

- проведения экологической экспертизы и выделения осушенных территорий со статусом охраняемых с последующим планированием и осуществлением их ренатурализации;

- оптимизации использования сельскохозяйственных земельных ресурсов, включая разработку адаптивно-ландшафтных систем мелиоративного земледелия и лугового кормопроизводства;

- определения приоритетов на потенциально плодородных мелиорированных землях при распределении ресурсов, включая выбор вида и уровня интенсивности ведения сельскохозяйственного производства, пропорций эксплуатации и реконструкции мелиоративных систем, выделение минимально необходимых технологических операций и решений при осуществлении ремонтно-эксплуатационных работ и реконструкции.

Кроме того, при научном обеспечении эксплуатационных работ на мелиоративных системах основное внимание необходимо уделить разработке эффективных, ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий регулирования водного режима мелиорированных земель (на базе геоинформационных средств) и снижению отрицательного воздействия аномальных явлений в условиях постоянного изменения свойств почвогрунтов, гидрологических характеристик и технического состояния мелиоративных систем.

Производственно-практические мероприятия помимо оценки состояния мелиорированных земель включают ряд

направлений, обеспечивающих контроль за экологической сбалансированностью мелиоративного земледелия. Для этого необходимо:

- восстановить и обеспечить бесперебойное функционирование сети эколого-мелиоративного мониторинга с анализом результатов хозяйственной деятельности на осушенных землях и выработкой эффективных рекомендаций по их перспективному использованию;

- обеспечить государственный контроль за техническим состоянием мелиоративных систем на базе существующей структуры управления и сети эколого-мелиоративного мониторинга;

- ввести в учебные программы подготовки и переподготовки специалистов-мелиораторов вопросы экологически обоснованной, адаптивной, ресурсосберегающей мелиорации, основанной на знании соответствующих инженерных дисциплин и квалифицированном применении рекомендуемых систем ведения сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях.

Считаем, что сделанные ранее крупные вложения в мелиорацию земель Республики Беларусь не должны пропасть безвозвратно. Эти земли при грамотном к ним отношении могут и должны принести большую пользу стране. Для этого необходимо прежде всего обеспечить экологически сбалансированную структуру их использования и выполнить те рекомендации, которые изложены выше.

**А.А. Аутко, доктор сельскохозяйственных наук**

*Институт овощеводства НАН Беларуси*

**Ж.А. Рупасова, доктор биологических наук, профессор**

**В.А. Игнатенко, кандидат биологических наук**

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси*

**Н.Н. Долбик, директор Тепличного комбината «Берестье»**

**А.А. Аутко, кандидат биологических наук**

*Институт овощеводства НАН Беларуси*

УДК 551.515+631.4:635.64(476)

## **Влияние погодных условий и типа субстрата на биохимический состав томатов в тепличных хозяйствах Беларуси**

*В результате сравнительного исследования биохимического состава по 43 показателям томатов, возделываемых в тепличных хозяйствах гг. Бреста и Минска на минеральной вате, в водной культуре, верховом торфе и адсорбенте циалите, установлено, что питательная ценность продукции на минеральной вате существенно ниже, чем на остальных типах субстрата.*

**В** настоящее время в тепличных хозяйствах республики широко 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-

*The comparative analysis of the biochemical composition of tomatoes (according to 43 characteristics) cultivated in the greenhouses of Brest and Minsk in the conditions of mineral cotton, water medium, high-moor peat and absorbent cialitis has demonstrated that the nutritive value of the production based on mineral cotton is considerably lower than that of the other substratum types.*

воздушного режимов выращиваемых 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 торфа, адсорбентов разной природы, а также гидропонике. Наряду с этим

минеральная вата оказывает вредное воздействие на дыхательные пути и кожные покровы работающих с ней людей.

Вместе с тем 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. проведено сравнительное исследование параметров накопления биологически активных веществ разной химической природы в томатах, выращенных на разных типах субстрата в условиях г. Бреста (Тепличный комбинат «Берестье») и г. Минска (Минская овощная фабрика). В качестве объекта исследований были использованы плоды томата сорта Маева в период съемной зрелости.

Сравнительное изучение биохимического состава томатов проведено при их возделывании:

- в условиях г. Бреста: в 2001 г. – на минеральной вате и по бессубстратной технологии (гидропоника); в 2002 г. – в этих же вариантах, а также на верховом торфе и на адсорбенте диалите;

- в условиях г. Минска: в 2001 и 2002 г. исследовали томаты, выращенные на минеральной вате и верховом торфе.

Биохимический состав плодов томатов исследовали по общепринятым методам получения аналитической информации [1-13]. Все определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны. При этом средняя квадратичная ошибка не превышала 1,5-2,0%.

