует переходу марганца в труднорастворимые формы.

Цинк оказывает влияние на обмен энергии и веществ в растении, что обусловлено его содержанием в более чем 30 ферментах. При недостатке цинка накапливаются редуцирующие

сахара и уменьшается содержание сахарозы и крахмала, увеличивается накопление органических кислот, снижается содержание ауксинов, нарушается синтез белков. При цинковом голодании происходит накопление небелковых растворимых соединений, амидоз, аминокислот. Растения томата при цинковом голодании образуют мелкие скрученные листья, пластинки и черешки. Для всех растений при недостатке цинка характерна задержка роста. Недостаток его проявляется, прежде всего, на кислых, сильно оподзоленных почвах. Цинковые удобрения применяют, когда содержание этого элемента составляет менее 0,2–1 мг/кг почвы.

Кобальт входит в состав витамина В₁₂, а его физиологическая роль проявляется, прежде всего, в биологической фиксации молекулярного азота. Среднее содержание кобальта в растениях – 0,00002 %. Кобальт накапливается в генеративных органах, пыльце и ускоряет ее прорастание. Этот элемент относится к металлам с переменной валентностью, поэтому имеет большое значение окислительно-восстановительного потенциала, что позволяет иону кобальта принимать активное участие в окислительно-восстановительных реакциях. Доказано положительное влияние кобальта на все овощные растения, кроме бобовых культур. Положительное действие кобальта, прежде всего, проявляется на нейтральных почвах с хорошей обеспеченностью элементами питания.

Перспективность применения кобальтсодержащих удобрений определяется не только увеличением урожаев, но и улучшением качества производимой продукции.

Поэтому, при возделывании овощных культур, применению микроэлементов необходимо уделять большое значение. Главным фактором в этом отношении является создание условий для нормального накопления микроэлементов, как в субстрате, так и в растениях. Избыток и недостаток этих элементов приводит к различным последствиям, но чаще всего – к болезням.

Факторы, приводящие к снижению усвояемости элементов питания:

- затенение более 65 % снижает усвоение N, P, K, Ca, Mg;

- повышение рН до 6,5 и выше – сдерживает поступление кальция;
- повышение рН до 6–5 – усиливает усвоение фосфора, особенно в присутствии Na и Cl;
- высокая электропроводность питательного раствора сдерживает поступление кальция;
- повышение рН (при норме рН равной 5–6) уменьшает доступность B, Cu, Fe, Mn, Zn;
- при рН меньше 5 – снижается доступность молибдена;
- повышение температуры субстрата от 13 °С до 20 °С увеличивает поступление Fe, Mn, Cu;
- повышение рН более 7 образует нерастворимые гидроокиси Fe, Zn, Cu, снижается растворимость бора.

7.8 Оптимизация условий питания тепличных растений

Основой оптимизации питания тепличных культур является, с одной стороны, использование стандартных по периодам выращивания растворов с соответствующими сбалансированными соотношениями макро- и микроэлементов, уровнями ЕС, рН, поддержание необходимых условий микроклимата (температура, влажность субстрата и воздуха, освещённость, подкормка углекислотой, защита растений от вредителей и болезней).

В процессе выращивания тепличных культур постоянно возникают явления, которые необходимо учитывать для оптимизации питания:

- *антагонизм* элементов питания в связи с фактической концентрацией отдельных элементов питания в питательном растворе, вследствие чего нарушается усвоение их растениями, несмотря на использование сбалансированных питательных растворов;

- *нарушение* питания в связи с недостатком или избытком элементов, необходимых для правильного роста и развития растений, что имеет место при неблагоприятных агротехнических условиях или вследствие недостатка – избытка элементов питания.

В процессе выращивания необходимо регулярно контролировать количество макро- и микроэлементов в питательном растворе, выжимке из субстрата, что позволит корректировать в нужную сторону показатели питания растений.

Одновременно следует учитывать и другие факторы, влияющие на усвоение элементов питания, а также темпы роста и развития растений. Часто усвоение элементов питания связано с неблагоприятными для культур климатическими условиями; слишком низкой или слишком высокой температурой, интенсивностью света, агротехническими условиями, в том числе недостаточным или избыточным водоснабжением, или использованием для полива воды удобрений плохого качества. Недостаток питания (фактическое отсутствие, неусвоение, реакция кислотности почвенного раствора, не соответствующая овощной культуре, при ее выращивании), избыток питания, плохо развитая корневая система, неправильное орошение, высокие концентрации катионов и анионов, особенно Na^+ и Cl^- , также негативно влияют на усвоение элементов питания растениями.

Признаки нарушения нормального роста и развития растений обычно проявляются на всём растении, но чаще всего это наблюдается на листьях и плодах у овощных культур, на листьях и цветках у цветочных культур. На листьях это проявляется изменением окраски, деформацией, уменьшением размеров, пятнистостью и некрозами листьев целиком или частично и их дальнейшим засыханием, пожелтением, побурением краев листовых пластинок, деформацией цветков и соцветий; обесцвечиванием, пятнистостями, некротическим растрескиванием, пятнами на плодах томатов, огурцов и других тепличных культур.

Признаки недостатка питательных веществ могут появляться на разных частях растений: на молодых и старых листьях, точках роста (рис. 38). Недостаток элементов питания на молодых листьях и конусах роста чаще информируют о недостатке В, Са, Си, Fe, Mn, Zn, т. е. кальция и микроэлементов, а на старых листьях – N, Mg, K, S, Mo.



Рис. 38. Признаки недостатка азота и фосфора у культуры огурца и томата

В условиях использования полноценных по составу питательных растворов разные пятнистости, некрозы, хлорозы свидетельствуют о невозможности их усвоения – как реакция на низкую или высокую температуру субстрата, слабое развитие корневой системы либо на фитотоксичность химических средств защиты или питания. Пожелтение нижних листьев томатов, когда главная жилка листа зелёная, – это обычное проявление недостатка магния, что может быть связано с условиями повышенной потребности растений (но и не только) в магнии, недостаточной освещённостью, неправильным (обычно недостаточным) водополивом, высокой ночной температурой, избытком калия (антагонист магния), недостаточной аэрацией. Это часто связано с антагонизмом между калием и магнием, вследствие чего имеет место не только магниевый хлороз, но и опадание листьев без внешних признаков хлороза, например, на розах. А у томатов, на самых молодых листьях темно-зелёная окраска – признак избытка азота и недостатка йода, а светло-зелёная окраска свидетельствует о недостатке азота. Побурение и отмирание верхушечных листьев у томатов вызывается недостатком фосфора.

Антоциановый оттенок нижней части листа томатов, роз – результат недостатка фосфора (рис. 38), из-за слишком низкой температуры субстрата, избытка азота или серы, слабой корне-

вой системы, слишком высокого ($\text{pH} > 6,2$) показателя кислотности почвенного раствора. Пятнистость листьев и усыхание их краёв происходит при недостатке калия. Скручивание молодых листьев томатов и других культур связано с недостатком марганца и меди, высоким показателем pH почвенного раствора (щелочная реакция, по сравнению с обычной с pH 5,3–5,8). Изменение конуса нарастания связано с недостатком кальция и бора при слишком высоком показателе pH почвенного раствора – более 6,5.

Тепличные растения отличаются очень разной способностью поглощения и усвоения азота и калия. Для томата характерно более трудное поступление фосфора в растения. Часто это явление не исправляет повышение доз фосфора, а скорее она улучшается при сбалансированных количествах N, P, K, Ca, Mg в почвенном растворе и поддержанием кислотности на уровне pH 5–6. У томатов поглощение Ca и Mg в течение вегетации обычно равномерное, а потребление N систематически возрастает до пика плодоношения. Недостаточное питание приводит к нарушениям роста: недостаток N – к медленному росту корней, K – к снижению жизнеспособности растений, Mg – к неблагоприятным физиологическим изменениям, Ca – к слабой корневой системе и тонким побегам, Fe – к задержке роста, B – к растрескиванию листьев, хрупкости побегов, сбрасыванию завязей. Избыточное питание также влияет отрицательно, усиливается антагонизм между усвоением растениями ионов. Этому способствует неравномерное потребление ионов и их накопление в почвенном растворе.

Необходим не только постоянный мониторинг элементов питания в питательном растворе и в субстрате, но и проведение мероприятий по поддержанию необходимых уровней и оптимальных соотношений элементов питания. Это достигается кратковременной корректировкой питательного раствора, более широким использованием дренажа.

Взаимодействие между элементами питания в почвенном растворе и их доступностью растениям в зависимости от их количеств, факторов pH , ЕС, микроклимата.

Показатель кислотности питательного раствора подлежит постоянному контролю и корректировке, в связи с сильным влиянием рН на доступность многих элементов питания, так как при возрастающем показателе рН относительно оптимума, находящегося в пределах 5,1–5,9, снижается доступность таких элементов, как Р, В, Сu, Fe, Mn, Zn, а в кислой среде – доступность Мо. Часто причиной неправильного или недостаточного питания является не недостаток элементов питания в растворе, находящимся в субстрате, а невозможность их поглощения при щелочной реакции питательного раствора, использовании воды с щелочной реакцией, высокое содержание в ней Na и Сl. При рН питательного раствора выше 7,0 микроэлементы и фосфор становятся менее доступными, а макроэлементы К и S, наоборот поглощаются в избыточных количествах.

С увеличением рН от 5,5 до 6,7 концентрация доступного фосфора быстро снижается, в том числе и содержание фосфора в листьях падает до 30 % от нормы. Также снижается содержание в листьях В, Сu, Mn, Zn. В зависимости от используемого субстрата показатель рН субстрата и питательного раствора следует поддерживать до показателя рН в пределах 5,1–5,9.

7.9 Агрохимический контроль, качество продукции. Контроль за режимом питания

Для контроля за режимом питания несколько раз в неделю определяют рН и ЕС поливного питательного раствора, который берут из под капельниц на затененных участках, а также определяют рН и ЕС субстрата или отжима из субстрата, для чего используют портативные рН-метр и кондуктометр. Периодически проводят анализ на содержание макро- и микроэлементов в отжиме из минераловатной плиты или торфяного субстрата:

- через 1–2 недели определяют рН, ЕС, содержание Сl, N, Р, К, Mg, Са;
- через четыре недели – рН, ЕС, Сl, N, Р, К, Mg, Са, Fe, Mn, Zn, В, Сu, Мо, S и Со.

Вытяжку из минеральной плиты (0,5–1 л) отбирают шприцем или путем отжима из 30–50 мест. Пробы торфа берут буром, средний образец также составляют из 30–50 точек с площади 1000 м². Учитывая неравномерность распределения питательных веществ в субстратах при использовании капельного полива, пробы субстрата или вытяжки (отжима) нужно брать с противоположной стороны от капельницы на расстоянии 7–10 см от нее. Верхний слой торфа (2–3 см) следует отбрасывать.

Чтобы избежать образования труднорастворимых солей, питательный раствор и вытяжку или отжим из субстрата анализируют сразу же после ее взятия.

Оптимальные и допустимые пределы содержания элементов питания в субстратах для культур огурца и томата приведены в таблицах 14–15.

Таблица 14. Рекомендуемое содержание питательных элементов в субстратах, pH и общее содержание солей

Показатели	На минеральной вате (раствор, т. е. отжим), мг/л раствора					
	огурец			томат		
	min	opt	max	min	opt	max
pH	5,0	6,0	7,0	5,0	6,0	7,0
ЕС, мСм/см	1,4	2,0	3,0	2,0	2,5	3,0
N-NO ₃	100	140	210	80	130	210
N-NH ₄	–	7	7	–	7	7
P	15	30	50	15	30	50
K	140	200	310	160	200	275
Ca	100	160	240	160	200	280
Mg	25	40	50	25	50	70
Na	–	20	90	–	25	100
Cl	–	35	140	–	35	140
S	15	30	80	30	60	150
Fe	0,4	0,7	1,1	0,4	0,8	1,1
Mn	0,2	0,4	0,8	0,2	0,4	0,8
Zn	0,3	0,3	0,6	0,2	0,3	0,6
B	0,2	0,4	0,8	0,2	0,4	0,8
Cu	0,02	0,04	0,10	0,02	0,04	0,10
Mo	0,03	0,06	0,14	0,03	0,06	0,14

Недостаток или избыток питательных элементов в растениях с помощью листовой диагностики определить очень трудно, так как признаки голодания часто бывают сходны с признаками отравления минеральными веществами и симптомы недостатка разных элементов также бывают очень сходными.

Условия выращивания и питания растений отражаются на химическом составе клеточного сока листьев растений. Высокому урожаю соответствует определенная концентрация и соотношение элементов питания в черешках листьев растений. Поэтому содержание неорганических форм питательных веществ рекомендуется определять в вытяжках из свежих растений.

Для анализа берут листья огурца в период усиленного роста – второй–третий сверху, а в фазе плодоношения – лист, расположенный сразу под завязью.

Таблица 15. Рекомендуемое содержание питательных элементов в субстратах, рН и общее содержание солей

Показатели	На торфе (водная вытяжка, 1:2) мг/л раствора					
	огурец			томат		
	min	opt	max	min	opt	max
рН	5,3	6,2	6,5	5,3	5,7	6,2
ЕС, мСм/см	1,2	1,4	2,0	1,3	1,5	2,0
N-NO ₃	100	150	180	80	105	170
N-NH ₄	–	10	10	–	10	10
P	20	35	50	20	35	50
K	150	210	250	175	240	300
Ca	120	180	220	180	240	300
Mg	70	80	100	70	90	110
Na	–	30	100	–	30	100
Cl	–	50	150	–	50	150
S	80	120	150	100	140	190
Fe	0,3	0,5	0,6	0,3	0,5	0,6
Mn	0,04	0,08	0,3	0,04	0,08	0,3
Zn	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,4
B	0,2	0,4	0,8	0,2	0,4	0,8
Cu	0,02	0,04	0,10	0,02	0,04	0,10
Mo	0,03	0,06	0,14	0,03	0,06	0,14

У томата, до начала цветения, следует брать листья, закончившие рост, то есть второй–третий, а во время цветения и позже – пятый лист сверху.

Листья для образца необходимо отбирать очень тщательно, так как химический состав их зависит от времени отбора, положения листьев на растении, их возраста. Минимальное число листьев в образце – 20 (площадь – 920–1000 м²).

Образцы нужно отбирать в одни и те же часы суток, лучше утром (8–9 ч), если проб много, то до начала проведения анализов их держат в холодильнике (8–10 ч).

При малообъемной культуре растения, как правило, хорошо обеспечены азотом, калием, кальцием. Снижение урожая наблюдается, когда содержание азота в листьях растений не превышает 500, фосфора – 80–100, калия – 300, магния – 150–170 мг на 1 кг сырой массы.

Чаще всего ниже критического уровня в тканях растений содержится магний, причем даже тогда, когда в питательном растворе и в вытяжке его из минераловатной плиты концентрация данного элемента высокая.

Магниевое голодание возникает вследствие плохого поглощения этого элемента из-за антагонизма магния с калием, кальцием и аммиачным азотом. Поглощение магния зависит также и от кислотности раствора. Чем он кислее, тем меньше растения поглощают магния. В этом случае в питательном растворе следует снизить концентрацию калия до 160–180 мг/л, аммиачного азота – до 20, кальция – 120–140 мг/л и увеличить до 50–60 мг/л концентрацию магния, а кислотность раствора поддерживать на уровне pH 6,2–6,4; провести некорневую подкормку сернокислым магнием в концентрации 0,2 % и повторить ее через 10 дней.

Под воздействием высоких температур или поражения болезнями в листьях растений нарушается соотношение между азотом, калием и фосфором в сторону увеличения фосфора и калия и уменьшения азота.

Если в результате анализа клеточного сока листьев растений обнаружен избыток или недостаток какого-либо элемента, то

корректировку раствора проводят, как обычно, а содержание недостающего или избыточного элемента уменьшают или увеличивают на 15–30 %.

Потребность растений в микроэлементах при одном и том же урожае колеблется в определенных пределах, что зависит от многих условий. Микроэлементы требуются растениям в небольших количествах. При избыточном поступлении микроэлементы вызывают угнетение роста и даже оказывают на растения токсическое действие.

При управлении питанием растений поливы оказывают существенное влияние на рост и развитие томата, огурца, вызывая, при этом, более вегетативную или более генеративную реакцию растений.

Полив приобретает определяющее значение и тогда, когда механизмы контроля за климатом не учтены, в том числе и погодные условия.

Снижение влажности в начале выращивания дает растениям импульс в направлении генеративного развития и стимулирует развитие сильных, разветвленных корней. Степень и общий уровень снижения влажности могут привести к сильному генеративному (резкое снижение в течение двух недель) или менее значительному вегетативному эффекту (медленное снижение в течение 6–8 недель). Чем меньше влажность, тем сильнее генеративное влияние на растения.

Постоянное развитие новых корней позволяет растениям впитывать питательные вещества в необходимом количестве. Например, молодые развивающиеся части корневой системы впитывают только кальций. По мере старения корни впитывают его все меньше.

Суточный ритм влажности в матах также оказывает вегетативное или генеративное влияние на растения. Значительная разница между дневной и ночной влажностями (10–12 %) оказывает на растения генеративное влияние. Небольшая разница (4–6 %) – больше вегетативное влияние.

Небольшое количество питательных веществ, которое растения получают при поливе (200–300 мл/м²), приводит к вегета-

тивному росту. Благодаря такому воздействию можно снизить генеративное развитие растений. Большой объем воды (400–500 мл/м²) в течение одного полива усиливает генеративное развитие растений. Это может оказаться положительным моментом, если климат оказывает большее влияние на вегетативное развитие (в период слабой инсоляции зимой, а также на начальном этапе выращивания при слабом освещении).

Небольшое количество доз питательного раствора в течение первого часа (или в некоторых случаях одна доза в день) вызывает у растений генеративный характер. Это подходит в тех случаях, когда растения получают среднее (300–400 мл/мин.) или большое количество воды. Часто подаваемые дозы питательного раствора (циклы) приводят растения к вегетативному развитию и являются особенно эффективными, когда климатические условия усиливают генеративный характер развития растений.

Медленный темп подачи воды (около 2 л/ч) способствует вегетативному росту растений, вода медленно проходит в основание. Быстрый темп (4 л/ч) обуславливает генеративное влияние на растения.

Позднее начало поливов в утренние часы и более раннее их окончание в полуденные оказывают на культуру генеративное влияние. Такие поливы желательны в начале сезона, когда еще низкий уровень инсоляции, растения молодые и им необходимо дать толчок для формирования кисти и развития корневой системы.

Данный метод следует применять летом, когда в теплице концентрируется большое количество тепла, которое к концу дня обеспечивает метаболизм растений на высоком уровне. В результате, у растений отмечается потребность в воде в течение всего дня.

Растительная диагностика. Поглощение растениями элементов минерального питания в необходимых количествах и их оптимальные соотношения осуществляются в соответствии с их биологическими особенностями. При нарушениях физиологического состояния растений за счет стрессов (температурных, химических и др.) даже при применении физиологически сбалан-

сированных растворов возможно проявление недостатка или избытка элементов минерального питания. Растительную диагностику целесообразно проводить несколько раз за вегетационный период при условии отсутствия внешних признаков нарушения питания растений. Если появляются визуальные признаки избытка или недостатка элементов минерального питания, растительную диагностику проводят по мере необходимости. Оптимальные содержания элементов минерального питания в органах растений определяются их биологической природой, а также стадией роста и развития (табл. 15, 16).

Определения недостатков питательных веществ в растениях может проводиться и визуально. Они проводится по внешнему виду растений: строению, размерам, форме и цвету листьев и плодов, некрозам тканей.

Таблица 15. Содержание элементов питания в листьях тепличного огурца

Элемент питания	Уровни обеспеченности				
	недостаточный	низкий	оптимальный	высокий	избыточный
<i>Макроэлементы, %</i>					
N	3,0	3,0–4,5	4,5–6,0	6,0–7,0	7,0
P	0,3	0,3–0,5	0,5–1,0	1,0–1,4	1,4
K	1,5	1,5–3,0	3,0–5,0	5,0–7,0	7,0
Ca	0,7	0,7–1,2	1,2–2,0	2,0–3,0	3,0
Mg	0,3	0,3–0,5	0,5–0,9	0,9–1,2	1,2
<i>Микроэлементы, мг/кг</i>					
Fe	100	100–150	150–250	250–400	400
Mn	25	25–40	40–80	80–120	120
Zn	20	20–30	30–60	60–100	100
Cu	6	6–10	10–16	16–20	20
B	25	25–30	30–60	60–80	80
Mg	0,5	0,5–1,0	1–5	5–20	20

Нарушения питания проявляются на разных ярусах и органах растений. Недостаток или избыток азота, фосфора, калия и магния проявляется на старых и более взрослых листьях и органах,

в нижних ярусах растений. Эти элементы растение может реутилизировать.

