

К.В.Бахнова, кандидат биологических наук

Ж.А.Милькевич, А.Л.Ольшаникова, Н.А.Вербицкая, мл. научные сотрудники

Институт экспериментальной ботаники НАНБ

УДК 631.55:549.67

Характеристика продукции, выращенной на цеолитсодержащем субстрате БИОНА-211 и почвогрунте

Приводятся данные продуктивности и биохимического состава салатных овощных растений, выращенных на питательном субстрате БИОНА-211, созданном на основе цеолита-катионообменника (90%) и анионита (10%), и почвогрунте. Показано, что абсолютно сухая биомасса растений, выращенных на субстрате БИОНА-211 по сравнению с контролем (почвогрунт) была выше – у листовой свеклы в 10 раз, капусты Хибинской – в 7 раз, редиса (корнеплоды) – в 1,4 раза, огуречной травы – в 1,3 раза. Установлено, что применение субстрата БИОНА-211 позволяет получать высокие урожаи полноценной по биохимическому составу и экологически чистой овощной продукции.

Высокая эффективность для продукционных процессов растений нового питательного субстрата БИОНА-211, состоящего из насыщенных минеральными элементами природного катионообменника (клинтопиллитовая порода – 9 частей) и синтетического анионита (АН-2Ф – 1 часть) [1–3], может свидетельство-

*Biological composition of *Raphanus sativus* L. and *Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr., *Beta cicla* L., *Borago officinales* L. is presented. Radish and Pe-Tsai cabbage were grown on the ion-exchanged substrate and soil. Application of solid standard nutrient substrate with additions of natural biogenic cation saturated zeolite enriched with potassium (K) and ammonium offers yields of vegetable production characterized by the biochemical composition of full value and high lasting qualities.*

вать о его несомненной перспективности для интенсивного растениеводства защищенного грунта.

В данном сообщении обсуждаются результаты сравнительного эксперимента по культуре четырех видов растений на субстрате БИОНА-211 и почвогрунте. Такие сведения представляют интерес не только в плане

оценки качества получаемой продукции, но и с точки зрения познания взаимосвязи биохимических показателей с условиями минерального питания, дальнейшего поиска путей управления ими.

Почвогрунт ("Грядка комнатная," ТУ-214 БССР, 110-83, изготовитель торфопредприятие им. Даумана) представляет собой высококачественный торф, насыщенный элементами из расчета: N – 220, P₂O₅ – 150, K₂O – 270 мг/л, а также бором, медью, железом, марганцем, молибденом, цинком. Рекомендован для выращивания овощных, декоративных культур и рассады.

Образцы субстрата БИОНА-211 предоставлены сотрудниками Института физико-органической химии НАНБ. Содержание основных минеральных элементов составляло, г-экв/кг: калий – 0,70; азот аммонийный – 0,15; кальций и магний – 1,70; фосфор – 0,09; сера – 0,25; железо – 0,10, а также микроэлементы.

Выбор зеленных растений (табл.1) обусловлен соответствием их биологических особенностей задачам эксперимента и их питательной ценностью. Так, товарную продукцию они формируют за короткий вегетационный период (редис за 21 сутки, остальные виды – за 30 суток), что сопровождается интенсивным выносом биогенных элементов. Это позволяет за относительно небольшой период оценить продукционную способность субстрата и качество салатных овощей. В расчет принимали значение этих растений как источника витаминов и других биологически активных соединений, а также почти полное отсутствие данных по их биохимическому составу в зависимости от условий минерального питания. Опыт проводился в камере искусственного климата. Растения выращивали в сосудах размером 11 x 11 x 9 см (объем 1 л). Повторность шестикратная. Аскорбиновую кислоту и каротин определяли по И.К.Мурри, никотиновую кислоту – фотоэлектроколориметрически [4], нитраты – ионселективным методом [5]. Общее содержание белков анализировали ферментативным методом (разложение трипсином), качественный состав свободных аминокислот после разделения методом бумажной хроматографии – по Воде [6]. Данные эксперимента обработаны методом дисперсионного анализа.

