

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

В. В. Скорина, Вит. В. Скорина

**ОВОЩЕВОДСТВО
ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА
СИСТЕМА ПИТАНИЯ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОВОЩНЫХ
КУЛЬТУР МЕТОДОМ МАЛООБЪЕМНОЙ
ГИДРОПОНИКИ
КУРС ЛЕКЦИЙ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства в качестве
учебно-методического пособия для студентов учреждений,
обеспечивающих получение высшего образования I ступени
по специальности 1-74 02 04 Плодоовощеводство*

Горки
БГСХА
2023

УДК 635:631.544(075.8)
ББК 42.34я73
С44

*Одобрено методической комиссией
агротехнологического факультета 26.12.2022 (протокол № 4)
и Научно-методическим советом БГСХА
28.12.2022 (протокол № 4)*

Авторы:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. В. Скорина*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Вит. В. Скорина*

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент *В. Л. Налобова*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. С. Бруйло*

Скорина, В. В.
С44 Овощеводство защищенного грунта. Система питания при
выращивании овощных культур методом малообъемной гидро-
поники. Курс лекций : учебно-методическое пособие /
В. В. Скорина, Вит. В. Скорина. – Горки : БГСХА, 2023. – 95 с.
ISBN 978-985-882-314-6.

Обобщен материал по системе питания овощных культур в защищенном
грунте. Дана информация о субстратах, применяемых в защищенном грунте,
видах удобрений, системе питания овощных культур, методике приготовления
и корректировке питательных растворов для малообъемной культуры.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образова-
ния I ступени по специальности 1-74 02 04 Плодоовощеводство.

УДК 635:631.544(075.8)
ББК 42.34я73

ISBN 978-985-882-314-6

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2023

ВВЕДЕНИЕ

Современное овощеводство защищённого грунта это одна из наиболее наукоёмких и интенсивно развивающихся отраслей сельского хозяйства, требующая постоянного внедрения новейших научно-технических разработок и соответствующей подготовки специалистов.

В настоящее время производство тепличных овощей на душу населения в Республике Беларусь составляет около 9 кг. Годовая норма потребления овощей из защищённого грунта, по данным РАМН (Российской академии медицинских наук), должна составлять 27 кг на одного жителя, из них томатов – 15 кг, огурцов – 5,8 кг, зелёного лука – 1,9 кг, редиса – 0,7 кг, салата – 2,4 кг, других зеленных – 0,6 кг. Таким образом, в стране очевиден недостаток (около 10 кг/чел.) собственного производства этих видов продукции, компенсировать который приходится импортом (необходимо учесть и то, что до 30 % белорусских овощей из защищённого грунта – экспортируется).

В настоящее время в Республике Беларусь промышленное значение имеют 21 тепличный комбинат, общая площадь остеклённых теплиц которых составляет 270 га.

Овощеводство защищённого грунта, в том числе 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 защищённом грунте создаются необходимые условия микроклимата для роста и развития овощных растений в зимний, ранневесенний и позднесенний периоды, т. е. в периоды с недостаточной освещённостью и пониженным температурным режимом.

Применяемая в настоящее время малообъёмная технология выращивания овощных культур с использованием капельного полива и различных видов субстратов позволяет управлять микроклиматом в теплице с высокой точностью, несмотря на погодные условия в любое время года.

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, так как она позволяет в течение 10–12 оборотов культуры при чередовании различных видов растений получать более 300 раст/м².

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.

Для нормального роста и развития растений необходимы различные элементы питания. По современным данным, таких элементов порядка 20. Без них растения не могут полностью завершить цикл развития, кроме того, они не могут быть заменены другими.

В системе внесения удобрений различают основное, или допосевное, удобрение, припосевное, или посадочное, удобрение и подкормку. Для большинства растений открытого грунта растворы минеральных удобрений должны иметь концентрацию не более 0,1 %. Жидкие подкормки наиболее широко применяют при выращивании цветочно-декоративных растений в условиях защищенного грунта.

Для основных культур защищенного грунта разработаны оптимальные концентрации минеральных элементов в субстрате в зависимости как от биологических потребностей культуры, так и от конкретных экологических факторов выращивания (температуры, освещенности, продолжительности дня). Вопросы подкормок контролируются агрохимической службой, в обязанности которой входит определение содержания элементов питания в субстрате и листьях растений с периодичностью не менее двух раз в месяц. На основании агрохимического анализа субстрата и листовой диагностики рассчитывают дозы внесения удобрений, обеспечивающие оптимальное содержание элементов минерального питания.

В защищенном грунте возделывается более десяти видов овощей, но основные его площади занимают томаты и огурцы. Свежие томаты и огурцы с открытого грунта поступают в течение трех месяцев, а с защищенного – в пределах 9–10. По количеству получаемой овощной продукции один гектар остекленных теплиц соответствует 20–30 га открытого грунта, а по стоимости овощной продукции эквивалентен 100 га.

При оценке уровня обеспеченности растений элементами питания необходимо учитывать то, что часть элементов может быть повторно использована растением, т. е. в растении происходит их перераспределение (например, отток их из листьев в плоды и корнеплоды, из старых листьев в более молодые и т. п.). К таким элементам относят азот, фосфор, калий, магний и частично серу. Все питательные элементы делятся на макро- и микроэлементы. К макроэлементам относят те, которые содержатся в растениях в значительных (от сотых долей до целых процентов) количествах, – это углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, сера, магний и железо. К микроэлементам относят те, которые содержатся в растениях в очень незначительных (от сотых долей до тысячных долей процента) количествах, но, несмотря на столь малое содержание их, оказывают сильное воздействие на жизненные процессы растений (бор, медь, цинк, молибден, марганец, кобальт и др.). Есть также и ультрамикроэлементы, которые содержатся в растениях еще в меньших количествах, чем микроэлементы.

За последние 10–15 лет в овощеводстве защищенного грунта технологии с высокими энергетическими затратами сменились на энерго-сберегающие. Светокультура огурца и томата позволяет переходить на круглогодичное выращивание овощей в теплицах на минеральной вате. В теплицах применяются следующие способы выращивания растений: грунтовая культура, малообъемная и водная культуры. Наиболее известен и широко применялся во многих странах способ выращивания растений на инертных минеральных субстратах (минеральная вата, керамзит и т. д.) с периодической подачей питательного раствора. Растения выращиваются в малом объеме (5–15 л) субстрата из минеральной ваты, верхового торфа или прессованных торфоплит.

Разновидностями гидропонной культуры являются различные методы чисто водной бессубстратной культуры, при которых не требуется ежегодная дезинфекция или смена субстрата. Можно применять проточную водную культуру, при которой растения выращиваются в лотках, по дну которых постоянно циркулирует питательный раствор.

Анализ работы тепличных комбинатов Беларуси за последний год выявил, что главным решающим фактором получения высокой урожайности и эффективности производства является квалификация и опыт специалистов.

1. КОРНЕОБИТАЕМАЯ СРЕДА И СИСТЕМА ПИТАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

1.1. Роль и значение отдельных элементов питания

Для роста и развития растений необходимы элементы питания, соотношение которых неодинаково для различных видов овощных культур, сортов, периода и способа выращивания растений. По современным данным, таких элементов порядка 20, без которых растения не могут полностью завершить цикл развития и которые не могут быть заменены другими.

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.

Возделываемые культуры различаются между собой по ботаническим и биологическим особенностям, требовательности к почве и ее плодородию, отзывчивости на применение удобрений.

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 восстановления 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 орга-

низма. 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 оргanelл. 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 загнивают. 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 заболевание «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 растении. Источником серы для растений могут слу-

жить 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 бормагниевого 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 гидрокселирование 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 усваиваемости элементов питания:

- затенение более 65 % снижает усвоение N, P, K, Ca, Mg;
- повышение pH до 6,5 и выше – сдерживает поступление кальция;
- повышение pH до 6–5 – усиливает усвоение фосфора, особенно в присутствии Na и Cl;
- высокая электропроводность питательного раствора сдерживает поступление кальция;
- повышение pH (при норме pH равной 5–6) уменьшает доступность B, Cu, Fe, Mn, Zn;
- при pH меньше 5 – снижается доступность молибдена;
- повышение температуры субстрата от 13 °C до 20 °C увеличивает поступление Fe, Mn, Cu;
- повышение pH более 7 образует нерастворимые гидроксиды Fe, Zn, Cu, снижается растворимость бора.

1.2. Субстраты, применяемые в защищенном грунте

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, сложности 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 старопашотных 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. 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.

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.

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.

При недостатке органического субстрата, а также при выращивании овощных культур методом гидропонии 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. 1). Тепличные грунты готовят, как правило, из расчета 3000 м³ на 1 га. Рассадную смесь готовят в количестве около 100 м³ на 1 га ежегодно.

Таблица 1. 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

При составлении почвенной смеси принимают во внимание, что 1 м³ 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.

1.3. 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 черной 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 теплолюбивых 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, заложённая 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 воздухоёмкости 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. Минеральную вату (рис. 1), 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 компостных смесей или как материал, добавляемый в почву.