В результате проведенных исследований было установлено, что томаты, выращиваемые в Беларуси в условиях закрытого грунта, обладают весьма богатым биохимическим составом и характеризуются высоким содержанием органических кислот, в том числе аскорбиновой и фенолкарбоновых, ряда минеральных элементов (фосфора, калия, железа), растворимых сахаров с выраженным преобладанием фруктозы, пектиновых веществ, биофлавоноидов и жирных масел (табл. 1, 2).

Вместе с тем двухлетние исследования позволили выявить существенное влияние температурно-светового режима, обусловленного погодной ситуацией, на темпы биосинтеза большинства изучаемых соединений в томатах в условиях защищенного грунта. Необычайно жаркая и засушливая погода вегетационного сезона 2002 г. способствовала значительному увеличению притока солнечной радиации к покрытию теплиц (по сравнению с 2001 г.), что приводило к повышению в них температуры воздуха и изменению его влажности. Это не могло не сказаться на деятельности фотосинтетического аппарата культивируемых растений, темпах поступления питательных веществ с корневым питанием и активности биосинтетических процессов. Следствием этого явились выраженные межсезонные различия в содержании большинства компонентов биохимического состава томатов в овощеводческих хозяйствах гг. Бреста и Минска. Для количественной оценки указанных различий был определен процент

отклонения исследуемых параметров в 2002 г. относительно 2001 г., представленный в таблице 3.

Обращает на себя внимание общность тенденций в изменении уровня некоторых соединений на разных типах субстрата. Усиление притока солнечной радиации к фотосинтезирующей поверхности культивируемых растений во второй год исследований не могло не сказаться на состоянии пигментного фонда пластид. На это указывает заметное увеличение относительно 2001 г. содержания в томатах  $\beta$ -каротина. При этом повышение его уровня на минеральной вате и гидропонике было сходным (в пределах 98-114%). На торфе же межсезонные различия в содержании  $\beta$ -каротина оказались существенно меньшими (41,5%). Вместе с тем увеличение содержания в томатах окисленной формы каротиноидов – ксантофиллов имело место лишь при их возделывании на минеральной вате, тогда как в условиях гидропоники (г. Брест) и торфяного субстрата (г. Минск) межсезонных различий в их накоплении не выявлено. Сложение же полученных эффектов в суммарном уровне каротиноидов показало достоверное его увеличение только на минеральной вате, особенно значительное в условиях г. Минска.

По сравнению с 2001 г. в 2002 г. отмечена также активизация биосинтеза в томатах аскорбиновой кислоты. В условиях г. Бреста увеличение ее содержания было примерно равным на минеральной вате и при гидропонном выращивании и составило 30-34%. В условиях г. Минска межсезонные различия в содержании в томатах витамина С на минеральной вате достигли 131%, в то время как на торфяном субстрате они не проявились вовсе.

Наряду с этим в обоих хозяйствах на исследуемых типах субстрата в 2002 г. установлено заметное усиление накопления в томатах минеральных элементов и азота. Наиболее выразительным оно оказалось в отношении кальция (на 473-743%) и магния (на 158-383%). Активизация минерального обмена в культивируемых растениях в условиях сезона 2002 г. подтверждается также увеличением по сравнению с 2001 г. показателя зольности томатов, наиболее выраженным в г. Минске.

Повышение солнечной активности в 2002 г. заметно активизировало в томатах биосинтез биофлавоноидов, обладающих Р-витаминным действием на человеческий организм. Наиболее контрастно это проявилось на примере их окисленных форм – флавонолов, для которых относительное увеличение уровня на минеральной вате достигало 250%. Для катехинов межсезонные различия оказались на порядок меньшими, причем в условиях торфяного субстрата они не проявились вовсе. Что касается антоциановых пигментов, присутствующих в составе биофлавоноидного комплекса томатов в мизерных количествах (табл. 1, 2), то погодные условия сезона 2002 г. несколько активизировали их биосинтез при возделывании культуры на минеральной вате только в г. Бресте, но примерно в той же степени обусловили его ослабление на других типах субстрата в овощеводческих хозяйствах обоих городов.

На фоне обозначенных выше позитивных сдвигов в биохимическом составе томатов под воздействием погод-

ных условий сезона 2002 г. отмечены и прямо противоположные им тенденции в накоплении ряда биоактивных веществ. Так, независимо от типа субстрата, в обоих хозяйствах наблюдалось заметное (на 17-34%) снижение в томатах содержания свободных органических кислот и менее выраженное (на 3-13%) падение суммарного уровня растворимых сахаров (табл. 3). Последнее было связано в основном с ослаблением биосинтеза глюкозы, поскольку для фруктозы, доминирующей среди моноз, межсезонных различий в накоплении установлено не было. Заметим, что для дисахарида сахарозы, на долю которой приходилось не более 10% фонда растворимых сахаров, отмечены выраженные накопительные тенденции на обоих типах субстрата в условиях г. Минска, тогда как в условиях г. Бреста показано отсутствие достоверных различий с данными 2001 г., полученными на минеральной вате, и снижение ее содержания на 32% в томатах, выращенных на гидропонике (табл. 3). Несмотря на отмеченные флуктуации, во всех рассматриваемых случаях в 2002 г. отмечено повышение относительно 2001 г. сахаро-кислотного индекса, косвенно свидетельствующее о более сладком вкусе томатов (табл. 1, 2).

