

А.А. Аутко, доктор сельскохозяйственных наук
Институт овощеводства НАН Беларуси
Ж.А. Рупасова, доктор биологических наук, профессор
В.А. Игнатенко, кандидат биологических наук
Р.Н. Рудаковская, научный сотрудник
Центральный ботанический сад НАН Беларуси
Н.Н. Долбик, директор КУСП Тепличный комбинат «Берестье»
О.В. Поздняк, старший научный сотрудник
Институт овощеводства НАН Беларуси
УДК 577.151.35:635.64:631.544

Влияние типа субстрата на содержание полисахаридов и фенольных соединений в томатах в условиях защищенного грунта

В результате сравнительного исследования уровней накопления пектинов, клетчатки, фенолкарбоновых кислот и биофлавоноидов в томатах, возделываемых в условиях защищенного грунта на минеральной вате, керамзите, смеси торфа и керамзита (65:35), костре льна и в водной культуре, установлено, что питательная и витаминная ценность продукции на минеральной вате ниже, чем на остальных типах субстрата.

В настоящее время в тепличных хозяйствах республики широкое распространение в качестве субстрата при возделывании овощных культур получила минеральная вата, закупаемая за рубежом. Ее использование сопряжено с известными сложностями технического характера в создании оптимального питательного и водно-воздушного режима для возделываемых на данном типе субстрата овощных культур, в результате чего их урожайность, как правило, уступает таковой при использовании традиционных технологий, предусматривающих применение в качестве субстратной основы других материалов.

Логично предположить, что неадекватная степень доступности питательных веществ культивируемым растениям на разных типах субстрата создает определенные предпосылки для различий в биохимическом составе получаемой продукции. Для проверки данного предположения в 2001-2002 гг. была дана сравнительная оценка биохимического состава томатов, выращенных в тепличном комбинате «Берестье» г. Бреста на минеральной вате, верховом торфе, адсорбенте циалите и гидропонике. В результате этих исследований было установлено, что питательная ценность томатов, выращенных на минеральной вате, по наиболее важным характеристикам заметно уступает таковой при их возделывании на других перечисленных типах субстрата (1).

It has been determined that nutritious and vitamin value of the production on mineral cotton wool is lower than in other substrates. This is the result of the comparative research of the levels of pectins, kl, phenyl carbonic acids and bioflavonids in the green house tomatoes cultivated on mineral cotton wool, k, mixes of peat and k (65:35), a fire of flax and in water culture.

Поскольку спектр природных материалов, используемых в тепличных хозяйствах Беларуси в качестве субстратной основы при выращивании овощей, значительно шире исследованного, в 2003 г. было проведено сравнительное изучение химизма томатов на минеральной вате и следующих типах субстрата: керамзите; смеси верхового торфа и керамзита в соотношении 65 и 35 %; костре льна и в водной культуре по бессубстратной технологии. В качестве тестовых показателей питательной и витаминной ценности томатов сорта Маева в период съемной зрелости выбраны параметры накопления в них ряда полисахаридов и соединений фенольной природы, обнаруживших в предыдущих исследованиях наиболее выраженную зависимость от типа субстрата.

Количественные определения выполнены с использованием следующих методов получения аналитической информации: содержание пектиновых веществ (гидропектина и протопектина) – карбазольным методом (2); клетчатки – по методу Кюршнера и Хафера (2); фенолкарбоновых кислот (в пересчете на хлорогеновую кислоту) – по методу В.В. Мжаванадзе и др. (4); собственно антоцианов – по методу Л.О. Шнайдемана и В.С. Афанасьевой (6); суммы антоциановых пигментов – по методу Т. Swain, W. Hillis (7); суммы катехинов – по методу М.Н. Запрометова (3); суммы флавонолов – по методу Л. Сарапуу и Х. Мийдла, модифицированному Д.К. Шапиро с соавт. (5).

Все определения выполнены в трехкратной биологической повторности. Данные статистически обработаны. При этом средняя квадратичная ошибка не превышала 1,5-2,0%.