Таблица 16. Содержание элементов питания
в листьях тепличного томата

Элемент питания	Уровни обеспеченности				
	недостаточный	низкий	оптимальный	высокий	избыточный
<i>Макроэлементы, %</i>					
N	3,5	3,5–4,5	4,5–5,5	5,5–6,0	6,0
P	0,3	0,3–0,5	5,0–1,0	1,0–1,4	1,4
K	3,0	3,0–4,0	4,0–5,5	5,5–6,5	6,5
Ca	1,2	1,2–1,5	1,5–2,5	2,5–4,0	4,0
Mg	0,3–0,25	0,3–0,5	0,5–0,9	0,9–1,2	1,2
<i>Микроэлементы, мг/кг</i>					
Fe	120	120–150	150–300	300–450	450
Mn	30	30–40	40–100	100–200	200
Zn	25	25–40	40–80	80–120	120
Cu	6	6–10	10–20	20–25	25
B	25	25–30	30–75	75–100	100
Mg	0,5	0,5–1,0	1–5	5–20	20

Все микроэлементы реутилизуются трудно, поэтому их недостаток или избыток проявляется на молодых листьях, органах и точках роста.

Признаки недостатка питательных веществ у растений.

Азот. Нижние листья становятся бледно-зелеными, затем, начиная с верхушки, желтеют, буреют и отмирают, рост стеблей и боковых плетей задерживается, листья мелкие, стебель тонкий и хрупкий.

Недостаток азота у томата проявляется в ограниченности роста, растения приобретают веретеновидный габитус. Старые листья становятся светло-зелеными, затем желтеют. На обратной стороне листа вдоль основных жилок может проявляться пурпурная окраска. Цветки, не раскрываясь, засыхают и опадают. Плоды мелкие, но созревают быстро, побеги приобретают склонность к одревеснению.

У огурца недостаток азота проявляется в мелколистности, листья направлены вверх, а пластинки более старых листьев –

желтеют. Желтизна быстро распространяется и на молодые листья. Если азотное голодание проявляется в более поздние сроки роста и развития, то пожелтение может начинаться и с листьев среднего возраста. Лист желтеет полностью, хотя вначале самые тонкие жилки листа еще могут сохранять зеленый цвет, в дальнейшем и они желтеют. Плетви тонкие, но твердые, быстро древеснеют. Завязь интенсивно осыпается, цветки завядают не раскрывшись. Плоды укороченные, с заостренными конусами, бледной окраски. Боковые побеги развиваются плохо.

Фосфор. Темно-зеленая, голубоватая окраска листьев, замедляется рост, появляются красные пурпурные оттенки, темный, почти черный цвет у засыхающих листьев. Они опадают, а цветение и созревание плодов задерживается.

У томатов листья мелкие с загибающимися краями, на обратной стороне старых листьев наблюдается резко выраженная пурпурная окраска, стебель истончен.



Рис. 39. Признак недостатка калия у плодов томата

У растений огурца молодые листья приобретают темно-зеленую окраску, старые – серо-зеленую. Позднее на пластинке листа появляются большие, неравномерно распределенные желто-коричневые пятна, они становятся некротическими и засыхают. Лист морщинистый, края острые и загнуты вверх.

Калий. Пожелтение или побурение и отмирание тканей, морщинистость и закручивание краев листьев. Приостанавливается рост междоузлий.

У томатов края старых листьев похожи на обожженные. Хлороз распространяется и на более молодые листья, а старые желтеют и опадают. Значительно задерживается окрашивание плодов (рис. 39), а внутри плода появляются коричнево-черные полосы.

При недостатке калия, у огурца края старых листьев приобретают более светлую окраску, распространяющуюся между основными жилками к центру. Затем весь лист становится жел-

то-зеленым с некротическими пятнами по краям. Края загибаются вниз.

Кальций. При недостатке кальция наблюдается повреждение и отмирание верхушечных почек и корней, некротические повреждения кончиков и краев молодых листьев. Часто кончик листа загибается в виде крючка.



Рис. 40. Признак недостатка кальция в плодах томата

У томатов края молодых листьев становятся желто-зелеными. Листья мелкие, деформированные, с точкообразными некротическими пятнами. Эти пятна впоследствии сливаются. Края листьев

загибаются вниз. Старые листья похожи на обожженные по краям. Плоды поражаются непаразитарной вершинной гнилью (рис. 40). Точка роста отмирает.



Рис. 41. Признак недостатка магния в листьях огурца

У огурца молодые листья – мелкие, темно-зеленые, междуузлия короткие. Затем с краев молодые листья светлеют, на пластинке листа между жилками возникают узкие светлые полосы. Они расширяются, теряют зеленый цвет, некротизируются.

Жилки и прилегающая к ним часть листа сохраняет интенсивно-зеленую окраску, края листа загнуты вниз.

Магний. Недостаток хлорофилла проявляется в посветлении листьев, окраска листьев изменяется с зеленой на желтую, красную, фиолетовую. Между зелеными жилками листа проявляется хлороз (рис. 41). У томатов на листьях между жилками появляются коричневые пятна, лист вянет, засыхает и опадает. Оппадают плодоножки. Плоды мелкие, созревание преждевременное.

У огурца на старых листьях проявляется хлороз. Желтеют с краев пластинки листа. Жилки и пластинка вокруг полосой около 5 см еще сохраняет нормальный зеленоватый цвет.

Железо. Между жилками листа проявляется равномерный хлороз, окраска листьев – бледно-зеленая или желтоватая. Отмирания тканей не наблюдается, некротические пятна отсутствуют.

Недостаток железа у томатов проявляется в сильном угнетении роста.

Хлороз появляется сначала на молодых листьях, но жилки, даже самые мелкие, остаются зелеными. Только при очень сильном недостатке железа жилки листьев утрачивают зеленый цвет, а пластинка становится желто-белой.

У огурца также возникает хлороз на молодых листьях основного и боковых побегов. Зеленый цвет сохраняется только на основных и боковых жилках листа; листовая пластина светло-зеленая, до желтовато-белой. В дальнейшем края листьев становятся некротическими, хлороз распространяется и на более старые листья.

Сера. Бледно-зеленая окраска листьев, без отмирания тканей. У томата молодые листья равномерно желтеют, а жилки приобретают пурпурную окраску.

Бор. Отмирание верхушечных почек, корешков и листьев, отсутствие цветения, обильное опадание завязи.

У томата отмирает точка роста и образуется много пасынков, в результате чего создается кустовидный габитус растений. Листья и черешки листьев становятся очень ломкими, на кистях опадают цветки. На плодах, около плодоножки, появляется полоса в виде коричневых пятен отмерших тканей. Побеги очень ломкие.

У огурца сильно укорачиваются междоузлия, а растения приобретают карликовый вид. Первые признаки появляются на верхушке побега, на самых молодых листьях, они приобретают темно-зеленую окраску, края загибаются вниз, они утолщаются, становятся твердыми. При недостатке бора, цветки и завязь осыпаются.

Медь. Кончики листьев белеют, растения теряют тургор, увядают, на листьях появляются хлоротичные пятна. Отмечается низкая завязываемость семян, наблюдается задержка роста стебля.

У томатов недостаток меди проявляется наиболее ярко на 4–5-м листе сверху. Листья становятся мелкие, сине-зелеными, а молодые листья мельчают. Хлороз, как правило, не проявляется. Побеговые побеги слабые, цветки недоразвиты и осыпаются до образования завязи.

Растения огурца становятся карликовыми, в тканях снижается тургор. Кончики молодых листьев белеют, пластинка приобретает светло-зеленую окраску. Усиленно опадают завязи и цветки.

Марганец. Лист приобретает узорчатую пеструю окраску за счет появления хлоротичных пятен между жилками. Но жилки, даже самые мелкие, остаются зелеными.

У томатов сначала желтеют листья среднего яруса и пластинки с более удаленных от главной жилки листа. При сильном дефиците марганца небольшие некротические пятна появляются даже вблизи главной жилки. Молодые листья не поражаются.

У огурца, на пластинках листа, появляется мраморный налет. Хлороз наиболее заметен на краях и кончиках листьев, на листовых пластинках видны некротические пятна в виде точек. Симптомы недостатка марганца проявляются чаще всего на средних по возрасту листьях. Признаки его напоминают повреждения, вызванные паутинным клещем.

Цинк. Пожелтение пятнистость и бронзовость листьев, переходящая на жилки, листья становятся ассиметричными. Часто проявляется при избытке фосфора и кальция.

У томата изменяется морфология листьев. Они становятся очень узкими и закручиваются в виде спирали.

Молибден. Ослабление зеленой окраски листьев. Недостаток этого элемента способствует нарушению азотного обмена.

У томатов на старых и средних по возрасту листьях возникают пятна, а края листьев закручиваются вверх. Мелкие жилки

листа утрачивают окраску, между ними образуются пятна ярко-желтого цвета.

При малообъемном выращивании овощей, когда питание растений осуществляется за счет элементов, подаваемых к корням в растворенном виде, внешний вид и общее состояние растений могут резко меняться от избытка питательных элементов. Повышение концентрации питательного раствора может привести к отравляющему действию избытка питательных элементов на растительный организм. Наиболее токсичными являются такие элементы, как хлор, марганец, алюминий и бор.

Контрольные вопросы. 1. Значение гидропонного метода при выращивании овощных культур в защищенном грунте, его преимущества? 2. Какое оборудование применяется для выращивания овощных культур гидропонным методом? 3. Назовите виды гидропонных систем при выращивании овощных культур? 4. Технологическая схема выращивания овощных культур на минеральной вате? 5. Выбор и подготовка субстрата для малообъемной культуры? 6. Какой химический состав поливной воды? 7. Как делят воду по степени минерализации? 8. Градация качества воды по электропроводности? 9. В каких единицах выражают содержание элементов в воде? 10. Деление воды по величине pH? 11. Что такое жесткость воды, в каких единицах ее выражают? 12. На какие классы делят воду по анионам и катионам? 13. Как проводят полный химический анализ поливной воды перед началом выращивания культуры? 14. Какие факторы учитывают при приготовлении рабочих растворов? 15. Как проводят корректировку питательного раствора при выращивании овощных культур? 16. Концентрация питательного раствора. Каким способом ее определяют? 17. Как проводят приготовление питательных растворов? 18. От чего зависит потребление элементов питания овощными культурами? 19. Принцип расчета необходимого количества солей? 20. Какие используют системы капельного орошения при выращивании овощных культур? 21. Назовите преимущества фертигации? 22. Какова роль и значение элементов питания при выращивании овощей? 23. Какие признаки нарушения нормального роста и развития овощных растений при недостатке макро- и микроэлементов? 24. Как проводят агрохимический контроль за качеством овощной продукции, режим питания? 25. Растительная диагностика, ее роль? 26. Назовите основные признаки недостатка питательных веществ у овощных растений.

ГЛАВА 8

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

За последние 10–15 лет в овощеводстве защищенного грунта технологии с высокими энергетическими затратами сменились на энергосберегающие. В овощеводстве интерес приобретают такие технологии, как салатные линии, светокультура огурца и томата, малообъемная культура.

В основе технологии салатных линий лежит интенсивное освещение растений лампами, регулирование процессов осуществляется с помощью компьютеров. Для данной технологии подходят скороспелые и быстрорастущие зеленные и пряно-вкусовые овощные культуры (салат, укроп, лук, сельдерей, петрушка, базилик, рукола, щавель и др.). Период от посева до уборки культуры составляет 20–30 дней.

Светокультура огурца и томата позволяет переходить на круглогодичное выращивание овощей в теплицах на минеральной вате фирм «Grodan» и «Агрос». Особенностью технологии является досвечивании растений лампами в течение 18-часов с октября по февраль.

8.1 Особенности малообъемной технологии выращивания томата на минеральной вате

Томат – ведущая овощная культура в защищенном грунте. В условиях Беларуси томат в основном выращивают в продлённом обороте.

Все многообразие сортов и гибридов томата для защищенного грунта по типу роста и развития растений условно можно разделить на две группы:

- с преобладанием роста и развития вегетативных органов (вегетативный тип);
- с преобладанием процессов плодоношения (генеративный тип).

Гибриды томата генеративного типа проявляют тенденцию направлять накапливаемые пластические вещества в большей степени к плодам, часто в ущерб вегетативному росту надземной части растений и развитию корневой системы. При сильной нагрузке растений томата плодами, вегетативный рост замедляется, верхушка растения утончается, рост боковых побегов ослабевает.

Нагрузка растений томата плодами приводит к ослаблению корневой системы. Тогда наблюдается частичное побурение и отмирание корней у растений. Питательные вещества направляются в первую очередь к плодам, затем к точке роста, а остатки, если таковые имеются, поступают к корням. В зоне корневой системы повышается электропроводность (ЕС) и понижается рН.

Гибриды томата вегетативного типа обладают очень мощным вегетативным ростом, который необходимо постоянно контролировать. Обычно, это сильнорослые, мощные и хорошо облиственные растения, с толстой верхушкой. Лист длинный, интенсивно-зеленый. В пазухах листьев развиваются сильные боковые побеги. Цветение у растений томата, ослабленное и растянутое по времени. На растении одновременно цветет два-три и больше соцветий. Соцветия у томата с большим количеством цветков, часто однократно разветвленные и сложные. В соцветии одновременно цветет один-два цветка, окраска венчика – бледно-желтая. Плоды завязываются слабо и одновременно на нескольких соцветиях. Развитие плодов происходит медленно, так как питательные вещества направляются в первую очередь к точке роста, а плодам не хватает питания. Данные явления происходят при выращивании томата на субстрате, имеющим высокое значение рН и низкую электропроводность.

Если баланс между ростом и развитием растения нарушается в сторону роста, то растение наращивает чрезмерно большую массу листьев, стебель утолщается и становится рыхлым, а листья становятся светло-зелеными. Все это сопровождается активным ростом корневой системы, но при этом снижается количество и качество плодов.

Ослабление томатного растения не обязательно указывает на генеративный тип развития. Оно может вызываться как слабым развитием корневой системы, так и сильной нагрузкой растений плодами. Это очень часто происходит в начале плодоношения растений.



Рис. 42. Сеянцы томата в пробках из минеральной ваты

Рассаду растений томата выращивают в рассадных отделениях.

Самый ранний срок посева семян для продленного оборота – первая декада декабря.

Посев проводят в кассеты, в ячейки (рис. 42) которых вставляют пробки из минеральной ваты.

Для увлажнения кассеты после посева семян опускают на 2–2,5 минуты в емкость с питательным раствором с концентрацией 1,5–1,8 мСм/см и pH –5,0–5,2.

Для сохранения тепла и влажности, кассеты укрывают полиэтиленовой пленкой, поддерживая Температуру воздуха поддерживают на уровне 24–25°C, а влажность должна составлять 70–80%.

После появления всходов концентрацию питательного раствора повышают до 1,8–2,2 мСм/см, а pH 5,0–5,5. Температуру воздуха снижают до 18–20 °С – днем и 14–15 °С – ночью. Такой температурный режим способствует хорошему развитию первого соцветия у растений томата. Через несколько дней температуру повышают до 21–23 °С.

После посева, через 12–14 дней, сеянцы пикируют в кубики из минеральной ваты, предварительно пропитанные рабочим раствором (концентрация 2,3–2,5 мСм/см и pH 5,0). После пропитки кислотность в кубиках должна составлять pH 5,7–6,0, а концентрация питательного раствора – 2,3–2,5 мСм/см.

Во избежание поломки растений при проведении пикировки рекомендуется снижать их тургор. Для этого, за 12 часов перед пикировкой, прекращают поливы сеянцев. При пикировке, се-

янцы загибают вдоль пробки, вкладывают в лунки кубика и засыпают вермикулитом (рис. 43).



Рис. 43. Установка сеянцев томата в кубики

Распикированные растения поливают раствором, имеющим следующие показатели; рН–5,5 и концентрацию 2,6 мСм/см.

После пикировки сеянцев, температуру при включенных лампах, поддерживают; днем – 22°C, ночью – 20°C. Через 3–4 дня после пикировки дневную температуру снижают до 20°C, ночную – до 18–19°C. В зависимости от интенсивности света и состояния растений, колебания температур дня и ночи, допустимы в пределах 3°C. Расстановку рассады проводят через две недели – в начале смыкания листьев. Кубики с рассадой (рис. 44) размещают в шахматном порядке из расчета 20–28 раст/м².



Рис. 44. Расстановка рассады томата

После расстановки рассады температуру поддерживают – до 20°C днем и 18–19°C – ночью. Такие изменения температуры способствуют «переводу» растений в генеративную фазу развития.

В период выращивания рассады проводят досвечивание. Уровень освещенности должен составлять 5–8 тыс. лк. Мощность облучения в школке составляет 400 Вт/м², продолжительность – первые 2–3 дня 24 ч/сутки, затем – 16 ч/сутки. После пикировки мощность облучения должна составлять 240 Вт/м², а продолжительностью досвечивания – 16 ч/сутки.

Одним из основных условий получения высоких урожаев при данной технологии – регулярное обеспечение растений водой и макро- и микроэлементами.

В первой декаде января рассаду, в возрасте 40–45 дней, из рассадного отделения выставляют в теплицы на постоянное место. У такой рассады должно быть 12–14 листьев и хорошо заметное соцветие.



Рис. 45. Рассада томата, подготовленная к посадке

До посадки температурный режим, влажность воздуха и субстрата поддерживают на том же уровне, что и в рассадном отделении.

После транспортировки

растений из рассадного отделения в теплицу их не помещают сразу в технологический рукав, а выставляют рядом с отверстием на минераловатной плите.

При этом кубики сразу не соединяют с матами (т. е. с отверстиями в мате), т. к. рассада еще не полностью готова (рис. 45). Но к системе капельного полива растения подсоединяют. Примерно за неделю до соединения с матами (вторая декада января) растения томата подвязывают к вертикальной шпалере. Шпагат подвязывают за стебель растения – под первым или вторым листом. Шпагат повязывают скользящей петлей к шпалере, или простым узлом (рис. 46)



Рис. 46. Способы подвязывания растений к горизонтальной шпалере

Посадку рассады на постоянное место проводят в третьей декаде января, когда на растениях образуются первые цветочные кисти (возраст рассады 50 дней). Кубики с

растениями убирают с подставок и ставят на отверстия в минераловатных плитах. Рассада к этому времени должна иметь 7–8 настоящих листьев и первые цветочные бутоны.



Рис. 47. Рассада томата, высаженная на постоянное место

Схема посадки растений – двухстрочная лента: $(100+60) \times 45-50$ см (2,5 раст/м²).

С момента переноса растений в теплицу, основная задача – сдерживать вегетативный рост растений и получить сильное первое соцветия.

Получению растений томата генеративного типа способствуют повышенная концентрация питательного раствора (3–3,5 мСм/см), низкое содержание влаги в кубиках, разница между дневной и ночной температурами, хорошая транспирация и подкормка растений CO_2 .

С момента посадки растений температуру в теплице первые трое суток поддерживают на уровне 19–20 °С днем и ночью. До начала плодоношения температура воздуха должна составлять днем – 19–20 °С, ночью – 16–17 °С, в солнечную погоду – 21–23 °С, а относительная влажность воздуха до начала плодоношения – 65–70%. В период плодоношения температуру воздуха поддерживают на уровне 20–22 °С – днем, в солнечную погоду – 23–25 °С, ночью – 17–18 °С. При низкой влажности воздуха в теплице используют систему дождевания и систему испарительного охлаждения и увлажнения. Регулирование температурного режима и влажности воздуха в теплице при выращивании томата осуществляется с помощью автоматического оборудования.

Оптимальная температура субстрата при выращивании культуры томата до начала плодоношения должна составлять 20–22 °С, в период плодоношения – 18–23 °С.



Рис. 48. Дополнительный побег на растении томата

В первые дни после высадки рассады, растения должны быть обеспечены достаточным количеством воды, которую подают частыми и короткими циклами поливов. Через неделю количество воды подают в соответствии с испарением и ростом растений. Электропроводность (ЕС) питательного раствора поддерживают на уровне 3,0–3,5 мСм/см. После укоренения растений электропроводность снижают до уровня 2,8–3,0 мСм/см, а при необходимости (для получения генеративного типа растений) ее поднимают до

уровня 3,2–3,3 мСм/см.

Растения томата при выращивании в продленном обороте формируют в один стебель.

К марту плотность посадок (2,5 раст/м²) становится недостаточной для получения максимального урожая. В этот срок оставляют дополнительный побег (рис. 48) на каждом четвертом растении в пазухе листа под 4-м или 5-м соцветием (в зависимости от силы роста растений). В данном случае, количество побегов на 1 м² будет составляет до 3,1 шт.