Весьма неоднозначным в условиях сезона 2002 г. оказалось изменение в томатах суммарного уровня пектиновых веществ. Так, в г. Бресте отмечено его снижение на 11% на минеральной вате при отсутствии изменений на гидропонике, тогда как в г. Минске наблюдалось падение общего содержания пектинов на 30% в томатах, выращенных на торфе, при отсутствии межсезонных различий их уровня при возделывании на минеральной вате (табл. 3).

Наряду с этим во всех рассматриваемых случаях в 2002 г. отмечено снижение в томатах содержания клетчатки. В отношении другого полисахарида – крахмала – в условиях сезона 2002 г. показано выраженное усиление накопления в томатах на гидропонике (г. Брест) и на торфе (г. Минск) при отсутствии различий с предыдущим сезоном на минеральной вате в первом случае и значительном снижении уровня во втором.

Таким образом, экстремальный характер погодных условий сезона 2002 г. обусловил показанные выше сдвиги в биохимическом составе томатов, имеющие общую направленность тенденций в регуляции темпов биосинтеза тех или иных веществ. Так, независимо от места расположения овощеводческого хозяйства и технологии возделывания культуры отмечено преимущественное усиление накопления в продукции β-каротина, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, зольных веществ, макроэлементов и биофлавоноидов, на фоне ослабления накопления в ней свободных органических кислот и большинства фракций углеводов.

При столь выраженных межсезонных различиях в содержании в томатах биоактивных веществ, обусловленных влиянием погодных факторов, представляется целесообразным при оценке влияния типа субстрата на их биохимический состав оперировать средними за 2 сезона значениями. Напомним, что мы располагаем такой информацией в условиях г. Бреста для минеральной ваты и гидропоники, г. Минска – для минеральной ваты и верхового торфа. Это позволяет, используя в качестве контроля вари-

ант с минеральной ватой, дать более объективную оценку возможным достоинствам в этом плане двух других типов субстрата, чем по одному году исследований. Для тех же показателей, по которым имеется информация только по 2001 г., сравнение будет осуществляться с показателями, полученными в варианте с минеральной ватой в том же 2001 г. Вместе с тем в 2002 г. впервые был исследован биохимический состав томатов в условиях г. Бреста еще на двух типах субстрата – верховом торфе и адсорбенте диалите. При оценке влияния данных типов субстрата на химизм томатов в качестве контроля будут приняты показатели накопления исследуемых веществ в варианте с минеральной ватой, полученные в 2002 г.

В результате исследований выявлено существенное влияние типа субстрата на содержание в томатах биоактивных веществ, о степени которого можно судить по величине относительных различий с контролем (табл. 1, 2). Для удобства интерпретации материалов условно сгруппируем последние в интервальные ряды, соответствующие трем категориям отклонений в ту или иную сторону: первая – наименьших (5-15%), вторая – средних (16-30%) и третья – наибольших (свыше 30%). Нетрудно убедиться, что и направленность, и размер отклонений от контроля определялись совокупностью трех факторов – химической природой изучаемых веществ, типом субстрата и районом возделывания культуры.

Дифференцированное для каждого типа субстрата рассмотрение изменений в химизме томатов в условиях г. Бреста (табл. 1) показало, что при их выращивании на гидропонике произошло увеличение (относительно аналогов на минеральной вате) уровня 13 из 40 исследованных параметров. Среди них отмечены каротиноиды, аскорбиновая кислота, фенолокси кислоты, сахароза, пектиновые вещества, клетчатка, флавонолы, а из минеральных элементов – кальций и марганец. Размер превышения контрольных значений у данных характеристик, за исключением кальция и клетчатки, соответствовал первой и второй категориям отклонений. При этом для значительного числа показателей (содержания свободных органических кислот, зольных веществ, фосфора, калия, серы, бора, кобальта, растворимых сахаров, жирных масел и общего количества биофлавоноидов) достоверных различий с контролем не установлено. И лишь для незначительной части показателей – содержания азота, магния, железа, цинка, меди, крахмала, антоциановых пигментов, катехинов и дубильных веществ – показано снижение относительно контроля, лежащее в основном в области средних отклонений. Наблюдаемая трансформация химизма томатов при их выращивании на гидропонике не сопровождалась существенным изменением соотношения отдельных его компонентов. Отмечено лишь ослабление позиций катехинов в их флавоноидном и моносахаридов – в углеводном комплексах. Следует также отметить в данном случае и более водянистую консистенцию томатов, на что указывает заметное снижение в них уровня сухих веществ по сравнению с контролем. Тем не менее отмеченные выше позитивные сдвиги в биохимическом составе томатов при возделывании их гидропонным способом характеризовали наиболее ценные его компоненты, что указывает на опре-