Рис. 1. 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-

о

С

а

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. 3).

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 3. **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. Не желательны 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 водопоглощающей 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.

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.

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 – малопродная (высокое содержание солей), больше 2,25 – непригодная 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 %.

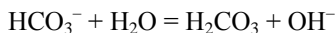
Ионы SO_4^{2-} тоже обладают хорошей подвижностью, но уступают Cl^- . В анаэробной среде сульфатные ионы восстанавливаются до сероводорода, при этом также отмечается гибель корневой системы. Анион SO_4^{2-} необходим растениям, но высокое его содержание (больше 4 ммоль/л в виде S) препятствует усвоению 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:

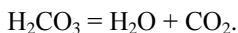


Бикарбонаты, содержащиеся в воде, определяют ее нейтральную или слабощелочную среду для гидролиза:



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

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 потребуются большое количество кислот для нейтрализации.

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

По величине pH 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^+ , уравновешивающий 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 биологическая 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 содержа-

ние Ca^{2+} уменьшается, так как образуются слабо растворимые 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+} , Vr^{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°C и ниже 0°C 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. 4) должны быть в определенных максимальных пределах или менее их (мг/л).

Таблица 4. 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)

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, про-

является их антагонизм и сокращение поглощения К растениями. Часто вода имеет избыток гидрокарбонатов, ионов Na, Cl, Mg, S, Zn, Fe.

Только избыток Mg не является токсичным, но имеет место дисбаланс элементов питания. Избыток Ca, Mn, Fe, HCO_3^- 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 NaHCO_3 и $\text{Al}(\text{HCO}_3)_3$. Вот почему гидрокарбонаты нейтрализуют частично, а иногда и полностью. При pH раствора удобрений равным 5,5, обычно остаётся в воде 1 мМ/л HCO_3^- , 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, $\text{S} > 60$ мг/л ($\text{SO}_4 > 150$ 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 $\text{Ca}(\text{HOCl})_2$, 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, так как 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 pH 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 аэраторными 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 pH, 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 слабощелочная или щелочная, для снижения рН 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 рН 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:

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 1,6 = \text{мг/л } 100\text{-ной } \text{H}_3\text{PO}_4,$$

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 1,03 = \text{мг/л } 100\text{-ной } \text{HNO}_3.$$

Для расчета необходимого количества кислоты можно также использовать следующие формулы:

Для ортофосфорной кислоты:

$$A_1 = a \cdot 98/61 \cdot 100/K, \quad (1)$$

где A_1 – количество ортофосфорной кислоты (мг/л);

a – количество нейтрализуемых бикарбонатов (мг/л);

K – концентрация применяемой кислоты (%).

Для азотной кислоты:

$$A_2 = a \cdot 63/61 \cdot 100/K, \quad (2)$$

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:

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 2,08 = \text{мг/л } 77\text{-ной } \text{H}_3\text{PO}_4,$$

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 3,52 = \text{мг/л } 45\text{-ной } \text{H}_3\text{PO}_4,$$

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 4,32 = \text{мг/л } 37\text{-ной } \text{H}_3\text{PO}_4,$$

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 1,33 = \text{мг/л } 77\text{-ной } \text{HNO}_3,$$

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 2,27 = \text{мг/л } 45\text{-ной } \text{HNO}_3,$$

$$\text{мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 2,78 = \text{мг/л } 37\text{-ной } \text{HNO}_3.$$

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:

$$38,2 \text{ мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 2,08 = 79,5 \text{ мг/л } 77\text{-ной } \text{H}_3\text{PO}_4$$

или

$$38,2 \text{ мг/л } \text{HCO}_3 \cdot 2,27 = 86,7 \text{ г/л } 45\text{-ной } \text{HNO}_3.$$

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 .

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:

$$91,5 \text{ мг/л } \text{HCO}_3^- \cdot 2,08 = 190,3 \text{ мг/л } 77\% \text{-ной } \text{H}_3\text{PO}_4,$$

$$77,8 \text{ мг/л } \text{HCO}_3^- \cdot 2,27 = 176,6 \text{ мг/л } 45\% \text{-ной } \text{HNO}_3.$$

Пример 3. Необходимо нейтрализовать 2,4 мМ HCO_3^- – (146 мг/л).

1,5 мМ нейтрализуем ортофосфорной кислотой и 0,9 мМ – азотной.

$1,5 \text{ мМ/л} \cdot 61 = 91,5 \text{ мг/л}$ – количество бикарбонатов, которые требуется нейтрализовать ортофосфорной кислотой;

$0,9 \text{ мМ/л} \cdot 61 = 54,9 \text{ мг/л}$ – 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

$$A_1 = 91,5 \cdot 98/61 \cdot 100/65 = 226 \text{ мг/л.}$$

Для HNO_3

$$A_2 = 54,9 \cdot 63/61 \cdot 100/59 = 96 \text{ мг/л.}$$

Для приготовления 1000 л маточного раствора, в 100 раз более концентрированного, чем рабочий, необходимо взять: 65%-ной ортофосфорной кислоты – $226 \text{ мг} \cdot 1000 \cdot 100 = 22,6 \text{ кг}$; 59%-ной азотной кислоты – $96 \text{ мг} \cdot 1000 \cdot 100 = 9,6 \text{ кг}$.

Для перевода массы кислот в литры необходимо знать их плотность. Чтобы легче регулировать pH рабочего раствора, крепкие кислоты нужно предварительно разбавлять в 5–10 раз.

Количество ортофосфорной и азотной кислот для коррекции pH при приготовлении 1000 л концентрированного раствора (100×) приведено в табл. 5.

Таблица 5. Количество ортофосфорной и азотной кислот, необходимое для коррекции pH в зависимости от содержания нейтрализуемых бикарбонатов

HCO ₃		H ₃ PO 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

Если вода содержит около 60 мг/л HCO₃, pH 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. Два раза в год, необходимо проводить полный анализ воды по следующим показателям: pH, электропроводность (ЕС), содержание солей натрия, калия, кальция, азота (N–NH₄, N–NO₃), магния, хлора, сульфатов, бикарбонатов, железа, марганца, цинка, бора, меди, молибдена, кобальта. Один раз в месяц воду анализируют по сокращенной схеме: pH, электропроводность, содержание HCO₃, Ca, Mg, Cl.

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 миллисименсах (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 испаряют 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.

3.1. 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 $1 \text{ мСм/см} = 700 \text{ мг соли на } 1 \text{ л}$ или $3 \text{ мСм/см} = 1 \text{ атм. осмотического давления}$. Содержание элементов питания в растворах, соотношение N:К 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 серноокислое 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 $1,5\text{--}2 \text{ м}^3$ каждый (рис. 2).



Рис. 2. Оборудование для смешивания растворов

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).

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.

3.2. 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 является 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 соли. 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 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 мэкв; 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 табл. 6.

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 (оксизтилидендифосфоновая 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).

Таблица 6. Источники питательных элементов

Название	Удобрения		Коэффициент коррекции
	химическая формула	содержание, %	
1	2	3	4
Аммиачная селитра	NH_4NO_3	N – 35	0,29
Нитрат калия, КРП	KNO_3	N – 13; K – 46	
Калийная селитра	KNO_3	N – 13; K – 38	0,77 0,26
Нитрат кальция (кальциевая селитра), К	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{H}_2\text{O}$	CaO – 23,4; N – 11,7	0,43 0,83
Нитрат кальция (кальциевая селитра) марка Б, Г	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{H}_2\text{O}$	N – 14,5; CaO – 26,3; B – 0,3	0,69 0,38 3,3
Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{H}_2\text{O}$	N – 15,5 Ca – 22	0,65 0,45
Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{H}_2\text{O}$	N – 15,5 Ca – 27	0,64 0,37
Однозамещенный фосфат калия	KH_2PO_4	P – 23; K – 28	0,43 0,36
Сульфат калия	K_2SO_4	K – 45; S – 18	0,22 0,56
Сульфат калия, ВРП	K_2SO_4	K – 52; S – 45	0,2 0,22
Калий серноокислый (сульфат калия) очищенный, КРП	K_2SO_4	K – 53	0,19
Сульфат калия, П	K_2SO_4	K – 51–52,5	0,2
Комплексное водорастворимое удобрение NPK12-12-36 + MgO + TE + микро (Cu (EDTA) – 0,006; Fe (EDTA) – 0,05; Mn (EDTA) – 0,02; Zn (EDTA) – 0,008; Mo – 0,004; B – 0,01) HG, КРП		N – 12; P – 12; K – 36; MgO – 1	0,83 0,83 0,27 1,0
Комплексное водорастворимое удобрение NPK 18-18-18 + 3 MgO + TE + микро (Cu (EDTA) – 0,006; Fe (EDTA) – 0,05; Mn (EDTA) – 0,02; Zn (EDTA) – 0,008; Mo – 0,004; B – 0,01) HG КРП		N – 18; P – 18; K – 18; MgO – 3	0,55 0,55 0,55 3,3
Монокалийфосфат, КРП	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	P – 50; K – 33	0,2 0,3
Сульфат магния	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg – 10 S – 32	1,00 0,77