Интенсивность развития растений томата будет составлять – одно соцветие в неделю. Для поддержания растений в балансе, один раз в неделю удаляют по три листа.

Весной и осенью на растениях должно быть от 18 до 22 листьев. Последний удаленный лист находится над кистью, с которой начинали сбор плодов томата. Летом оптимальное количество листьев составляет 21–24 шт.



Рис. 49. Формирование томата методом приспускания стебля

Для получения однородных и одинакового размера плодов, за 4–6 недель перед завершением культуры удаляют верхушки у растений.

При возделывании томата применяют метод приспускания стебля растения (рис. 49). Стебли приспускают вниз в горизонтальном положении. Данный прием проводят через каждые 7–10 дней, в зависимости от роста растений.

Вместе с приспусканием стебля у растений проводят удаление боковых побегов и нижних листьев. Удаление листьев способствует регулированию испаряющей площади растения, улучшению качественных показателей плодов и облегчает работы по сбору урожая. Листья удаляют, происходит созревание первых плодов (вместе с началом приспускания). Одновременно с листьями удаляют отплодоносившие кисти на растениях.

Плодоношение у томатов начинается в апреле месяце и завершается – в ноябре. Сбор плодов томата проводят вручную – два раза в неделю.

Для опыления цветков на растениях томата в защищенном грунте используют шмелей. Шмели значительно лучше, чем пчелы, опыляют цветки. Они лучше ориентируются в замкнутом пространстве теплиц и практически не бьются о стекла, в то время как пчелиные семьи из-за этого резко ослабевают. В меньшей степени шмели подвержены и влиянию неблагоприятных климатических условий. Температура менее 10 °С, повышенная облач-

ность не мешают шмелям работать, тогда как медоносные пчелы при таких условиях остаются в ульях.

Об использовании шмелей в теплицах известно с 1979 года.

В 1990 г. частные фирмы в Бельгии и Голландии приступили к промышленному производству шмелиных колоний. Наиболее активно их стали использовать для опыления томатов или для стимуляции опыления.

Томат – самоопыляемая культура, пыльца высыпается из пыльников тычинок на рыльце пестика от механических колебаний цветка. Однако, в условиях защищенного грунта, из-за отсутствия движения воздуха, колебания растений отсутствуют. Улей располагают на опорном столбе. В нижней части опорного столба наносят полосу специального клея для защиты от паразитирующих насекомых. Рекомендуется не менять первоначальное местоположение улья в теплице. Каждые несколько дней необходимо контролировать работу шмелей. Для этого исследуют небольшой участок посадок и убеждаются, что каждый взрослый цветок (около 60 % от общего количества) был посещен шмелями. Через 2–3 часа, после посещения цветка шмелями, на нем появляется хорошо заметная коричневая точка. Если цветков с признаками посещения недостаточно, то в теплицу помещают дополнительный улей. Считается, что семья работает нормально, когда на взрослых цветках имеется большое количество следов от посещения их шмелями.

Но мере возможности не следует использовать в теплице химические методы борьбы с вредителями и болезнями. Как правило, все ядохимикаты, запрещенные к применению в присутствии пчел, не рекомендуется применять и в сочетании со шмелями. Воздействие ядохимикатов, с широким спектром действия или долгосрочным остаточным эффектом, может отрицательно сказаться на жизнедеятельности насекомых. В экстренных случаях допускается использование ядохимикатов с краткосрочным остаточным действием. При этом необходимо удалить улей из теплицы и вернуть его по истечении определенного промежутка времени.

Кроме томата (рис. 50), шмелей используют и для опыления перца, баклажана, земляники и других культур защищенного грунта.



Рис. 50. Опыление шмелями цветков томата

По сравнению с другими насекомыми, опыляющими растения, шмели более выгодны, так как посещают больше цветков (в среднем 20–30 шт. в минуту) и более активны при низких температурах (+5°C).

При использовании шмелей увеличивается завязываемость цветков (в среднем, до 98 % раскрытых цветков), улучшается качество плодов, отсутствие деформированных плодов, а также наблюдается уменьшение количества уродливых плодов и пустот в них.

Шмелей помещают в теплицу с растениями томата во время раскрытия на них первых цветков. Лучше всего располагать ульи так, чтобы растения не закрывали летков.

Шмели демонстрируют высокую систематичность в посещении цветков, тем самым избегая повторного посещения одного и того же цветка. Обычно они посещают цветки снизу вверх по растению, что способствует опылению всех цветков.

Чтобы обеспечить шмелям хорошую активность для опыления цветков, необходимо регулярно контролировать ульи на

предмет их жизнеспособности (путем подсчета посещаемых ими цветков). Необходимость увеличения количества активных шмелей в теплице определяется путем контроля опыленных цветков. На цветках, на следующий день после опыления шмелями, появляется характерная окраска. Время доставки дополнительных ульев устанавливают на основании проведенных наблюдений эффективности работы шмелей (обычно ниже 90 % опыленных цветков). Рои пополняются через 3–4 недели после их помещения в теплицу (рис. 51). При уровне ниже 95 % опыленных цветков пополняют количество шмелей. Слабые по силе ульи обеспечивают хорошее опыление растений на площади 500–800 м² в теплице. Их пополнение проводят через 5–6 недель. Средние ульи на площади 1000–1500 м² – через 4–6 недель. Одного сильного улья вполне достаточно для опыления цветущих томатов на площади 1500–2500 м². Через 3–5 недель после помещения их в теплицу, в зависимости от степени опыления, устанавливают дополнительные ульи, в среднем по два – каждые две недели. Количество ульев зависит от атмосферных условий погоды и состояния растений, особенно в начальной стадии раскрытия цветков.



Рис. 51. Улей для шмелей

При малом количестве раскрытых цветков на растении томата и в малых теплицах шмели могут несколько раз посещать один и тот же цветок. Для защиты от избыточного опыления и тем самым повреждения цветков необходимо оптимальное количество шмелей на единицу площади или регулировать их работу закрытием летков.

Шмели вызывают сильную вибрацию цветков, что особенно важно для томата и баклажана. Они быстрее опыляют цветки, по сравнению с пчелами и менее агрессивны.

При использовании шмелей для естественного опыления цветков томата рекомендуется, по мере возможности, ограничивать количество обработок против болезней и использование биологической борьбы с вредителями. При химических обработках необходимо пользоваться таблицей токсичности химических препаратов для шмелей, а ульи со шмелями при этом закрывают. При проведении мероприятий, против грибных болезней, ульи можно оставлять в теплице, предварительно закрыв летки и укрыв ульи пленкой. При борьбе с вредителями ульи из теплицы выносят.

При выращивании томата в продленном обороте, по исследованиям голландских ученых, ослабление завязываемости высоких цветочных кистей наступает между 11 и 15 цветочными кистями.

Дефицит воды при выращивании томата оказывает сильное влияние на качество цветков. Они становятся непривлекательными для шмелей, следовательно, опыление их будет не достаточное. Поэтому, особенно в период с 11 до 14 часов, необходимо следить за достаточной подачей воды для растений.

Цветки, у которых пестик выходит за пределы чашечки, шмели в основном не посещают. Шмели очень хорошо определяют, у каких цветков лучше пыльца. Дефицит воды также сильно отражается на качестве пыльцы. Из-за недостатка воды пыльца высыхает, а иногда полностью теряет свою жизнеспособность.

Важно правильно разместить ульи со шмелями в теплице. Их следует устанавливать горизонтально, что исключает вытекание

сиропа. Ульи размещают в местах, имеющих пространство в виде дорожки для лучшего лета шмелей. Отверстие в ульях должно быть свободным, а вокруг ульев необходимо удалить листья растений. Ульи должны быть защищены от попадания на них воды, так как коробка впитывает влагу и происходит переохлаждение шмелиной семьи.

Выставляют шмелиные семьи в период начала цветения растений и открывают их не ранее чем через два часа после установки на постоянное место. Лучше время открытия летков – рано утром. На один гектар рекомендуется устанавливать пять ульев.

Устанавливают ульи на расстоянии 1–3 м вглубь от прохода и высоте 1–1,5 м над землей. В течение первой недели после установки ульев, не рекомендуется пользоваться средствами защиты.

При оставлении дополнительных побегов на растении происходит увеличение объемов цветения – до 20 %. Следовательно, необходимо увеличивать и количество шмелей в теплице.

При обеспечении оптимальных условий выращивания растений томата, шмели работают более активно.

При соблюдении всех требований технологического процесса, сбор первых плодов у томата начинается через 50–55 дней после высадки рассады.

За 7–8 недель до сбора последних плодов томата (начало–середина ноября) проводят прищипывание верхушки растений. Данный прием способствует лучшему наливу уже сформировавшихся плодов.

В период вегетации следят за состоянием растений томата и в случае необходимости, принимают меры по влиянию на генеративное/вегетативное развития растений.

В таблице 17 представлена схема питания по фазам роста и развития растений томата.

При выращивании томата, с генеративным типом роста, применяют целый ряд мероприятий, позволяющих реализовывать их высокую потенциальную продуктивность.

Таблица 17. Схема питания томата на минеральной вате в зависимости от фазы развития растений

Фаза развития	До цветения 1-й кисти	До цветения 2-й кисти	Цветения 3-5 кистей	Начало сбора	Урожай	
					лето	осень
ЕС рН	3,0-3,2 5,5	3,0-3,2 5,5	2,8-3,0 5,5	2,6-2,8 5,5-5,8	2,4- 2,6 5,8	2,8-3,0 5,8
Макроэлементы (мг/л)						
N	220	220	200	190-200	190-	200
P	40	40	40	40	200	35-40
K	260	260-280	300-320	300	40	350
Mg	60	50-60	50-60	50-60	360	60
Ca	220	210-220	200	190	60 180	180
Микроэлементы (мг/л)						
Fe	1,2-2,0	2,0	1,2	1,2	1,2	1,2-2,0
Mn	0,35	1,0	0,55	0,55	0,55	0,35
B	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-	0,3-
Zn	0,35	0,35	0,35	0,35	0,4	0,4
Cu	0,06	0,06	0,06	0,06	0,35	0,35
Mo	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06 0,06	0,06
Соотношение						
N : K	1:1,2	1:1,2	1: 1,6	1:1,5	1:1,8	1:1,8
Ca: K	1:1,2	1: 1,3	1:1,6	1:1,5	1:2,0	1:2,0

Полив и минеральное питание томата. Время и частоту поливов, как и уровни минерального питания, точно указать в рекомендациях невозможно. Это зависит от ряда факторов: типа и объема субстрата, сроков выращивания и гибрида, возраста растений, освещенности, режимов микроклимата и др.

При выращивании гибридов томата с генеративным типом развития необходимо постоянно следить за тем, чтобы растение имело сильную верхушку. Это достигается стимулированием активной транспирации растения и правильным поливом. В зимние месяцы, когда день короткий и освещенность недостаточная, рост корневой системы ослаблен, поэтому поливать

необходимо умеренно, одновременно подняв температуру теплоносителя в регистрах надпочвенного отопления для стимулирования транспирации. Обогрев снизу проводят и летом, особенно в утренние часы, чтобы таким образом подготовить растения к интенсивной дневной транспирации.

Поливы растений начинают утром через один-два часа после восхода и заканчивают за один-два часа до захода солнца.

Переувлажнение субстрата способствует активизации вегетативного развития растений. Необходимо знать, что чем меньше влаги в субстрате, тем меньше вегетативный рост растений, лучше идет завязывание и налив плодов. Особенно это важно в начале вегетации, когда растения еще не загружены плодами, т. е. они в большей степени имеют вегетативный тип развития. Для перевода растений к генеративному развитию необходимо проводить умеренные поливы, так как поступление кислорода в субстрат происходит в основном с поливной водой. Очень важна также и температура поливной воды, особенно во время летних перегревов. При повышении температуры поливной воды до 25 °С содержание кислорода в ней резко падает, что может привести к кислородному голоданию корневой системы.

Низкое содержание влаги в субстрате уменьшает вегетативный рост растений и стимулирует развитие корневой системы. В таких условиях корни вынуждены искать воду. Но такой поливной режим требует от агронома повышенного внимания. Недостаток влаги в субстрате может привести к резкому увеличению концентрации солей и даже увяданию растений. Все это способствует появлению вершинной гнили у плодов томата.

Считается, что самый эффективный способ снижения влажности субстрата это позднее начало проведения поливов и раннее их окончание, что особенно важно в первый месяц после высадки растений на постоянное место. Признаком того, что растениям не достаточно влаги, является повышение концентрации солей в субстрате – до 6–7 мСм/см. Влажность субстрата можно определять различными приборами или весовым способом. При неравномерном снабжении растений питательным раствором могут возникать колебания величины концентрации

солей в субстрате. Небольшие колебания даже положительно сказываются на росте корневой системы, однако резкие перепады влажности приводят к задержке роста корневой системы, а в некоторых случаях и к отмиранию ее всасывающей части. Уменьшение влажности субстрата на 8–10 % стимулирует генеративное развитие растений, а на 4–5 % – вегетативное развитие. Следует избегать уменьшения влажности субстрата более чем на 15 %, поскольку при дефиците влаги снижается завязывание плодов. Поэтому, выращивая генеративные гибриды томата, несколько увеличивают влажность субстрата, а при выращивании вегетативных гибридов – наоборот, уменьшают влажность субстрата. Частые и короткие циклы поливов способствуют лучшему увлажнению субстрата, т. е. стимулируют вегетативный тип развития. Генеративное развитие стимулируют редкие и продолжительные циклы поливов. Именно таким образом следует промывать субстрат, уменьшая концентрацию солей в нем. Раннее начало проведения поливов и позднее их окончание также стимулирует вегетативное развитие растений. Однако, слишком интенсивный полив в рано утром может приводить к растрескиванию плодов, как и резкое изменение погоды (от солнечной к пасмурной).

Норму полива растений томата лучше регулировать не по приходу солнечной радиации, а по интенсивности транспирации растений, которая зависит не только от солнца, но и от вентиляции в теплице, температуры теплоносителя в регистрах надпочвенного обогрева и других параметров. Особенно это важно в зимние месяцы, когда отопление теплиц сопровождается снижением влажности воздуха.

В целом рекомендации по питанию гибридов томата вегетативного и генеративного развития одинаковы, а смещать тип развития растений в ту или другую сторону можно изменением концентрации раствора. Так, увеличение концентрации питательного раствора до 3,5–3,8 мСм/см и соотношение N:K на уровне 1:1,5–1,9 стимулирует генеративное развитие растений.

Использование различных субстратов для выращивания растений также стимулирует вегетативное или генеративное разви-

тие. Грунты, торф, различные торфяные смеси и коковит стимулируют вегетативное, а минеральная вата (особенно вата первого года использования), перлит, щебень – генеративное развитие. При выращивании растений на грунтах, торфе и торфосмесях они поглощают питательные вещества не только из почвенного раствора, но и из почвенного поглощающего комплекса. Высокая буферность этих субстратов позволяет свести к минимуму стрессовую ситуацию, даже при ошибках агронома. В этом главное отличие торфяного субстрата от минеральной ваты – инактивного субстрата с низкой буферностью.

Свет. Количество света является определяющим фактором для роста и развития растений. Причем, воздействие света на растения проявляется как прямо, так и косвенно – через температуру воздуха и почвы. Короткий день стимулирует вегетативное развитие растений. Аналогичная ситуация складывается и при перерывах в результате проведения досвечивания растений. Два и более перерыва в досвечивании на один-два часа в темное время суток равносильны циклу короткого дня для растений, что может привести к их «жированию».

Увеличение интенсивности света приводит к получению растений генеративного типа, как за счет увеличения нагрузки плодами, так и за счет сокращения числа листьев до первого соцветия и ускоренного заложения очередных листьев. Количество света определяет и температурный режим в теплицах. При высокой интенсивности света температуру повышают, при ее уменьшении – снижают. В первую очередь это касается дневной температуры, которая должна соответствовать освещенности.

Температура. При выращивании растений томата важно поддерживать оптимальную температуру воздуха, как в дневное, так и в ночное время суток, основываясь на закономерности: чем выше дневная температура, тем выше должна быть и ночная.

Для обычных крупноплодных томатов температуру днем поддерживают на уровне 19–20 °С в пасмурную погоду и 21–22 °С – в солнечную. Ночная температура должна быть 16–18 °С в зависимости от дневной освещенности и от состояния расте-

ний. Для большинства сортов, до появления первого соцветия, и дневную и ночную температуры поддерживают на уровне 20 °С. Рост и развитие растений томата начинают регулировать с момента появления первого соцветия. В этот период у растений преобладает вегетативный рост, и первая возможность управлять их ростом и развитием – это разница значений между дневной и ночной температурами. Чем больше эта разница, тем активнее проходят генеративные процессы в растениях. Именно поэтому, в рассадный период нет разницы между дневными и ночными температурами.

Таким способом, пытаются стимулировать более высокое (после 11–12 листа) заложение первого соцветия у растений. Для хорошего образования завязей, более холодный режим выращивания растений является основным условием, что особенно важно для кистевых томатов. Разница между дневной и ночной температурами должна составлять 4–5 °С. Низкая ночная температура (15–16 °С) стимулирует налив плодов. После высадки растений на постоянное место им дают укорениться, поддерживая в течение 7–8 дней температуру ночью – 17–18 °С, днем – 19–20 °С. С началом цветения 2–3-го соцветий (налив плодов на первом соцветии) ночью поддерживают температуру на уровне 15–16 °С, днем – 19–20 °С. Когда растение нагружено плодами (цветение 5–6 соцветия), ростовые процессы снижаются, в это время следует поднять ночную температуру до 17–18 °С, тем самым, стимулируя созревание плодов и, снижая нагрузку на растение, активизировать ростовые процессы.

Высокая дневная температура также стимулирует генеративное развитие. При повышении дневной температуры важно не забывать о вентиляции. Это снижает влажность в теплице и стимулирует транспирацию растений. В солнечные дни температуру поднимают на 2 °С по сравнению с пасмурными днями. Особенно опасны высокие дневные температуры (более 22 °С) в пасмурную погоду в начале вегетации, что приводит к значительному усилению вегетативного роста растений. В солнечную погоду в период с 12 до 14 ч можно поднимать температуру на

1,5–2,0 °С, так как это стимулирует рост пыльцевых трубок в рыльце и столбике пестика, улучшая плодообразование.

Поддерживая невысокую температуру субстрата (не выше 21–22 °С), можно улучшить завязывание плодов и усилить генеративное развитие. Оптимальная температура субстрата и поливного раствора должна составлять 18–20 °С. Более высокая температура может стимулировать распространение фузариозных и питиозных гнилей.

Углекислотные подкормки растений томата. Подкормка растений CO_2 также стимулирует генеративное развитие. Повышение интенсивности фотосинтеза, происходящее при подкормке растений углекислотой, приводит к увеличению числа плодов в соцветии и одновременно массы каждого плода, что также увеличивает нагрузку на растения. Это особенно важно в начале выращивания, когда необходимо сформировать хорошую нагрузку на первом-третьем соцветиях и направить растения на генеративное развитие. При чрезмерной нагрузке плодами у растения может сильно истончаться верхушка. В таком случае можно временно прекратить подкормки CO_2 , чтобы стимулировать вегетативный рост.

Влажность воздуха. Влажность воздуха влияет, в первую очередь, на интенсивность транспирации. Чем слабее вентиляция и ниже температура теплоносителя в регистрах надпочвенного отопления, тем меньше влаги будут испарять растения. При этом потребность в поливах уменьшается. В свою очередь, чем меньше испаряет растение, тем более вегетативным, т. е. «рыхлым», как говорят специалисты, будет его габитус, и наоборот, увеличение транспирации способствует улучшению фотосинтетической активности. Это значит, что накопленных пластических веществ будет достаточно как на налив плодов, так на рост верхушки и рост корневой системы.

Существуют также агротехнические элементы технологического процесса, с помощью которых можно в определенной мере управлять ростом и развитием растений, поддерживая растения в сбалансированном состоянии (вегетативная составляющая не должна превышать генеративную и наоборот). В любом слу-

чае необходимо строго придерживаться сортовой технологии выращивания с учетом экологических факторов.

Рассмотрим отдельные технологические приемы.