Таблица 1. Биохимический состав томатов при выращивании на разных типах субстрата в хозяйстве «Берестье» (Брест), в сухом веществе

Показатели	Минеральная вата (К)			Гидропоника (1)			Верховой торф (2) 2002 г.	Адсорбент (3) 2002 г.	Отклонение от контроля, %		
	2001 г.	2002 г.	Среднее	2001 г.	2002 г.	Среднее			1 (ср.)	2(2002)	3 (2002)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сухие вещества, %	5,84	5,60	5,72	4,35	5,28	4,82	5,22	5,57	-15,7	-6,8	-0,5
β-каротин, мг%	3,6	7,7	5,6	4,4	8,7	6,6	7,1	7,9	+17,9	-7,8	+2,6
Ксантофиллы, мг%	37,7	47,1	42,4	49,2	47,9	48,5	31,4	34,8	+14,4	-33,3	-26,1
Σ каротиноидов, мг%	41,3	54,8	48,0	53,6	56,6	55,1	38,5	42,7	+14,8	-29,7	-22,1
Свободн. орган. к-ты, %	12,0	7,9	10,0	10,8	8,9	9,8	7,8	8,8	-2,0	-1,3	+11,4
Аскорбин. к-та, мг%	206,5	268,6	237,6	251,3	337,7	294,5	338,3	333,8	+24,0	+25,9	+24,3
Фенолкарб. к-ты, мг%	695,8	791,7	743,8	710,4	895,8	803,1	597,9	1029,2	+8,0	-24,5	+30,0
Глюкоза, %	2,77	2,13	2,45	2,61	2,11	2,36	2,59	1,86	-3,7	+21,6	-12,7
Фруктоза, %	6,38	6,15	6,26	6,02	5,98	6,00	7,13	7,39	-4,2	+15,9	+20,2
Сахароза, %	0,84	0,87	0,86	1,15	0,78	0,96	0,99	1,11	+11,6	+13,8	+27,6
Σ растворим. сахаров, %	9,99	9,15	9,57	9,78	8,87	9,32	10,71	10,36	-2,6	+17,0	+13,2
Гидропектин, %	1,85	1,48	1,66	2,05	1,87	1,96	1,48	1,52	+18,1	0	+2,7
Протопектин, %	2,20	2,12	2,16	2,27	2,45	2,36	2,24	1,95	+9,3	+5,7	-8,0
Σ пектиновых в-в, %	4,05	3,60	3,82	4,32	4,32	4,32	3,72	3,47	+13,1	+3,3	-3,6
Крахмал, %	0,82	0,81	0,82	0,54	0,71	0,62	0,94	0,69	-24,4	+16,0	-14,8
Клетчатка, %	7,42	6,08	6,75	9,55	8,16	8,86	8,87	7,68	+31,3	+45,9	+26,3
Антоцианы, мг%	следы	Не опр.	Не опр.	0,2	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0	Не опр.	Не опр.
Лейкоантоцианы, мг%	10,9	- "	- "	10,7	- "	- "	- "	- "	-1,8*	- "	- "
Σ антоциан. пигм., мг%	10,9	13,5	12,2	10,9	8,5	9,7	7,6	10,1	-20,5	-43,7	-25,2
Σ катехинов, мг%	1229,8	1547,0	1388,4	1229,8	1339,0	1284,4	1370,2	1287,0	-7,5	-11,4	-16,8
Σ флавонолов, мг%	317,3	1115,2	716,2	511,0	1136,6	823,8	1134,3	1347,7	+15,0	+1,7	+20,8
Σ биофлавоноидов, мг%	1558,0	2675,7	2116,8	1751,7	2484,1	2117,9	2512,1	2644,8	+0,1	-6,7	-1,2
Дубильные вещества, %	1,08	Не опр.	Не опр.	0,87	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	-19,4*	Не опр.	Не опр.
Жирные масла, %	5,85	- "	- "	5,67	- "	- "	- "	- "	-3,1*	- "	- "
β-каротин: ксантофиллы	0,10	0,16	0,13	0,09	0,18	0,14	0,23	0,23			
Протопект.: Гидропект.	1,19	1,43	1,31	1,11	1,31	1,21	1,51	1,28			
Катехины: Флавонолы	3,9	1,4	1,9	2,4	1,2	1,6	1,2	1,0			
Сахарокислотн. индекс	0,83	1,16	1,00	0,90	1,00	0,95	1,37	1,18			
Глюкоза: Фруктоза	0,43	0,35	0,39	0,43	0,35	0,39	0,36	0,25			
Монозы: Сахароза	10,9	9,5	10,2	7,5	10,4	8,9	9,8	8,3			