1	2	3	4
ЯраТера Кристалон, КРП (В – 0,025; Cu (ЭДТА) – 0,01; Fe (ЭДТА) – 0,07; Mn (ЭДТА) – 0,04; Zn (ЭДТА) – 0,025; Mo – 0,004)		N – 19; P – 6; K – 20; MgO – 3; SO ₃ – 7,5	0,52 1,7 0,5 0,3 1,3
Дисолвин, КРП	Д12 Fe (ЭДТА); Cu15 Cu (ЭДТА)	Fe – 11,6 Cu – 14,8	0,86 0,67
Магний сернокислый 7-водный, КРП	MgSO ₄	SO ₄ – 16,7; MgO – 13,3	0,6 0,75
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 ДИIFeДТПА	Fe – 6	1,67
Хелат железа 138	Fe FeЭДДА	Fe – 5	2,00
Хелат железа	FeЭДТА	Fe – 14	0,71
Микроудобрение «Хелатэм», П	ДТПА Fe Железо	Fe – 11 %	0,9
	ЭДТА Zn Цинк	Zn – 15 %	0,6
	ЭДТА Cu Медь	Cu – 15 %	0,7
	ЭДТА Mn Марганец	Mn – 13 %	0,75
Микроудобрение «Хелатэм» марка ЭДДГА Fe, Г	Fe EDDHA (ЭДДГА) 6 %	Fe – 6 %	1,67

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 табл. 7. При расчете количества солей используют коэффициенты, приведенные в табл. 6. 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 7. Уровни питания и корректировка питательного раствора на торфяном субстрате

Культура	Градация 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 pH. Вода содержит 99,2 мг/л HCO_3 . Нужно нейтрализовать $99,2 - 61 = 38,2$ мг/л HCO_3 . Следовательно: $38,2 \cdot 2,08 = 79,5$ мг/л 77 % H_3PO_4 , т. е. 7,95 кг 77%-ной H_3PO_4 .

Коррекция P. Ортофосфорная кислота (77 %), используемая для нейтрализации, содержит 24 % P, т. е. с 1 кг H_3PO_4 в рабочий раствор вносят 2,4 мг/л P, а с 7,95 кг – 18,96 мг/л P.

Для достижения желаемого уровня фосфора (47 мг/л) вносят еще 28 мг/л P. С этой целью используют однозамещенный фосфат калия, количество которого рассчитывают с помощью коэффициента 0,43 (см. табл. 6): $28,0 \cdot 0,43 = 12,0$ кг.

Коррекция кальция (Ca). Вода содержит 20,1 мг/л Ca. Следует добавить $150 - 20,1 = 129,9$ мг/л Ca, т. е. $129,9 \cdot 0,45 = 58,5$ 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.

3.3. 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, pH, 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. 3). Недостаток элементов питания на молодых листьях и конусах роста чаще информируют о недостатке В, Са, Сu, Fe, Mn, Zn, т. е. кальция и микроэлементов, а на старых листьях – N, Mg, K, S, Mo.

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. 3), из-за слишком низкой температуры субстрата, избытка азота или серы, слабой корневой системы, слишком высокого ($pH > 6,2$) 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 pH на доступность многих элементов питания, так как при возрастающем показателе pH относительно оптимума, находящегося в пределах 5,1–5,9, снижается доступность таких элементов, как P, B, Cu, Fe, Mn, Zn, а в кислой среде – доступность Mo. 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 Cl. При pH питательного раствора выше 7,0 микроэлементы и фосфор становятся менее доступными, а макроэлементы K и S, наоборот поглощаются в избыточных количествах.

С увеличением pH 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 B, Cu, Mn, Zn. В зависимости от используемого субстрата показатель pH субстрата и питательного раствора следует поддерживать до показателя pH в пределах 5,1–5,9.

3.4. Агрохимический контроль за режимом питания

Для контроля, за режимом питания несколько раз в неделю определяют pH и ЕС поливного питательного раствора, который берут из капельниц на затененных участках, а также определяют pH и ЕС субстрата или отжима из субстрата, для чего используют портативные pH-метр и кондуктометр. Периодически проводят анализ на содержание макро- и микроэлементов в отжиме из минераловатной плиты или торфяного субстрата:

- через 1–2 недели определяют pH, ЕС, содержание Cl, N, P, K, Mg, Ca;
- через четыре недели – pH, ЕС, Cl, N, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo, S и Co.

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 табл. 8–9.

Таблица 8. Рекомендуемое содержание питательных элементов в субстратах, pH и общее содержание солей

Показатели	Минеральная вата (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 9. Рекомендуемое содержание питательных элементов в субстратах, pH и общее содержание солей

Показатели	Торфяной субстрат (водная вытяжка, 1:2) мг/л раствора					
	огурец			томат		
	min	opt	max	min	opt	max
pH	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 вегетативному 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 сбалансированных 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. 10, 11).

Таблица 10. Содержание элементов питания в листьях тепличного огурца

Элемент питания	Уровни обеспеченности				
	недостаточный	низкий	оптимальный	высокий	избыточный
Макроэлементы, %					
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
Микроэлементы, мг/кг					
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

Таблица 11. Содержание элементов питания в листьях тепличного томата

Элемент питания	Уровни обеспеченности				
	недостаточный	низкий	оптимальный	высокий	избыточный
Макроэлементы, %					
N	3,5	3,5–4,5	4,5–5,5	5,5–6,0	6,0
P	0,3	0,3–0,5	0,5–1,0	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
Микроэлементы, мг/кг					
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

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. 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. 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 концами, 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. 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. 3), 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 желто-зеленым с некротическими пятнами по краям. Края загибаются вниз.

Симптомы недостатка элементов питания



азота



фосфора



кальция



железа



калия



молибдена



марганца



меди



магния

Рис. 3. Признаки недостатка элементов питания у томата

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.

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. 3). Точка роста отмирает.

У огурца молодые листья – мелкие, темно-зеленые, междуузлия короткие. Затем с краев молодые листья светлеют, на пластинке листа между жилками возникают узкие светлые полоски. 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. 4). У томатов на листьях между жилками появляются коричневые пятна, лист вянет, засыхает и опадает. Опадают 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.



Рис. 4. Признак недостатка магния в листьях огурца

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 пластинка светло-зеленая, до желто-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 хлоротические 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. 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 хлоротических 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 мар-

ганца 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 сопутствует 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.

4. ОСОБЕННОСТИ МАЛООБЪЕМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОМАТА НА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЕ

Томат – ведущая овощная культура в защищенном грунте. В условиях Беларуси томат в основном выращивают в продленном 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 пло-

дам, 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.

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 рН – 5,0–5,2. После появления всходов концентрацию питательного раствора повышают до 1,8–2,2 мСм/см, а рН 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 рН 5,0). После пропитки кислотность в кубиках должна составлять рН 5,7–6,0, а концентрация питательного раствора – 2,3–2,5 мСм/см. Распикированные растения поливают раствором, имеющим следующие показатели; рН–5,5 и концентрацию 2,6 мСм/см.

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. До посадки температурный режим, влажность воздуха и субстрата поддерживают на том же уровне, что и в рассадном отделении. Посадку рассады на постоянное место проводят в третьей декаде января, когда на растениях образуются первые цветочные кисти (возраст рассады 50 дней).

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 .

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.

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.

В период вегетации следят за состоянием растений томата и в случае необходимости, принимают меры по влиянию на генеративное/вегетативное развития растений.

В табл. 12 представлена схема питания по фазам роста и развития растений томата.

Таблица 12. 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-й кистей	Начало сбора	Урожай	
					лето	осень
ЕС	3,0–3,2	3,0–3,2	2,8–3,0	2,6–2,8	2,4–2,6	2,8–3,0
pH	5,5	5,5	5,5	5,5–5,8	5,8	5,8
Макроэлементы (мг/л)						
N	220	220	200	190–200	190–200	200
P	40	40	40	40	40	35–40
K	260	260–280	300–320	300	360	350
Mg	60	50–60	50–60	50–60	60	60
Ca	220	210–220	200	190	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	0,3–0,4	0,3–0,4
Zn	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Cu	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Mo	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

При выращивании томата, с генеративным типом роста, применяют целый ряд мероприятий, позволяющих реализовывать их высокую потенциальную продуктивность.

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 недостаточно 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 ране 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 развитие. 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 свети 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 про-

является 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 растений. 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 CO₂ 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 CO₂, 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 накоп-

ленных 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 случае необходимо строго придерживаться сортовой технологии выращивания с учетом экологических факторов (табл. 13–14).

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-м 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 выращи-

вании гибридов генеративного типа в продленном обороте, 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. Побег 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. В итоге увеличиваются размеры плодов в кисти, число нестандартных плодов в урожае уменьшается и усиливается генеративное развитие растений.

