

Влияние состава питательного раствора на продуктивность растений томата при малообъемном способе выращивания в условиях регулируемой агроэкосистемы

О.Р. Удалова, Г.Г. Панова, Л.М. Аникина и В.Л. Судаков

Приведены результаты исследований по влиянию различных питательных растворов на рост и продуктивность растений томата, выращиваемых малообъемным методом при фитильном способе подачи питательного раствора в условиях регулируемой агроэкосистемы. Показано, что для данных условий выращивания томата наиболее перспективны дифференцированные по фазам развития растений питательные растворы, разработанные в АФИ.

Развитие и совершенствование малообъемных технологий светокультуры требует разработки систем питания растений, обеспечивающих в полной мере корневую систему кислородом, водой и элементами минерального питания. В интенсивной светокультуре все необходимые для обеспечения жизнедеятельности соединения в доступной форме растения томата получают прежде всего из питательного раствора (ПР). Сбалансированный состав ПР на протяжении всего периода вегетации растений томата – один из самых эффективных факторов достижения высокой продуктивности.

Общие требования к составу питательных растворов для выращивания растений на искусственных субстратах заключаются в следующем:

- растворы должны содержать все необходимые для роста растений макро- и микроэлементы;
- соотношение питательных элементов подбирается с учетом поглощения их из раствора в разные периоды вегетации растений;
- концентрация раствора должна быть достаточно высокой, но нетоксичной для растений;
- растворы должны быть сбалансированы по составу катионов и анионов, в противном случае может происходить значительное подкисление или подщелачивание раствора при преимущественном поглощении растениями анионов или катионов соответственно.

В научной и производственной литературе описаны десятки составов питательных растворов, разработанных для использования в системах культивирования разных видов растений. При составлении рецептуры растворов ставилась задача удовлетворения индивидуальных потребностей выращиваемых растений в тех или иных химических элементах, обеспечение долговременности использования растворов, стабильности во времени их рН и т.д. Наиболее известны растворы, предложенные Кнопом, Хогландом и Арноном, Жерике, Чесноковым, Алиевым, питательный раствор, применяемый в Калифорнийском университете, раствор экспериментальной станции в Нью-Джерси.

В фундаментальных работах В.А. Чеснокова и Е.Н. Базыриной (Чесноков, Базырина и др., 1960) показано, что для круглогодичного выращивания растений томата можно эффективно использовать ПР

одного состава в течение всей вегетации растений вне зависимости от фазы их развития. При поддержании стабильной концентрации и соотношения компонентов в ПР растения томата не испытывают недостатка ни в воде, ни в питательных элементах. Другие авторы предлагают изменять состав ПР по этапам онтогенеза растений, например, современные голландские тепличные технологии культивирования томата предусматривают применение растворов, дифференцированных по фазам развития растений томата: стартового, стандартного и раствора для генеративного периода развития растений (Тепличный практикум ..., 2000).

В Агрофизическом институте выполнен большой объем исследований, направленных на изучение зависимости роста, развития и продуктивности томата от состава и способа подачи питательного раствора в корнеобитаемую среду (КС). Показано, что, несмотря на эффективность использования раствора Кнопа для культивирования томата в условиях регулируемой агроэкосистемы (РАЭС), возникла необходимость подбора состава питательного раствора в связи со способом его подачи в корнеобитаемую среду (Ермаков и Медведева, 1985; Аникина и др., 1988; Аникина, 1994; Панова и др., 2011).

Для выращивания растений томата малообъемным методом (объем субстрата – 3 литр на растение) и капиллярном способе подачи ПР по плоскому фитилю (Желтов, 1986; Панова и др., 2010) нами были разработаны три вида питательных растворов:

- Модифицированный раствор Кнопа, по количественным характеристикам близкий к оригиналу, но отличающийся от него более высоким содержанием калия и фосфора. Увеличение содержания этих элементов в модифицированном растворе Кнопа обусловлено возрастанием потребности в фосфоре и калии у растений томата в период плодоношения и способствует лучшему росту корневой системы растений, повышению продуктивности и улучшению качества продукции. В частности, оптимизация фосфорного питания благоприятно влияет на накопление белкового азота в плодах растений и снижает уровень нитратных соединений (Алиев, 1985).
- Питательный раствор №1, предназначенный для подачи растениям томата до периода мас-

сового цветения и начала завязывания плодов. Содержит, в отличие от оригинального раствора Кноп, большее количество всех питательных элементов. Это обусловлено возрастом активности потребления элементов питания в данный период развития растений.