Окончание таблицы 1.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зольность, %	6,86	7,57	7,22	6,97	7,88	7,42	7,96	8,34	+2,8	+5,2	+10,2
Азот, %	1,85	2,34	2,10	1,66	2,30	1,98	2,34	2,91	-5,7	0	+24,4
Фосфор, %	0,32	0,40	0,36	0,33	0,38	0,36	0,39	0,36	0	-2,5	-10,0
Кальций, %	2,61	3,57	3,09	2,66	3,67	3,16	3,54	3,77	+2,3	-0,8	+5,6
Кальций, %	0,11	0,63	0,37	0,13	1,08	0,60	1,28	0,87	+62,2	+103,2	+38,1
Магний, %	0,15	0,46	0,30	0,12	0,31	0,22	0,31	0,34	-26,7	-32,6	-26,1
Железо, мг/кг	180,6	Не огр.	Не огр.	154,4	Не огр.	Не огр.	Не огр.	Не огр.	-14,5*	Не огр.	Не огр.
Марганец, мг/кг	14,7	- "	- "	15,6	- "	- "	- "	- "	+6,1*	- "	- "
Цинк, мг/кг	17,8	- "	- "	13,5	- "	- "	- "	- "	-24,2*	- "	- "
Медь, мг/кг	4,9	- "	- "	3,6	- "	- "	- "	- "	-26,5*	- "	- "
Бор, мг/кг	6,6	- "	- "	6,6	- "	- "	- "	- "	0*	- "	- "
Молибден, мг/кг	следы	- "	- "	нет	- "	- "	- "	- "	0*	- "	- "
Кобальт, мг/кг	нет	- "	- "	нет	- "	- "	- "	- "	0*	- "	- "

Примечание. \* — отклонения приведены для 2001 г.

деленные преимущества данной технологии перед выращиванием на минеральной вате.

При сравнении биохимического состава томатов в условиях г. Бреста в 2002 г. на минеральной вате и верховом торфе установлено, что во втором случае из 26 исследованных характеристик тенденцию к увеличению обнаружили 10, среди которых отмечены содержание аскорбиновой кислоты, всех фракций растворимых сахаров, протопектина, крахмала, клетчатки, золы и кальция. При этом, как и в варианте с гидропоникой, расхождения с контролем данных параметров, кроме уровней кальция и клетчатки, были отнесены к первой и второй категориям отклонений. Для ряда характеристик: содержания свободных органических кислот, азота, фосфора, калия, гидропектина, флавонолов различий с контролем не установлено. Но в отличие от варианта с гидропоникой в варианте с торфом отмечено значительное (вторая категория) снижение в томатах содержания каротиноидов, главным образом, за счет ксантофиллов, а также фенолкарбоновых кислот. Наряду с этим показано существенное (третья категория) падение уровня антоциановых пигментов и менее выраженное (первая категория) — катехинов. При отсутствии различий с контролем в содержании флавонолов это привело к незначительному снижению в данном варианте также суммарного уровня биофлавоноидов. Следует заметить, что томаты, выращенные на верховом торфе, характеризовались несколько большей степенью оводненности тканей, чем их аналоги на минеральной вате, на что указывает снижение в них содержания сухих веществ. Отмеченная выше активизация биосинтеза растворимых сахаров на фоне отсутствия изменений в содержании титруемых кислот обусловила увеличение сахарокислотного индекса, указывающее на более сладкий вкус томатов на торфе.

Аналогичные исследования, выполненные на томатах, выращенных на адсорбенте циалите в 2002 г., показали, что из 26 рассматриваемых показателей для 12 были получены более высокие значения, чем на минеральной вате. К ним были отнесены показатели накопления свободных органических, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, зольных веществ, азота, кальция, магния, растворимых сахаров (кроме глюкозы), клетчатки и флавонолов. При этом размер отклонений от контроля в основном соответствовал области средних значений (вторая категория). В содержании же сухих веществ, β-каротина и гидропектина расхождений с контролем выявлено не было. Тем не менее, как и в варианте с торфом, на адсорбенте томаты оказались беднее (чем на минеральной вате) ксантофилами, антоциановыми пигментами и катехинами. Наряду с этим в них отмечено меньшее содержание фосфора, магния, глюкозы, протопектина и крахмала.

Таким образом, сравнительное изучение в условиях г. Бреста биохимического состава томатов на минеральной вате, выбранного в качестве контроля, и на других типах субстрата — гидропонном, торфяном и адсорбенте циалите — позволило выявить следующее.