Таблица 13. 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 14. Меры по влиянию на генеративное/вегетативное развитие растений (фаза нагрузки плодами)

Показатель	Генеративное	Вегетативное	Пределы регулирования
Разница температур день/ночь	большая	маленькая	0–5 °С
Охлаждение температуры, день/ночь	быстрая (в сумерках)	медленно/нет	0–4 °С/ч
Температура трубы	повышается	снижается	0–80 °С
Труба подогрева растений	3 кисть под цветущей кистью	на уровне готовой к плодоношению кисти/выкл.	0–60 °С
Дефицит влажности	увеличивается	снижается	2–8 г/м ²
Вентиляция	больше	меньше	
СО ₂	больше	меньше	0,035–0,10 %
ЕС мата	высокая	низкая	3–6 мСм/см
ЕС раствора	высокая	низкая	2,5–4 мСм/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	

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.

Питание на субстратах. Минеральные субстраты не содержат практически никаких питательных элементов и не обнаруживает сорбционных способностей, поэтому растения требуют удобрения растворами питательных смесей с полным составом макро- и микроэлементов.

Для правильного питания, требуется система полива, обеспечивающая точную подачу питательного раствора. Эту функцию может выполнить система капельного полива. Каждая капельница должна

иметь производительность не менее 1–1,5 л. Рекомендуется использовать оросительные системы только высокой производительности.

Существует множество способов, позволяющих правильно дозировать питательные смеси в требуемом количестве в соответствующее время. Наиболее простым является временной способ – количество циклов и время полива устанавливает лицо, осуществляющее выращивание. Автоматическое дозирование (полива и удобрения) устанавливается на основе заданной программы и показаний контрольно-измерительных приборов. Для этой цели используются: тензиометры, стартовые поддоны, устройства для измерения полной солнечной энергии.

Использование минеральных субстратов требует систематического полива раствором минеральных солей соответствующей концентрации (ЕС в дозируемом растворе сохраняется на уровне 2,8 мСм). В зависимости от периода выращивания и состава питания в субстрате используется более или менее концентрированный раствор питательного раствора. В летний период, когда потребность в воде значительно возрастает, следует поддерживать ЕС на уровне 2,2.

Количество поглощаемого субстратом питательного раствора зависит от его вида и объема. Среднего количества раствора, поглощаемого обычным минеральным матом, достаточно для покрытия дневной потребности растений (до 2,5–3 л на растение).

В зависимости от инсоляции время полива и частота дозирования питательного раствора разные. Более благоприятным для роста растений является дозирование питательного раствора несколько раз в течение дня. В начальный период одноразовая доза питательного раствора может быть большей при меньшей частоте, а в дальнейшем подаваемое количество питательного раствора в 1 цикле уменьшается, и увеличивается количество циклов.

Если количество доступного света больше, и растения сильно растут, количество и частота поливов увеличиваются. Одноразовая доза питательного раствора составляет от 80 до 150 мл, частота подачи – от 4–5 раз в начальный период выращивания до 40 раз в период перегревов. Каждый раз при орошении раствор следует подавать до получения перелива. В утренние часы дренаж достигается при 2-м и 3-м поливе.

Количество питательного раствора нужно подбирать с учетом фазы роста растения, облучения и подогрева.

Дневная потребность в питательном растворе зависит от периода выращивания (весенний, осенний), условий выращивания и, прежде всего, от возможности поддержания оптимальных температур.

Средняя потребность в питательном растворе для всего периода выращивания томатов составляет:

- в весеннем цикле 200–250 л на растение;
- в осеннем цикле 120–150 л на растение;
- в продленной культуре 450–600 л (в зависимости от продолжительности выращивания, времени начала и окончания).

На диапазон оптимальных значений концентрации элементов питания в субстрате оказывают влияние сорт и агротехнические условия. В настоящее время за оптимальный диапазон концентрации элементов питания на пике вегетации растений принимается ЕС 2,8–4,2. Растущий уровень ЕС указывает на пересыхание мата или свидетельствует о чрезмерном накоплении элементов питания в субстрате. Сохранение высокой ЕС в течение длительного времени приводит к повреждению корней. Слишком низкий уровень ЕС свидетельствует о переувлажнении мата или о недостаточном количестве подаваемых элементов питания относительно требований к питанию растений. Это явление часто наблюдается при чрезмерной нагрузке растений плодами.

При более высокой ЕС уменьшается поглощение Са и Mg и увеличивается – К. Концентрация растворов повышается постепенно, при этом разовое повышение ЕС не должно превышать 0,5 мСм/см. Уровень ЕС питательного раствора должен привести к получению соответствующей ЕС в матах. В зависимости от периода выращивания изменяется состав питательного раствора, и от этого зависит уровень элементов питания в растворе из ваты.

Минимальное содержание элементов питания в вытяжке из ваты составляет N – 80 мг/л, P – 20 мг/л, K – 150 мг/л, Са – 200 мг/л и Mg – 30 мг/л.

В период роста растений на постоянном месте они систематически орошаются раствором соответствующей ЕС (2,8 мСм/см). В летний период, когда потребность в воде возрастает, ЕС является более низкой (минимум 2,2). При малом количестве света ЕС должна быть больше (ЕС до 3,5). Требуемая ЕС следующая:

- более высокая в начальный период выращивания и в зимние месяцы (3–3,5 мСм/см);
- более низкая в последующие периоды выращивания и в летний период (2,2–2,6 мСм/см).

В зависимости от периода выращивания изменяется состав питательного раствора. Состав раствора, отобранного из ваты, может быть ниже, чем в основном растворе. Содержание трудноусвояемых элементов питания должно быть выше.

Если содержание макроэлементов превысит предельные цифры, то необходимо скорректировать состав питательного раствора и повысить содержание недостающего элемента. Содержание микроэлементов в мате может подвергаться колебаниям в период выращивания. Несмотря на достаточное количество Fe и Mn в мате, может возникнуть хлороз в период плодоношения (растения тогда утрачивают часть корневой системы), после сбора большей части плодов эти признаки исчезают. Признаки нехватки железа и марганца могут появиться на растении при продолжительных неблагоприятных погодных условиях и недостаточной освещенности.

Изменения в концентрации микроэлементов, кроме железа, марганца, производятся в исключительных случаях. Тогда добавляется 25–50 % требуемого микроэлемента. Использование дополнительного количества бора может привести к отравлению.

Все изменения в составе питательных растворов должны происходить постепенно и таким образом, чтобы разовое значение ЕС не превышало 0,5 мСм/см, в зимние месяцы следует избегать особенно больших различий в концентрациях.

Питание на грунтах. Содержание органического вещества при выращивании томатов должно составлять не менее 5 %. Для поддержания такого уровня необходимо использование соответствующих доз органических удобрений, которые повышают влаго- и сорбционную емкость, и аэрацию почвы. Чем больше сорбционная емкость, тем большие дозы удобрений можно использовать, не опасаясь засоленности. Величина одноразовых доз удобрений зависит от метода выращивания:

- при грунтовом выращивании они могут быть выше (до 10 г на растение);
- при выращивании в небольшом количестве субстрата (в контейнерах, лотках) растения следует удобрять малыми дозами (5–8 г на растение).

Одноразовые дозы минеральных элементов, используемые при традиционной подкормке томатов, выращиваемых под стеклом и пленкой, следующие: N – до 5 г/м³, K – до 8 г/м², P – до 10 г/м², Mg – до 5 г/м².

При грунтовом выращивании одноразовые дозы удобрений больше, а подкормки – реже. При выращивании в небольшом количестве субстрата растения следует удобрять малыми дозами удобрений, но лучше всего частично в жидкой форме. При малом объеме субстрата, приходящейся на растение (менее 8 л), требуется систематическое удобрение в жидкой форме.

Низкий или высокий уровень макроэлементов ограничивает присутствие и поглощение других элементов:

- Ca влияет на поглощение K и Mg, Fe, B и Mn;
- N – на поглощение K, B и Cu;
- K – затрудняет поглощение Mg и Ca;
- P – затрудняет поглощение K и микроэлементов: Fe, Zn и Cu (избыток встречается редко).

Чрезмерное и неуравновешенное удобрение микроэлементами оказывает неблагоприятное влияние на их взаимодействие между собой:

- Mn оказывает неблагоприятное влияние на поглощение Fe;
- Cu – на поглощение Fe и Mn;
- Zn – на поглощение Fe.

Кроме того, недостаток элементов, несмотря на правильное удобрение, может наблюдаться при:

- слабом развитии и бедной корневой системе (затруднено усвоение Fe и P);
- слишком малом количестве воды (затруднено усвоение Mg и Ca);
- анаэробных условиях (затруднено усвоение Fe);
- низких температурах почвы (затруднено усвоение P и Mg);
- высоких ночных температурах воздуха (затруднено усвоение Mg);
- чрезмерной нагрузке растений плодами.

