

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-95-99>
УДК: 635.1-02:631.8

В.А. Борисов², С.М. Надежкин¹, С.В. Белова^{1,2*}

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

² Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО) 140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500

*Автор для переписки: zonechka-belka@mail.ru

Вклад авторов. В.А. Борисов: концептуализация, разработка методологии исследования, научное руководство исследованием. С.М. Надежкин: концептуализация, разработка методологии исследования, проведение формального анализа, создание рукописи и ее редактирование, научное руководство исследованием. С.В. Белова: разработка методологии исследования, проведение формального анализа, проведение научного исследования, создание черновика рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Борисов В.А., Надежкин С.М., Белова С.В. Влияние удобрений на урожайность и биохимические показатели качества столовых корнеплодов. *Овощи России*. 2025;(3):95-99. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-95-99>

Поступила в редакцию: 21.04.2025

Принята к печати: 25.05.2025

Опубликована: 07.07.2025

Valery A. Borisov²,
Sergei M. Nadezhkin¹, Sofia V. Belova^{1,2*}

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selectionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

² All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center 500, Vereya village, Ramensky urban district, Moscow region, Russia

*Corresponding Author: zonechka-belka@mail.ru

Authors' Contribution: V.A. Borisov: conceptualisation, development of research methodology, scientific supervision of the research. S.M. Nadezhkin: conceptualisation, development of research methodology, conducting formal analysis, writing – review & editing, scientific supervision of the research. S.V. Belova: development of research methodology, conducting formal analysis, carrying out scientific research, writing – original draft and review & editing.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

For citation: Borisov V.A., Nadezhkin S.M., Belova S.V. Effect of fertilisers on yield and biochemical quality indicators of table root crops. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(3):95-99. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-95-99>

Received: 21.04.2025

Accepted for publication: 25.05.2025

Published: 07.07.2025

Влияние удобрений на урожайность и биохимические показатели качества столовых корнеплодов

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Высокие темпы роста и развития российской промышленности, а также увеличение численности населения создают потребность в повышении объемов сбора овощей, включая морковь и свёклу. В настоящее время для успешного развития овощеводства важно улучшать не только урожайность, но и качество продукции. Для населения требуется экологически чистое и сбалансированное питание, а овощи содержат углеводы, белки, жиры, витамины, ферменты, гормоны, органические кислоты, минералы и другие вещества, а также служат богатым источником природных антиоксидантов. Цель исследования – провести сравнительный анализ влияния применения различных систем удобрения на урожайность корнеплодов и на их биохимические показатели качества.

Материал и методика. На аллювиальной луговой почве в условиях Нечернозёмной зоны России изучалась влияние различных систем применения удобрения на биохимические показатели качества свеклы столовой сорт Мулатка и моркови столовой сорт Лосиноостровская 13. В опыте рассматривались четыре варианта внесения удобрений: минеральные удобрения, как стандартная общепринятая система применения удобрения для данного региона; органические удобрения (биокомпост); органические удобрения в сочетании с корневыми подкормками макроэлементами (NPK) по итогам растительной и почвенной диагностики питания (растительную и почвенную диагностику минерального питания проводили по методике Церлинг В.В. (1990) и Магницкому К.П. (1972)).

Результаты. В результате проведенных исследований урожайность моркови составила 51,2-63,9 т/га с выходом стандартной продукции 87,4-94,6%, урожайность свёклы столовой 41,7-54,2 т/га, с выходом стандартной продукции 80,7-92,3%. По результатам проведенных биохимических исследований в период уборки урожая установлено, что содержание сухого вещества в корнеплодах моркови находилось в пределах 11,4-12,3%, сахаров 7,26-8,29%, каротина 6,38-8,16 мг%, нитратов 73-172 мг/кг; в корнеплодах свёклы столовой соответственно 13,1-15,0% сухого вещества, 10,12-11,68% сахаров, 112,1-156,2 мг% бетанина, 507-969 мг/кг нитратов. Наиболее высокая урожайность корнеплодов была получена при использовании минеральных удобрений и при использовании их в сочетании с органическими удобрениями. Качество корнеплодов повышалось при использовании органических удобрений в чистом виде и в сочетании с подкормкой минеральными удобрениями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

морковь столовая, свекла столовая, минеральные удобрения, органические удобрения, урожайность, качество, биохимический состав, корнеплоды

Effect of fertilisers on yield and biochemical quality indicators of table root crops

ABSTRACT

Relevance. High rates of growth and development of Russian industry, as well as population growth, create the need for increased harvesting of vegetables, including carrots and beetroot. Nowadays, for successful development of vegetable production it is important to improve not only yields but also the quality of products. The population requires ecologically clean and balanced nutrition, and vegetables contain carbohydrates, proteins, fats, vitamins, enzymes, hormones, organic acids, minerals and other substances, and also serve as a rich source of natural antioxidants. The aim of the study was to conduct a comparative analysis of the effect of different systems of fertiliser application on the yield of root crops and on their biochemical quality indicators.