- Питательный раствор №2 по сравнению с оригинальным раствором Кнопа также имеет более высокую концентрацию питательных элементов, а, в отличие от раствора №1, предназначенного для вегетативной стадии развития растений, содержит большее количество калия, что способствует лучшему наливу плодов, увеличению содержания органических кислот в плодах, улучшению их вкуса, а также равномерной пигментации.

Целью настоящего исследования было изучение влияния разработанных нами питательных растворов на рост и продуктивность растений томата в условиях интенсивного культивирования в РАЭС малообъемным методом при капиллярном способе подачи питательного раствора по плоскому фитилю и сравнительной оценке их эффективности по сравнению с прототипами – растворами Кнопа различной концентрации и питательными растворами, используемыми в голландских тепличных технологиях.

Объекты и методы

Растения томата сорта Ультрабек выращивали малообъемным способом в оригинальной вегетационной светоустановке для культивирования растений высотой до 1.2 метров (Ермаков, 2007; Панова и др., 2011). Средняя облученность растений составляла ~ 50 Вт/м² ФАР. Продолжительность светового периода – 16 ч/сут. Поддерживалась температура воздуха днем 25±20°C и 22±20°C – ночью. Относительная влажность воздуха составляла 50-60%. Исследуемые питательные растворы в КС подавались капиллярным способом по плоскому фитилю (Панова и др., 2010). В каждом варианте выращивали по 11 растений томата.

В опытах испытывались следующие растворы для интенсивной светокультуры:

- стандартный раствор Кнопа (контроль) (Чесноков и др., 1960);
- разработанный модифицированный раствор Кнопа;
- разработанный питательный раствор №1;
- разработанный питательный раствор №2;
- тепличные голландские питательные растворы – стартовый и стандартный (Тепличный практикум ..., 2000).

В схему опытов входили следующие варианты:

- 1) В течение всей вегетации растения выращивали на стандартном растворе Кнопа.
- 2) До цветения растения выращивали на стандартном растворе Кнопа. В период завязывания и налива плодов применялся разработанный модифицированный раствор Кнопа.
- 3) Растения выращивали до цветения на стандартном растворе Кнопа двойной концентрации, в период завязывания плодов переходили на стандартный раствор Кнопа половинной концентрации, во время налива плодов – на стандартный раствор Кнопа.
- 4) Растения выращивали до фазы налива плодов с использованием раствора Кнопа двойной концентрации, затем в фазу налива плодов питание растений переводили на стандартный раствор Кнопа.
- 5) Растения выращивали в течение всей вегетации с использованием голландского стандартного раствора.
- 6) Растения до цветения выращивали с использованием стартового голландского раствора, затем переходили на стандартный голландский раствор.
- 7) Растения выращивали на разработанных нами питательных растворах, состав которых менялся по фазам вегетации растений. Раствор №1 использовали до массового цветения растений и начала завязывания плодов, а раствор №2 – в период плодоношения.

Элементный состав применявшихся в работе растворов представлен в **табл. 1**.

Результаты и обсуждение

Использованные в экспериментах ПР существенно отличаются по соотношению содержащихся в них элементов питания (**табл. 2**). Максимальное соотношение К:N отмечено для модифицированного раствора Кнопа, минимальное – для стандартного раствора Кнопа и для голландского стартового раствора. По этому показателю разработанный раствор №2 приближается к модифицированному раствору Кнопа, а стандартный голландский раствор и разработанный раствор №1 занимают промежуточное положение. Считается, что наиболее благоприятное соотношение К:N в период завязывания и налива плодов составляет от 1.7:1.0 до 2.0:1.0 (Алиев, 1985; Глунцов, 1987).

Соотношение К:Са было наименьшим в стандарт-

Таблица 1. Элементный состав питательных растворов.

Питательные растворы	Концентрация элементов питания, мг/л					
	N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg
Стандартный раствор Кнопа	154	-	56	167	170	24
Модифицированный раствор Кнопа	155	-	115	330	158	24
Голландский стартовый раствор	231	19.6	62	288	208	65.7
Голландский стандартный раствор	193	14	46.5	292	212	65
Раствор №1	228	4	60	279	224	67
Раствор №2	219	3	60	366	209	67

Таблица 2. Соотношение элементов в питательных растворах.