При ранних сроках выращивания и недостаточной в это время освещенности следует ограничить внесение азотных удобрений в аммиачной форме. Часто избыточное поглощение аммиачной формы наблюдается при большой дозе свежего навоза и использовании аммиачной селитры в основном удобрении.

Основное удобрение. Основное удобрение для выращивания томатов в теплицах зависит от вида субстрата и типа выращивания.

Основой подкормки является определение актуальных потребностей на основе анализа субстрата с точки зрения содержания в ней питательных элементов. Для того, чтобы правильно установить дозы удобрений, необходимо; знание стандартного содержания элементов питания в субстрате и их оптимальных уровней в зависимости от фазы роста томатов.

При определении количества отдельных элементов следует учитывать фазу развития растения, условия выращивания, такие как освещенность и температура, метод выращивания и требования растений.

Удобрение должно осуществляться на основе анализа субстрата и растительного материала. Результаты анализа субстрата служат для установления потребностей и величины доз в удобрении. Анализ листьев свидетельствует об обеспеченности растения питательными компонентами. Анализ соответствующих показателей растения дает представление об эффективности удобрения,

При выращивании томатов под укрытиями отбор проб субстрата должен производиться очень тщательно. Одна смешанная проба должна представлять не более чем 400 м² площади выращивания. Рекомендуется одновременно отбирать не менее 5 индивидуальных проб с каждых 100 м².

Во время роста очень быстро изменяются концентрации питательных элементов в субстрате вследствие их поглощения растениями, вымывания, сорбции и т. п., и поэтому каждые 3–4 недели, а в период интенсивного роста каждые 2 недели необходимо проверять содержание элементов путем отбора проб для определения уровня NPK, Mg и Ca, а также засоленности и реакции. Наиболее интенсивное поглощение воды и минеральных элементов корнями томатов происходит при концентрации минеральных удобрений – 1 г KCl/л питательного раствора или 1 г KCl/л субстрата (почвы или субстрата).

Если засоленность субстрата, в которой выращиваются томаты, превышает 3 г KCl/л, то уже могут появиться признаки избытка, выражающиеся в затрудненном усвоении элементов. По этой причине следует использовать наиболее концентрированные формы удобрений, но избегать удобрений, засоряющих почву.

В органическом субстрате концентрация элементов (табл. 15) может быть примерно на 40 % выше, чем в минеральных субстратах (до 3 г KCl/л).

При правильном удобрении периодическое пересушивание субстрата или чрезмерная транспирация в знойные дни приводят к появлению таких же признаков, как и при избытке элементов; существуют различия в чувствительности сортов к избытку элементов.

Чрезмерное количество N можно относительно легко удалить, промывая почву только проникаемую или, при хорошо выполненном дренаже, большим количеством воды, 100–250 л/м².

В оптимизации доз удобрений, используемых как в период до вегетации, так и при подкормках, очень полезными оказались компьютерные программы диагностики удобрений. Они позволяют рассчитывать дозы удобрений в зависимости от конкретных условий выращивания.

Таблица 15. Вытяжка из торфяной и минераловатной плит

Показатели	Торф	Минеральная вата
ЕС	1,5 мСм	3,5 мСм
pH	5,8	5,8
Ca	3,8 мМ	8,0 мМ
K	3,1	6,0
Mg	1,8	3,0
SO	3,0	3,0
NO	7,5	17,0
NR	0,5	0,5
P	0,8	1,2
B	25 мкМ	80 мкМ
Fe	10	15
Mn+Zn	3	5
Cu	0,5	0,7

Часто возможность быстрого выполнения анализов агрохимическими лабораториями является ограниченной, и тогда многие производители вынуждены применять подкормки без анализа субстрата.

При отсутствии актуального анализа субстрата способ дополнительного удобрения выбирается исходя из внешнего вида растений и условий их произрастания. При оптимальном основном удобрении и более 8 л субстрата, приходящихся на растение, можно применять общие принципы удобрения.

Удобрение азотом. Начинается при цветении 4-й и завязывании 3-й кисти, затем повторяется при завязывании очередных цветочных кистей (через каждые 7 дней). При слабом росте растений подкормка начинается раньше, при сильном росте (после испарения или большой дозы навоза более 10 кг/м²) подкормку следует производить с учетом содержания питательных элементов. Избыток N способствует чрезмерному развитию надземной части растений и приводит к ослаблению и запаздыванию цветения и завязывания плодов.

Удобрение калием. Начинается раньше при недостатке света, всегда с началом плодоношения. При калийном удобрении следует учитывать требуемое для данного периода соотношение между N и K и тип выращивания.

За оптимальное отношение N:K при традиционном выращивании и разбросном удобрении от посадки до образования 2-го соцветия принимается N:K = 1:3; от образования 3-го соцветия до начала плодоношения N:K = 1:2 и в период плодоношения N:K = 1:2,5-3.

При малообъемном выращивании и внесении жидких удобрений это отношение принимается – от посадки до образования 1-го соцветия $N:K = 1:1,1$; от образования 1-й до 3-й цветочной кисти $N:K = 1:1,3$, от образования 3-й до 5-й цветочной кисти $N:K = 1:1,5$, в период плодоношения $N:K = 1:1,8$. Для подкормки K следует использовать удобрения, не содержащие хлора, в легко усваиваемой форме (калийная селитра).

Удобрение магнием. Срок начала и одноразовая доза Mg зависят от содержания этого компонента в субстрате, условий, способствующих его усвоению, и индивидуальной потребности в нем различных сортов. При недостатке света, особенно при осеннем выращивании, следует поддерживать высокий уровень Mg в субстрате при повышенной частоте применения.

Удобрение микроэлементами. Используется при наличии признаков их недостатка. Целесообразно использовать полное удобрение микроэлементами в период образования 4–5 кисти, при использовании удобрений, содержащих микроэлементы. Выращивание томатов в ограниченном количестве органической субстрата требует систематического удобрения полным комплексом макро- и микроэлементов от 3 до 4 кисти, в зависимости от количества субстрата, приходящегося на 1 растение.

При отсутствии анализа содержания элементов при выращивании количество и тип удобрения следует выбирать с учетом периода выращивания на основе внешнего вида растений.

Период применения:

- при цветении 3 кисти – азотные удобрения;
- при образовании очередных кистей – калийсодержащие азотные удобрения;
- 4–5 кисть – сложные удобрения,

Вид используемых удобрений:

• аммиачная селитра, калийная селитра, кальциевая селитра – 2–4 г на растение, выбрать удобрение в зависимости от актуальной потребности;

- сульфат калия – до 6 г на растение;
- сложные удобрения – азофоска.

Способ применения: в почву, разбрасыванием, или в жидкой форме 0,4 % (4 кг/1000 л воды) – сложные удобрения и 0,2 % (2 кг/1000 л воды) – простые удобрения.

Опрыскивание листьев 0,5–0,7%-ным сульфатом магния (10 % Mg) или 0,3–0,5%-ным (16 % Mg) рекомендуется в случае выращивания сортов с повышенными требованиями, при избыточно влажном субстрате и в пасмурные дни,

Для приготовления 1000 л питательного раствора стандартного состава из отдельных удобрений требуется: калийной селитры 550–730 г, фосфата калия 80–100 г, сульфата магния 100–250 г и сульфата калия 50–100 г, а также отдельных микроэлементов: хелата железа 3 %, 28 г, буры 25 г, сульфата цинка 15 г, сульфата марганца 18 г, сульфата меди 1,8 г.

В зависимости от используемого субстрата (торф, кора, опилки, солома) реакция питательного раствора доводится до требуемого уровня – рН 5,5–6,0 путем добавления азотной кислоты (37 %, 57 %, 59 %) или фосфорной кислоты (37 %, 57 %, 59 % и 85 %). Правильные необходимые количества кислоты рассчитываются агрохимическими станциями.

Очень часто причиной неправильного роста является не отсутствие элементов, а невозможность их поглощения при ненадлежащих условиях выращивания (температура, реакция субстрата) и неправильно развитой, поврежденной корневой системе (затруднено поглощение Р и Fe). Часто причиной появления признаков неправильного питания растений является использование аоды плохого качества (высокая реакция – выше 7,0 и высокое содержание Na и С). Также и недостаточное количество воды в субстрате затрудняет поглощение Mg и Ca.

Взаимодействия между элементами питания. Дефицит Mg является наиболее распространенным нарушением у томатов, и он обостряется при высоких уровнях N и K.

Взаимодействия между уровнями N и известкованием были выявлены на культурах, выращиваемых в почве: известкование оказывало слабое влияние на урожай при низких уровнях N, но снижало его при высоком содержании N.

При низких уровнях K проявление нарушений созревания возрастает при средних и высоких уровнях N. Однако, есть и сортовые различия.

В условиях низкого света проявление пустотелых плодов снижается при высоких уровнях K и усиливается при чрезмерном применении фосфатов.

Большинство взаимодействий между питательными элементами оказывает влияние на минеральный состав листьев. Например, увеличивающиеся уровни N снижают содержание в листьях K, такое влия-

ние особенно заметно при среднем уровне содержания К. Содержание Mg в листьях снижается при применении К.

