

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-

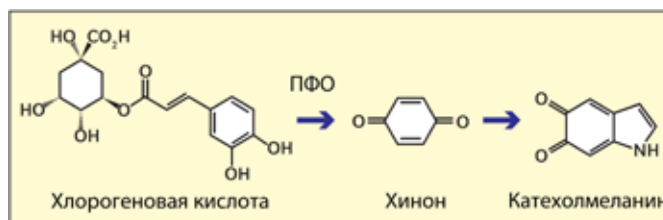


Рис. 1. Пример образования меланина из полифенольных соединений под действием содержащегося в растениях фермента полифенолоксидазы (ПФО). Образование меланина – причина побурения мякоти плодов.

ния зависит от содержания фенольных соединений, активности полифенолоксидазы, а также от наличия в среде кислорода. Однако от состава и содержания фенольных соединений зависят антиоксидантные качества плодов, что имеет важное значение для здоровья человека. Кроме того, некоторые фенольные соединения могут способствовать повышению устойчивости плодов персика к бурой монилиозной гнили (*Monilinia fructicola*), поскольку оказывают непосредственное влияние на активность кутиназы. Это предотвращает проникновение гриба в мякоть плода.

Идеальный результат – это получение плодов с высоким содержанием фенольных соединений при незначительном побурении мякоти в период холодного хранения, а также после него. Для оценки влияния условий минерального питания плодовых деревьев на урожайность и качество плодов авторами было проведено два исследования.

Объекты и методы исследований

1. Опыт по изучению отзывчивости нектарина на применение азотных, фосфорных и калийных удобрений

С целью изучения минерального питания косточковых плодовых культур в Сельскохозяйственном научно-исследовательском центре им. М.Т. Кернея Калифорнийского университета (г. Парлиер, штат Калифорния, США) в 2000 г. было установлено 60 больших резервуаров (объемом 10 000 л). Они были заполнены песком для создания разных условий минерального питания растений – закладки вариантов опыта с недостатком определенных элементов.

В резервуары были высажены саженцы нектарина сорта Гранд Перл. У деревьев формировалась крона V-образной формы. В опыте в течение 8-ми лет изучалось четыре варианта внесения удобрений с использованием системы капельного полива с двумя эмиттерами на резервуар: 1) полное минеральное питание; 2) низкая доза азота, 3) низкая доза фосфора; 4) низкая доза калия (остальные элементы питания в вариантах 2-4 вносились в достаточных количествах). Повторность опыта – четырехкратная.

В 2008 и 2009 годах определяли качественные показатели плодов с каждого дерева при достижении технической спелости, исходя из окраски и твердости мякоти плодов. Изучались следующие качественные показатели плодов в период уборки: размер, содержание растворимых сухих веществ и титруемая кислотность. В 2009 г. для оценки качественных показателей плодов после холодного хранения нектарины хранились в течение 11 дней при температуре 5°C. Учитывалось развитие внутреннего побурения мякоти плодов, а также проявление других физиологических расстройств.

2. Опыт по изучению влияния возрастающих доз азотных удобрений на степень поражения плодов нектарина бурой гнилью

Нектарины сорта Фантазия выращивались в

Сельскохозяйственном научно-исследовательском центре им. М.Т. Кернея на участке площадью 0.81 га. Начиная с 8-го года после посадки, растения получали по 0, 112, 196, 280 и 364 кг N/га/год. Через 16 и 17 лет после посадки была проведена оценка различных качественных показателей зрелых плодов. Для изучения влияния азотных удобрений на степень поражения плодов бурой гнилью проводилась инокуляция цветков и зеленых плодов спорами грибов, вызывающих бурую гниль, в трех дозах. В период уборки подсчитывалось количество очагов бурой гнили на зрелых плодах.

Результаты

1. Опыт по изучению отзывчивости нектарина на применение азотных, фосфорных и калийных удобрений

Урожайность и качество плодов. При внесении низких доз калия и фосфора (2008 г.), а также при недостаточном обеспечении азотом (2009 г.) наблюдалось снижение урожайности плодов по сравнению с вариантом опыта, где деревья получали полное минеральное питание. Недостаток калия и фосфора вызывал также значительное уменьшение массы плодов (2008 г.). При недостатке азота снижения массы плодов не наблюдалось. В 2009 г. урожайность была ниже, чем в 2008 г.