Удаление листьев. Для обеспечения максимальной продуктивности растений должно быть и оптимальное число листьев. В начале вегетации, когда преобладает вегетативный рост, и завязалось еще мало плодов, большое количество листьев создает избыток продуктов фотосинтеза. Ассимиляты поступают в верхушку растения и корневую систему, что способствует излишнему мощному росту растений. Убирая одновременно 5–6 листьев можно создать стрессовую ситуацию для растения и стимулировать его генеративное развитие. В начале созревания первого плода в определенном соцветии, все листья до этого соцветия удаляют, но не более трех за неделю. На растениях, сразу после удаления листьев, их должно оставаться не менее 19–21 шт. Летом, особенно при перегревах, нужны дополнительные листья, которые за счет интенсивной транспирации уменьшают температуру воздуха вокруг растений в теплице, по сравнению с наружной, а также повышают влажность воздуха. В этот период в зависимости от высоты шпалеры у индетерминантных сортов томата нужно оставлять не менее 24–26 листьев.

Нормирование соцветий. Растения томата следует избавлять от чрезмерной нагрузки плодами в начале вегетации, когда ростовые процессы ограничиваются небольшой листовой поверхностью и слабой освещенностью. Первое соцветие прищипывают после завязывания 4–5 плодов, второе – после завязывания 5–6 плодов. На соцветиях с третьего по пятое оставляют в среднем по 6 завязей, в зависимости от сроков выращивания и потенциального размера плодов данного гибрида. Нормирование нижних соцветий (с первого по пятое) создает оптимальную нагрузку на растение, препятствует осыпанию завязей на 6–7-ом соцветиях и обеспечивает хорошее завязывание плодов в верхней части растения.

Оставление дополнительных побегов. Оставление побегов (без соцветий) с прищипкой на 1–2 листа часто применяется при выращивании гибридов генеративного типа в продленном обо-

роте, поскольку создает дополнительную ассимиляционную поверхность в летний период. Способствует улучшению микроклимата в теплице, стимулирует вегетативное развитие.

Оставление на каждом растении дополнительного побега с прищипкой на одно соцветие стимулирует генеративное развитие. Побеги оставляют в середине июня, чтобы получить дополнительное соцветие с плодами не позднее середины августа. Рекомендуются для гибридов, характеризующихся активным вегетативным ростом в указанный период.

Удаление слабого соцветия. У растений со слабым вегетативным ростом или чрезмерной нагрузкой плодами удаляют слабое соцветие до начала цветения. Удаление генеративных органов влияет на характер развития растений, в частности на рост побегов, листьев, корневой системы и образование новых генеративных органов. Поэтому, несколько снижая нагрузку на растение, можно стимулировать улучшение роста верхушки основного побега и корневой системы. Это позволяет получить хорошо развитое следующее соцветие и крупные плоды.

Использование держателей кистей и клипсов. Кистедержатели, препятствуя залому соцветия, улучшают доступ ассимилятов к плодам (рис. 52). В итоге увеличиваются размеры плодов в кисти, число нестандартных плодов в урожае уменьшается и усиливается генеративное развитие растений.



Рис. 52. Кистедержатель томата

Крепление растений к шпагату клипсами стимулирует вегетативное развитие и рекомендуется, в первую очередь, для гибридов генеративного типа. Напротив, постоянное подкручивание верхушки растений вокруг шпагата является для них стрессовым фактором и в какой-то мере стимулирует генеративное развитие. При использовании клипсов уменьшается также

риск сломать верхушку соцветия.

Сбор бурых плодов. Для гибридов генеративного типа рекомендуется проведение сборов бурых плодов, дважды в неделю, не дожидаясь их покраснения. Несмотря на то, что покрасневшие на растении плоды будут крупнее (в среднем на 5–6 %), их лучше снимать, чтобы не перегружать растение, так как это может привести к ослаблению ростовых процессов и в результате потери будут значительно больше указанных 5–6 %. Бурые плоды хорошо дозревают, практически не теряя товарных качеств.

Таким образом, при выращивании томатов в продленном обороте следует выделить два периода в росте и развитии растений:

Первый – преобладание ростовых процессов. Он начинается с рассадного периода и длится до завязывания плодов на 5–6-и соцветиях. В это время вся технология сводится к смещению ростовых процессов в направлении стимулирования плодоношения, что позволит уйти от «жирования» растений и получить хорошее завязывание плодов на первых соцветиях.

Второй – преобладание генеративного развития над ростовыми процессами. Начинается он с момента налива плодов на 5–6-ом соцветиях и может длиться до конца вегетации. В это время вся технология сводится к поддержанию ростовых процессов.

В период вегетации необходимо наблюдать за состоянием растений томата и в случае необходимости принимать меры по влиянию на генеративное/вегетативное развития растений.

Показатели вегетативного/генеративного состояния растений томата и меры по их регулированию представлены в таблицах 18–19.

Дальнейшие элементы технологии включают капельный полив, питание томата, подкормку углекислым газом, опыление растений шмелями, уборку плодов.

Таблица 18. Показатели вегетативного/генеративного состояния растений томата

Характеристика	Генеративное	Вегетативное
Цветение	Близко к верхушке, цветки быстро раскрываются и одновременное цветение у всей кисти.	Далеко от верхушки, цветки раскрываются медленно, чашелистики слипаются вместе, слабая однородность цветения кисти.
Окраска цветка	Темно-желтая	Бледно-светлое окрашивание.
Лист	Закручен на конце. Короткий. Темный и жесткий. Несколько хлоротичных пятен.	Плоский конец, открытый длинный, светлый и мягкий много хлоротичных пятен.
Стебель соцветия	Толстый, крепкий Короткий и изогнутый	Тонкий, длинный и растущий вверх
Плод	Крупные. Много. Хорошая форма Быстрое развитие	Мелкие. Мало. Плохая форма. Медленное развитие

Таблица 19. Меры по влиянию на генеративное/вегетативное развитие растений (фаза нагрузки плодами)

Показатель	Генеративное	Вегетативное	Пределы регулирования
Разница температур день/ночь	Большая	маленькая	0–5°C
Охлаждение температуры, день/ночь	быстрая (в сумерках)	медленно/нет	0–4°C/ч
Температура трубы	повышается	снижается	0–80°C
Труба подогрева растений	3 кисть под цветущей кистью	на уровне готовой к плодоношению кисти/выкл.	0–60°C
Дефицит влажности	увеличивается	снижается	2–8 г/м ²
Вентиляция	больше	меньше	
CO ₂	больше	меньше	0,035–0,10%
ЕС мата	высокая	низкая	3–6 мСм/см
ЕС раствора	высокая	низкая	2,5–4мСм/см

Содержание воды в мате	низкое	высокое	50–85%
Продолжительность/ частота циклов полива	длительная/ небольшая	короткая/ частая	75–100 мл
Начало полива	позже	раньше	0–3 часа
Окончание полива	раньше	позже	0–5 часов
Прищипка соцветий	меньше	больше	
Поддержка соцветий весной	больше	меньше	

8.2 Особенности возделывания огурца в защищенном грунте способом малообъемной гидропоники

Огурец в условиях республики в зимних теплицах выращивают в зимне-весеннем и летне-осеннем оборотах. Оптимальными сроками посева семян огурца для зимне-весеннего оборота является первая декада декабря, а срок высадки рассады – первая декада января, для летне-осеннего – первая декада июня, высадка рассады – начало июля.

Рассаду огурца выращивают в рассадных отделениях теплицы. В качестве субстрата для ее выращивания используют кубики из минеральной ваты типа «Гродан». Сроки посева для зимне-весеннего оборота – 25 декабря, для летне-осеннего – 15 июня.

Посев семян огурца можно проводить и в мультитубы с последующей перевалкой сеянцев в кубики из минеральной ваты.

Кубики из минеральной ваты размером 10×10×8 см для посева семян огурца устанавливают на ровную поверхность укрытую полиэтиленовой пленкой. Ширина ленты составляет 1,2–1,6 м. Затем их равномерно проливают питательным раствором в 2–3 приема (электропроводность 1,5 мСм/см, рН 5,3) до их полного насыщения.

После посева семян кубики укрывают полиэтиленовой пленкой. Температуру воздуха до появления всходов поддерживают на уровне 25–26 °С. Относительная влажность субстрата должна

составлять 70–75 %. При появлении всходов пленку снимают. С целью предотвращения вытягивания рассады температуру снижают до 19–20 °С. Слабые и уродливые растения с мутовчатым расположением первых настоящих листочков выбраковывают.

Частота и время поливов зависят от освещённости, состояния растений, наличием дренажа под кубиками и температурного режима. Переувлажнение субстрата приводит к вегетативному развитию растений, а частичное подсушивание кубика приводит к увеличению концентрации солей в нем и вызывает генеративное развитие растений.

Расстановку рассады проводят до начала смыкания рядков, через 12–14 дней после посева семян. На 1 м² размещают около 20–25 растений.

При выращивании рассады применяют ее досвечивание.

Оптимальной температурой субстрата для развития рассады является температура 20–22 °С.

Подкормки углекислым газом в концентрации 0,12 % проводят в солнечные часы или при электродосвечивании рассады. При появлении растений с бледной окраской листьев проводят некорневую подкормку 11 %-ным хелатом железа в концентрации – 0,02 %.

Необходимость полива растений определяют при легком нажатии рукой на кусочек минеральной ваты, изъятый из нижней части плиты. Если вытекает раствор, влажность нормальная. Если раствор вытекает только после сильного сжимания, то растение нуждается в поливе. Концентрацию питательного раствора следует поддерживать на уровне 1,5–2,0 мСм/см, так как рассада огурца очень чувствительна к повышенной концентрации солей.

В период выращивания рассады проводят не менее трех выбраковок растений. Растения с недоразвитыми уродливыми семядолями, отстающие в росте и с деформированными листьями удаляют.

Рассада огурца готова для высадки в теплицу через 25–30 дней после посева.

Перед высадкой рассады на постоянное место температуру в субстрате поддерживают на уровне 24–26 °С.

Оптимальные сроки высадки рассады огурца 10–20 января. При ширине пролета секции 6,4 м рассаду высаживают по схеме 160×40–45 см, из расчета 2,0–2,5 раст/м².

Электропроводность выжимки из субстрата перед посадкой должна составлять 3 мСм/см.

Через месяц после посадки капельницы переставляют на расстояние 6–10 см от кубика минеральной ваты, чтобы они находились между дренажными прорезями. Это способствует равномерному распределению питательного раствора в субстрате.

Оптимальную влажность воздуха поддерживают в оптимальных пределах (табл. 20) путем открытия и закрытия фрамуг. При низкой влажности воздуха в теплицах используют систему испарительного охлаждения и увлажнения.

Температуру и влажность воздуха в теплице регулируют автоматически с помощью систем отопления и вентиляции. При включении системы испарительного охлаждения и увлажнения воздуха в режим работы вносят соответствующие корректировки.

Для нормальной жизнедеятельности растений огурца температура субстрата поддерживают на уровне 21–23 °С, не ниже 18 °С и не выше 25 °С.

Таблица 20. **Параметры температуры и относительной влажности воздуха при выращивании культуры огурца**

Показатели	Температурный режим, °С	
	до начала плодоношения	в период плодоношения
В солнечные дни	22–24	24–26
В пасмурную погоду	20–22	21–23
Ночью	18–19	18–20
Относительная влажность воздуха, %	75–80	80–85

Оптимальная концентрация углекислого газа для огурца составляет 0,10–0,15 %. Возможно применение более высоких концентраций углекислого газа (до 0,15–0,18 %), но только при высокой освещенности (20–40 кЛк). Установлены оптимальные режимы подкормки растений огурца углекислым газом (табл. 21).

Подкормку углекислым газом растений огурца следует начинать за час до восхода солнца и проводить весь световой день, заканчивая ее за два часа до захода солнца. В целом, режим включения зависит от производительности системы подачи углекислого газа. При открытии фрамуг подача углекислого газа автоматически прекращается.

Таблица 21. Режимы подкормки огурца углекислым газом, в зависимости от освещенности, фаз роста и развития растений

Освещенность, кЛк	Концентрация углекислого газа по фазам роста и развития растений, %	
	до плодоношения	в период плодоношения
До 10	0,05–0,07	0,05–0,07
13–20	0,10–0,15	0,07–0,10
20–40	0,15–0,18	0,10–0,15

К растениям, вместе с поливной водой подаются питательные элементы. Их количество зависит от фаз роста растения и данных агрохимического анализа (табл. 22).

Потребность в питательных элементах возрастает с увеличением вегетативной массы и завязыванием плодов и меняется и в зависимости от погодных условий.

Огурец лучше растет и плодоносит при концентрации питательного раствора 1,7–2,8 мСм/см. Весной и летом концентрация питательного раствора должна быть ниже, а в осенний и зимний периоды – выше. В питательные растворы также вносят микроэлементы (г/1000 л воды); железо серноокисное окисное – 6,0; борная кислота – 1,5; марганец серноокислый – 1,0; медь серноокислая – 0,2; цинк серноокислый, кобальт азотноокислый, аммоний молибденово-кислый по 0,1.

Таблица 22. Состав питательного раствора при выращивании огурца

Фаза развития	рН	Концентрация элементов питания, мг/л							
		N _{общ}	N-NH ₂	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg
Рассада	5,6-6,0	120		30	90	70	180	140	25
Усиленный рост, цветение		160	10	30	120	70	280	160	40
Плодоношение		200	20	40	140	65	300	160	45

Температура поливной воды при выходе из растворного узла для культуры огурца должна находиться в пределах 24–26 °С, температуры капель 22–24 °С. Особенно чувствительны к понижению температуры молодые растения огурца, выращиваемые на минеральной вате, так как при температуре капель ниже 21 °С растения поражаются черной ножкой.

Суточная потребность в воде в зависимости от периода вегетации и погодных условий, а также от процентного количества дренажа составляет 0,4–3,0 л на одно растение или 0,6–6,0 л/м². В осенний период растение потребляет меньшее количество воды, в весенний и летний периоды, при массовой отдаче урожая и теплой солнечной погоде – максимальное ее количество.

Суточную норму подачи воды разбивают на несколько циклов, с учетом нормы полива, вида субстрата и его количества с учетом на одно растение.

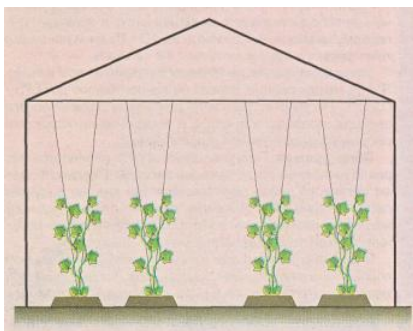


Рис. 53. V-образная подвязка растений

Рассаду через 2–3 дня после посадки растения подвязывают шпагатом к горизонтальным шпалерам. Применяют V-образную подвязку к шпалере (рис. 53).

Чтобы улучшить использование света листовой поверхности, растения огурца через одно надо подвязывать поочередно, то к правой, то к

левой проволоке, создавая, таким образом, Y-образную шпалеру. Шпагат привязывают сначала к проволоке двойным скользящим узлом (на расстоянии 30–40 см от проволоки), а затем к стеблю растений (на 10–12 см от земли) свободной петлей, прижимая конец шпагата натянутой его частью к стеблю (рис. 54). По мере роста растения его стебель регулярно (1–2 раза в неделю) закручивают вокруг шпагата.

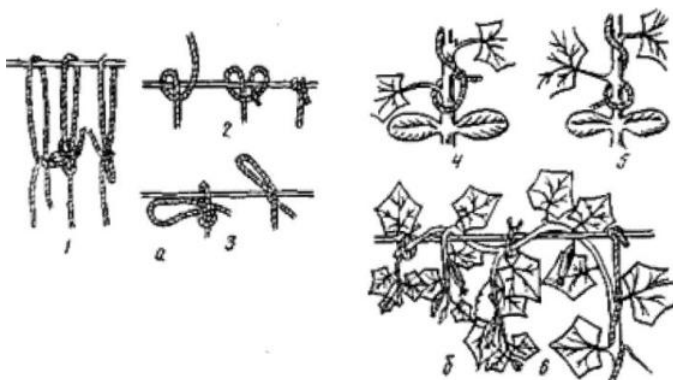


Рис. 54. Способы подвязки растений огурца

Внедрение малообъемной технологии выращивания культуры огурца рассчитано на выращивание высокоурожайных гибридов с высоким качеством плодов, обладающих устойчивостью к основным болезням. В основном выращивают партенокарпические гибриды, отвечающие выше названным показателям.

Формирование растений партенокарпического огурца – важнейший элемент технологии, определяющий динамику поступления урожая и его количество. Оно имеет несколько этапов: формирование нижней части растения («ослепление» – удаление женских цветков в пазухах листьев), прищипка боковых побегов, нормирование плодов на главном стебле, формирование верхушек в один стебель с оставлением плетей под шпалерой и прищипыванием после 3–4 листа.

Для гибридов преимущественно женского типа цветения (рис. 55) следующая: из листовых пазух нижней части растения (до высоты 50 см) удаляют все боковые побеги длиной 2–5 см и цветочные бутоны. Последующие 4–5 боковых побегов (до высоты растения 1 м) прищипывают на один лист и одну завязь.

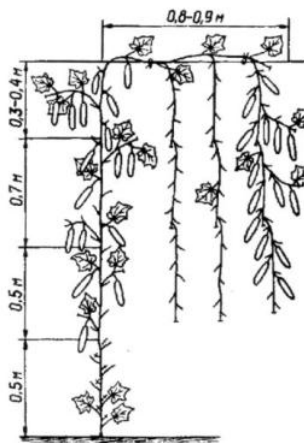


Рис. 55. Формирование растений огурца преимущественно женского типа цветения

По мере улучшения условий освещенности и усиления растенной нагрузки на них должна постоянно увеличиваться. Боковые побеги в средней и верхней части главного стебля (до высоты 1,5–1,7 м) прищипывают на два листа и две завязи, а самые верхние (у шпалеры) – на три-четыре листа и три-четыре завязи.

Боковые побеги второго порядка в нижней зоне удаляют, в средней оставлять по одному листу и одной завязи, в верхней (у шпалеры) – оставляют на каждом побеге по две завязи.

При таком распределении нагрузки наибольшее число оставленных завязей превращается в стандартные плоды.

После того как верхушка растения переросла шпалеру, ее пригибают к шпалере (при этом все верхушки должны быть направлены в одну сторону) слегка закручивая вокруг шпалеры, прищипывают точку роста за четвертым листом и привязывают к горизонтальной шпалере.

Формирование проводят в течение 2–2,5 месяцев после посадки. С началом массового плодоношения необходимо следить за тем, чтобы боковые побеги не выходили в междурядья. Их прищипывают и направляют вниз и вглубь ряда растений. Желтеющие нижние листья, деформированные завязи, отплодоносившие побеги и усики удаляют по мере появления.

Плодоношение огурца начинается через 30–35 дней после посадки. Собирают плоды огурца через день, а в период массового сбора – ежедневно. Культуру заканчивают в конце июня.



Способ формирования зависит от того, какие гибриды выращивают: длинноплодные, среднеплодные или короткоплодные.

Формирование среднеплодных гибридов отличается тем, что на главном стебле оставляют 10–12 плодов.

Удаление первых побегов и завязей у коротко-

плодных гибридов проводят до высоты 60 см. Первые плоды оставляют с высоты 80 см. С главного стебля до шпалеры снимают 12–15 плодов. Остальное формирование аналогично предыдущим гибридам.

У короткоплодных партенокарпических гибридов ослепление проводят до 10–11 узлов (рис. 56). Далее в 2–3 узлах удаляют зачатки боковых побегов, цветки оставляют. В очередных 2–3 узлах проводят прищипку появившихся боковых побегов после первого листа. В следующих 4–5 узлах рост боковых побегов ограничивают после второго листа. Боковые побеги, появившиеся выше этой зоны и до шпалеры необходимо прищипнуть после третьего листа. Главный стебель улаживают на шпалеру и по мере роста два–три раза оборачивают вокруг проволоки и при достижении соседнего растения проводят прищипку.

На растениях гибридов огурца с букетным расположением завязей (гибрид F₁ Кураж) одновременно цветет большое количество женских цветков. Между ними и плодами может возникнуть определенная конкуренция за питательные элементы, вследствие чего завязь желтеет и опадает.

При выращивании гибрида F₁ Кураж по малообъемной технологии с густотой стояния растений 2,5 раст/м² в летне-осеннем обороте С. В. Гавриш и др., 2005 г. рекомендуют следующую схему формирования (рис.57).