В культуре на питательном растворе существует отрицательная корреляция между содержанием P и Mg в листьях.

Высокие концентрации аммонийного N снижают поступление элементов, преимущественно Ca и Mg.

Увеличение солености добавлением хлорида Na к питательному раствору увеличивает содержание P в листьях и снижает содержание Ca и нитратного N, но оказывает мало влияния на содержание K, Mg и общего N. Увеличение содержания N в питательном растворе заметно подавляет содержание хлоридов в молодых растениях томата.

Содержание в листьях бора снижается с той же интенсивностью, что и увеличение применения суперфосфата, а также подавляется известкованием почв до pH 7,3. Внесение высоких доз суперфосфата снижает поступление Mn и Zn в листья.

В листьях возрастающие уровни Mn заметно угнетают содержание Fe, а высокие уровни Mg, Co и Zn снижают количество Fe, выделяемого корнями томата в экссудат стеблей.

Источник азота. Сырой и сухой вес надземных частей растений при получении только нитратного N более чем в два раза выше, чем у растений, выращиваемых только на аммонийном N; соотношение побегов и корней – ниже, pH субстрата для выращивания снижается при применении аммонийного N, и это происходит очень быстро при слабой буферности такой среды, как питательный раствор. pH обычно увеличивается, когда применяют только нитратный N.

Мочевина дает наилучший рост, а приемлемые количества аммонийного N могут быть устойчивыми в системах с хорошей буферностью. Однако в зимних условиях, когда интенсивность фотосинтеза низкая из-за слабого света, может быть более безопасно применять скорее нитраты, чем аммонийный N, так как у молодых сеянцев томата низкое содержание углеводов, и часто проявляются симптомы фитотоксичности, при высоком содержании аммония в компосте. В компостах на основе торфа высокие уровни аммонийного N из-за органических азотных удобрений, pH понижается и вызывает дефицит B.

Аммонийный N не всегда оказывает разрушительное влияние на вегетативность роста растений летом из-за быстрого превращения в нитратную форму.

В очень сильно щелочных почвах вес растений значительно выше с нитратом K, чем с мочевиной, и урожай плодов также выше.

Растения, выращиваемые только на аммонийном N, накапливают более высокие уровни растворимых органических анионов N и неорганических ионов, чем растения, получающие только нитраты. Отзывчивость на мочевины – средняя между отзывчивостью на аммонийный и нитратный N.

Источник N оказывает существенное влияние на степень ограничения роста из-за дефицита Mo. Применение только нитратного N особенно вредно при увеличении рН субстратов за счет известкования. Использование аммонийного N снижает содержание K у молодых семян, снижает содержание Ca и Mg в листьях зрелых растений томата и увеличивает проявление вершинной гнили. Содержание в корнях P, K, Ca и Mg заметно угнетается при аммонийном питании. Фитотоксичность из-за аммонийного N связана с состоянием K в растениях; возрастающие уровни K вызывают сначала снижение, а затем почти полное прекращение проявления симптомов фитотоксичности.

Почвенная влага. Низкое содержание влаги в почве ограничивает рост и урожай, и часть такой ответной реакции может происходить из-за снижения доступности питательных элементов. Например, поступление P снижается из-за содержания влаги в почве.

Высокие уровни содержания питательных элементов также могут сдерживать рост при низком содержании влаги в почве из-за сильной засоленности. В сухой почве рост молодых растений томата угнетен, в то время как интенсивность поступления полного удобрения возрастает. Низкое содержание влаги снижает скорость нитрификации в почве и содержание P в листьях, но увеличивает содержание N и K, кислотность и сухое вещество плодов, а также проявление вершинной гнили.

Соленость и осмотическое давление. Соленость почвенной влаги или питательного раствора усиливается при содержании растворимых солей и определяется ЕС. В почве часть растворимого K содержится в обменной форме, а часть остается водорастворимой, участвуя в засолении. Соотношение K в каждой форме зависит от типа почвы и содержания доступного K. Однако в торфе свыше 90 % доступного K является водорастворимым, и имеются линейные взаимоотношения между содержанием K и ЕС торфа. Калий и нитратный N оказывают похожее влияние на общую соленость торфа, в то время как в почве участие K значительно ниже.

Рост растений обычно ограничен возрастающим осмотическим давлением (т. е. снижением осмотического потенциала) почвенной влаги или питательного раствора, 152 кПа (1,5 атмосферы) являются

оптимальными для роста. При высоком осмотическом давлении можно модифицировать ответную реакцию на питательные элементы. Например, когда ЕС экстракта торфа была в пределах 2,2–2,6 мСм/см, максимальный урожай получен при содержании нитратного N 50 мг/л, в то время как примерно 150 мг/л необходимо при ЕС 3,2–5,1 мСм/см.

При незасоленной поливной воде отмечается заметное увеличение роста и поступления воды и питательного раствора, но при засоленной воде ответная реакция незначительна.

Повышение солености питательного раствора повышенными количествами хлоридов, пропорционально увеличивает содержание Fe и Zn в растениях и снижает их сухое вещество. Также добавление NaCl или хлорида CaCl₂ снижает осмотический потенциал питательного раствора, сырой вес растений и урожай плодов. Урожай томата, выращиваемого на засоленных участках, снижается на 10 % при каждом увеличении ЕС на 1,5 мСм/см выше уровня 2,0 мСм/см.

Снижение осмотического потенциала питательного раствора ночью снижает содержание Са в плодах томата, в то время как осмотический потенциал, преобладающий в дневное время, оказывает слабое влияние на содержание Са.

Способы полива. Отзывчивость на питательные элементы можно регулировать поливом. При капельном поливе распределение солей по краям гряды относительно однородное. С другой стороны, соленость возрастает с глубиной.

Накопление солей происходит при поливе соленой водой, когда поливная норма ниже количества транспирации культуры из-за недостатка глубокой фильтрации. При применении засоленной воды (ЕС 1,2 мСм/см) долговременное накопление солей происходит при капельном, но не при струйном или бороздковом поверхностном поливе. Существуют значительные сортовые различия по солеустойчивости.

По мере увеличения размеров растения основным фактором, регулирующим поступление питания, становится интенсивность транспирации, зависящая от площади листовой поверхности, которая, в отсутствие прочих ограничений роста, пропорциональна поступлению доступного N. Ответная реакция на N, таким образом, преувеличена, так как растения, получая повышенные концентрации N в питании, используют большие объемы питания.

При заданных концентрациях K в жидком питании его поступающее количество существенно возрастает с уровнем получаемого N. В результате содержание K в листьях увеличивается больше относи-

тельно уровня N, чем по отношению к уровню K, подаваемого с питанием.

При выращивании в культуре следует поддерживать концентрации этих элементов постоянными. Это необходимо из-за того, что корни погружены в слой текущего питательного раствора, в котором доступность питательных элементов ограничена.

Уплотнение и аэрация почвы. Интенсивность роста растений томата увеличивается с содержанием кислорода в питательном растворе и сопровождается соответствующим увеличением P, K и Fe в растениях и снижением содержания B и Na. Рост урожая плодов томата увеличивается пропорционально концентрации кислорода вокруг корней. При очень низких уровнях кислорода K уходит из корней в питательный раствор. Плотность корней всегда наивысшая около периферии увлажняемой зоны при капельном орошении, где высока скорость диффузии кислорода в почву.

Температура и свет. Ответные реакции на питательные элементы в целом снижаются, когда температура воздуха и субстрата снижается ниже оптимальной, так как низкие температуры ингибируют рост и поглощение питательных элементов.

Сырой вес плодов томата, выращиваемых при постоянной температуре воздуха, увеличивается с увеличением доз N до среднего уровня (220 N мг/л) при температуре корней 22–27 °C.

Высокие температуры воздуха увеличивают содержание N в растениях при всех его уровнях. Однако, при режиме высоких температур, растения, выращиваемые при низком уровне N проявляют повышенное сбрасывание цветков и дают симптомы недостатка N раньше, чем растения при нормальной температуре.

Низкая температура корней (8 °C) вызывает накопление нитратного N и K в корнях. Пониженный перенос этих ионов к корням может быть одной из причин того, почему рост растений, получающих только нитратный N, снижается при низкой температуре.

Взаимодействие между температурой субстрата и уровнями K влияет на рост. Общее поступление K, Ca и Mg понижено при температуре корней 13 °C, в то время как P, K, Ca, Mg, Cu, Fe и Mn в листьях увеличивается с увеличением температуры питательного раствора,

С увеличением температуры воздуха повышается содержание Zn в листьях, особенно при повышенных уровнях Zn. Высокие температуры воздуха ночью (21 °C) увеличивают содержание Ca и Na в листьях, но снижают содержание P.