Содержание элементов питания в плодах. Содержание азота, калия и кальция в плодах соответствовало диапазонам, приводимым в ранее опубликованных работах. Только в варианте с недостаточным внесением фосфорных удобрений содержание исследуемых элементов в плодах было ниже значений, обобщенных для типичной плотности посадки. Плоды деревьев, получавших полное минеральное питание, имели максимальное содержание азота. Данный показатель снижался при внесении низких доз фосфорных и калийных удобрений. При недостаточном внесении азотных удобрений содержание азота в плодах было минимальным. Содержание фосфора в плодах достоверно изменялось при недостатке изученных элементов питания, а самые низкие значения наблюдались



Рис. 2. Пример образования меланина из полифенольных соединений под действием содержащегося в растениях фермента полифенолоксидазы (ПФО). Образование меланина – причина побурения мякоти плодов.



Внутреннее побурение мякоти плодов (слева) достоверно усиливалось при низком уровне фосфорного питания. Развитие бурой гнили плодов (справа) было взаимосвязано с избыточным азотным питанием, усиливающим вегетативный рост, но в то же время повышающим риск поражения грибными болезнями.

в варианте опыта с недостаточным внесением фосфорных удобрений (рис. 2).

Содержание калия и кальция в плодах по вариантам опыта не изменялось. Недостаточное внесение калийных удобрений не приводило к снижению содержания калия, фосфора и кальция в плодах, однако вызывало снижение содержания азота (хотя и в пределах оптимального диапазона). Внесение низкой дозы азотных удобрений приводило к значимому снижению содержания азота в плодах – на 50% по сравнению с вариантом опыта, где давалось полное минеральное питание. Содержание калия, фосфора и кальция в плодах при этом не изменялось. Недостаточное применение фосфорных удобрений приводило к снижению содержания фосфора и азота в плодах (приблизительно на 80 и 20% соответственно). Содержание калия и кальция в плодах при этом не изменялось.

Внутреннее побурение мякоти плодов. Побурение мякоти плодов проявилось сильнее всего при внесении низкой дозы фосфора по сравнению с другими вариантами опыта. В 2009 г. у плодов деревьев, получавших фосфор в недостаточных количествах, наблюдалось побурение 67% мякоти по сравнению

с 20% в варианте опыта с внесением полного минерального удобрения (рис. 3). После 11-дневного хранения у плодов, полученных при недостаточном внесении любого из изученных макроэлементов, наблюдалось достоверно большее побурение мякоти по сравнению с вариантом опыта, где давалось полное минеральное питание.

Плоды с низким содержанием фосфора, полученные в варианте опыта с недостаточным внесением фосфорных удобрений, имели более высокое содержание фенольных соединений (620 мкг/г) по сравнению с вариантом, где все элементы питания вносились в достаточных количествах (388 мкг/г). Фенольные соединения окисляются под действием фермента полифенолоксидазы до хинонов, и в дальнейшем образуются соединения, вызывающие побурение мякоти плодов.

Недостаточное азотное питание растений также способствовало снижению содержания фосфора в плодах. Это, как правило, способствует усилению внутреннего побурения мякоти плодов.

Данное исследование показало, что недостаток одного из основных макроэлементов (N, P или K) ведет к усилению интенсивности и степени распространения внутреннего побурения мякоти плодов в период холодного хранения. Однако между элементами питания растений, по-видимому, происходит более сложное взаимодействие, когда недостаток двух или более элементов приводит к разбалансированности питания, что ухудшает элементный состав плодов и их качество.

В обоих сезонах достоверное изменение величины «потенциала побурения», определявшегося в данном исследовании, и, соответственно, изменение условий протекания реакций, приводящих к внутреннему побурению мякоти, наблюдалось только при низком содержании фосфора в плодах. Низкое содержание фосфора в плодах может приводить к повышению проницаемости клеточных мембран, что облегчает протекание реакций окисления фенольных соединений, катализируемых полифенолоксидазой.