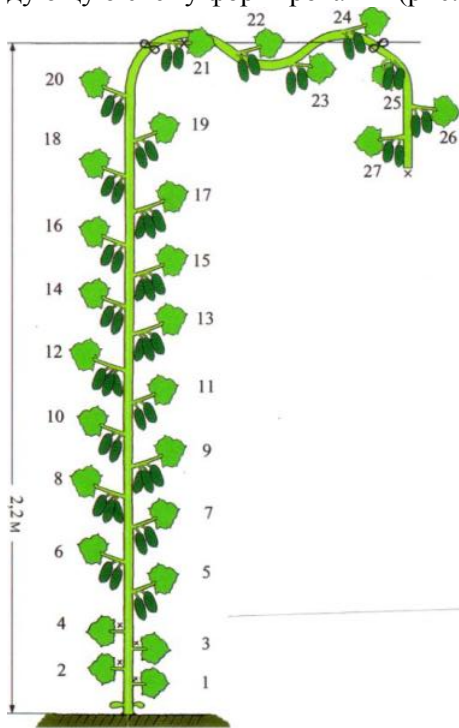


Рис. 57. Формирование гибридов F₁ огурца партенокарпического типа

«Ослепление» проводят в пазухах первых 4-х листьев. Удаляют женские завязи и зачатки боковых побегов. В дальнейшем, боковые побеги не оставляют. Растение формируют в один сте-

бель. Верхушку растения заводят на шпалерную проволоку дважды, оборачивая ее вокруг шпалеры и подвязывают шпагатом. Первый раз подвязывание делают, когда стебель дорастает до шпалерной проволоки и появляется возможность правильно уложить на нее верхушку растения – без перегибов проводящих тканей. Верхушку растения укладывают на шпалерную проволоку, когда она оказывается выше ее на 10–15 см, не больше. Второй раз подвязывают растение, когда верхушку опускаем вниз на 3–4 листа и прищипывают ее.

При выращивании на малообъемной гидропонике рост растений легче регулировать посредством поливов и изменения концентрации питательного раствора.

У гибридов огурца с женским типом цветения плодовая нагрузка на главный стебель значительно выше, чем у гибридов преимущественно женского типа цветения. На главном стебле у таких гибридов не формируются мужские, вследствие чего гибриды такого типа лишены возможности регулировать количество плодов на растении.

В условиях недостаточной освещенности второй половины января и февраля это может приводить к сильному ослаблению растений, осыпанию завязей, отмиранию корневой системы, сдерживанию роста боковых побегов. Поэтому возникает необходимость нормирования количества женских цветков во время их цветения, а лучше – до раскрытия цветка. Не рекомендуется оставлять по две наливающиеся завязи в узле в нижней части главного стебля, а в 5–6-м узлах необходимо обязательно проводить ослепление.

Проведение «ослепления» 6 нижних способствует быстрому росту главного побега и, следовательно, нарастанию его ассимиляционного аппарата. В условиях недостаточной освещенности, а также при выращивании способом малообъемной технологии на субстратах минерального происхождения «ослепляют» 8, а иногда и 10 узлов.

Не рекомендуется оставлять на главном стебле все сформировавшиеся женские завязи – это приводит к чрезмерной

нагрузке растения. При «ослеплении» 6 узлов оставляют по одной завязи для налива в 7, 9, 11, 12 и 14-м узлах (рис. 58).

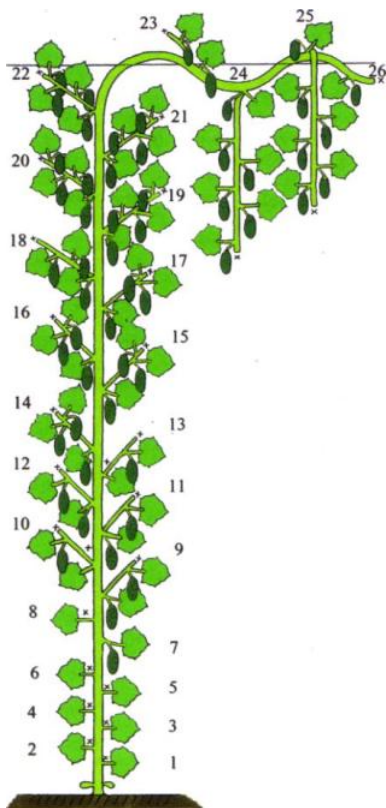


Рис. 58. Формирование растений огурца с женским типом цветения

При этом оставляют первую, более крупную завязь, а вторую удаляют. В 8, 10 и 13-м узлах удаляют обе завязи, ослабляя нагрузку. Выше 14-го узла желательно также нормировать завязи, оставляя только по одной завязи в узле. По две завязи можно оставлять на главном стебле в узлах, расположенных на шпалерной проволоке, где освещенность выше.

При таком, достаточно жестком, нормировании на главном стебле до шпалерной проволоки нагрузка достигает 12–13 плодов на растение и обеспечивает 30–35 плодов/м² за период первых трех недель плодоношения. Если позволяют условия освещенности, то в верхних узлах (19–22-й) под шпалерной проволокой можно оставлять не по одной, а по две завязи.

Боковые побеги оставляют, начиная с 9-го узла. Таким образом, мы обеспечиваем хорошее проветривание в нижней части растений.

Первые боковые побеги (с 9-го по 13-й узлы) прищипывают, оставляя один лист. В следующих пяти узлах оставляют боковые побеги, прищипывая их на два листа. Это узлы с 14-го по 18-й (см. рис. 58). Боковые побеги в пазухах листьев выше 18-го узла прищипывают, оставляя три листа.

Верхушку растений укладывают на шпалерную проволоку, делая два оборота, доводят до следующего растения и прищипывают, как и у растений преимущественно женского типа.

У гибридов огурца со смешанным типом цветения, в отличие от гибридов женского типа, нормирование плодов на главном стебле не проводят вовсе. Гибриды такого типа сами регулируют плодовую нагрузку образованием мужских узлов соответственно состоянию растений и условиям выращивания.

На главном стебле проводят ослепление не более 3-х узлов. Боковые побеги прищипывают на 2–3 листа, а в верхнем ярусе на 3–5 листьев. Начиная с четвертого узла, оставляют мужские цветки, что необходимо для лучшего облета и адаптации пчел. Гибриды смешанного типа цветения отличаются более мощным начальным ростом, и оставление мужских цветков в нижней части растения не сильно влияет на его интенсивность. Поскольку у таких гибридов на главном стебле до шпалерной проволоки закладывается всего 2–3 женских узла, то нормирование завязей не проводят вовсе. До 8-го узла боковые побеги лучше не оставлять, обеспечивая тем самым хорошее проветривание в нижней части растений. В трех следующих узлах (9–11) оставляют боковые побеги, прищипывая их над первым листом.

В следующих узлах (с 12 по 14) боковые побеги прищипывают, оставляя два листа. В узлах с 15 по 20 прищипывают боковые побеги, оставляя три листа. В 21, 22, 24 и 25 узлах боковые побеги прищипывают, оставляя 5 листьев.

Проводится это с целью увеличения количества мужских цветков на растении.

В пазухе листа в 23-м узле боковой побег не оставляют, т. к. он будет затенять главный стебель. Если узел женский, плоды оставляют.

Так как процент мужских цветков у растений гибридов-опылителей выше на главном побеге, чем на боковых, основной стебель лучше не прищипывать по достижении им шпалеры, а сделав два оборота вокруг шпалерной проволоки, направить его вниз и прищипнуть на высоте примерно 1,5 м от поверхности земли, оставив 7–8 листьев.

Поскольку ростовые процессы и ветвление у гибридов-опылителей протекают более активно, чем у растений основного гибрида, важным моментом является удаление и прореживание верхних затеняющих листьев для создания более проветриваемых и лучше освещаемых посадок, в которых растения меньше поражаются серой гнилью и аскохитозом.

8.3 Особенности технология выращивания перца сладкого на минеральной вате

Сроки выращивания перца зависят от световых условий, типа культивационных сооружений, технологии. При выращивании перца в продленном обороте зимних теплиц посев семян проводят в начале декабря. Рассаду на постоянное место высаживают в начале февраля.

Важно, чтобы рассада перца, как и рассада томата, при посадке на постоянное место в конце января – начале февраля имела распутившиеся цветки.

Семена высеваются в грунт или минеральную вату при температуре 25–26 °С. При использовании кассет, для выращивания рассады, рекомендуется ячейка с минимальным размером 4,5–5 см с глубиной 6–6,5 см (для получения рассады возрастом 35–40 дней). При большем размере ячейки рассада получается лучшего качества.

В процессе прорастания необходимо поддерживать температуру 25–26 °С (днем и ночью) и относительную влажность 75–80 %. После появления всходов (от 7 до 10 дней) используют досвечивание в течение 18 ч с мощностью ламп 140–160 Вт/м². В фазе первого настоящего листа рассаду пересаживают в кубики из минеральной ваты.

Температуру воздуха поддерживают на уровне 24 °С днем и 22 °С ночью. Концентрацию раствора постепенно снижают до 2,0 мСм/см, чтобы достигнуть ее в кубиках 3,0–3,5 мСм/см, когда рассада будет готова к пересадке на постоянное место в теплицу. Через пять недель после посева температура в зоне корней должна составлять 20 °С. Досвечивание проводят 14 ч в сутки.

Молодые растения готовы к пересадке в возрасте шести недель после посева.

После пересадки на постоянное место электропроводность субстрата должна составлять 2,5–3,0 мСм/см, которую устанавливают за 24 часа перед пересадкой. Температуру в мате поддерживают около 20 °С. В первую неделю дневная и ночная температуры в теплице должны быть 20–21 °С, относительная влажность – 70–80 %.

Главная задача на первом этапе при выращивании перца – достигнуть развития сильной корневой системы у растений. Электропроводность раствора должна быть 2,5–3,0 мСм/см, а в зоне корней – 4,0–4,5 мСм/см. Через неделю после пересадки на постоянное место температуру поддерживают на уровне 21 °С днем и 16–17 °С ночью. Оптимальная температура для вегетативного роста перца – 21–23 °С, для генеративного – 21 °С (в солнечную погоду температура на 2–3 °С выше).

Рекомендуемая плотность посадки растений перца – 2,5–3 раст/м². При формировании растений в два стебля плотность может составлять до 3 раст/м², при формировании в три стебля – не более 2,5 раст/м². Схема посадки двухрядная, с расстоянием между рядами 35–40 см и проходом шириной в 90–100 см. Расстояние между растениями в ряду составляет 40–45 см.

Формирование растений ведут в два или три стебля (рис. 59). Удаляют все лишние побеги. Процесс формирования начинают через одну неделю после посадки растений на постоянное место. В летний период рекомендуется оставлять по 5–6 плодов на каждом стебле. Лишнее количество плодов на растении будет приводить к потере урожая в результате сброса плодов. В начале развития растения проводят прореживание цветков. После пятого узла прореживания цветков на главных стеблях не проводятся, они развиваются свободно. Убираются только цветки с боковых побегов. Все стебли должны развиваться равномерно. При выращивании перца сладкого рекомендуется поддерживать температуру на уровне 21 °С днем (в солнечную погоду 24 °С) и 16–17 °С ночью. В летние месяцы при очень высокой солнечной инсоляции растения притеняют. В зоне корней важно поддер-

живать температуру около 20 °С для сбалансированного развития растения. Более низкая температура в зоне корней (15 °С) приводит к вегетативному типу развития растения, сбросу цветков и маленьких плодов. Обогрев в зоне «головы» растения на уровне 20 °С приводит к улучшению цветения и развития плодов.

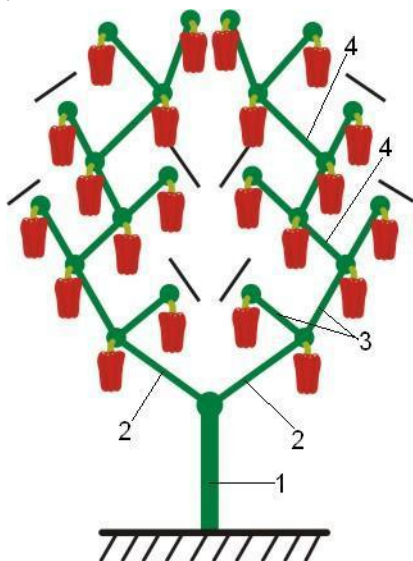


Рис. 59. Схема формирования перца сладкого в два стебля
1 – главный стебель; 2 – боковые побеги; 3–4 – скелетные ветви

Первый полив осуществляют через полчаса после восхода солнца и последний – 1–1,5 ч перед закатом. Растениям перца в жаркий летний день требуется около 3,5–4,0 л воды.

Вода для полива в теплицах не должна иметь ЕС более 1 мСм/см. Оптимальный рекомендованный уровень рН питательного раствора находится в диапазоне 5,5–6,0, наилучший – 5,8.

Хорошим способом регулирования баланса роста и развития растений перца является регулирование соотношений между азотом, калием и кальцием в поливочном растворе. Соотношение N:K обычно составляет около 1:1,5; поднимая уровень соот-

Перцы не нуждаются в опылителях, однако применение шмелей или искусственного опыления улучшает завязываемость и качество плодов, общую урожайность.

В начале зимне-весеннего периода необходимо поддерживать дренаж на уровне около 5 %, далее дренаж по мере увеличения продолжительности дня увеличивают и в жаркое лето он достигает 30 %. По мере увеличения продолжительности дня полив увеличивают. Ночной полив осуществляется в летнее время, по необходимости.

Первый полив осуществляют

через полчаса после восхода

солнца и последний – 1–1,5 ч

перед закатом. Растениям

перца в жаркий летний день

требуется около 3,5–4,0 л

ношения калия к азоту до 1:1,7, можно направить растение в генеративное развитие. Азот дает растению толчок в сторону вегетативного развития, калий стимулирует развитие и налив плодов, т. е. генеративный рост. Соотношение N:Ca должно быть всегда около 1:1 для томатов и перца.

В период плодоношения наблюдается растрескивание плодов (при относительной влажности воздуха более 85 %, из-за низкой ночной температуры воздуха и высокой температуры в зоне корней); неполная окраска плодов при полном созревании (это может быть связано с низкой среднесуточной температурой воздуха); опадение недозрелых плодов (из-за недостатка бора); малый размер плодов (при генеративном развитии растений имеется недостаток питательных веществ; необходимо снизить ночную температуру воздуха на 1–2 °С, чтобы направить расте-



Рис. 60. Плодоношение перца

ние в сторону вегетативного развития); вершинная гниль (причиной является дефицит кальция, из-за низкой вентиляции или недостатка воды); солнечные ожоги (необходимо притенение растений или развитие достаточного листового аппарата для прикрытия плодов от прямых солнечных лучей).

Плоды перца готовы к уборке через 35–50 дней после цветения (рис. 60). Их убирают в стадии технической или биологической зрелости. При сборе в ста-

дии биологической зрелости плоды должны быть окрашены на 85–90 %. В стадии технической зрелости, когда плоды еще зеленые или молочно-желтые, их собирают по достижении полного размера. Урожайность перца достигает 18–24 кг/м². Если есть

необходимость получить урожай полностью окрашенных перцев (красные/желтые) и при этом не снизить общую урожайность – необходимо срезать перцы при покраснении (пожелтении) примерно 15–20 % поверхности плода.

Нарушения в плодообразовании. Опадение цветков и завязей – довольно частое явление при выращивании перца. Причины, вызывающие опадение генеративных органов могут быть различные: слишком низкая или очень высокая температура воздуха, недостаток света или влаги. При низкой температуре воздуха (8–10 °С) и субстрата, в начальный период вегетации, приостанавливается рост растений, что вызывает опадение бутонов. В летнее время, когда температура воздуха поднимается выше 30 °С, происходит массовое опадение бутонов и завязей. В жаркую погоду запасы воды в почве резко снижаются, испарение ее из листьев возрастает, начинается отток воды и питательных веществ из генеративных органов к точке роста и листьям. Это приводит к образованию отделяющего слоя клеток в местах прикрепления бутонов, цветков и завязей, ограничивается поступление воды и питательных веществ к этим органам растения и происходит их опадение.

Опадение цветков и завязей может происходить при недостаточной освещенности (менее 4000 лк). В это время усиливаются ростовые процессы, вегетативные почки перехватывают воду и питание у генеративных органов. Нерегулярный полив также приводит к опадению цветков и завязей.

Часто на растении образуются небольшие по размеру, деформированные плоды – пуфики, у которых очень мало или совсем нет семян. Это вызывается низкими или очень высокими дневными температурами, низким уровнем рН или чрезмерно сильным ростом растений. Усиление ростовых процессов и образование пуфиков может наблюдаться также и в случае удаления с растения всех крупных плодов при сборе урожая.

8.4 Малообъемная технология выращивания баклажана на минеральной вате

Технология выращивания рассады и растений баклажана примерно такая же, как и при выращивании перцев (рис. 61).



Рис. 61. Растения баклажана в период плодоношения

Семена высевают в небольшие кубики из минеральной ваты, затем сеянцы переставляются в рассадные блоки большего размера. Плотность посадки составляет $2,5 \text{ раст/м}^2$ при формировании растений в два стебля и не больше, чем 2 раст/м^2 , при 3-стебельной культуре. Вегетативный рост первоначально поддерживают более высокими ночными температурами, не позволяя образовываться плодам, пока не сформируются достаточно мощные растения. Начальная величина электропроводности питательного раствора составляет 3 мСм/см и является предпочтительной для предохранения от слишком сильного роста в период до начала плодообразования. В дальнейшем ее необходимо поддерживать в пределах до 2 мСм/см при высокой нагрузке плодами.

Баклажаны требуют относительно больших доз Mg с компенсацией в понижении доз K и Ca для снижения общей ЕС раствора, по сравнению с культурой перца сладкого.

Контрольные вопросы. 1. Какие овощные культуры выращивают в защищенном грунте? 2. На какие группы по типу роста и развития делят сорта и гибриды томата? 3. Назовите сроки посева томата для выращивания в защищенном грунте? 4. Какие особенности выращивания рассады томата? 5. Какие основные элементы технологии выращивания томата в продленном обороте? 6. Как используют шмелей для опыления томата? 7. Какие мероприятия применяют при выращивании томата с генеративным типом роста? 8. Какие периоды различают при выращивании томатов в продленном обороте. 9. Какие особенности культуры огурца при выращивании в теплице? 10. Назовите сроки посева семян огурца на рассаду и особенности ее выращивания?. 11. Какие

основные технологические параметры при выращивании культуры огурца?
12. Особенности формирования огурца? 13. Какова технология выращивания перца сладкого? 14. Какие особенности формирования перца сладкого? 15. Назовите основные признаки нарушения плодообразования у перца сладкого. 16. Баклажан, особенности выращивания?

ГЛАВА 9

ВЫРАЩИВАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР

Зеленные культуры относят к листостебельным овощам, а в пищу у них употребляют листья и молодые стебли. Они отличаются высокими вкусовыми качествами, питательной ценностью, скороспелостью и относительно малой теплотребовательностью. Их выращивают в качестве промежуточных и уплотняющих культур.

К зеленым листостебельным овощным культурам относят салат листовой и кочанный, салат ромэн, листовую пекинскую капусту, кресс-салат, укроп, листовую петрушку, сельдерей, кориандр, листовую горчицу, шпинат, мангольд (листовая свекла), а также редис. Это, в основном, однолетние культуры, за исключением сельдерея и петрушки.

Различают три группы зеленных овощных культур: посевные, выгоночные, доращиваемые (пристановочные).

Посевные зеленные культуры – полурозеточные растения, которые вначале образуют розетку листьев, а затем – цветonoсный стебель высотой 0,5–2 м. Почти все они относительно быстро всходят и растут, отличаются повышенной требовательностью к плодородию почвы и влаге.

Салат (Lactuca sativa L.) – одна из широкораспространенных и ценных культур. В защищенном грунте выращивают – листовую салат, кочанный с маслянистым листом, кочанный с хрустящим листом, ромэн.

Салат – высокотребователен к свету и температуре, поэтому его следует выращивать в теплицах с хорошим освещением, а также в условиях с регулируемой температурой. Температуру воздуха в период выращивания необходимо увязывать с уровнем освещения (табл. 22).

Салат требователен к уровню плодородия почвы. Предпочтительны легкие высокоплодородные и хорошо аэрируемые грунты. Не переносит повышенную концентрацию солей.

Таблица 22. Температурный режим при выращивании салата в зависимости от освещенности (по Гейслеру и др., 1976)

Месяц	Ясная погода (> 4000 лк)		Пасмурная погода (< 4000 лк)	
	День	Ночь	День	Ночь
Январь	16–18	6–8	10–12	4–6
Февраль	16–18	6–8	10–12	4–6
Март	20–22	8–10	14–16	5–8
Апрель	22–25	8–12	16–18	6–8
Октябрь	16–18	6–8	8–10	4–6
Ноябрь	14–16	6–8	8–10	4–6
Декабрь	12–14	4–6	8–10	4–6

Кочанный салат выращивают через рассаду. Культуру ведут в зимних теплицах, обогреваемых и необогреваемых пленочных сооружениях и на утепленном грунте.