Возделывание томатов на гидропонике активизировало в среднем на 15% биосинтез каротиноидов, в том числе на 18% — β-каротина, на 8% — фенолкарбоновых кислот,

Таблица 2. Биохимический состав томатов при выращивании на разных типах субстрата на Минской овощной фабрике, в сухом веществе

Показатели	Минеральная вата (К)			Верховой торф			Отклонения от контроля, % (ср.)
	2001 г.	2002 г.	Среднее	2001 г.	2002 г.	Среднее	
Сухие вещества, %	6,93	5,10	6,02	6,24	6,80	6,52	+8,3
β-каротин, мг%	3,9	7,8	5,8	5,3	7,5	6,4	+10,3
Ксантофиллы, мг%	30,2	59,3	44,8	45,5	44,1	44,8	0
Σ каротиноидов, мг%	34,1	67,1	50,6	50,8	51,6	51,2	+1,2
Свободн. орган. к-ты, %	9,8	7,6	8,7	10,4	8,2	9,3	+6,9
Аскорбин. к-та, мг%	170,6	394,3	282,4	219,2	223,7	221,4	-21,6
Фенолкарб. к-ты, мг%	675,0	883,3	779,2	846,5	695,8	771,2	-1,0
Глюкоза, %	4,12	2,43	3,28	3,32	2,85	3,09	-5,8
Фруктоза, %	6,96	6,88	6,92	7,52	7,44	7,48	+8,1
Сахароза, %	0,75	0,93	0,84	1,26	1,47	1,36	+61,9
Σ растворим. сахаров, %	11,83	10,24	11,04	12,10	11,76	11,93	+8,1
Гидропектин, %	1,37	1,44	1,40	1,43	1,14	1,28	-8,6
Протопектин, %	2,61	2,48	2,55	4,03	2,67	3,35	+31,4
Σ пектиновых в-в, %	3,98	3,92	3,95	5,46	3,81	4,63	+17,2
Крахмал, %	0,63	0,44	0,54	0,74	0,86	0,80	+48,1
Клетчатка, %	8,99	6,32	7,66	8,63	8,04	8,34	+8,9
Антоцианы, мг%	0,2	Не опр.	Не опр.	0,2	Не опр.	Не опр.	0*
Лейкоантоцианы, мг%	8,8	- " -	- " -	13,0	- " -	- " -	+47,7*
Σ антоциан. пигм., мг%	9,0	8,8	8,9	13,2	9,5	11,4	+28,1
Σ катехинов, мг%	1196,0	1404,0	1300,0	1370,2	1333,8	1352,0	+4,0
Σ флавонолов, мг%	440,8	1179,2	810,0	640,2	1566,7	1103,4	+36,2
Σ биофлавоноидов, мг%	1645,8	2592,0	2118,9	2023,6	2910,0	2466,8	+16,4
Дубильные вещества, %	1,25	Не опр.	Не опр.	1,37	Не опр.	Не опр.	+9,6*
Жирные масла, %	6,21	- " -	- " -	5,73	- " -	- " -	-7,7*
β-каротин: ксантофиллы	0,13	0,13	0,13	0,12	0,17	0,14	
Протопектин: Гидропектин	1,90	1,72	1,81	2,82	2,34	2,58	
Катехины: Флавонолы	2,7	1,2	1,6	2,1	0,8	1,2	
Сахарокислотный индекс	1,21	1,35	1,28	1,16	1,43	1,29	
Глюкоза: Фруктоза	0,59	0,35	0,47	0,44	0,38	0,41	
Монозы: Сахароза	14,8	10,0	12,4	8,6	7,0	7,8	
Зольность, %	6,18	7,65	6,92	5,76	6,85	6,30	-9,0
Азот, %	1,38	2,21	1,80	1,85	2,41	2,13	+18,3
Фосфор, %	0,33	0,51	0,42	0,36	0,39	0,38	-9,5
Калий, %	1,78	3,50	2,64	2,38	2,77	2,58	-2,3
Кальций, %	0,07	0,59	0,33	0,11	0,70	0,40	+21,2
Магний, %	0,12	0,58	0,35	0,15	0,52	0,34	-2,9
Железо, мг/кг	146,3	Не опр.	Не опр.	340,8	Не опр.	Не опр.	+132,9*
Марганец, мг/кг	15,6	- " -	- " -	15,0	- " -	- " -	-3,8*
Цинк, мг/кг	44,7	- " -	- " -	16,6	- " -	- " -	-62,9*
Медь, мг/кг	5,2	- " -	- " -	2,4	- " -	- " -	-53,8*
Бор, мг/кг	7,0	- " -	- " -	8,1	- " -	- " -	+15,7*
Молибден, мг/кг	2,0	- " -	- " -	7,0	- " -	- " -	+250,0*
Кобальт, мг/кг	Нет	- " -	- " -	Нет	- " -	- " -	0

Примечание. \* – отклонения приведены для 2001 г.

на 9-18% – пектиновых веществ, на 15-16% увеличивало степень оводненности тканей, но при этом сдерживало поступление ряда микроэлементов и ингибировало биосинтез крахмала.

Культивирование томатов на торфе существенно активизировало углеводный обмен, на что указывает повышение в них на 14-22% содержания всех фракций растворимых сахаров, на 6% – протопектина, на 16% – крахмала, но при этом ингибировало на 30% биосинтез каротиноидов, в том числе на 8% –  $\beta$ -каротина и на 24% – фенолкарбоновых кислот.