Material and Methods. The effect of different systems of fertiliser application on biochemical quality indicators of red beet variety Mulatka and table carrot variety Losinoostrovskaya 13 was studied on alluvial meadow soil in the conditions of the non-Black Earth region of Russia. Four variants of fertiliser application were considered in the experiment: mineral fertilisers as a standard conventional system of fertiliser application for the given region; organic fertilisers (biocompost); organic fertilisers in combination with root feeding with macroelements (NPK) according to the results of plant and soil nutrition diagnostics (plant and soil diagnostics of mineral nutrition was carried out according to the methods of Zerling V.V. (1990) and Magnitsky K.P. (1972)).

Results. As a result of the conducted research carrot yield was 51.2-63.9 tonnes/ha with standard yield 87.4-94.6%, red beet yield 41.7-54.2 tonnes/ha, with standard yield 80.7-92.3%. According to the results of biochemical studies during the harvesting period it was found that the content of dry matter in carrot root crops was within 11.4-12.3%, sugars 7.26-8.22%, carotene 6.38-8.16 mg%, nitrates 73-172 mg/kg; in red beet root crops respectively 13.1-15.0% dry matter, 10.12-11.68% sugars, 112.1-156.2 mg% betanin, 507-969 mg/kg nitrates. The highest yield of root crops was obtained when mineral fertilisers were used and when they were used in combination with organic fertilisers. The quality of root crops increased when organic fertilisers were used in combination with fertilisation with mineral fertilisers.

KEYWORDS:

table carrot, red beet, mineral fertilisers, organic fertilisers, yield, quality, biochemical composition, root crops

Введение

Высокие темпы роста и развития промышленного производства России и связанный с ними рост населения ставят перед сельским хозяйством неотложные задачи увеличения валовых сборов овощей, в том числе и моркови, и столовой свёклы. В настоящее время для развития будущего овощеводства необходимо повышать не только урожайность, но и качество продукции, стоит стремиться к повышению продуктивности культур, которая в свою очередь зависит от множества факторов.

Элементы окружающей среды с трудом поддаются контролю, за исключением защищенного земледелия в теплицах, поэтому необходимо улучшить качество корнеплодов путем внесения удобрений [1].

Повсеместное нарастание экологической и социальной нагрузки на человека требует полноценного его питания, а овощи богаты содержанием углеводов, белков, жиров, витаминов, ферментов, гормонов, органических кислот, минеральных и других веществ, а также выступают как богатейший источник природных антиоксидантов (ферментов, бета-каротина, альфа-токоферола, аскорбиновой кислоты, флавоноидов, кумаринов и биологических активных веществ, незаменимых аминокислот и других важных нутриентов, в том числе иммуномодуляторов, а также минеральных элементов) [2]. Природные антиоксиданты нейтрализуют свободные радикалы, канцерогенные вещества, тяжёлые металлы и радионуклиды, способствуют их выведению из организма, что положительно влияет на здоровье и увеличение продолжительности жизни человека [4, 5].

Цель исследования - провести сравнительный анализ влияния различных систем применения удобрений на стандартную урожайность корнеплодов и на их биохимические показатели качества.

Объекты и методы исследования

В ходе опыта возделывались две культуры: свекла столовая сорта Мулатка (*Beta vulgaris* L.ssp.vulgaris var. conditiva Alef.) и морковь сорта Лосиноостровская 13 (*Daucus carota* L.).