Салатная пекинская капуста (Brassica pekinensis Lour.) представлена тремя формами растений: листовыми, полукочанными и кочанными. Широкое распространение получила полукочанная пекинская капуста. Товарная продукция поступает через 25–60 дней после появления всходов.

Листовую капусту выращивают как самостоятельную культуру, а также в качестве уплотнителя огурцов и томатов.

Кресс-салат – (Lepidium sativum L.) скороспелое растение, выращивают как весеннюю и осеннюю культуру на утепленном грунте. Товарная спелость наступает через 17–25 дней.

Шпинат – (Spinacia oleraceae L.) холодостойкое, скороспелое растение. Выращивают во всех типах культивационных сооружений в весенний и зимне-весенний периоды. Товарная спелость наступает через 30–45 дней после появления всходов.

Укроп (Anethum graveolens L.). Семена прорастают медленно. Перед посевом можно их борбатировать или замачивать в течение суток. Продолжительность выращивания укропа варьирует от 25 до 60 дней.

Редис (Raphanus sativus L.) – корнеплодное растение. Одна из ведущих культур во всех типах культивационных сооружений. Выращивают его в зимне-весенний и осенний периоды. Редис выращивают в сплошной культуре, а также в качестве уплотни-

теля. От всходов до товарной спелости, в зависимости от сроков культуры проходит 25–40 дней.

Выгоночные культуры. Выгонка – выращивание зеленых листьев за счет запаса питательных веществ, содержащихся в луковице или корнеплоде. Выгонку применяют в зимний и осенний периоды.

Наиболее распространенные выгоночные растения в защищенном грунте – репчатый лук, салатный цикорий Витлуф, корневая петрушка, щавель, столовая и листовая свекла.

Выгоночные культуры характеризуются высокой скороспелостью и урожайностью. Они относительно малоэнергоёмки по сравнению с огурцом и томатом.

Однако себестоимость этих культур довольно значительна из-за высокой стоимости посадочного материала.

Дорашивание. Суть этого приема заключается в прикопке в теплице растений цветной капусты, брюссельской, лука порея. Дорашивание начинают в октябре и продолжают до ноября. В течение 1,5–2 месяцев растения формируют продуктивные органы за счет использования питательных веществ листьев.

Уход за дорашиваемыми культурами состоит в редком, но обильном поливе и удалении погибших листьев. Температуру в период дорашивания поддерживают в пределах 6–10 °С.

9.1 Конвейерное выращивание зеленных культур в зимних теплицах способом малообъемной гидропоники

В настоящее время для решения проблемы ежедневной поставки зеленных овощей, независимо от времени года, разрабатываются новые технологии с использованием малообъемной культуры выращивания растений кассетным способом, методом проточной гидропоники. Продукция, выращенная по этим методам, реализуется живыми растущими растениями, что позволяет сохранить полную биологическую и питательную ценность продукта.

Одним из преимуществ выращивания зеленных культур является скороспелость. Сроки от посева до получения товарной

продукции варьируют от 3–5 суток (производство проростков) до 3–4 недель. Для производства зелени укропа, салата, петрушки, сельдерея, базилика требуется 6–8 недель.

В технологии выращивания салата в малообъемной культуре используются полистирольные кассеты размером 40×50 см с 35 ячейками размером 6×6×4,5 см. Субстратом является торф, заправленный макро- и микроэлементами с кислотностью рН 6,0.

Процесс посева семян салата механизирован и автоматизирован. Специальная машина заполняет кассеты субстратом, после этого пневмосеялкой точного высева высевают семена салата по одному семечку в каждую ячейку на глубину не более 0,5 см.

Посеянные кассеты пропускают через поливочный тоннель, где их поливают. После этого кассеты устанавливаются на стеллажные тележки, которые размещают в камере для проращивания семян.

Температура и влажность воздуха в камере регулируются автоматически. Оптимальная температура воздуха – 22 °С, оптимальная влажность воздуха – 90 %. Кассеты в камере выдерживают для прорастания семян 2–3 суток. После прорастания семян кассеты выставляют в теплицу на столы, плотно одна к другой, из расчета 5 кассет на 1 м², для дальнейшего выращивания.

Система приготовления и подачи питательного раствора является замкнутой. Для приготовления питательных растворов используют два бака с маточными растворами и один с кислотой. При приготовлении питательных растворов контролируются заданные параметры ЕС и рН. Поливную норму устанавливают в соответствии с анализом влажности субстрата в кассетах, оптимум – 65–70 % ППВ.

Питание растений салата проходит по заданной программе, где указывается, на какие столы, в какое время и период будет подаваться питательный раствор. Заполнение стола регулируется по времени, после этого он по системе трубопроводов самоотком стекает в баки для использованного раствора, фильтруется и снова подается в накопительные баки.

Системой предусмотрен контроль за уровнем раствора в баках с автоматическим пополнением его необходимого количе-

ства. В накопительных баках периодически проводится корректировка питательных растворов.

После расстановки кассет со всходами салата на столы в теплице температура воздуха поддерживается на уровне 18–20 °С днем, 16–17° С ночью. Относительная влажность воздуха – 75–80 %.

Переходы к дневным и ночным температурам должны быть плавными. Резкие колебания температуры могут привести до краевого ожога листьев.

В период с октября по февраль, когда освещенность ниже 1000 лк, осуществляется круглосуточное досвечивание рассадных растений салата в течение 15 дней, затем 14–16 часов в сутки в продолжение светового дня. За день до сбора салата досвечивание растений прекращается.

Система контроля за микроклиматом в теплице осуществляется в автоматическом и ручном режимах.

В теплице размещены датчики температуры, влажности, концентрации CO₂. В зависимости от заданных параметров и показателей метеостанции программой контроля автоматически поддерживаются оптимальные условия.

Всходы появляются через 3–4 дня. При необходимости через 10–12 дней после появления всходов проводят прореживание и подпикировку растений.

Через 20–25 дней проводят расстановку растений салата, устанавливая их в кассеты в шахматном порядке, через одно.

Сбор салата проводится в один прием, вручную. При уборке хорошо развитые растения вместе с кубиками субстрата, переплетенного корнями, упаковывают в полиэтиленовые пакеты по 1–2 шт. и укладывают в полиэтиленовые или картонные ящики для дальнейшей реализации. Упакованная в таком виде продукция дольше сохраняет свой товарный вид и вкусовые качества.

На салатной линии выращивают также укроп, петрушку, редис, базилик.

9.2. Технология выращивания зеленных культур методом проточной гидропоники

Метод проточной гидропоники основан на принципе выращивания растений в питательном растворе с постоянной его рециркуляцией по желобам и трубам (оборотное водоснабжение).



Рис. 62. Пластиковые каналы для выращивания зеленных культур

Сущность метода проточной гидропоники заключается в следующем: в пластиковые каналы (рис. 62) замкнутого сечения, имеющие в верхней части круглые отверстия диаметром 55 мм и расположенные с шагом 180 мм и помещаются горшочки с растениями в возрасте около 14 дней.

В горшочках имеются прорези-отверстия для выхода корневой системы. На момент расстановки салата (зелени) корневая система должна появиться в отверстиях горшочка.

Пластиковые каналы размещаются на подвижных платформах УГС (установка гидропонная стеллажная) с уклоном 1 %. С одной стороны (верхняя часть) торец канала закрыт заглушкой, вторая сторона канала открыта.

Питательный раствор по системе магистральных трубопроводов и распределительных коллекторов через калиброванные отверстия поступает в пластиковые каналы с растениями и сли-

вается в сборный желоб, далее по подземным трубам он поступает в сборный резервуар.

В горловине резервуара устанавливается сетчатая корзина (желательно с размером ячеек не более 0,25 мм) для предварительной фильтрации растворов.

Приготовление питательных растворов производится путем добавления в оборотный раствор необходимых растворов минеральных удобрений и доведения рН до нужной величины добавлением кислоты. Эту работу выполняет автоматизированный растворный узел "оборот" фирмы "ФИТО" или подобные.

При гидропонной технологии выращивания культур могут быть использованы различные субстраты. Поскольку объем корнеобитаемой среды не велик, а питание растений осуществляется при помощи водных растворов, то к субстратам для гидропонного способа выращивания предъявляются высокие требования.

Субстраты должны:

- не нарушать питательный режим и не изменять реакцию раствора (рН);
- не выделять токсичные вещества;
- иметь высокую пористость;
- обладать хорошей гигроскопичностью (водоудерживающей способностью), быть хорошо аэрированными и теплеемыми;
- обладать высокой поглощательной способностью, которая определяется суммой обменных катионов, выраженной в миллиэквивалентах (мэкв) на 100 г субстрата;
- быть свободными от семян сорняков, возбудителей болезней, примесей;
- иметь низкую объемную массу.

Оптимальным субстратом, применяемым в гидропонной технологии, является органоминеральный субстрат, имеющий следующие показатели:

- содержание органического вещества – 20–30 %;
- мощность слоя – 25–35 см;
- общая пористость, объем пор – 70–80 %;
- плотность (объемная масса) – 0,4–0,6 г/см³;

влагоемкость – 40–55 %;
воздухоёмкость – 20–30 %.

При наполнении горшочков субстратами необходимо добиться равномерной плотности во всех горшочках кассеты. Лишний субстрат удаляется щеткой. В каждый горшочек семена высевают вручную или механизированно; салат по три штуки (в июне-августе – по две);

Петрушку, укроп, кориандр, базилик – от 20 до 40 шт., в зависимости от сезона выращивания; щавель, горчица, мята – 35–60 шт.

После посева кассеты поливают теплой водой (температура 22–24 °С) и помещают в камеру проращивания семян.

Температура и влажность воздуха в камере регулируются автоматически. Оптимальная температура воздуха – 22–25 °С, относительная влажность воздуха – 80–90 %. Салат и зеленные культуры в камере выдерживаются до появления всходов. Этот период для салата составляет 1,5–2 суток, для укропа, базилика, кориандра, мяты, щавеля – 3–4 суток, петрушки – 4–5 суток.

Рассаду в фазе двух настоящих листьев обрабатывают 1 % раствором фитоверма (агравертина) для предупреждения появления гни.

Для дальнейшего выращивания готовую рассаду перевозят в «рабочую зону» и устанавливают в культивационные желоба в шахматном порядке на передвижные стеллажные установки.

Обязательным условием выставления рассады в культивационные желоба является выход корневой системы из горшочка и наличие 3–4 настоящих листьев.

После этого кассеты с горшочками выставляют плотно друг к другу. При необходимости (изреженность всходов) сеянцы салата «подпикировывают».

В рассадном отделении сеянцы досвечивают, в зависимости от времени года, либо круглосуточно, либо в течение 12–16 ч натриевыми лампами высокого давления. Освещенность составляет 10–12 тыс. лк. Период выращивания растений в рассадном отделении составляет: для салата 11–14 дней; укропа, кориандра – 9–10 дней; петрушки – 10–11 дней.

Полив и подкормка растений ведутся механизированно или вручную. Поливают ежедневно, два раза в день, в период с 8-00 до 10-00 ч и с 15-00 до 16-00 час. В течение недели 2–3 раза подкармливают растения стандартным раствором с pH 5,5–6,0 и электропроводимостью 1,5–2,2 мСм/см, в зависимости от сезона выращивания. Остальные поливы проводят чистой водой.

После того как рассада выставлена в культивационные желоба гидропонных стеллажных установок, начинается период выращивания растений на линии проточной гидропоники, где растения растут до товарных размеров и вида (рис. 63). Этот период характеризуется быстрым развитием корневой системы и нарастанием вегетативной массы. Продолжительность этапа, в зависимости от сезона, составляет: для салата – от 16 до 24 дней; для укропа, кориандра, базилика и др. – от 24 до 29 дней, для петрушки – от 30 до 33 дней.



Рис. 63. Растения салата на линии проточной гидропоники

Таким образом, общая продолжительность вегетационного периода для салата составляет 30–38 дней, петрушки – 45–50 дней, укропа и других культур – 38–45 дней.

В периоды недостаточной естественной освещенности нужно использовать системы электродосвечивания. Режим работы системы электродосвечивания устанавливается в зависимости от уровня естественной освещенности и составляет от 6 до 16 ч в сутки. Система электродосвечивания должна обеспечивать освещенность не менее 9 тыс. лк.

Проветривание проводят при температуре 17 °С. Повышенная влажность воздуха снижает усвоение растениями кальция и способствует появлению ложной мучнистой росы. При излишней сухости воздуха (40 %) у растений высыхают и буреют края листьев.

Питательные растворы – один из наиболее важных факторов при беспочвенном выращивании растений. Их готовят путем растворения различных солей в воде, а вода при гидропонной технологии имеет первостепенное значение. Необходимо знать исходные данные используемой воды, то есть общую концентрацию растворимых солей, содержание натрия, хлора, серы и других элементов питания, усваиваемых растением в малой степени и действующих токсично при накоплении в растворе, содержание бикарбонатов, их соотношение и суммарную концентрацию кальция и магния, а также жесткость воды.

Салат убирают, когда он достигает высоты 15–20 см и имеет 6–7 настоящих листьев. Растения с горшочками и корневой системой вынимают из культивационного желоба и помещают в полиэтиленовую упаковку, по одному растению в пакет. Упаковывают в картонные коробки по 20 штук и отправляют на склад для дальнейшей реализации. Упакованная таким образом продукция дольше остается свежей и сохраняет вкусовые качества.

Хранится салат при температуре 0–5 °С до 10 суток. Товарная продукция укропа, петрушки и других зеленных культур представляет собой 20–40 растений в горшочке высотой 15–20 см с 4–5-ю настоящими листьями и весом 50–70 г.

Данные рекомендации являются общими по выращиванию салата и зеленных культур на линии проточной гидропоники. В каждом хозяйстве создаются индивидуальные условия, связанные с природными и хозяйственными факторами.

Контрольные вопросы. 1. Какие зеленные овощные культуры выращивают в защищенном грунте? 2. На какие группы подразделяют зеленные овощные культуры? 3. Какие основные агротехнические особенности выращивания салата методом проточной гидропоники? 3. В чем заключается сущность выращивания зеленных культур методом проточной гидропоники? 4. Какие требования предъявляют к субстратам при выращивании зеленных культур?

ГЛАВА 10

ПРОМЫШЛЕННАЯ КУЛЬТУРА РОЗ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ТЕПЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Розы являются основной цветочной культурой в теплицах разных стран мира. Этому способствовало применение новых интенсивных методов выращивания, которые включают следующие элементы технологии:

- малообъемный метод выращивания на инертных и органических субстратах;
- система капельного полива;
- автоматизированные установки для приготовления и подачи питательных растворов разных типов;
- новая система питательных растворов, сбалансированная по концентрации и соотношению макро- и микроэлементов в питательных растворах, определённые уровни pH и ЕС в растворах и дренажах;
- компьютеризированные программы поддержания микроклимата;
- светокультура роз для круглогодичного получения срезки цветов;
- углекислотная подкормка растений для повышения урожайности и качества продукции, особенно в осенне-зимне-весенний периоды, т. е. в период ограниченной вентиляции теплиц.

Для поддержания необходимого уровня микроклимата требуется оборудование современных теплиц с различными устройствами, обеспечивающими оптимизацию условий выращивания.

Наряду с современным техническим обеспечением технологии выращивания, основополагающим является использование новой прогрессивной технологии формирования кустов роз, способов формирования побегов из почек возобновления, обеспечивающих получение срезки высокого качества в течение круглого года с высоким уровнем урожайности.

Средняя продуктивность, при круглогодичной технологии, составляет у крупноцветковых сортов – от 15 до 20 штук среза с одного куста, у среднецветковых сортов – от 25 до 35 шт/куста. В условиях новой технологии на 1 га теплиц высаживают от 75 до 80 тыс. растений (рис. 64).



Рис. 64. Промышленное выращивание роз

В новой технологии важен посадочный материал соответствующего сортового состава и качества. Для культуры в теплицах используют только те виды подвоев роз, которые характеризуются определёнными технологическими свойствами, например, возможностью длительного использования растений (до 5–6 лет и более), без снижения продуктивности. Растения на таких специальных видах подвоев и сортах характеризуются, прежде всего, хорошим развитием корневой системы, устойчивостью к таким условиям выращивания, как определённая кислотная реакция почвенной среды, устойчивостью к некоторым бактери-

альным болезням, например к раку корней. Эти подвои обеспечивают возможность круглогодичного выращивания, т. е. не требуют обязательного периода покоя.

Для интенсивных технологий используют довольно узкий ассортимент роз определённых сортов, характеризующихся высоким качеством срезки и урожайностью, хорошей транспортабельностью, длительным стоянием в воде, обычно до 12–14 дней.

При использовании новой технологии выращивания необходимо соблюдать все технические и технологические параметры и режимы – освещение, влажность и температуру воздуха, ирригацию, подачу CO_2 .

Для интенсивной технологии выращивания требуется большая листовая поверхность каждого растения для высокопродуктивного фотосинтеза всего растения. Поэтому новая система выращивания роз требует наличия большого и активного листового аппарата. Кроме того, листья должны быть здоровыми, без повреждений и поражений вредителями и болезнями роз, без хлороза листьев в результате недостатка железа, магния и др. элементов.

Технологию выращивания организывают так, чтобы растения постоянно имели хорошо развитую корневую систему, пропорциональную по размерам биомассе куста роз (сумма побегов и листьев). Большое значение имеют и свойства подвоев и корнесобственных роз по формированию хорошо развитой корневой системы. В свою очередь, развитие корневой системы зависит от химических и физических свойств субстратов, так как розы (привитые и корнесобственные) имеют среднюю по величине сосущую силу корней, среднее осмотическое давление. Выбор соответствующего субстрата, в связи с длительной культурой насаждений роз (5–6 лет и более), одно из важнейших условий высокопродуктивного их выращивания.

Одной из причин снижения урожайности роз является водный стресс, который может проявляться в любое время суток. В ночные часы потребность в воде несколько меньшая (5–10 % от суточной нормы).

Для повышения влажности воздуха используют увлажнители. Одновременно необходимо использовать технику полива таким образом, чтобы в субстратах было постоянно достаточное количество воды и воздуха, что достигается соответствующей системой многократных поливов.

При малообъемной технологии выращивания роз, полив проводится растворами элементов питания определенной концентрации и соотношении, определенном показателе рН и ЕС раствора. Это является основой питания. В периоды больших поливных норм следует снижать концентрацию поливного раствора пропорционально дополнительному количеству воды и увеличить норму дренажа до 20–40 %, к количеству вносимого раствора. Эти агроприемы позволяют выдерживать в почвенном растворе допустимую концентрацию солей.

На начальном этапе выращивания роз температура поддерживается на уровне 20–22 °С, относительная влажность воздуха 90 %. Схема питания растений корректируется для первой фазы роста путем добавления дополнительно 20 % кальциевой селитры. Когда первые основные побеги в достаточной степени разовьются, количество кальциевой селитры снижается до нормального уровня.

Частота капельного полива растений и поливные нормы зависят от времени года и скорости развития растений. С этой целью регулярно контролируют уровень дренажа (не менее 40–50 %). При капельном поливе следует исходить из расчета подачи не менее 50–60 см³ раствора за один полив на одну капельницу. При меньшей норме полив будет неравномерным с разницей в подаче между отдельными капельницами. Значение ЕС поливочной воды меняется в зависимости от времени года в пределах от 1,6 до 2,0 мСм/см. Уровень рН питательного раствора должен по возможности приближаться к 5,3. При сильном повышении показателя рН в растворе добавляют нитрат аммония. Наряду с химическим контролем дренажной воды регулярно берут пробы на анализ и из самой минеральной ваты.

После посадки побеги развиваются очень быстро. Когда хорошо виден бутон, проводят его прищипку и до образования

метелки оставляют в вертикальном положении. При достижении растением высоты 40 см над уровнем субстрата стебли отгибают вниз. В результате данной операции растение направит имеющиеся транспортируемые сахара из одной зоны к месту развития новых побегов. Побеги следует отгибать таким образом, чтобы место прививки, а в случае размножения черенками – старая верхушка черенка, стала верхушкой растения. Цветочные бутоны на отогнутых побегах удаляют. Данная система выращивания стимулирует постоянное производство энергии листьями растений, поскольку удаляя бутоны, самый крупный потребитель сахаров, тогда как листья, являющиеся производителями сахаров, сохраняются полностью.

За счет удаления основного первичного побега у растений стимулируется формирование большого количества основных бутонов. После срезки или отгиба вниз у растений повышается уровень накопления цитокининов, стимулирующих раскрытие бутонов. Затем побеги снова вырабатывают ауксины, за счет чего восстанавливается гормональный баланс растений.