Отличительной чертой химического состава томатов, выращенных на адсорбенте циалите, являлось более высокое, чем у их аналогов на минеральной вате, содержание свободных органических кислот (на 11%), фенолкарбоновых кислот (на 30%), зольных веществ (на 10%), фруктозы (на 20%) и сахарозы (на 28%), но при этом меньшее (на 22%) содержание каротиноидов, глюкозы (на 13%), протопектина (на 8%) и крахмала (на 15%).

Установлено, что в характере накопления ряда биологически активных веществ в томатах на данных типах субстрата отчетливо прослеживаются различия с их аналогами на минеральной вате, имеющие общий характер. Так, на всех трех типах субстрата отмечено значительное (на 24-26%) увеличение содержания в томатах витамина С, на 38-103% – кальция, на 12-28% – сахарозы, на 26-46% – клетчатки, на 15-

21% – флавонолов (кроме торфа), но при этом показано общее для всех типов субстрата снижение по сравнению с минеральной ватой уровня магния (на 26-33%), антоциановых пигментов (на 20-44%) и катехинов (на 8-17%).

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что питательная ценность томатов, выращенных на минеральной вате в условиях г. Бреста, по наиболее важным характеристикам уступает таковой при их возделывании на других типах субстрата.

Учитывая, что наибольший спектр позитивных сдвигов в биохимическом составе томатов относительно варианта с минеральной ватой отмечен на гидропонике и особенно адсорбенте циалите, их можно рекомендовать для овощеводческих хозяйств в условиях г. Бреста.

Двухлетнее сравнительное исследование химизма томатов на минеральной вате и верховом торфе в условиях г. Минска обозначило еще более выраженный характер преимуществ второго типа субстрата, нежели в условиях г. Бреста. На это указывает увеличение на 8% выхода сухих веществ, на 10% –  $\beta$ -каротина, на 7% – свободных органических кислот, но самое важное – одновременная активизация в культивируемых растениях углеводного, фенольного и минерального обменов. Это проявилось в значительном увеличении в томатах содержания макроэлементов (на 31%), в основном за счет азота, кальция и серы, на 77% – микроэлементов (в основном за счет железа, бора и молибдена); по-

Таблица 3. Различия в содержании отдельных веществ в томатах на разных типах субстрата в условиях гг. Бреста и Минска в 2002 и 2001 г., %

Показатели	Тепличный комбинат «Берестье»		Минская овощная фабрика	
Сухие вещества	-4,1	+21,4	-26,4	+9,0
$\beta$ -каротин	+113,9	+97,7	+100,0	+41,5
Ксантофиллы	+24,9	-2,6	+96,4	-3,1
$\Sigma$ каротиноидов	+32,7	+5,6	+96,8	+1,6
Свободные орг. к-ты	-34,2	-17,6	-22,4	-21,2
Аскорбиновая к-та	+30,1	+34,4	+131,1	+2,1
Фенолкарбоновые к-ты	+13,8	+26,1	+30,9	-17,8
Глюкоза	-23,1	-19,2	-41,0	-14,2
Фруктоза	-3,6	-0,7	-1,1	-1,1
Сахароза	+3,6	-32,2	+24,0	+16,7
$\Sigma$ растворимых сахаров	-8,4	-9,3	-13,4	-2,8
Гидропектин	-20,0	-8,8	+5,1	-20,3
Протопектин	-3,6	+7,9	-5,0	-33,7
$\Sigma$ пектиновых веществ	-11,1	0	-1,5	-30,2
Крахмал	-1,2	+31,5	-30,2	+16,2
Клетчатка	-18,1	-14,6	-29,7	-6,8
$\Sigma$ антоциан. пигментов	+23,8	-22,0	-2,2	-28,0
$\Sigma$ катехинов	+25,8	+8,9	+17,4	-2,7
$\Sigma$ флавонолов	+251,5	+122,4	+167,5	+144,7
$\Sigma$ биофлавоноидов	+71,7	+41,8	+57,5	+43,8
Зольность	+10,3	+13,1	+23,8	+18,9
Азот	+26,5	+38,6	+60,1	+30,3
Фосфор	+25,0	+15,2	+54,5	+8,3
Калий	+36,8	+38,0	+96,6	+16,4
Кальций	+472,7	+730,8	+742,9	+536,4
Магний	+206,7	+158,3	+383,3	+246,7