Лабораторно-полевые опыты проводились на опытном участке отдела земледелия и агрохимии ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО (Раменский район Московской обл.). Почвы опытного массива относятся к типу аллювиальных луговых насыщенных почв. Почвы среднесуглинистые, окультуренные, имеют высокий уровень естественного плодородия, влагоёмкие, глубина пахотного слоя ~ 27 см, глубина залегания грунтовых вод более 2 м. Кислотность 6-6,5 единиц pH, содержание гумуса в пахотном слое до 3,2%, общего азота 0,23-0,28%, нитратного азота (май) 1,4-4,1 мг/100 г, подвижного фосфора (по Чирикову) 250-270 мг/кг, калия (по Чирикову) – 100-150 мг/кг. Гидролитическая кислотность низкая (0,7-1,2 мг-экв/100 г), сумма обменных оснований 28-30 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями 96-98%.

Опыт закладывали согласно «Методике полевого опыта в овощеводстве» под авторством С.С. Литвинова. Агрохимические анализы проводили по ГОСТ: 26213-91; 34789-2021; 26483-85; 26951-86; 26204-91; 26204-91; 26212-2021; 27821 - 2020. Биохимические анализы выполнены по следующим ГОСТ: 28561-90; 8756.13-87; 29270-95; 54058-2010.

Схема опыта

- 1 Контроль – без удобрений
- 2 NPK в основное внесение (расчётная доза)
- 3 Биокомпост в основное внесение (фон)
- 4 Биокомпост в основное внесение (фон) + подкормка NPK по анализу черешка листа (растительная диагностика питания)
- 5 Биокомпост в основное внесение (фон) + подкормка NPK по анализу почвы (почвенная диагностика питания)

Расчётные дозы минеральных удобрений составили: для свёклы столовой на получение 50 т/га урожая – N175P75K270, для моркови на 60 т/га урожая – N105K185. Биокомпост применялся в дозе 3 т/га под морковь и 6 т/га под свёклу столовую, что эквивалентно 90-60-60 кг/га д.в. удобрений под морковь и 180-120-120 кг/га д.в. – под свёклу столовую. Однако при этом представляется возможным недостаток питательных веществ, особенно азота, в связи с медленной минерализацией органических компонентов компоста и необходимость применения подкормок легкорастворимыми минеральными удобрениями.

Дозы подкормок были рассчитаны с помощью растительной и почвенной диагностики минерального питания по методикам Церлинг В.В. (1990) и Магницкого К.П. (1972) в фазу начала образования корнеплодов (I декада июля) [6, 7]. Для моркови доза подкормки по почвенной диагностике составила N52K14, по результатам растительной – N17. Для свёклы столовой доза удобрений по почвенной диагностике составила N65K45, а по анализу черешка листа – N54K30 [8].

Результаты и их обсуждение

В опыте достигнута общая урожайность моркови от 51,2 до 63,9 т/га со 87-94% стандартной продукции (табл. 1). Прибавка к контрольному варианту составила от 5 до 25%. При основном внесении расчётной дозы N105K185 прибавка урожайности составила 11,4 т/га (22%), на варианте основного внесения биокомпоста в дозе 3 т/га – 2,6 т/га (5%); дополнительная корневая подкормка дозой N17 по анализу черешка листа обеспечила 8,5 т/га прибавки (17%), а лучший в опыте эффект получен при корневой подкормке по анализу почвы N52K14 на фоне биокомпоста – 12,7 т/га прибавки (25%), при этом достоверного отличия (учитывая НСР₀₅) от варианта с расчётной дозой N105K185 не выявлено.

Установка доз подкормок минеральными удобрениями по результатам питания растений в системе агротехнических мероприятий при выращивании сельскохозяйственных культур позволяет добиться тонкой коррекции процессов роста, развития и формирования хозяйственно-ценной части урожая [8].

По результатам исследований морковь проявляет себя как культура преимущественно минерального типа питания, а именно - наиболее высокая урожайность была получена при использовании минеральных удобрений и при использовании их в сочетании с органическими удобрениями.