Свет является жизненно важным фактором, влияющим на рост растений и на некоторые взаимодействия с питательными элементами. Например, затенение в летнее время снижает содержание в сухом веществе Са. Также растения, выращиваемые в затененной части теплицы, накапливают меньше N и K, чем растения на полном свете, хотя затенение не оказывает влияния на поглощение P. Сильное (до 65 %) затенение растений, выращиваемых на нитратном N снижает поглощение N, P, K, Са и Mg; растения только на аммонийном N проявляют тенденцию накапливать больше N, P и K при усилении затенения. Досвечивание увеличивает поглощение N, K, Са, Mg, содержание Mn в листьях и урожай плодов. При низких уровнях K повышенное содержание Са в питательном растворе проявляет тенденцию к увеличению проявления загнивания при цветении в условиях слабого освещения.

Сухой вес растений весной и летом увеличивается с увеличением уровней N, но снижается зимой в соответствии с количеством цветков на первой кисти; обратное было выявлено для содержания N в растениях. Содержание сухого вещества увеличивается и при интенсивности света, и при уровне K, но ответная реакция на интенсивность света выше при повышенных уровнях K.

Симптомы, характерные для дефицита В, особенно пониженная интенсивность удлинения корней и усиление побурения корней, бывают при более высокой, чем обычно, интенсивности света.

Сухой вес растений снижается при увеличении концентрации Са в условиях низкой интенсивности света при коротком дне, в то время как при длинном дне он увеличивается с концентрацией Са при высокой интенсивности света.

Поглощение N и K увеличивается от низкой интенсивности ночью до максимума в самую яркую часть дня и снижается снова в течение вечера. Поглощение N и K тесно связано с интенсивностью света и температурой воздуха, а также сильно коррелирует с потреблением воды. Интенсивность поглощения N и K зависит не только от света, получаемого в течение изучаемого периода времени, но также и от света, полученного до этого.

Влажность. Ранний рост стимулируется высокой относительной влажностью (95 %) и ответной реакцией, относящейся к улучшению накопления CO₂; устьицами, которые остаются открытыми при высокой влажности.

Содержание Са в самых молодых листьях значительно ниже при 95 % ОВ, чем при 50 %, так как поступающий Са движется в транспирационном потоке. Проявление вершинной гнили, вызываемой недо-

статком Са в плодах, усиливается при низкой влажности ночью и при применении крепких питательных растворов. Считается, что ткани с низкой интенсивностью транспирации получают большую часть Са ночью за счет корневого давления. Тем не менее, этот механизм не может действовать, когда уровень транспирации растения остается высоким (низкая влажность) ночью, и недостаток Са может образовываться в плодах и молодых листьях. Высокая влажность ночью благоприятствует движению Са к молодым листьям и плодам, в то время как низкая влажность в течение дня приводит к накоплению Са в зрелых листьях,

Поглощение питательных элементов. Для индетерминантных растений в теплице средние уровни поглощения многих питательных элементов изменяются в соответствии с условиями окружающей среды, но не сильно зависят от стадии развития после цветения первой кисти. Однако интенсивность поглощения К изменяется в соответствии с нагрузкой плодами на растении. Соотношение К:N увеличивается от 1,2:1 на стадии вегетативного роста до 2,5:1, когда на растении большая нагрузка плодами. Общее поглощение N увеличивается в соответствии с уровнем его внесения, но не зависит от частоты поливов.

Интенсивность поглощения элементов питания изменяется в течение дня. Например, интенсивность поглощения N и К сильно коррелирует с интенсивностью света и температурой воздуха, и, следовательно, с поглощением воды. Однако интенсивность поглощения Р более тесно связана с температурой раствора и достигает максимума днем, т.е. позднее, чем уровни N и К.

Уровни поглощения воды, N и К увеличиваются с интенсивностью света между 06:30 и 14:00 часами, а затем снижаются. Однако интенсивность поглощения Р увеличивается до 17:00–18:30, а затем медленно снижается в соответствии с температурой раствора.

Значительно более высокие максимальные интенсивности поглощения зарегистрированы в самое теплое время дня в середине лета. Соотношение поглощенных питательных элементов и используемой воды увеличиваются в соответствии с концентрациями N и К, поступающих в раствор.

Интенсивность, с которой Са поглощается в световой и темновой периоды, варьирует в зависимости от частей растения. Апикальные меристемы накапливают больше Са в темный период, чем в светлый, в то время как листья накапливают меньше Са в темноте.

Общее поглощение питательных элементов варьирует в зависимости от многих факторов, таких как интенсивность света, температура, влажность, аэрация и здоровье растений, особенно их корневой системы. Количество питательных веществ, поглощенных зрелой культурой томата, также варьирует в зависимости от продолжительности сезона выращивания.

Поглощение N и K заметно увеличивается в соответствии с концентрациями поступающего питательного раствора, когда концентрации питательных элементов не поддерживают постоянными, что отражает их существенное снижение в рециркуляционных растворах концентрации до более низких.

Высокий уровень N увеличивает общее поглощение P, но не оказывает влияния на его поглощение растениями с недостатком P. Заметное увеличение поглощения P связано и с повышенной температурой корней, большая часть такой ответной реакции – за счет стимулирования роста корней повышенной температурой.

Распределение питательных элементов. Большую часть питательных элементов, поглощаемых зрелыми растениями томата, обнаруживают в плодах: 50 % N, 60 % P и 60 % K у тепличных культур. Плоды в теплице содержат только 5 % Ca и 35 % Mg, поглощаемого растениями.

В молодых растениях распределение питательных элементов зависит от стадии развития. Например, у растений 7-недельного возраста примерно 50 % поглощенного K находят в листьях, 25–30 % – в стеблях и менее 10 % в корнях, остальное – в развивающихся цветках и плодах. Перераспределение K от вегетативных тканей может происходить только в небольшом количестве (до 12 %) от всего содержания K в плодах; во время созревания содержание K в листовых пластинках и черешках снижается на 20–40 %.

Увеличение концентрации Ca в питательном растворе увеличивает содержание Ca во всех частях молодых растений томата. Такая ответная реакция наиболее заметна в черешках и приводит к снижению соотношения поглощенного Ca к имеющемуся для листовых пластинок.

Распределение Mg также зависимо. Высокий уровень Ca снижает количество и соотношение Mg в листовых пластинках, черешках и стебле; количество Mg в корнях только слегка снижается при высоких уровнях Ca.

Большее применение аммонийного, чем нитратного, N снижает концентрации K, Ca и Mg во всех частях молодых растений томата. Аммонийный N снижает соотношение Ca, находящегося в листьях, и

увеличивает его содержание в корнях, в то время как соотношение Mg в листьях увеличивается преимущественно за счет корней.

Такое распределение Са в растении зависит от движения воды. Высокая относительная влажность (95 %) снижает долю Са, находящегося в новых листьях, но повышает его нахождение в стеблях молодых растений. При снижении влажности с 90 до 60 % заметно увеличивается доля Са в молодых листьях, она была наибольшей при низкой солености.

Плоды, выращиваемые при высокой ЕС, не только поглощают меньше Са, чем плоды, выращенные при низкой ЕС, но и большая часть Са (около 80 %) остается в стебельках и чашечках, и очень мало Са поступает в верхние части плодов.

Увеличение солености питательного раствора в пределах 2–10 мСм/см снижает общее и граничное содержание Са в плодах, но оказывает слабое влияние на концентрацию растворимого Са в соке.

Содержание К, Са и Mg (в процентах сухого вещества) в 6 самых верхних листьях обычно увеличивается с возрастом, за исключением содержания К в черешках и Mg в листовых пластинках. Снижение содержания N и увеличение содержания К и В в листьях с возрастом увеличивается.

Содержание К в сухом веществе выше в черешках, чем в листовых пластинках (т. е. 6 % и 3 % соответственно в верхних листьях; 10 % и 5 % в нижних листьях), в то время как для N справедливо обратное. Концентрации К по сухому весу в молодых листочках полностью выросших листьев наибольшая у основания и снижается к самым дальним долям. Наибольшее содержание К (%) обнаружено в плодах, содержание в стеблях было немного ниже, но все же в 2 раза выше, чем в листьях.

Содержание Са в листовых пластинках существенно увеличивается с возрастом, обычно оно превышает таковое в черешках. Концентрации Са (%) и Mg были наивысшими в листьях и самых нижних плодах.

Накопление В отмечено в нижних листьях. Такое же распределение выявлено и для Mn. Концентрация N (%) по сухому весу обычно выше в листьях (листовые пластинки плюс черешки), чем в плодах и в стеблях.

Корни в целом содержали пониженные концентрации макроэлементов, чем надземные части растений.

Нарушения питания. Недостаток или избыток элементов, необходимых для правильного роста и развития растений, чаще всего встречается при неблагоприятных агротехнических условиях и реже – вследствие их отсутствия или избытка.