Питательные растворы	Соотношения элементов в питательном растворе			
	К : N	К : Ca	Ca : Mg	N : P
Стандартный раствор Кнопа	1.1	1.0	7.1	2.8
Модифицированный раствор Кнопа	2.1	2.6	5.3	1.3
Голландский стартовый раствор	1.1	1.4	3.2	4.0
Голландский стандартный раствор	1.4	1.4	3.3	4.4
Раствор №1	1.2	1.4	3.3	3.8
Раствор №2	1.7	1.8	3.2	3.7

ном растворе Кнопа, а наибольшее значение этого показателя отмечено в модифицированном растворе Кнопа и в питательном растворе №2, промежуточное и равное по значению – в голландских растворах и в питательном растворе №1. Известно, что нарушение в балансе калия и кальция может вызывать вершинную гниль в плодах томата (Глунцов, 1987).

Соотношение Ca:Mg выше всего в стандартном и в модифицированном растворах Кнопа, во всех других растворах оно одинаково и составляет 3.2. Соотношение данных элементов важно для обеспечения хорошего роста корневой системы растений, а также при наливе плодов. Рекомендуется поддерживать его в ПР на уровне 1.0:4.0 в течение всей вегетации растений (Алиев, 1985; Глунцов, 1987).

Соотношение N:P наиболее высоко в голландских растворах и минимально – в модифицированном растворе Кнопа. Промежуточное место по данному показателю занимают стандартный раствор Кнопа и растворы №1 и №2. Соотношение данных элементов может варьировать по фазам вегетации растений: в период вегетативного развития оно может быть около 2.0, в период плодоношения – достигать 3.0.

Как показывают результаты исследований, продуктивность растений томата зависит от состава и соотношения питательных элементов по фазам развития растений. Продуктивность растений томата, культивируемых с использованием различных ПР, приведена в **табл. 3**. Отмечается тенденция к формированию более высокой продуктивности (прирост на 6-8%) относительно контроля у томата, выращенного с использованием модифицированного раствора Кнопа (вариант 2), а также с использованием голландских растворов (варианты 5 и 6), несменяемых и сменяемых по фазам онтогенеза растений.

Растворы Кнопа различной концентрации, сменяемые по фазам вегетации растений, проявили себя как наименее эффективные. Продуктивность выращиваемых растений в варианте 3 была на 12%, а варианте 4 – на 8% ниже, чем в контроле.

Достоверно наиболее продуктивными были растения томата, выращенные на разработанных нами растворах №1 и №2 (вариант 7). Продуктивность растений в данных вариантах была на 24% выше, чем в контроле.

Выводы

Исследования по изучению влияния состава питательных растворов на продуктивность томата, проведенные при фитильном способе их подачи в малообъемную корнеобитаемую среду и выращивании растений под искусственным светом, показали перспективность использования для данной системы выращивания разработанных нами питательных растворов с более высоким содержанием ряда основных элементов питания по сравнению со стандартным раствором Кнопа и растворов, применяемых дифференцировано по фазам развития растений. Полученные результаты позволяют усовершенствовать малообъемную технологию культивирования растений томата в регулируемых условиях.

О.Р. Удалова – кандидат биологических наук, заведующая сектором физического моделирования и исследования агроэкосистем, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» (г. Санкт-Петербург).

Г.Г. Панова – кандидат биологических наук, заведу-

Таблица 3. Продуктивность растений томата при выращивании на различных питательных растворах.

Вариант опыта	Количество плодов, шт.	Средняя масса плода, г	Масса плодов, г/растение	% относительно контроля	Урожай плодов, г/м ²
1 (контроль)	118±3.0	42.0±5.6	451±45	100±10	9027
2	116±4.0	44.7±6.1	477±57	106±12	9540
3	120±4.0	36.5±4.9	398±59	88±15	7972
4	105±3.0	43.3±5.8	413±66	92±16	8280
5	126±6.0	42.1±4.7	482±58	107±12	9646
6	121±6.0	44.5±5.3	489±88	108±18	9792
7	117±4.0	50.9±5.5	560±62*	124±11*	11200*

*Достоверно отличается от контрольного на 5%-ном уровне значимости.

ющая отделом светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» (г. Санкт-Петербург).

Л.М. Аникина – кандидат биологических наук, с.н.с. сектора физического моделирования и исследования агроэкосистем, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» (г. Санкт-Петербург); e-mail: lanikina@yandex.ru.

В.Л. Судаков – кандидат физико-математических наук, инженер ООО «Агрофизика».