вышении уровня фруктозы (на 8%) и сахарозы (на 62%), пектиновых веществ (на 17%), крахмала (на 48%) и клетчатки (на 9%); усилении накопления биофлавоноидов (на 16%), преимущественно за счет флавонолов и антоциановых пигментов, а также увеличении уровня дубильных веществ (табл. 2). Для ряда биоактивных веществ – ксантофиллов, фенолкарбоновых кислот, некоторых минеральных элементов (калия, магния, марганца, кобальта), собственно антоцианов и катехинов не было установлено достоверных различий с контролем в параметрах накопления. И лишь для очень ограниченного набора веществ, не составляющих основу питательной ценности томатов (из минеральных элементов – фосфор, цинк, медь; из углеводов – глюкоза и гидропектин; из терпеноидов – жирные масла), было отмечено более низкое содержание в томатах, выращенных на торфе, но различия с контролем при этом в основном не превышали 10% и потому были несущественными. Исключение в этом ряду представляет аскорбиновая кислота, для которой показано снижение уровня на 22% в томатах на торфе по сравнению с их аналогами на минеральной вате. Поскольку существует масса других природных источников витамина С, то этим недостатком торфяного субстрата на фоне показанных выше позитивных сдвигов в биохимическом составе выращенной на нем продукции можно пренебречь и сделать вывод о большей приемлемости данного типа субстрата, нежели минеральной ваты, для овощеводческих хозяйств г. Минска.

Резюмируя вышеизложенное, отметим, что двухлетние (2001-2002 гг.) сравнительные исследования биохимического состава томатов, возделываемых на разных типах субстрата в овощеводческих хозяйствах г. Бреста и Минска, показали, что несмотря на относительную защищенность закрытой от грунта от внешних воздействий, гидротермический режим вегетационного сезона оказывает существенное влияние на скорость поступления питательных веществ и темпы биосинтеза большинства биоактивных соединений в получаемой продукции. Показано, что независимо от места расположения хозяйства и технологии возделывания культуры экстремальный характер погодных условий 2002 г. с чрезвычайно жарким и засушливым летом способствовал усилению накопления в томатах, по сравнению с умеренным сезоном 2001 г.,  $\beta$ -каротина, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, зольных веществ, макроэлементов и биофлавоноидов, на фоне ослабления накопления в них свободных органических кислот и большинства фракций углеводов.

Установлено, что питательная ценность томатов, выращенных на минеральной вате в условиях г. Бреста, по наиболее важным характеристикам заметно уступает таковой при их возделывании на других типах субстрата (гидропонике, торфе и адсорбенте циалите). При этом на фоне индивидуальных особенностей влияния типа субстрата на химизм томатов установлена общность тенденций в формировании последнего на всех трех типах субстрата и состоящая в более активном, чем на минеральной вате, накоплении в них витамина С, кальция, сахарозы, клетчатки и флавонолов при ослаблении накопления магния, антоциановых пигментов и катехинов. Наибольший спектр позитивных сдвигов в биохимическом составе томатов отмечен на гидропонике и осо-

бенно на адсорбенте циалите, что позволяет их рекомендовать для овощеводческих хозяйств г. Бреста.

Преимущества торфяного субстрата относительно минеральной ваты в формировании биохимического состава томатов наиболее ярко проявились в условиях г. Минска и состояли в основном в одновременной активизации в культивируемых растениях минерального, углеводного и фенольного обменов и соответствующем этому повышению уровня широкого спектра биоактивных веществ в получаемой продукции.

Позитивный характер сдвигов в биохимическом составе томатов на торфяном субстрате относительно их аналогов на минеральной вате позволяет рекомендовать его для овощеводческих хозяйств г. Минска.

### Литература

1. Биохимические методы в физиологии растений. – Москва: Наука, 1971. – 227 с.
2. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. – Москва: Высш. шк., 1975. – 392 с.
3. Государственная фармакопея СССР: Общие методы анализа. – Москва: Медицина, 1987. – Вып. 1. – С. 286-287.
4. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
5. Завалская И.Г., Горбачева Г.И., Мамушина Н.С. Количественное определение углеводов резорциновым и анилинфталатным методами с помощью бумажной хроматографии // Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. – Москва-Ленинград, 1962. – С. 17-26.
6. Мжаванадзе В.В., Таргамадзе И.Л., Драник Л.И. Количественное определение хлорогеновой кислоты в листьях черники кавказской (*V. Arctostaphylos L.*) // Сообщ. / АН Груз. ССР. – 1971. – Т. 63. – Вып. 1. – С. 205-210.
7. Мочалова А.Д. Спектрофотометрический метод определения содержания серы в растениях // Сел. хоз-во за рубежом. – 1975. – № 4. – С. 17.
8. Ринькис Г.Я. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. – Рига: Зинатне, 1982. – 304 с.
9. Сарапуу Л., Мийдла Х. Фенольные соединения яблони // Ученые записки / Тарт. гос. ун-т. – 1971. – Вып. 256. – С. 111-113.
10. Фоменко К.П., Нестеров Н.Н. Методика определения азота, фосфора и калия в растениях из одной навески // Химия в сел. хоз-ве. – 1971. – № 10. – С. 72-74.
11. Шапиро Д.К., Дашкевич Л.С., Довнар Т.В. Определение флавонолов в черноплодной рябине и других окрашенных плодах // Интродукция растений и зеленое строительство. – Минск, 1974. С. 209-213.
12. Шнайдман 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.
13. Swain T., Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents // J. Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10. – N 1. – P. 63-68.