То или иное количество основных побегов формируется в зависимости от силы роста растений. На одном растении для дальнейшего выращивания, рекомендуется оставлять по два-три хорошо сформированных побега. Если побегов больше, их необходимо отгибать вниз. Такая система выращивания позволяет оставлять у растений больше активных листьев, обеспечивающих производство нужного количества энергии, за счет которой гарантируется развитие сильных растений с цветами отличного качества.

Срезка производится непосредственно над оригинальной точкой роста (местом прививки). Длина оставляемого стебля определяет последующее количество цветочных стеблей. Если оставлять слишком длинный стебель (4–6 см), то образуется больше цветочных стеблей более низкого качества. Рекомендуется проводить срезку примерно на уровне одного сантиметра. Через год-полтора срезку делают на высоте до 10 см над оригинальным местом прививки вследствие чего, формируется новая верхушка растения. Далее снова обрезают на высоте примерно одного сантиметра.

Листья являются основным производителем энергии (источник), а цветы – одни из главных потребителей этой энергии. В связи с этим возникает необходимость оставлять листья у всех второстепенных стеблей ненадлежащего качества, а бутоны с них удалять как можно скорее, что обеспечит сохранение оригинальной точки роста (место срезки или прививки) в качестве верхушки растения. При этом листья должны располагаться ниже места точки роста. Следует избегать скопления слишком большого количества листьев. При отгибании следует избегать внутренних повреждений побегов, что может воспрепятствовать транспортировке сахаров и питательных веществ и привести к ухудшению роста растений. При значительном различии между темпами развития побегов, растения будут расти менее равномерно, что повлечет за собой соответствующее распределение энергии.

При регулировании микроклимата в теплице особое место должна занимать активность листьев у растений. С этой целью рекомендуется использовать нижний контур обогрева растений (под растениями), который позволит предотвратить значительную разницу температур у растений, особенно в условиях с большим количеством света (солнечная освещенность). В периоды с небольшим количеством света используют как нижний контур отопления под растениями, так и верхний – над растениями. Для возможности отвода избыточной влаги в теплице применяют отопление в сочетании с проветриванием. Степень проветривания зависит от разницы наружной и внутренней температур теплицы, а также от вентиляционной системы теплицы. Рекомендуется проводить вентиляцию при наружной температуре 10 °С и выше. Однако это также зависит от скорости ветра, поскольку при сильном ветре граница вентиляции может быть выше.

Контрольные вопросы. 1. Назовите основные элементы технологии при выращивании роз в защищенном грунте? 2. Какой посадочный материал используют в технологии выращивания роз? 3. Какие основные технические и технологические параметры и режимы при выращивании роз? 4. В чем заключаются особенности формирования роз?

ГЛАВА 11

ПРОИЗВОДСТВО ШАМПИНЬОНОВ

Наряду с овощными культурами, в защищенном грунте выращивают и съедобные грибы. Наибольшее распространение получило выращивание шампиньонов (класс Базидиальные, порядок Агариковые, или Пластинчатые, семество Шампиньоновые, род Шампиньон). Род насчитывает много видов. В культуре возделывается (рис. 65) шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus*).



Рис. 65. Шампиньон двуспоровый

Шампиньон имеет два основных органа – вегетативное тело (мицелий) и плодовое тело. Плодовое тело состоит из ножки и шляпки. На нижней стороне шляпки находятся радиально расположенные пластинки, на которых образуются базидии со спорами.

Мицелий – это масса разветвленных гиф (грибница), т. е. подземная часть гриба. По мере роста и старения гифы утолщаются, образуя тяжистый мицелий, из которого впоследствии и образуется плодовое тело. Споры хорошо осыпаются при пони-

женной влажности воздуха. Плодовые тела со шляпкой диаметром 8 мм формируют до 1,5 млрд. спор. В естественных условиях прорастают единицы, в лабораторных – значительная часть.

Размножается шампиньон вегетативно (делением грибницы) и спорами. Вегетативный способ является основным. В производственных условиях получают грибницу в лаборатории из спор на стерильной среде. Для селекционных целей можно использовать и половой способ размножения. Мицелий длительное время не теряет своей жизнеспособности при температуре 0–2 °С и может храниться в течение года. Хорошо сохраняется мицелий и в подсушенном состоянии, при наличии влаги, доступа воздуха и необходимой питательной среды. При температуре 20–25 °С мицелий быстро прорастает, ниже 20–25 °С его рост замедляется, выше 35 °С рост прекращается и в последующем он погибает. Для плодоношения мицелия необходима повышенная влажность воздуха и субстрата. Прорастание спор при оптимальных лабораторных условиях может наблюдаться через 7–10, в производственных – через 15–20 дней.

Стерильный споровый мицелий получают из спор в специальных лабораториях или на хорошо оборудованных фабриках. Споры гриба выращивают на конском навозе, запаренном зерне ржи или пшеницы. Можно использовать также питательные среды различного химического состава (агар-агар с добавлением фосфорных, калийных, магниевых и других солей).

Основное требование при проращивании спор и выращивании мицелия – полная стерильность помещений, посуды, питательной среды, инвентаря, одежды работающих.

Мицелий должен соответствовать следующим требованиям: 1) характеризоваться хорошими наследственными свойствами и устойчивостью к болезням; 2) высокой урожайностью, коротким периодом плодоношения, хорошо приживаться и разрастаться, обладать высокой жизнеспособностью, интенсивным ростом. Грибница должна быть паутинистой, с густыми белыми гифами; 3) быть стерильным; 4) обладать пластичной реакцией на временные ухудшения условий внешней среды.

Соотношение материалов для приготовления субстрата рассчитывают по содержанию общего азота, которое в пересчете на сухое вещество должно быть в пределах 1,6–2,0 % (табл. 26).

Выращивают шампиньоны в специальных помещениях – шампиньонницах. Применяют две системы выращивания – однозональная и многозональная (схема 3.). Однозональную систему применяют в специальных приспособленных помещениях, овощных теплицах. Все производственные процессы проходят в одном помещении. Шампиньон выращивают на грядах, стеллажах, контейнерах.

При двухзональной системе выращивание проводят в нескольких оборудованных помещениях. Характеризуется высоким уровнем производства.



В практике промышленного грибоводства распространен двенадцатинедельный цикл выращивания. Субстратом для выращивания шампиньонов являются компосты, обеспечивающие органическое и минеральное питание гриба. Наиболее широко известным и распространенным является компост, получаемый на основе соломистого конского навоза (табл. 23). В качестве добавок используют куриный помет, солодовые ростки, пивную дробину, хлопковый шрот и другие азотсодержащие материалы.

Таблица 23. Соотношение материалов для приготовления субстрата

Материал	Масса, кг	Влажность, %	Сухое вещество	Содержание общего азота в сухом веществе	
				%	кг
Солома пшеничная	1000	15	850	0,45	3,8
Помет бройлеров	1000	30	700	3,50	24,5
Итого	2000		1550		28,3

Выход готового субстрата составляет: натурального, из соломистого конского навоза с добавками – 0,9–1,0 т из 1 т навоза; полусинтетического – 2,3–2,5 т из 1 т соломы; синтетического – 2,8–3,2 т из 1 т соломы.

Приготовление субстрата на основе соломы осуществляется по следующей схеме (табл. 24).

Могут также применять полусинтетические и синтетические компосты. Субстраты, в которых доля конского навоза составляет не более 10–20 %, называют полусинтетическими. Компосты, в которых конский навоз отсутствует, называют синтетическими.

Основными факторами, влияющими на рост, развитие и урожайность шампиньона, являются тепло, вода, воздух помещения, питательные субстраты. Параметры микроклимата должны поддерживаться в течение всего периода выращивания гриба.

Производство шампиньонов включает в себя последовательное выполнение нескольких взаимосвязанных между собой

(табл. 25) технологических процессов: приготовление субстрата и покровного материала, закладка (смена) оборота культуры, термическая обработка субстрата, проращивание мицелия, уход за культурой, сбор урожая, товарная обработка и реализация готовой продукции. Очередность выполнения технологических операций определяется графиками эксплуатации цеха выращивания – шампиньонницы.

Таблица 24. Схема приготовления субстрата

Операция	Выполнение операций, дней	Необходимые добавки на одну тонну соломы
Подвоз и укладка соломы, увлажнение, размягчение	1–12	Помет бройлеров – 1 т, вода – 3000–3500 л
Формирование бурта	13	Вода – 500–1000 л
Внесение гипса на верх бурта	15	Гипс – 60 кг
Первая перебивка	15–16	Вода – 400–600 л
Вторая перебивка	19–20	Вода – 200–400 л
Третья перебивка	22–23	Вода – при необходимости
Четвертая перебивка	25–26	–
Готовность субстрата для закладки на пастеризацию	26–27	–

Годовая урожайность при многозональной системе в 1,3–1,5 раза выше, чем при однозональной. За счет более интенсивного использования камер выращивания при многозональной системе можно вырастить до 100 кг и более с 1 м². Но при многозональной технологии требуются дополнительные сооружения – тоннели.

При однозональной системе сеют мицелий, проращивают его в субстрате в камерах выращивания, при многозональной – в камерах пастеризации и в тоннеле. Рост мицелия в покровном материале, а также плодообразование происходят в камерах выращивания в течение 16–20 дней.

После чего выгружают отработавший субстрат, готовят камеры к новому обороту культуры в течение 3–4 дней.

Таблица 25. Производство и продолжительность процессов при выращивании шампиньонов

Технологический процесс	Однозональная система		Многозональная система	
	Продолжительность, дней	Культивационное помещение	Продолжительность, дней	Культивационное помещение
Наполнение камеры субстратом.	10	Камера выращивания.	8–10	Камера пастеризации, тоннель.
Пастеризация субстрата и кондиционирование.	38–42	То же	32–35	Камера выращивания.
Плодоношение, сбор урожая.	84		56	
Продолжительность оборота культуры в камерах выращивания.				

Расход воды, электроэнергии и сброс воды в канализацию рассчитываются в зависимости от объема производства и применяемой системы выращивания. Расход материалов представлен в таблице 26.

Таблица 26. Примерный расход материалов при различных системах выращивания шампиньонов

Материал	На 1 м ² за один оборот культуры, кг	На 1000 м ² в год, т	
		однозональная система	многозональная система
Для приготовления субстрата			
Солома пшеничная сухая	35–45	160–200	250–300
Помет куриный: бройлеров на подстилке	35–45	160–200	250–300
кур-несушек, сухой, без подстилки (пудрет)	15–20	70–90	100–140
Гипс садовый (алебастр)	2,0–2,5	10–13	15–18
Карбамид (мочевина)	0,3–0,4	1,5	2,0–2,5
Сульфат калия	0,3–0,4	1,5	2,0–2,5

Для приготовления покрывного материала			
Торф переходный (низинный)	20–25	85–100	130–160
Известняк молотый (мергель, доломит)	2–4	10–20	15–30
Посадочный материал (мицелий)			
На зерне, л	0,5–0,6	2200–2600	3200–3900

При эксплуатации шампиньонниц небольшого и среднего размеров рационально организовать централизованное приготовление субстрата и покрывного материала, термическую обработку субстрата и проращивание мицелия в субстрате. Это позволит применять индустриальные методы производства, современные высокопроизводительные машины и интенсивнее использовать имеющиеся шампиньонницы.

11.1 Другие виды грибов

Вешенка (*Pleurotus ostreatus*). В природе существует около



40 видов вешенки, различающихся между собой по окраске и размерам плодовых тел. Вешенка отличается высокой питательной ценностью. В ней содержится около 6,3% белков, 3,8% жиров и более 20% углеводов.

По данным О. Б. Даракова (1995), размер плодовых тел вешенки может быть от 60–140 мм до 300–400 мм. Вешенка устричная, или обыкновенная (рис. 66) используется для выращивания в производстве и имеет следующие преимущества и недостатки.

Рис. 66. Вешенка (плодовое тело)

Преимущества:

- 1) гибкость технологии (выращивание грибов под открытым небом);
- 2) недорогое сырье для получения грибов (поленья листовых пород, опилки или солома);
- 3) быстрый рост грибницы (мицелия) и ее высокая конкурентоспособность по отношению к посторонней микрофлоре;
- 4) хорошая лежкость грибов в свежем виде.

Недостатки:

- 1) слабый аромат грибов;
- 2) аллергенные свойства спор;
- 3) подверженность вирусным заболеваниям.

В технологии производства вешенки применяют интенсивный способ, разработанный учеными Венгрии. Гриб выращивают в культивационных помещениях в течение года. Для выращивания используют целлюлозную среду.

В качестве питательного субстрата для выращивания грибов используют измельченную солому (длина 0,5–2 см), лузгу, после обдирки семян подсолнечника, лузгу гречихи, измельченные кукурузные стебли и кочерыги от початков и другие органические материалы. Вешенку можно выращивать на древесине тополя, ивы, осины, березы, граба, бука и дуба.

Интенсивные технологии выращивания этого гриба по способу приготовления питательного субстрата подразделяются на две группы: стерильные и нестерильные.

Нестерильный способ. Для выращивания измельченную солому или другие органические материалы увлажняют в течение нескольких дней для достижения ими влажности 75 %, а среда материала должна составлять рН 6,5.

Стерильный способ. Питательный субстрат стерилизуют в больших автоклавах при температуре 121 °С (1 атм избыточного давления пара = $1,01325 \times 10^5$ Па), при таком режиме стерилизации погибают все микроорганизмы, а субстрат становится стерильным. Затем, после остывания, его заражают грибницей (2–5 % от массы субстрата). Субстратом плотно наполняют полиэтиленовые мешки прямоугольной или цилиндрической формы.

Толщина блока при этом не должна превышать 30 см, чтобы исключить перегрев субстрата и гибель мицелия. Используют также и стеклянные 2–3-литровые банки. Все дальнейшие операции должны проводиться в стерильных условиях. Контейнеры и сосуды с субстратом держат закрытыми, чтобы не нарушать условия стерильности и не допускать конкурирующую микрофлору.

Оптимальная температура для роста мицелия вешенки составляет 25 °С. Мицелий может выдерживать кратковременную температуру до 40 °С. Это необходимо учитывать, так как температура в субстрате изменяется в зависимости от толщины слоя субстрата в блоках. При разрастании мицелия вешенки небольшое увеличение содержания диоксида углерода за счет дыхания способствует росту мицелия. После разрастания мицелия по всему субстрату, начинается его созревание, которое продолжается в течение трех недель при температуре 20–22 °С. Во время созревания мицелия необходимо проводить вентилирование помещения.

Для перехода к плодоношению блоки переносят в помещение, где будет осуществляться плодоношение гриба. Блоки из контейнеров вынимают для обеспечения доступа воздуха, а затем их размещают плотно друг к другу, оставляя между рядами блоков промежутки для прохода персонала и сбора урожая. Затем их закрывают пленкой, снижают температуру в помещении до 10–12 °С, относительную влажность воздуха поддерживают на уровне 95 %. Через 2–3 дня, когда блоки покрываются зародышами плодовых тел, пленку снимают. При выращивании гриба в мешках, их прорезают, делая широкие прорезы, для того чтобы плодовые тела не деформировались во время роста.

Во время плодоношения температура должна быть в пределах 12–15 °С, относительная влажность 95 %, освещенность 400–500 лк и интенсивная вентиляция. Плодоношение начинается через 3 недели после установки блоков. За первый сбор собирают до 70 % возможного урожая. Второй сбор проводят через 3–4 недели после первого (20–25 %). На третий сбор остается 5–10 % урожая. Как правило, третий сбор экономически не

выгоден, поэтому после второго сбора помещения освобождают, дезинфицируют и начинают новый цикл выращивания. Отработанный питательный субстрат используют в качестве удобрения в открытом грунте.

Грибы при сборе урожая срезают ножом, укладывают в ящики и отправляют на реализацию.

Выращивать вешенку можно и в открытом грунте. Для выращивания используют древесину лиственных пород длиной 30–50 см, диаметром не менее 20 см. Древесина должна быть свежеспиленной. В тенистом месте выкапывают траншею глубиной 20–25 см, на дно которой насыпают свежие увлажненные опилки. На них под каждый чурбан равномерным слоем (1 см) насыпают мицелий, ставят чурбан и засыпают землей. Сверху присыпают опилками, чтобы древесина не подсыхала. При посадке в мае землю вокруг чурбанов поливают по мере ее подсыхания и увлажняют опилки, находящиеся наверху чурбана. Плодоношение начинается осенью после снижения температуры до 12–15 °С.

Шиитакэ (*Lentinus edoles*). Слово «шиитакэ» происходит от японского названия дерева «шиа» – одного из многих видов, на которых гриб растет в природе (рис. 67). «Такэ» – по-японски



гриб. В Китае шиитакэ называют «шианг-гу» или «хоанг-мо».

Его широко выращивают в странах Юго-Восточной Азии. Гриб шиитакэ богат полезными минера-

Рис. 67. Гриб шиитакэ

лами, витаминами, аминокислотами. В естественных условиях произрастает в Японии, Китае и других странах на дубе, грабе. Гриб разводят на брусках древесины с искусственным зараже-

нием мицелием. Но более широкое распространение получил метод культивирования гриба в закрытых помещениях на древесных опилках, субстратах обогащенных азотом (применение соевых бобов).

Для гриба шиитаке в искусственных условиях пригодны все породы деревьев, кроме содержащих эфирные масла. Для посева используют грибы, развившиеся на древесных породах. В помещении, где выращивают гриб, поддерживают высокую влажность.

Контрольные вопросы. 1. Назовите виды съедобных грибов, выращиваемых в защищенном грунте? 2. Опишите строение основных органов шампиньона? 3. Какие требования, предъявляют к мицелию? 4. Какие системы выращивания применяют для шампиньонов? 5. Как готовят субстрат для выращивания шампиньонов? 6. Какие преимущества и недостатки вешенки? 7. Что используют в качестве питательного субстрата для выращивания вешенки, шиитаке?

ГЛАВА 12. КУЛЬТУРООБОРОТЫ

Культивационные сооружения характеризуются высокими затратами на их строительство и эксплуатацию. Поэтому важным звеном рационального использования площади теплиц и рентабельного производства овощей является система использования сооружений, или культурооборота.

Продолжительность действия культурооборота – эксплуатационный период. В овощеводстве защищенного грунта нужно предусматривать на каждые ближайшие 2–3 года такую смену культурооборотов, при которой не создавались бы благоприятные условия для накопления в помещениях вредителей и возбудителей болезней, специфичных для основных видов тепличных растений.

Их разрабатывают отдельно для каждой теплицы и даже для каждого вида полезной площади внутри помещения.

Кроме чередования растений, запланированных для выращивания в данном сооружении, включая уплотнители, в культурооборотах указывают сроки посева и посадки каждого вида растений, время уборки и запланированную величину урожая, сроки ремонта, дезинфекции и подготовки помещений к выращиванию очередной культуры.

При составлении культурооборотов необходимо:

- наиболее полно и эффективно использовать площадь защищенного грунта;
- правильно подобрать культуры;
- предусмотреть сроки и время для проведения дезинфекции в помещении;
- установить самые выгодные сроки выхода продукции.

Культурообороты составляют одновременно с разработкой годовых планов хозяйств с учетом того, чтобы ни один квадратный метр площади не пустовал ни одного дня. Исключением может быть только минимально необходимое время на ремонт сооружений и на их подготовку к выращиванию очередной культуры.

Крупные ремонты переносят на тот период, когда убытки из-за простоя сооружений будут минимальными. В культурооборотах следует предусматривать, совершенствовать и применять приемы, способствующие наиболее полному использованию площади культивационных помещений:

- посев отборными и пророщенными семенами;
- предварительное подрощивание посадочного материала выгоночных культур;
- инимальный приход ФАР, необходимый для выращивания огурца и томата, кДж/см².

При выращивании в теплице на почве необходимо предусмотреть уплотнительные посевы зеленных культур.

Культурооборот – план использования культивационных сооружений в течение года, предусматривающий получение максимального выхода продукции с единицы площади.

Культурообороты разрабатывают отдельно для каждого типа культивационных сооружений, характеризующихся одинаковым микроклиматом, условиями питания, размещения растений и сроками эксплуатации.

Типы культурооборотов и сроки выращивания тех или иных культур зависят от естественной освещенности. При составлении культурооборотов С. Ф. Ващенко (1984) рекомендует учитывать суммарную (ФАР) фотосинтетически активную радиацию (кДж/мс²) в декабре – январе.

Поскольку приход ФАР определяет возможность начала культуры огурца и томата и характер использования теплиц, условия освещенности (приход ФАР) в теплицах приняты за эталон для обоснования ранних сроков посадки овощных культур в световых зонах.

Начало культуры огурца в условиях естественной освещенности возможно в начале – середине января.