Информация о биохимическом составе томатов на разных типах субстрата представлена в таблице. Если принять в качестве эталона сравнения показатели накопления исследуемых веществ на минеральной вате, то нетрудно убедиться в наличии выраженных в той или иной степени межвариантных различий. При выращивании томатов на керамзите расхождения с контролем в содержании всех фракций полисахаридов оказались в пределах аналитической ошибки, что указывает на отсутствие изменений в данной части углеводного пула. В продукции, полученной на других типах субстрата, отклонения от контроля носили статистически выраженный характер. Так, возделывание томатов на торфяно-керамзитовой смеси способствовало повышению в них содержания и клетчатки, и пектиновых веществ, особенно протопектина, что, на наш взгляд, улучшало качество продукции. Однако наиболее выразительный характер изменения в углеводном составе последней носили на субстрате из костры льна, на котором выход пектинов увеличился относительно контроля почти на 15 %, в том числе протопектина – на 18,5, а гидропектина – на 11,4 %. Вместе с тем на данном типе субстрата отмечено и наиболее высокое в рамках эксперимента содержание в томатах клетчатки, на 60 % превышавшее контрольные значения, что косвенно указывает на увеличение мясистой и крепости плодов. Заметим, что томаты в условиях водной культуры уступали почти втрое продукции этого варианта опыта в содержании клетчатки и были беднее ею своих аналогов на минеральной вате на 45 %. В сочетании же с наибольшим в эксперименте увеличением при этом выхода растворимого пектина, составившим 15,4 % относительно контроля, это может свидетельствовать о более водянистой консистенции томатов, выращенных гидропонным способом.

На наш взгляд, наиболее выраженными позитивными сдвигами в углеводном составе относительно продукции на минеральной вате обладали томаты, выращенные на торфяно-керамзитовой смеси и особенно на костре льна.

Среди биофлавоноидов, обладающих разносторонним физиологическим действием на организм человека, наибольшим содержанием в томатах характеризовались флавонолы и катехины, тогда как доля антоциановых пигментов, представленных исключительно лейкоформами, была крайне незначительной, и их наиболее высокое содержание, установленное в продукции на минеральной вате, не превышало 7 мг% сухой массы. В остальных вариантах опыта, особенно в условиях гидропоники, оно было существенно ниже (табл.). Однако, учитывая присутствие этих соединений в томатах в малом количестве, данное обстоятельство не могло заметно повлиять на витаминную ценность продукции, получаемой на испытываемых типах субстрата.

Весьма позитивным представляется повышение во всех случаях, за исключением варианта с водной культурой, содержания в томатах катехинов с их Р-витаминным дей-

Таблица. Биохимический состав томатов при выращивании на разных типах субстрата в хозяйстве "Берестье" Брестской области, в сухом веществе (2003 г.)

Показатели	Отклонение от контроля, %								
	1-контр. Минеральная вата	2 Керамзит	3 Верховой торф 65%+ керамзит 35%	4 Костра льна	5 Гидропоника	2	3	4	5
Гидропектин, %	2,46	2,48	2,56	2,74	2,84	+0,8	+4,1	+11,4	+15,4
Протопектин, %	2,38	2,41	2,64	2,82	2,48	+1,3	+10,9	+18,5	+4,2
Σ пектиновых в-в, %	4,84	4,89	5,20	5,56	5,32	+1,0	+7,4	+14,9	+9,9
Гидропектин : протопектин	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2				
Клетчатка, %	4,29	4,21	4,78	6,87	2,37	-1,9	+11,4	+60,1	-44,8
Антоциан. пигм., мг%	7,0	5,6	5,2	4,4	3,0	-20,0	-25,7	-37,1	-57,1
Катехины, мг%	910	1053	988	1157	905	+15,7	+8,6	+27,1	-0,5
Флавонолы, мг%	1038,9	932,2	853,6	741,2	1087,2	-10,3	-17,8	-28,6	+4,6
Σ биофлавоноидов, мг%	1955,9	1990,8	1846,8	1902,6	1995,2	+1,8	-5,6	-2,7	+2,0
Катехины : флавонолы	0,9	1,1	1,2	1,6	0,8				
Фенолкарбон. к-ты, мг%	683,3	645,8	679,2	662,5	604,2	-5,5	-0,6	-3,0	-11,6

ствием. При этом наиболее выразительный характер расхождения с контролем, как и в содержании полисахаридов, имели при использовании в качестве субстрата костры льна. Заметим, что в продукции на керамзите, не отличавшейся от контрольной параметрами накопления углеводов, также выявлена заметная активизация биосинтеза катехинов. Увеличение выхода последних имело место и в томатах, выращенных на торфяно-керамзитовой смеси, причем размер превышения контрольных значений был сопоставим с установленным для полисахаридов. Единственным вариантом опыта с отсутствием сколь-либо выраженных различий с контролем в содержании катехинов в томатах оказалась водная культура.