Вопреки нашим предположениям, плоды дере-

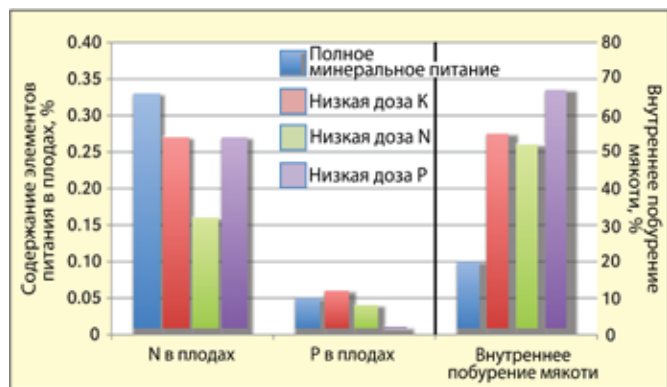


Рис. 3. Содержание азота и фосфора в плодах нектарина и внутреннее побурение мякоти плодов (после холодного хранения при температуре 5°C в течение 11 дней) при полном минеральном питании деревьев и при недостаточном поступлении калия, азота и фосфора с питательным раствором.



Взрослые нектариновые деревья, выращенные в резервуарах с песком в опыте по изучению минерального питания растений (Калифорнийский университет).

вьев, недополучавших фосфорное питание, имели максимальное содержание антиоксидантов. Предполагалось, что антиоксиданты, ингибируя процессы окисления фенольных соединений, замедляют развитие внутреннего побурения мякоти плодов.

2. Опыт по изучению влияния возрастающих доз азотных удобрений на степень поражения плодов нектарина бурой гнилью

Производители косточковых плодовых культур обычно вносят более 112 кг N/га/год. Тем не менее, некоторые фермеры увеличивают дозу азота в надежде повысить урожайность. Однако чрезмерное внесение азотных удобрений может привести к избыточному вегетативному росту, что оказывает негативное влияние на качество плодов, а также отрицательно сказывается на устойчивости растений к поражению болезнями и повреждению насекомыми-вредителями.

В данном опыте внесение азота в дозах выше 112 кг N/га/год не влияло на урожайность плодов, но затягивало созревание на 4-5 дней. При внесении невысоких доз азота наблюдалась лучшая окраска кожицы нектаринов в красный цвет. Избыточный вегетативный рост, вызванный внесением высоких доз азота, приводил к увеличению затененности внутри кроны деревьев и под ними, что растягивало сроки сбора урожая. Установлена прямая

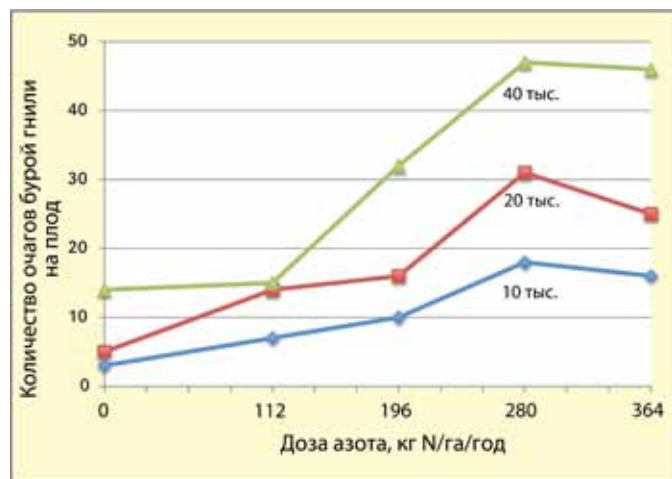


Рис. 4. Степень поражения плодов нектарина бурой гнилью в зависимости от доз азотных удобрений и концентрации инокулирующего раствора (10 000, 20 000 и 40 000 спор/мл).

корреляционная зависимость между вегетативным ростом растений и дозами азота.

Цветки плодовых деревьев, не получавших азотных удобрений, слабее всего поражались бурой гнилью после инокуляции спорами грибов. Обобщение данных по всем срокам проведения инокуляции показало, что в вариантах с внесением высоких доз азота у цветков наблюдалось до-

стоверно большее количество пораженных тычинок по сравнению с вариантами с внесением 0 и 196 кг N/га/год. При инокуляции зеленых плодов была также выявлена прямая корреляционная зависимость между степенью поражения плодов и дозами азота (рис. 4).