Фенологические наблюдения показали, что ростовые процессы у всех изучаемых видов более интенсивно протекали при их культивировании на субстрате БИОНА-211. К периоду уборки различия по высоте составили для мангольда 21,3 см (3,2 раза), капусты –

12,2 (2,1 раза), редиса – 7,0 (1,7 раза), огуречной травы – 6,4 см (1,4 раза). Растения листовой свеклы, выращиваемые на почвогрунте, сформировали меньшее количество листьев. У остальных культур отличия по этому показателю были несущественны. Как показали результаты измерения кислотности субстратов, при культуре мангольда на "грядке" величина рН снизилась с 6,5 до 5,9 ед., на субстрате БИОНА-211 оставалась стабильной – 6,5. Учитывая данные литературы о снижении доступности растениям азота в условиях повышения кислотности среды корнеобитания [7], можно отметить, что отставание в росте, развитии листового аппарата мангольда в контроле явилось следствием их азотного голодания. Физико-химические свойства БИОНЫ-211 оказались весьма благоприятны для биосинтетических процессов растений. Так, абсолютно сухая биомасса опытных растений по сравнению с контрольными была выше – у листовой свеклы в 10 раз, капусты Хибинской – 7,0, редиса (корнеплоды) – 1,4, огуречной травы – в 1,3 раза.

По урожаю зелени преимущество было еще существеннее в связи с более высокой здесь оводненностью тканей (табл.1). Оводненность продукции, используемой в пищу в свежем виде, является признаком положительным, так как обуславливает ее специфическое вкусовое свойство – сочность и диуретическое (мочегонное) действие. Вода, поступившая с овощами, не задерживается в тканях. Она достаточно быстро выделяется организмом, способствуя тем самым выведению продуктов обмена веществ [8].

Биохимический анализ салатной продукции показал (табл.2), что содержание аскорбиновой кислоты в расчете на сухую и сырую массу у листовых овощей, в расчете на сухую массу у редиса на "грядке" и БИОНЕ-211 существенно не различалось. Количество каротина было выше на опытном субстрате у растений огуречной травы, у капусты и мангольда оно находилось в пределах величин в контроле. Содержание никотиновой кислоты было выше у всех видов растений контрольного варианта. Отмеченная нами ранее [1] обратная взаимосвязь по накоплению у салатных растений аскорбиновой и никотиновой кислот проявилась и в этом эксперименте. Количество синтезированных витаминов за вегетацию (мг в урожае), за исключением никотиновой кислоты в биомассе огуречной травы, было выше у растений, произраставших на субстрате БИОНА-211. С учетом того, что физические и водные

Таблица 1. Продуктивность растений

Культура	Урожай, г/сосуд		% абс. сухой биомассы	
	грядка	БИОНА-211	грядка	БИОНА-211
Капуста Хибинская	23,5	245,4 [*]	9,81 [*]	6,63
Мангольд (свекла листовая)	12,9	297,2 [*]	13,67 [*]	6,46
Огуречная трава	53,3	117,7 [*]	12,48 [*]	7,15
Редис (корнеплоды)	56,9	102,6 [*]	5,98	4,90

Примечание: ^{*} – различия статистически достоверны при 1%-ном уровне значимости

Таблица 2. Содержание витаминов, мг%

Культура	Субстрат	Аскорбиновая кислота	Никотиновая кислота	Каротин
Капуста	грядка	3,52	21,97 ^{xx}	4,18
	БИОНА-211	5,07 ^x	14,09	6,16
Мангольд	грядка	23,51	20,55 ^{xx}	2,38
	БИОНА-211	19,17	6,06	3,49
Огуречная трава	грядка	7,90	57,21 ^{xx}	1,72
	БИОНА-211	9,92	8,80	4,04 ^{xx}
Редис (корнеплоды)	грядка	101,30 ^x	44,39 ^{xx}	не содержит
	БИОНА-211	80,96	29,47	

Примечание: ^x – различия статистически достоверны при 5%-ном уровне значимости

^{xx} – различия статистически достоверны при 1%-ном уровне значимости

свойства ионообменного субстрата и грунта на основе горфа схожи, это можно отнести за счет оптимизации условий минерального питания.

О различии в питании контрольных и опытных растений свидетельствуют данные их углеводно-азотного метаболизма. Так, специфика обмена веществ редиса, выращиваемого на БИОНА-211, проявилась в накоплении большого количества водорастворимых сахаров в корнеплодах. Их концентрация соответственно в контроле и опыте составила: сахароза – 144 и 194 мг%, глюкоза – 877 и 1164, фруктоза – 506 и 795 мг%. Более высоким количество этих соединений оставалось и в расчете на величину урожая, и на единицу сухого вещества. Учитывая увеличение содержания калия в тканях при культуре растений на ионообменных субстратах [1] и его важную роль в передвижении асси-

милятов [9], это можно отнести за счет возрастания оттока под его действием подвижных сахаров из листьев в корнеплоды.