Культурообороты бывают овощными, рассадно-овощными, рассадными. Как правило, культурооборот включает несколько культур. Время, занятое одной культурой, называют *оборотом*. Различают зимне-весенние (З–В), продленные (П), весенне-летние (В–Л), осенне-зимние (О–З) обороты (табл. 27).

При составлении схемы культуuroоборота учитывают не только смену культур, но и особенности сорта.

В зимне-весенний период и при выращивании культур в продленном обороте от 50 % и более площади занимают под культуры огурца и томата, в летне-осенний – томат и огурец. В зимне-весеннем культуuroобороте срок высева семян огурца – 1–10 декабря, а посадки рассады – 1–10 января. Растения томата высаживают с 5 по 15 февраля в возрасте рассады 60 дней.

Таблица 27. Примерные культуuroобороты в овощных теплицах круглогодичного использования

Культуuroоборот	Срок		Примерная урожайность, кг/м ²
	посадки (посева)	конца уборки	
1-й вариант			
Огурец	01 – 10.01	25 – 30.06	40–45
Томат	01 – 05.07	01 – 30.11	18–22
Подготовка теплиц	10.12	01 – 10.01	
2-й вариант			
Огурец	01 – 10.7	10.11	10–15
Томат	05 – 15.02	01.08	45–50
Зеленные выгоночные	15.11	20.12	
Подготовка теплиц	20.12	20.01	
3-й вариант			
Томат (продленная культура)	05 – 15.02	30.11	50–55
Подготовка теплиц		5 – 20.12	
4-й вариант			
Томат (перец)	05–10.02	01 –05.07	40–45
Зеленные	05 – 10.09	15 – 20.12	2–2,5
Подготовка теплиц	20.12	30.12	

Наряду с основной культурой, определяющей оборот, часто выращивают и культуры-уплотнители.

Урожайность, получаемая в течение оборота, называется *урожайностью с оборотной площади*. В каждом культуuroобороте имеется ведущая культура, определяющая выход продук-

ции и экономический эффект. В рассадных сооружениях – это рассада для открытого и защищенного грунта, в зимних и весенних теплицах – огурец, томат.

Отношение площади, занятой культурами в культурообороте в течение года, к инвентарной, называют *коэффициентом культурооборота*. Он показывает эффективность использования площади культивационных сооружений.

При составлении культурооборотов учитывают и время, необходимое на ремонт, профилактические и другие мероприятия. Важно также учитывать разрыв во времени между культурооборотами нового и старого годов для проведения мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями.

Схема культурооборотов в различных сооружениях защищенного грунта определяет урожайность выращиваемых культур, затраты труда на единицу продукции, ее себестоимость, прибыль и уровень рентабельности.

Контрольные вопросы. 1. Для чего составляют культурооборот? 2 Как определить эффективность культурооборота? 2. Назовите типы культурооборотов?

Приложение

Приложение 1

Виды удобрений и коэффициенты коррекции для расчета питательных растворов

Название	Удобрения		Коэффициент коррекции
	химическая формула	содержание, %	
Кислоты:	100%-ная HNO ₃ ,	N–22; N–9; N– 8;	0,46
азотная	45%-ная HNO ₃ ,	P–32; P–24; P–12	1,11
азотная	37%-ная HNO ₃ ,		1,25
азотная	100%-ная H ₃ PO ₄		0,31
фосфорная	77%-ная H ₃ PO ₄		0,42
фосфорная	37%-ная H ₃ PO ₄		0,83
Кальциевая селитра	Ca(NO ₃) ₂ H ₂ O	N–15,5 Ca–22	0,65 0,45
Калийная селитра	KNO ₃	N–13; K–38	0,77 0,26
Аммиачная селитра	NH ₄ NO ₃	N–35	0,29
Однозамещенный фосфат калия	KH ₂ PO ₄	P–23; K–28	0,43 0,36
Сульфат калия	K ₂ SO ₄	K–45; S–18	0,22 0,56
Сульфат магния	MgSO ₄ 7 H ₂ O	Mg–10 S–32	1,00 0,77
Сульфат марганца	MnSO ₄ H ₂ O	Mg–32	0,31
Бура	Na ₂ B ₄ O ₇ 10H ₂ O	B–11	0,91
Сульфат меди	CuSO ₄ 5H ₂ O	Cu–26	0,38
Молибдат аммония	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	Mo–54	0,19
Хелат железа 330	Fe FeДТПА	Fe–9	1,11
Хелат железа	Fe ДПFeДТПА	Fe–6	1,67
Хелат железа 138	Fe FeЭДДА	Fe–5	2,00
Хелат железа	FeЭДТА	Fe–14	0,71

Приложение 2

Эквивалентные массы некоторых ионов

Ионы	Масса иона, мг	Миллиграмм-эквивалент, мг
Катионы		
Na ⁺	22,99	23
K ⁺	39,10	39
HN ₄ ⁺	18,04	18 (14 мг N)
Ca ²⁺	40,08	20
Mg ²⁺	24,32	12
Cu ²⁺	63,54	32
Zn ²⁺	65,38	33
Mn ²⁺	54,94	27
Fe ²⁺	55,85	28
Fe ³⁺	55,85	19
Анионы		
Cl ⁻	35,45	35
NO ₃ ⁻	62,00	62 (14 мг N)
HCO ₃	61,00	61
SO ₄ ²⁻	96,06	48 (16 мг S)
H ₃ PO ₄	97,00	97 (31 мг P)

Коэффициенты пересчета элементов и их соединений

4,427*	Азот $\text{NO}_3 \leftrightarrow \text{N}$	0,266**
1,288	$\text{NH}_4 \leftrightarrow \text{N}$	0,776
1,216	$\text{NH}_3 \leftrightarrow \text{N}$	0,822
5,714	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \leftrightarrow \text{N}$	0,175
4,498	$\text{HNO}_3 \leftrightarrow \text{N}$	0,222
	Железо	
1,430	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \leftrightarrow \text{Fe}$	0,699
2,228	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Fe}$	0,201
1,399	Кальций $\text{CaO} \leftrightarrow \text{Ca}$	0,715
2,497	$\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}$	0,400
4,296	$\text{CaSO}_4 \leftrightarrow \text{Ca}$	0,233
1,205	Калий $\text{K}_2\text{O} \leftrightarrow \text{K}$	0,830
2,228	$\text{K}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow \text{K}$	0,449
1,658	Магний $\text{MgO} \leftrightarrow \text{Mg}$	0,603
3,467	$\text{MgCO}_3 \leftrightarrow \text{Mg}$	0,288
4,950	$\text{MgSO}_4 \leftrightarrow \text{Mg}$	0,202
1,291	Марганец $\text{MnO} \leftrightarrow \text{Mn}$	0,742
2,749	$\text{MnSO}_4 \leftrightarrow \text{Mn}$	0,3b4
1,348	Натрий $\text{NaO}_2 \leftrightarrow \text{Na}$	0,742
2,497	Сера $\text{SO}_3 \leftrightarrow \text{S}$	0,400
2,291	Фосфор $\text{P}_2\text{O}_4 \leftrightarrow \text{P}$	0,436
	Хлор	
2,102	$\text{KCl} \leftrightarrow \text{Cl}$	0,476
1,649	$\text{NaCl} \leftrightarrow \text{Cl}$	0,606
1,343	$\text{MgCl}_2 \leftrightarrow \text{Cl}$	0,745

*При пересчете от элемента к соединению. **То же, от соединения к элементу

**Удельный вес и концентрация водных растворов
H₃PO₄ при 20 °С**

Удельный вес	Содержание H ₃ PO ₄		Содержание P ₂ O ₅
	весовой, %	г/л	
1,0038	1	10,04	0,72
1,0092	2	20,18	1,45
1,0200	4	40,80	2,90
1,0309	6	61,85	4,35
1,0420	8	83,36	5,80
1,0532	10	105,30	7,24
1,0647	12	127,80	8,70
1,0764	14	150,70	10,14
1,0884	16	174,10	11,60
1,0008	18	198,10	13,04
1,1134	20	222,70	14,49
1,1263	22	247,80	15,94
1,1395	24	273,50	17,39
1,1529	26	299,80	18,83
1,1665	28	326,60	20,28
1,1805	30	354,20	21,73
1,216	35	425,60	25,35
1,254	40	501,60	28,98
1,293	45	581,90	32,60
1,335	50	667,50	36,22
1,379	55	758,50	39,84
1,426	60	855,60	43,46
1,475	65	958,80	47,09
1,526	70	1068,00	50,71
1,579	75	1184,00	54,33
1,633	80	1306,00	57,95
1,689	85	1436,00	61,57
1,746	90	1571,00	65,20
1,770	92	1628,00	66,64
1,794	94	1686,00	68,09
1,819	96	1746,00	69,54
1,844	98	1807,00	70,99
1,870	100	1870,00	72,44

Концентрация и удельный вес HNO₃ при 20 °С

Весовой, %	Удельный вес	Весовой, %	Удельный вес	Весовой, %	Удельный
1	1,0036	35	1,2140	69	1,4091
2	1,0091	36	1,2205	70	1,4134
3	1,0146	37	1,2270	71	1,4176
4	1,0201	38	1,2335	72	1,4218
5	1,0256	39	1,2399	73	1,4258
6	1,0312	40	1,2463	74	1,4298
7	1,0369	41	1,2527	75	1,4337
8	1,0427	42	1,2591	76	1,4375
9	1,0485	43	1,2655	77	1,4413
10	1,0543	44	1,2719	78	1,4450
11	1,0602	45	1,2783	79	1,4486
12	1,0661	46	1,2847	80	1,4521
13	1,0721	47	1,2911	81	1,4555
14	1,0781	48	1,2975	82	1,4580
15	1,0842	49	1,3040	83	1,4622
16	1,0903	50	1,3100	84	1,4655
17	1,0964	51	1,3160	85	1,4686
18	1,1026	52	1,3219	86	1,4716
19	1,1088	53	1,3278	87	1,4745
20	1,1150	54	1,3338	88	1,4775
21	1,1213	55	1,3393	89	1,4800
22	1,1276	56	1,3449	90	1,4826
23	1,1340	57	1,3505	91	1,4850
24	1,1404	58	1,3560	92	1,4873
25	1,1469	59	1,3614	93	1,4892
26	1,1534	60	1,3667	94	1,4912
27	1,1600	61	1,3719	95	1,4932
28	1,1666	62	1,3769	96	1,4952
29	1,1733	63	1,3818	97	1,4974
30	1,1800	64	1,3866	98	1,5008
31	1,1867	65	1,3913	99	1,5056
32	1,1934	66	1,3959	100	1,5129
33	1,2002	67	1,4004		
34	1,2071	68	1,4048		

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев, Э. А. Выращивание овощей в гидропонных теплицах / Э. А. Алиев. – К.: Урожай, 1985. – 160 с.
2. Алиев, Э. А. Технология возделывания овощных культур и грибов в защищенном грунте / Э.А. Алиев, Н.А. Смирнов. – Омск: Агропромиздат, 1987. – 352 с.
3. Андреев, В. М. Практикум по овощеводству / В. М. Андреев, В. М.Марков. – М.: ВО Агропромиздат, 1991.– 207 с.
4. Андреев, В. М. Овощеводство / В. М. Андреев. – М.: ПроОбрИздат, 2002. – 251 с.
5. Аутко, А. А. Тепличное овощеводство / А. А. Аутко, Н. Н. Долбик, И. П. Козловская. – Минск: УП Технопринт, 2003. – 255 с.
6. Аутко, А. А. Овощеводство защищенного грунта / А. А. Аутко, Г. И. Гануш, Н. Н. Долбик – Минск: Изд. «ВЭВЭР», 2006.– 310 с.
7. Брызгалов, В. А. Овощеводство защищенного грунта: учебник / В. А. Брызгалов, В. Е. Советкина, Н. И. Савинова. – Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1983. – 352 с.
8. Ващенко, С. Ф. Овощеводство защищенного грунта / С. Ф. Ващенко. – М.: Колос, 1984, – 272 с.
9. Гануш, Г. И. Овощеводство Беларуси: Экономика. Организация. Агротехника / Г.И. Гануш. – Минск : Ураджай, 1996. – 272 с.
10. Гиль, Л. С. Фертигация – орошение с использованием растворимых удобрений в системах капельного полива / Гиль, Л. С. – К.: Этнос, 2005. – 93 с.
11. Глунцов, Н. М. Применение удобрений в тепличном хозяйстве / Н. М. Глунцов. – М.: Московский рабочий, 1987.– 143 с.
12. Даскалов, Х. Влияние некоторых факторов на урожай и скороспелость овощей при выращивании их методом гидропоники / Х. Даскалов. – М.: Колос, 1965. – 20 с.
13. Дараков, О. Б. Грибной огород – и здоровье, и доход: справочник / О. Б. Дараков. – М.: Топикал, 1995.
14. Девочкин, Л. А. Шампиньоны / Л.А. Девочкин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 175с.
15. Кравцова, Г. М. Особенности питания овощных культур на малообъемной гидропонике / Г. М. Кравцова // Гавриш. – 2000. – № 6. – С. 12–13.
16. Кравцова, Г. М. Выращивание огурца на малообъемной гидропонике / Г.М. Кравцова, В. В. Королев // Гавриш. – 2000. – №2. – С.13–16.
17. Козловская, И.П. Корнеобитаемая среда в защищенном грунте / И.П. Козловская. – Минск: УП Технопринт, 2003. – 172 с.
18. Летопись овощеводства в Беларуси / А. А. Аутко [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства. – Мн. : Беларус. Навука, 2010. – 410 с.
19. Матвеев, В. П. Овощеводство / В. П. Матвеев, М. И. Рубцов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 431 с.
20. Механизация и автоматизация работ в защищенном грунте / В. Н. Судаченко [и др.]. – Л.: Колос, 1982. – 223 с.
21. Модестова, Н. А. Выращивание рассады овощных культур под пленкой / Н.А. Модестова. – Л.: Колос, 1978. – 112 с.
22. Печенева, С. Я. Водно-физическая характеристика грунта / С. Я. Печенева

- // Гавриш. – 1997. – №4. – С. 13–15.
23. Портянкин, А. Е., Шамшина, А. В. Огурец: От посева до урожая / Под общей ред. докт. с.-х. наук, профессора С. Ф. Гавриша. М.: ООО «Гибридные семена» для НП «НИИОЗГ», ЗАО «Фитон+», 2010. – 400 с.
 24. Промышленное производство овощей в теплицах / под ред. С. Ф. Ващенко, М. М. Йорданова. – М.: Колос, 1977. – 353 с.
 25. Технология приготовления и подачи раствора на малообъемной гидропонике: рекомендации / В. М. Гарбуз [и др.]. – М.: Росагроиздат, 1988. – 29 с.
 26. Ринькис, И. Оптимизация минерального питания полевых и тепличных культур / И. Ринькис, В. Ноллендорф. – Рига: Зинантэ, 1981. – 170 с.
 27. Скорина, В. В. Лабораторный практикум по овощеводству защищенного грунта / В. В. – Горки, 2001. – 107 с.
 28. Смирнов, Н. А. Пособие для овощеводов тепличных хозяйств / Н. А. Смирнов. – 2-е изд. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 251 с.
 29. Современное овощеводство открытого и закрытого грунта / Е. Н. Белогубова [и др.]. – Житомир: ПП Рута, 2007. – 530 с.
 30. Справочник бригадира-овощевода защищенного грунта / сост. Н. А. Смирнов. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 191 с.
 31. Справочник по овощеводству / сост. В. А. Брызгалов. – 2-е изд. – Л.: Колос, 1982. – 512 с.
 32. Овощеводство: учебник / Г. И. Тараканов [и др.]; ред. Г. И. Тараканов, В. Д. Мухин. – М.: Колос, 1993. – 471 с.
 33. Тараканов, Г. И. Овощеводство защищенного грунта: учебник / Г. И. Тараканов, Н. В. Борисов, В. В. Климов. – М.: Колос, 1982. – 176 с.
 34. Тепличное овощеводство на малообъемной гидропонике / пер. с болг. Д. О. Лебла, С.И. Шуничева. – М.: Агропромиздат, 1985. – 136 с.
 35. Тепличное овощеводство на малообъемной гидропонике / Х. Самитчиев, В. Казназирека, К. Милиев, П. Джуров; пер. с болг. Д. О. Лебле, с. И. Шуничева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 136 с.
 36. Технология выращивания овощных культур на торфяных и минераловатных субстратах. – М.: Агропромиздат, 1988. – 150 с.
 37. Технология промышленного производства овощей в зимних теплицах. – М.: Агропромиздат, 1987. – 110 с.
 38. Технология выращивания овощных культур на торфяных и минераловатных субстратах (малообъемная гидропоника): рекомендации / Д. О. Лебл, Н. И. Савинова, Г. М. Кравцова. – М.: Агропромиздат, 1988. – 79 с.
 39. Холодецкий, М. С. Тепличные грунты, субстраты и минеральное питание / М. С. Холодецкий, В. Н. Борисов. – М.: Колос, 2002. – 222 с.
 40. Белоруец, Е. С. Цветоводство защищенного грунта / Е. С. Белоруец, Е. С. [и др.]. – Киев: Урожай, 1983. – 218 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
ГЛАВА 1 ИСТОРИЯ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОВОЩЕВОДСТВА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА	7
ГЛАВА 2 КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛИЦ	22
2.1. Классификация и типы культивационных сооружений. Инженерное оборудование	22
2.2. Остекленные теплицы	29
ГЛАВА 3 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС	53
3.1 Регулирование теплового режима в теплице. Тепловой баланс	53
3.2 Солнечный обогрев.....	61
3.3 Светопрозрачные материалы для защищенного грунта.....	64
ГЛАВА 4 МИКРОКЛИМАТ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЕ	71
4.1 Контроль за технологическими параметрами. фитомониторинг в теплицах	72
4.2. Автоматическая система управления микроклиматом и минеральным питанием растений	76
4.3. Контроль за технологическими параметрами	78
4.4. Тепловой режим	80
4.5. Световой режим	82
4.6 Воздушно-газовый режим, рециркуляция воздуха, подкормка растений CO ₂	94
4.7 Режим влажности грунта и воздуха	102
ГЛАВА 5 ПОЧВОГРУНТЫ И СИСТЕМА ПИТАНИЯ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ	107
5.1. Почвогрунты (субстраты), применяемые в защищенном грунте, их состав и свойства	107
Определение влажности грунта.....	111
Определение предельной полевой влагоемкости.	111
5.1 Субстраты для выращивания растений по малообъемной технологии.....	113
ГЛАВА 6 ВЫРАЩИВАНИЕ РАССАДЫ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ...	122

6.1 Производство рассады овощных культур для защищенного грунта.....	122
ГЛАВА 7 ГИДРОПОННЫЙ МЕТОД ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР.....	132
7.1 Виды гидропоники.....	132
7.2 Поливная вода и ее качество.....	137
7.3 Концентрация питательного раствора	149
7.4. Состав и приготовление питательных растворов	151
7.5 Режим питания и корректировка питательных растворов	151
7.6 Методы фертигации.....	162
7.7 Роль и значение элементов питания.....	165
7.8 Оптимизация условий питания тепличных растений	175
7.9 Агрохимический контроль, качество продукции. Контроль за режимом питания	179
ГЛАВА 8.....	192
ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ	192
8.1 Особенности малообъемной технологии выращивания томата на минеральной вате	192
8.2 Особенности возделывания огурца в защищенном грунте способом малообъемной гидропоники	215
8.3 Особенности технология выращивания перца сладкого на минеральной вате	227
8.4 Малообъемная технология выращивания баклажана на минеральной вате.....	231
ГЛАВА 9 ВЫРАЩИВАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР.....	234
9.1 Конвейерное выращивание зеленных культур в зимних теплицах способом малообъемной гидропоники	236
9.2. Технология выращивания зеленных культур методом проточной гидропоники	239
ГЛАВА 10.....	245

ПРОМЫШЛЕННАЯ КУЛЬТУРА РОЗ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ТЕПЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ	245
ГЛАВА 11 ПРОИЗВОДСТВО ГРИБОВ ШАМПИНЬОНОВ	251
11.1 Другие виды грибов.....	257
ГЛАВА 12. КУЛЬТУРООБОРОТЫ	262
Приложение.....	266
Литература.....	272
ОГЛАВЛЕНИЕ	274

Владимир Владимирович Скорина

ОВОЩЕВОДСТВО ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Учебное пособие

Редактор

Техн. редактор

Корректор

Подписано в печать

Формат 60 x 84 ¹/₁₆. Бумага для множительных аппаратов.

Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс».

Усл. печ. л. . Уч.-изд.

Тираж экз. Заказ Цена руб.

Редакционно-издательский отдел