Выводы

Качество плодов нектарина сильно зависит от системы минерального питания деревьев. Внутреннее побурение мякоти в период хранения достоверно усиливалось при низком содержании фосфора в плодах. Чрезмерное внесение азотных удобрений вызывало избыточный вегетативный рост и снижало устойчивость растений к бурой гнили.

Д-р Джонсон – помолог Кооперативной консультационной службы Калифорнийского университета,

Сельскохозяйственный научно-исследовательский центр им. М.Т. Кернея, г. Парлиер, штат Калифорния, США; e-mail: sjohnson@ucanr.edu.

А. Оливос, Ц. Ксяоцяонг, К. Крисосто и Т. Мичилайдес – бывшие студенты и кооператоры Калифорнийского университета.

Дополнительную информацию можно получить из следующих публикаций:

Andres Olivos, A., R.S. Johnson, Q. Xiaoqiong, and C.H. Crisosto. 2012. *HortSci.* 47:391-394.

Daane, K.M., R.S. Johnson, T.J. Michailides, C.H. Crisosto, J.W. Dlott, H.T. Ramirez, G.Y. Yokota, and D.P. Morgan. 1995. *Calif. Agric.* 49 (4):19-23.

Рецензирование и редактирование перевода с английского: В.В. Носов.

Влияние концентрации и соотношения азота, фосфора и калия в питательном растворе на рост и развитие многолетних травянистых растений

Х.Т. Краус и С.Л. Уоррен

Рост и интенсивность цветения многолетних травянистых растений зависят от концентрации и соотношения азота, фосфора и калия в питательном растворе. Результаты опытов по изучению влияния N, P и K и их соотношений на рост и развитие травянистых многолетников свидетельствуют о том, что у них такие же потребности в азоте, как и у однолетних травянистых растений. Однако при выращивании травянистых многолетников, как и многолетних древесных растений, требуются более низкие концентрации P и K в питательном растворе.

Для успешного выращивания растений в контейнерах необходимо контролировать большое количество факторов. За счет регулирования минерального питания – обеспечения поступления элементов питания в оптимальных дозах и соотношениях улучшается рост растений. Однако потребность в элементах питания у многих декоративных культур еще недостаточно изучена. Кроме того, производители, у которых имеется большое разнообразие декоративных культур, не могут тратить время, а также закупать узкоспециализированные удобрения для удовлетворения потребностей в элементах питания каждого конкретного вида растений. Если была бы известна потребность определенных групп культур в элементах питания, производители смогли бы выбрать среди представленных на рынке удобрений такие, которые бы наилучшим образом способствовали достижению поставленных целей с учетом экономики производства, а также требований по охране окружающей среды.

Многие травянистые многолетники растут так же быстро, как и травянистые однолетние растения. Однако травянистые многолетники, как и древесные многолетние растения, накапливают элементы питания в корнях для возобновления роста после периода покоя. Количество проведенных к насто-

ящему времени исследований не позволяет выработать исчерпывающие рекомендации по оптимальной концентрации и соотношению элементов в питательном растворе при выращивании травянистых многолетников в контейнерах. Разработка рекомендаций по минеральному питанию травянистых многолетников осложняется и их склонностью к избыточному поглощению элементов питания.

Для изучения влияния различных концентраций азота, фосфора и калия, а также соотношений этих элементов в питательном растворе на вегетативный рост и интенсивность цветения гибискуса обыкновенного (*Hibiscus moscheutos* L.) и рудбекии блестящей саливантии (*Rudbeckia fulgida* var. *sullivantii* Ait. 'Goldsturm') было проведено четыре опыта. Указанные быстрорастущие и обильно цветущие виды растений были выбраны в качестве типичных представителей травянистых многолетников.

Начиная с лета 2005 г., была проведена серия опытов. На первом этапе одновременно проводились два независимых друг от друга опыта с разными соотношениями N:P и N:K в питательном растворе. В каждом опыте было шесть вариантов. Шесть соотношений N:P (1:1, 2:1, 4:1, 8:1, 16:1 и 32:1) было получено при неизменных концентрациях N и K, равных 100 и 50 мг/л соответственно. Анало-