Из азотистых соединений с точки зрения пищевой ценности в большей степени представляют интерес свободные аминокислоты, в их числе особенно незаменимые. Из девяти этих биологически важных соединений исследуемые в нашем эксперименте растения содержали пять наименований (табл.3). Содержание свободных аминокислот в корнеплодах, выращенных на субстрате БИОНА-211, по сравнению с контрольными, было выше в 2,4 раза (табл.4), а незаменимых – в 1,5 раза (табл.3). Наибольшие различия по их количеству между опытом и контролем выявлены у капусты (табл.3, 4). Важно также отметить, что условия минерального питания этого субстрата способствовали интенсификации синтеза и белка (табл.4). Его содержание в опытных растениях по сравнению с контролем было выше в корнеплодах на 43%, в зелени мангольда – на 40 и огуречной травы – на 12%.

Интенсификацию азотного обмена в опытных растениях можно объяснить не только уровнем азотного питания, но и содержанием в субстрате БИОНА-211 азота в аммонийной форме.

Для растений, употребляемых в пищу в свежем виде, неотъемлемым показателем качества является консистенция зелени. В значительной степени это свойство обуславливают вещества клеточной оболочки: чем ниже их удельное содержание, тем нежнее салатная зелень. В листьях свеклы листовой и капусты, культивируемых на субстрате БИОНА-211, концентрация веществ клеточной оболочки была соответственно на 40 и 63%, в корнеплодах редиса на 20% ниже, чем в кон-

Таблица 3. Содержание незаменимых аминокислот, мг%

Аминокислота	Редис (корнеплоды)		Капуста Хибинская		Мангольд		Огуречная трава	
	грядка	БИОНА-211	грядка	БИОНА-211	грядка	БИОНА-211	грядка	БИОНА-211
Валин	1,282	2,592 ^{xx}	0,464	3,348 ^{xx}	1,890	2,430 ^x	1,710	1,217
Лейцин	2,227	3,013	1,415	4,884 ^{xx}	4,080	3,893	2,920	2,656
Лизин	2,190	1,731	1,298	1,460	2,738 ^x	1,740	0,487	0,584
Треонин	1,904	4,236 ^{xx}	2,075	4,717 ^{xx}	3,174	3,078	2,935	5,157 ^x
Фенилаланин	0,641	1,281 ^{xx}	3,145	3,960	2,427	4,158 ^{xx}	2,200	2,200
Сумма	8,244	12,853 ^{xx}	8,397	18,369 ^{xx}	14,309	15,299	10,252	11,816

Примечание: ^x – различия статистически достоверны при 5%-ном уровне значимости

^{xx} – различия статистически достоверны при 1%-ном уровне значимости

Таблица 4. Содержание органических соединений, мг/г сухого вещества

Культура	Свободные аминокислоты		Белки		Вещества клеточной оболочки	
	грядка	БИОНА-211	грядка	БИОНА-211	грядка	БИОНА-211
Редис (корнеплоды)	5,15	12,45 ^{xx}	48,55	69,52 ^{xx}	99,11 ^x	81,09
Капуста Хибинская	2,64	10,59 ^{xx}	256,30 ^x	159,40	408,50 ^{xx}	149,70
Мангольд	2,93	7,92 ^{xx}	144,30	202,10 ^x	411,30 ^x	249,70
Огуречная трава	3,44	5,82 ^x	84,14	178,30 ^{xx}	312,20	387,20 ^x

Примечание: ^x – различия статистически достоверны при 5%-ном уровне значимости

^{xx} – различия статистически достоверны при 1%-ном уровне значимости

Таблица 5. Содержание нитратов

Продукция	Грядка			БИОНА-211			Данные литер. [12], мг/кг сырой массы
	% в абс. сух. массе	мг в урожае сосуда	мг/кг сырой массы	% в абс. сух. массе	мг в урожае сосуда	мг/кг сырой массы	
Корнеплоды редиса	0,05	0,8	65	0,94	181	608	2700
Зелень:							
капусты Хибинской	0,25	5,7	244	1,67	271	1106	2670
мангольда	0,07	2,3	41	2,66	134	1306	-

трольных (табл.4). При выращивании огуречной травы на опытном субстрате отмечено ускорение ее развития, что проявилось в формировании и появлении цветonoсов, старении листьев. Это подтвердилось и данными содержания веществ клеточной оболочки. Их концентрация была здесь на 24% выше, чем в контрольном варианте. Следовательно, с целью сохранения качества зелени огуречную траву необходимо убирать в более молодом возрасте, т.е. сократить период вегетации до 20–25 суток.