Литература

- Чесноков В.А., Базырина Е.Н., Бушуева, Е.Н. и Ильинская Н.Л. 1960. Выращивание растений без почвы. Л.: «Изд-во ЛГУ». 171 с. Тепличный практикум. Дайджест журнала «Мир теплиц». 2000. Москва. Приложение к журналу «Мир Теплиц». 110 с. > www.ponics.ru/2009/05/rastv_holland <
- Ермаков Е.И. и Медведева И.В. 1985. Оптимизация условий жизнеобеспечения корней при исследовании водно-минерального обмена и потенциальной продуктивности растений томата. Сб. науч. тр. по агроном. физике, Л. С. 155-186.
- Аникина Л.М., Ермаков Е.И. и Медведева И.В. 1988. Закономерности взаимодействия корнеобитаемых сред с питательными растворами. АФИ, Л. Науч.-техн. бюл. по агроном.

физике, 7: 45-48.

- Аникина Л.М. 1994. Органическое вещество корнеобитаемых сред при интенсивном выращивании растений в регулируемых условиях. Тезисы докладов. Всероссийская конференция «Вопросы агрофизики при воспроизводстве плодородия почв». СПб. С. 12-14.
- Панова Г.Г., Драгавцев В.А., Канаиш Е.В., Архипов М.В. и Черноусов И.Н. 2011. Научно-технические основы оптимизации производственного процесса в регулируемой агроэкосистеме. Агрофизика, 1: 29-37.
- Желтов Ю.И. 1986. Влияние способов увлажнения корнеобитаемых сред на продуктивность томата в регулируемых условиях. АФИ, Л. Научно-техн. бюл. по агроном. физике, 65: 11-14.
- Панова Г.Г., Желтов Ю.И., Судаков В.Л., Черноусов И.Н. и др. 2010. Биотехнологические комплексы по круглогодичному интенсивному ресурсосберегающему производству высококачественной растительной продукции: основы создания и перспективы. Матер. коорд. совещ. АФИ, СПб. С. 77-85.
- Алиев Э.А. 1985. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. Киев: «Урожай». 160 с.
- Ермаков Е.И. 2007. Регулируемая агроэкосистема в познании и управлении производственным процессом. Регулируемая агроэкосистема в растениеводстве и экофизиологии. СПб. С. 4-20.
- Глуницов Н.М. 1987. Применение удобрений в тепличном хозяйстве. Москва: «Московский рабочий». 144 с.

Сайт о гидропонном выращивании растений:
> www.ponics.ru/2009/05/rastv_holland <

Повышение качества плодов нектарина за счет оптимизации минерального питания растений

Р.С. Джонсон, А. Оливос, Ц. Ксяоцайонг, К. Крисосто и Т. Мичилайдес

Успешное возделывание косточковых плодовых культур – это получение высокого урожая и хорошего качества плодов. При недостатке элементов питания у растений усиливается внутреннее побурение мякоти плодов в период хранения. Избыточное внесение азотных удобрений стимулирует рост вегетативной массы, задерживает созревание плодов, а также повышает поражение плодов бурой гнилью.

Ранее проводившиеся исследования были посвящены, главным образом, изучению влияния минерального питания на рост и урожайность плодовых древесных культур, в то время как качеству плодов уделялось меньше внимание. Однако не стоит недооценивать существующую взаимосвязь между минеральным питанием плодовых древесных культур и качеством плодов. Так, результаты исследований по минеральному питанию яблони и сливы свидетельствуют о том, что при недостатке элементов питания развивается внутреннее побурение мякоти плодов. В одной из работ была также продемонстрирована взаимосвязь между минеральным питанием растений и окраской плодов. Тем не менее, для изучения вопроса о влиянии минерального питания косточковых плодовых культур на качество плодов после уборки, а также в период холодного хранения необходимо проведение дополнительных исследований.

Основная проблема при хранении плодов ко-

сточковых культур заключается в побурении мякоти. Побурение плодов и овощей происходит в результате окисления фенольных соединений под действием содержащегося в растительных клетках фермента полифенолоксидазы (ПФО) до хинонов, которые быстро превращаются в окрашенные в коричневый цвет соединения – меланины (рис. 1).

Протекание реакции ферментативного побуре-

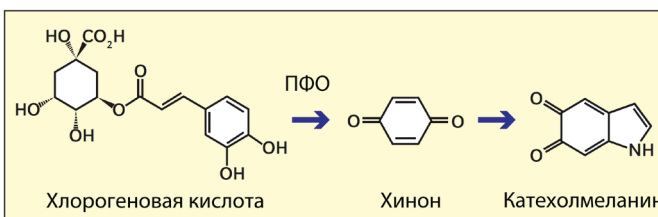


Рис. 1. Пример образования меланина из полифенольных соединений под действием содержащегося в растениях фермента полифенолоксидазы (ПФО). Образование меланина – причина побурения мякоти плодов.