Положительное влияние на стандартность корнеплодов моркови оказывали минеральные удобрения и органические в сочетании с

Таблица 1. Урожайность моркови сорт Лосиноостровская 13 при минеральной и органической системах удобрения за три года (2021-2023 годы)

Table 1. Yield of carrots of the Losinoostrovskaya 13 variety with mineral and organic fertilization systems for three years (2021-2023)

Вариант	Урожайность общая, т/га	% от контроля	Урожайность стандартная, т/га	% от контроля	% от общей урожайности
Без удобрений (к.)	51,2	100,0	44,7	100,0	87,4
N105K185 (60 т/га)	62,6	122,4	58,8	131,5	93,9
Биокомпост 3 т/га	53,8	105,1	48,7	108,9	90,6
Б/к + подкормка по анализу листа	59,7	116,6	55,0	123,0	92,2
Б/к + подкормка по анализу почвы	63,9	124,9	60,4	135,1	94,6
НСР ₀₅	2,2	3,8	3,3	7,4	-

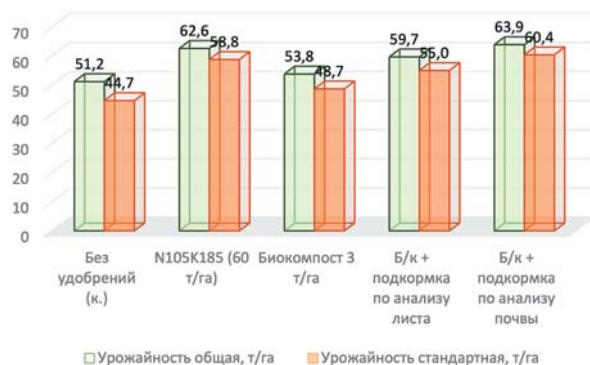


Рис. 1. Общая и стандартная урожайность моркови сорт Лосиноостровская 13

Fig. 1. General and standard yield of carrot variety Losinoostrovskaya 13

Таблица 2. Урожайность свёклы столовой сорт Мулатка при минеральной и органической системах удобрения за три года (2021-2023 годы)

Table 2. Yield of table beet variety Mulatka with mineral and organic fertilization systems for three years (2021-2023)

Вариант	Урожайность общая, т/га	% от контроля	Урожайность стандартная, т/га	% от контроля	% от общей урожайности
Без удобрений (к.)	41,7	100,0	33,7	100,0	80,7
N175P75K270 (50 т/га)	52,7	126,3	47,9	142,1	90,9
Биокомпост 6 т/га	46,8	112,2	41,9	124,3	89,7
Б/к + подкормка по анализу листа	51,6	123,7	46,0	136,5	89,2
Б/к + подкормка по анализу почвы	54,2	130,0	50,0	148,4	92,3
НСР ₀₅	1,9	3,9	2,3	6,8	-

минеральными при дробном внесении. Наибольший процент стандартности продукции от общей получен на варианте с подкормкой по почвенной диагностике – 94,6%.

Общая урожайность свёклы столовой составила 41,7-54,2 т/га со стандартной продукцией 81-92% (табл. 2). Прибавка к контрольному варианту составила от 5,1 до 12,5 т/га (12-30%). Основное применение расчётной дозы N175P75K270 позволило получить 52,7 т/га стандартной продукции, в т.ч. 42,6 т/га отборной (5-10 см в диаметре).

Применение подкормки по анализу листа N54K30 и анализу почвы N65K45 в фазу начала образования корнеплодов благоприятно отразилось на развитии растений свёклы, общая урожайность составила 51,6 и 54,2 т/га, стандартная 46,0 и 50,0 т/га, в т.ч. отборная 38,2 и 40,9 т/га.

Свёкла столовая проявила себя в опыте как культура отзывчивая, как к минеральному, так и к органическому питанию. Прибавки урожая, по сравнению с контролем, в процентном отношении были более высокие, чем у моркови. Можно отметить, что такие элементы питания, как азот и калий имеют весомое влияние на повышение урожайности свёклы столовой. При внесении подкормки этими элементами на фоне биокомпоста урожайность возрастает на 23,7-30,0%.

Внесение биокомпоста в дозе 6 т/га дало минимальную прибавку урожайности, сказалась нехватка питательных веществ в почве, что подтверждается данными анализа почвы и черешков листьев, где содержа-

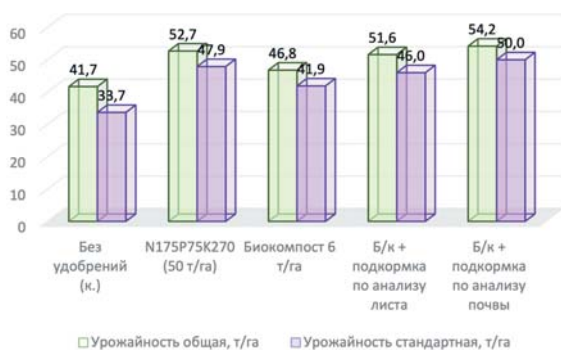


Рис. 2. Общая и стандартная урожайность свёклы столовой сорт Мулатка

Fig. 2. General and standard yield of table beet variety Mulatka

ние питательных веществ немногим превышало контрольный вариант. Также это может свидетельствовать о том, что содержание питательных элементов в органическом удобрении недостаточно для нормального роста и развития столовой свёклы, а также о том, что данная система не подходит для эффективного земледелия и следует сочетать разные системы удобрений для полноценного питания культуры.