Растения салатной группы в силу своих биологических особенностей (интенсивный рост, поглощение элементов питания и формирование биомассы в течение короткого вегетационного периода 20–30 суток) отличаются по сравнению с другими видами повышенным содержанием минерального азота в форме NO_3 (нитратов). Удельное количество этого соединения при интенсивной культуре остается довольно стабильным. Например, при гидропонной культуре салата содержание нитратов в сухом веществе достигало 1,64% [10], у редиса в зависимости от сорта – 1,17–1,68% [11].

Салатная продукция, выращенная на субстрате БИОНА-211, в зависимости от вида культур содержала от 0,94 до 2,66% нитратов (табл.5). Сопоставляя данные по удельному и общему содержанию остаточного количества минерального азота в накопленной растениями биомассе, можно видеть, что интенсивность его поглощения и метаболизации существенно различалась по вариантам субстрата. Так, если величина урожая у капусты на субстрате БИОНА-211 была в 7 раз выше, чем на “грядке”, то концентрация нитратов – лишь в 4 раза, у мангольда эти величины соответственно составили 10 и 3 раза, что и подтвердилось данными о синтезе белка и аминокислот (табл.4). Анализируемые показатели свидетельствуют о том, что у растений, произраставших на естественном грунте, невысокое содержание нитратов обусловлено общей низкой жизнедеятельностью растений. Таким образом, на примере двух групп культур (листных и корнеплодной) показано, что питательный субстрат БИОНА-211 по сравнению с почвогрунтом (“грядка”) обеспечивает:

- более высокие темпы роста и продуктивность растений;
- интенсивное образование веществ углеводной и белковой природы с преобладанием белковой направленности синтетических процессов;
- накопление таких биологически важных веществ,

как витамины, незаменимые аминокислоты в более высоких концентрациях;

– интенсивное поглощение и метаболизацию азота, а содержание нитратов сохраняется на уровне величин, известных для зеленных растений при других способах выращивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федюнькин Д.В., Головнева Н.Б., Кошелева Л.Л. Интенсивная культура растений в искусственных условиях. – Минск: Наука и техника, 1988. – 214 с.
2. Бахнова К.В., Федюнькин Д.В., Семенова Т.А. Длительная культура овощных растений на искусственной почве // Весці АН БССР. Сер.бiял.наук. – 1991. – № 3. – С. 98–103.
3. Бахнова К.В., Милькевич Ж.А., Семенова Т.А. Питательный субстрат для интенсивных технологий // Второй съезд Белорусского общества физиологов растений. Минск. 18–20 октября 1995: Тез.докл. – Минск, 1995. – С. 87.
4. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И.Ермакова и др. – Ленинград, 1972. – 456 с.
5. Методические указания по определению нитратов в продукции растениеводства. – Москва: Наука, 1986. – 69 с.
6. Bode F. Eine Vereinfachung und verbesserung der Methode zur quantitative Bestimmung von Aminosburen und Peptiden mittels des Ninhydrin- Kupferkomplexes. // Biochem Z. – 1955. – Bd.6. – S.326.
7. Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф. Оптимизация минерального питания полевых и тепличных культур. – Рига: Зинатнэ, 1977. – 168 с.
8. Штенберг А.И. Секреты соков. Москва: Колос, 1992. – 15 с.
9. Анисимов А.А. Характер и пути воздействия элементов питания на передвижение ассимилятов // Передвижение веществ у растений в связи с метаболизмом и биофизическими процессами: Сб.науч.тр. Вып.6. – Горький, 1975. – С. 3–21.
10. Хвошева Б.Г. Накопление нитратов в продукции растениеводства и водоисточников: (обзорная информация) / ВНИИТЭИСХ. Москва, 1979. – С. 62.
11. Макарова А.И., Трипина Т.А. Накопление в растениях азотсодержащих токсических веществ // Докл. ВАСХНИЛ. – 1979. – № 10. – С. 30–31.
12. Соколов О.А., Семенов В.М., Агаев В.А. Нитраты в окружающей среде / ОНТИ НЦБИ АН СССР. – Пушкино, 1990. – 316 с.