Наиболее распространенными видами дефицита являются недостатки N, P, K и Mg. Недостаток микроэлементов, кроме B, обычно не происходит в почве, хотя дефицит Fe и Mn может вызываться слабой аэрацией почв или болезнями корней. Однако беспочвенные субстраты должны получать все микроэлементы, а если они находятся в несоответствующих соотношениях, то сильно возрастает возможность проявления недостаточности или токсичности. Например, в торфе нет глинистой фракции, и водорастворимые концентрации некоторых дренаж элементов выше, чем в почве; таким образом, желателен утечки. В то же время переувлажненные растения в горшках с торфом могут получать дефицит B, этот питательный элемент следует подавать с осторожностью, так как фитотоксичность может появляться здесь скорее, чем в почве.

Раннее распознавание симптомов некоторых нарушений важно, если их можно успешно скорректировать. При сильных симптомах, допускающих развитие, корректирующие обработки могут улучшить соответствующий рост, но они сильно влияют на листья, которые вряд ли можно восстановить. Общее влияние нарушения на урожай и качество плодов во многом зависит от его продолжительности и серьезности.

Схожесть между симптомами при некоторых нарушениях может вводить в заблуждение. При любом изучении нарушения важно критически рассмотреть все обстоятельства и сопутствующие факторы, такие как тип субстрата и его pH, программы питания и полива, а также все мероприятия по культуре. Когда это сделано, многие нарушения можно исключить автоматически, а описания симптомов вместе со знаниями факторов, благоприятствующих их развитию, можно использовать для проведения различий между оставшимися возможностями. Так как растения не всегда проявляют «классические» симптомы определенных нарушений или могут страдать от двух и более нарушений одновременно, то листовой анализ часто используют для подтверждения диагноза.

Наиболее распространенными видами дефицита являются недостатки N, P, K и Mg. Недостаток микроэлементов, кроме B, обычно не происходит в почве, хотя дефицит Fe и Mn может вызываться слабой аэрацией почв или болезнями корней. Однако беспочвенные субстраты должны получать все микроэлементы, а если они находятся в несоответствующих соотношениях, то сильно возрастает возможность проявления недостаточности или токсичности. В то же время переувлажненные растения в горшках с торфом могут получать дефицит B, этот питательный элемент следует подавать с осторожностью, так как фитотоксичность может появляться скорее, чем в почве.

5. 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 мультиблоки с последующей перевалкой сеянцев в кубики из минеральной ваты.

Перед посевом кубики равномерно проливают питательным раствором в 2–3 приема (электропроводность 1,5 мСм/см, pH 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 мутноватым 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.

Концентрацию питательного раствора следует поддерживать на уровне 1,5–2,0 мСм/см, так как рассада огурца очень чувствительна к повышенной концентрации солей. 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.

К растениям, вместе с поливной водой подаются питательные элементы. Их количество зависит от фаз роста растения и данных агрохимического анализа (табл. 16).

Таблица 16. Состав питательного раствора при выращивании огурца

Фаза развития	pH	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

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 сернокислое окисное – 6,0; борная кислота – 1,5; марганец сернокислый – 1,0; медь сернокислая – 0,2; цинк сернокислый, кобальт азотнокислый, аммоний молибденово-кислый по 0,1.

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.

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.

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.

При выращивании на малообъемной гидропонике рост растений легче регулировать посредством поливов и изменения концентрации питательного раствора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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. Аутко, А. А. Тепличное овощеводство / А. А. Аутко, Н. Н. Долбик, И. П. Козловская. – Минск: УП Технопринт, 2003. – 255 с.
4. Аутко, А. А. Овощеводство защищенного грунта / А. А. Аутко, Г. И. Гануш, Н. Н. Долбик. – Минск, 2006. – 310 с.
5. Брызгалов, В. А. Овощеводство защищенного грунта: учебник / В. А. Брызгалов, В. Е. Советкина, Н. И. Савинова. – Л.: Колос; Ленинградское отделение, 1983. – 352 с.
6. Ващенко, С. Ф. Овощеводство защищенного грунта / С. Ф. Ващенко. – М.: Колос, 1984, – 272 с.
7. Гиль, Л. С. Фертигация – орошение с использованием растворимых удобрений в системах капельного полива / Л. С. Гиль. – К.: Этнос, 2005. – 93 с.
8. Глунцов, Н. М. Применение удобрений в тепличном хозяйстве / Н. М. Глунцов. – М.: Московский рабочий, 1987. – 143 с.
9. Государственная комплексная программа развития картофелеводства, овощеводства и плодородства в 2011–2015 годах. Утв. Советом Министров Республики Беларусь 31.12.2010 г. Пост. № 1926 / Минсельхозпрод РБ, НАН Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодородию». – Минск, 2011. – 283 с.
10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
11. Кравцова, Г. М. Выращивание огурца на малообъемной гидропонике / Г. М. Кравцова, В. В. Королев // Гавриш. – 2000. – № 2. – С. 13–16.
12. Модестова, Н. А. Выращивание рассады овощных культур под пленкой / Н. А. Модестова. – Л.: Колос, 1978. – 112 с.
13. Пашковский, А. И. Современное овощеводство открытого и закрытого грунта / А. И. Пашковский. – Киев: ОАО «Издательство «Киевская правда», 2006. – 528 с.
14. Тепличное овощеводство на малообъемной гидропонике / пер. с болг. Д. О. Лебла, С. И. Шуничева. – М.: Агропромиздат, 1985. – 136 с.
15. Лебл, Д. О. 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.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Виды удобрений и коэффициенты коррекции для расчета питательных растворов

Название	Удобрения		Коэффициент коррекции
	химическая формула	содержание, %	
Кислоты:			
азотная	100%-ная HNO ₃	N – 22;	0,46
азотная	45%-ная HNO ₃	N – 9;	1,11
азотная	37%-ная HNO ₃	N – 8;	1,25
фосфорная	100%-ная H ₃ PO ₄	P – 32;	0,31
фосфорная	77%-ная H ₃ PO ₄	P – 24;	0,42
фосфорная	37%-ная H ₃ PO ₄	P – 12	0,83
Кальциевая селитра	Ca(NO ₃) ₂ H ₂ O	N – 15,5	0,65
		Ca – 22	0,45
Калийная селитра	KNO ₃	N – 13;	0,77
		K – 38	0,26
Аммиачная селитра	NH ₄ NO ₃	N – 35	0,29
Однозамещенный фосфат калия	KH ₂ PO ₄	P – 23;	0,43
		K – 28	0,36
Сульфат калия	K ₂ SO ₄	K – 45;	0,22
		S – 18	0,56
Сульфат магния	MgSO ₄ · 7 H ₂ O	Mg – 10	1,00
		S – 32	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

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

Азот		
4,427*	$\text{NO}_3 \leftrightarrow \text{N}$	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
Кальций		
1,399	$\text{CaO} \leftrightarrow \text{Ca}$	0,715
2,497	$\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}$	0,400
4,296	$\text{CaSO}_4 \leftrightarrow \text{Ca}$	0,233
Калий		
1,205	$\text{K}_2\text{O} \leftrightarrow \text{K}$	0,830
2,228	$\text{K}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow \text{K}$	0,449
Магний		
1,658	$\text{MgO} \leftrightarrow \text{Mg}$	0,603
3,467	$\text{MgCO}_3 \leftrightarrow \text{Mg}$	0,288
4,950	$\text{MgSO}_4 \leftrightarrow \text{Mg}$	0,202
Марганец		
1,291	$\text{MnO} \leftrightarrow \text{Mn}$	0,742
2,749	$\text{MnSO}_4 \leftrightarrow \text{Mn}$	0,364
Натрий		
1,348	$\text{NaO}_2 \leftrightarrow \text{Na}$	0,742
Сера		
2,497	$\text{SO}_3 \leftrightarrow \text{S}$	0,400
Фосфор		
2,291	$\text{P}_2\text{O}_4 \leftrightarrow \text{P}$	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 HNO_3 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	1,3386	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		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. КОРНЕОБИТАЕМАЯ СРЕДА И СИСТЕМА ПИТАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ	6
1.1. Роль и значение отдельных элементов питания	6
1.2. Субстраты, применяемые в защищенном грунте	14
1.3. Субстраты для выращивания растений по малообъемной технологии	18
2. ПОЛИВНАЯ ВОДА И ЕЕ КАЧЕСТВО	24
3. КОНЦЕНТРАЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА	34
3.1. Состав и приготовление питательных растворов	36
3.2. Режим питания и корректировка питательных растворов	38
3.3. Оптимизация условий питания тепличных растений	45
3.4. Агрохимический контроль за режимом питания.....	48
4. ОСОБЕННОСТИ МАЛООБЪЕМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОМАТА НА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЕ	59
5. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОГУРЦА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ СПОСОБОМ МАЛООБЪЕМНОЙ ГИДРОПОНИКИ	87
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	89
ПРИЛОЖЕНИЯ	90

Учебное издание

Скорина Владимир Владимирович
Скорина Виталий Владимирович

ОВОЩЕВОДСТВО
ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

СИСТЕМА ПИТАНИЯ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР
МЕТОДОМ МАЛООБЪЕМНОЙ ГИДРОПОНИКИ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. П. Савиц*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 08.02.2023. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 4,87.
Тираж 30 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.