Стандартность корнеплодов свёклы столовой коррелировала с величиной урожайности, соответственно наилучший вариант был при внесении расчётной дозы минеральных удобрений, а также при подкормке по анализу почвы (составила она 90,9% и 92,3%).

Оптимальное управление внесением удобрений имеет решающее значение не только для урожайности корнеплодов, но и для качества сельскохозяйственных культур. Поступление основных элементов (азота N, фосфора P и калия K) напрямую влияет на качество растений [9].

Наблюдая за биохимическими процессами и тем как накапливаются органические соединения в растениях, можно проанализировать их обеспеченность питательными веществами, и не просто определить количественное содержание неорганического соединения или отдельного элемента, требующегося для процессов жизнедеятельности растения, а увидеть точную потребность по завершению метаболического процесса.

По результатам проведённых биохимических исследований в период уборки урожая установлено, что содержание сухого вещества в корнеплодах моркови находилось в пределах 11,4-12,3%, сахаров 7,26-8,29%, каротина 6,38-8,16 мг%, нитратов 73-172 мг/кг; в корнеплодах свёклы столовой соответственно 13,1-15,0% сухого вещества, 10,12-11,68% сахаров, 112,1-156,2 мг% бетанина, 507-969 мг/кг нитратов (табл. 3).

Содержание сухого вещества и сахаров. Общее содержание сухого вещества является одним из основных биохимических показателей качества овощной продукции. Эта величина отражает суммарное содержание клетчатки, углеводов, минеральных солей, азотистых соединений. Уровень содержания сухих веществ в корнеплодах является комплексным показателем, характеризующим степень их вызревания и лежкоспособности. Наряду с общим содержанием сухих веществ содержание сахаров является важным биохимическим показателем, определяющим органолептические свойства овощной продукции, ее технологические свойства и лежкоспособность. Как и на содержание сухих веществ на эту величину оказывает влияние комплекс факторов, среди которых не последнее место занимает система удобрений.

Обнаружена тенденция корреляционной зависимости между накоплением сухого вещества и сахаров в корнеплодах.

Анализируя результаты проведенного опыта, можно отметить, что на содержание в корнеплодах сухого вещества и сахаров заметное положительное влияние оказывают органические удобрения, как в отдельном применении, так и в сочетании с минеральными подкормками по результатам диагностики питания [10].

На вариантах с внесением биокомпоста содержание сухого вещества моркови составило 12%, а свёклы 12,9%. При внесении подкормок

Таблица 3. Влияние удобрений на биохимические показатели качества столовых корнеплодов (2021-2023 годы)
Table 3. Effect of fertilizers on biochemical quality indicators of table root crops (2021-2023)

Вариант	Сухое вещество, %	Сахара, %			Витамины*, мг%	NO ₃ ⁻ , мг/кг
		моно-	ди-	Σ		
Морковь, сорт Лосиноостровская 13						
Без удобрений (к.)	11,4	1,64	5,62	7,26	6,38	73
N ₁₀₅ K ₁₈₅ (60 т/га)	11,6	1,42	6,67	8,09	8,16	172
Биокомпост 3 т/га	12,0	2,24	5,62	7,86	6,12	79
Б/к + подкормка по анализу листа	12,3	1,92	6,35	8,27	7,48	111
Б/к + подкормка по анализу почвы	12,1	1,88	6,41	8,29	7,26	127
HCP ₀₅	0,4	0,62	1,23	2,41	0,12	14,8
Свёкла столовая, сорт Мулатка						
Без удобрений (к.)	13,1	0,21	10,03	10,24	112,1	507
N ₁₇₅ P ₇₅ K ₂₇₀ (50 т/га)	12,1	0,20	9,92	10,12	156,2	969
Биокомпост 3 т/га	15,0	0,25	11,43	11,68	130,3	652
Б/к + подкормка по анализу листа	13,8	0,23	11,03	11,26	149,7	808
Б/к + подкормка по анализу почвы	13,5	0,21	10,91	11,12	142,8	768
HCP ₀₅	1,5	0,11	1,80	1,85	1,2	19,4

*В моркови каротиноиды, в свёкле столовой бетанин

по анализам листа и почвы его содержание возросло, в сравнении с контролем, в моркови на 7,9% (лист) – 6,1% (почва), а в свёкле на 5,3% (лист) – 3,0% (почва).