Вместе с тем активизация относительно варианта с минеральной ватой биосинтеза катехинов в продукции 2,3 и 4-го вариантов опыта сопровождалась сходным по размерам снижением содержания в ней флавонолов, что однозначно указывало на наличие определенного сдвига в фенольном метаболизме томатов в сторону усиления восстановительных процессов. Наиболее выраженный характер данные превращения имели в варианте с использованием в качестве субстрата костры льна, в котором величина соотношения катехинов и флавонолов превысила контрольный показатель в 1,8 раза. Поскольку изменение темпов биосинтеза разноокисленных биофлавоноидов в указанных вариантах опыта было относительно пропорциональным друг другу, то последствия этого явления не отразились на показателях суммарного накопления в томатах данных соединений. Подтверждением этому может служить отсутствие в них выраженных расхождений с контролем в суммарном уровне полифенолов.

В отличие от рассмотренных вариантов опыта для гидропонного не было установлено подобных сдвигов в окислительно-восстановительных процессах, и его продукция практически не отличалась от контрольной по содержанию не только катехинов, но и флавонолов. Вместе с тем только для водной культуры отмечено довольно выразительное (на 11,6%) снижение относительно варианта с минеральной ватой содержания в томатах фенолкарбоновых кислот. В остальных опытных вариантах расхождения с контролем по данному показателю были в пределах статистической погрешности.

Таким образом, сравнительная оценка биохимического состава томатов, возделываемых в тепличном хозяйстве «Берестье» на разных типах субстрата (минеральной вате, керамзите, смеси торфа (65%) и керамзита (35%), костре льна и в водной культуре), показала, что их питательная и витаминная ценность в значительной мере определяется характером субстрата.

Продукция, получаемая на торфяно-керамзитовой смеси, костре льна и гидропонике, отличалась от возделываемой на минеральной вате и керамзите более высоким (на 7-15%) содержанием пектиновых веществ, причем в

первых двух случаях это сопровождалось преимущественным накоплением протопектина и активизацией биосинтеза клетчатки, что позитивно влияло на потребительские свойства томатов. В условиях водной культуры пополнение фондов пектиновых веществ в последних происходило главным образом за счет гидропектина, на фоне обеднения клетчаткой, что делало продукцию более водянистой.

Установлено, что тип субстрата не оказывает выраженного влияния на суммарный выход в томатах биофлавоноидов, однако продукция, полученная на твердых субстратах, отличалась от таковой на минеральной вате более высоким (на 8-27 %) содержанием катехинов, но более низким (на 10-28 %) уровнем флавонолов и антоциановых пигментов (на 20-37 %), что в известной мере корректировало ее витаминный баланс. Продукция, выращенная гидропонным способом, не имела выраженных различий с таковой на минеральной вате в темпах биосинтеза разноокисленных групп биофлавоноидов, но характеризовалась более низким содержанием антоциановых пигментов (на 57 %) и фенолкарбоновых кислот (на 11%).

Наиболее выраженные позитивные сдвиги в биохимическом составе томатов относительно их аналогов на минеральной вате установлены на торфяно-керамзитовом субстрате и в большей степени – на костре льна, что позволяет их рекомендовать для возделывания овощей в тепличных хозяйствах республики.

Литература

1. Аутко А.А., Рупасова Ж.А., Игнатенко В.А. Влияние погодных условий и типа субстрата на биохимический состав томатов в тепличных хозяйствах Беларуси // Известия НАН Б: Сер. аграрных наук. – 2003. – № 3. – С. 49-56.
2. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
3. Запрометов М.Н. Биохимия катехинов. – Москва: Наука, 1964. – 325 с.
4. Мжаванадзе В.В., Таргамадзе И.Л., Драник Л.И. Количественное определение хлорогеновой кислоты в листьях черники кавказской (*V. Arctostaphylos L.*) // Сообщ. АН Груз. ССР. Тбилиси. 1971. – Т. 63. – Вып. 1. – С. 205-210.
5. Шапиро Д.К., Дашкевич Л.Э., Довнар Т.В. Определение флавонолов в черноплодной рябине и других окрашенных плодах // Интродукция растений и зеленое строительство. – Минск, 1974. – С. 209-213.
6. Шнайман Л.О., Афанасьева В.С. Методика определения антоциановых веществ // 9-й Менделеевский съезд по общ. и прикл. химии: Тез. докл. и сообщ. – Москва, 1965. – № 8. – С. 79-80.
7. Swain T., Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / *J. Sci. Food Agric.* – 1959. – Vol. 10. – N 1. – P. 63-68.