На вариантах с внесением биокомпоста содержание суммы сахаров в моркови составила 8,0%, в свёкле 11,7%. При внесении подкормок по анализам листа и почвы, их содержание возросло по сравнению с контролем, в моркови на 13,2% (лист) – 12,1% (почва), а в свёкле на 10,0% (лист) – 8,6% (почва) [11].

Наибольшее содержание сахаров в свёкле столовой зафиксировано на чисто органической системе удобрения, однако, такая повышенная сахаристость может свидетельствовать о недостаточном питании этой культуры, при котором наступает более ускоренное вызревание в ущерб урожайности, и сопровождается повышенным содержанием сахаров [12].

Только минеральное питание улучшало либо незначительно, либо ухудшало качественные показатели продукции. В моркови содержание сухого вещества на этом варианте было выше контроля всего на всего на 1,8%, а в свёкле – на 7,6% ниже. Содержание суммы сахаров, по сравнению с контролем, в моркови было выше на 8,5%, а в свёкле – ниже на 1,2%.

Ещё одним существенным показателем, характеризующим качество корнеплодов, степень их вызревания, является соотношение между дисахарами и моносахарами, полимерных и мономерных форм сахаров. По мере вызревания идёт образование сложных форм сахаров, служащих естественными антисептиками в период хранения, а также источником энергии для дифференциации и прорастания верхушечной почки. В молодых корнеплодах содержится значительно меньше сахаров, чем в зрелых, и представлены они в мономерной форме, поэтому отношение в них количества сахарозы к содержанию моносахаридов обычно находится на очень низком уровне. Обычно раннеспелые корнеплоды характеризуются более низким содержанием сахара [8]. В процессе роста и развития общее содержание сахаров в корнеплодах увеличивается, при этом происходит значительное усиление биосинтетических реакций, связанных с синтезом сахарозы, в результате чего отношение сахарозы к моносахарам постоянно увеличивается. По всем вариантам нашего опыта с морковью и свёклой этот показатель превышал 1, что свидетельствует о достаточной степени вызревания корнеплодов. Наибольшая величина этого соотношения у моркови была на варианте с внесением расчётной дозы минеральных удобрений, а у свёклы столовой при внесении органических удобрений.

Каротин в корнеплодах моркови. Особенностью обмена веществ моркови является накопление большого количества каротиноидов, которые определяют качество и питательные свойства моркови. По своему строению они представляют собой ненасыщенные углеводороды терпенового ряда. Их физиологическая роль связана скорее всего с

защитой молекул хлорофилла от разрушительного воздействия синевioletовых лучей спектра и использование их энергии в процессе фотосинтеза [13].

По накоплению каротиноидов в продукции воздействие органических и органоминеральных удобрений уступало минеральным. При использовании азотнокалийных удобрений содержание каротиноидов было на 28% выше, чем на контроле, а при внесении биокомпоста уменьшалось на 4%. Минеральная подкормка по результатам листовой и почвенной диагностики на фоне биокомпоста давала увеличение содержания каротиноидов на 17% (лист) и 14% (почва). Chevalier W. et al. (2022) также описывают в своем опыте положительное влияние внесения подкормок на накопление каротиноидов, однако на фоне фосфорно-калийных минеральных удобрений, а не органических [14]. По данным Marco E. Mng'ong'o et al полученных в 2024 году для повышения содержания каротиноидов внесение азотных удобрений имеет решающее значение [15]. Такая же закономерность есть и в работах Razzaq M. et al. (2017) [16].

Бетанин в корнеплодах свёклы столовой. Бетанины – это растительные пигменты, которые являются поглотителями свободных радикалов. Они предотвращают активное кислородно-индуцированное и опосредованное свободными радикалами окисление биологических молекул.

Существует корреляционная зависимость между синтезом бетанинов и содержанием в почве ионов аммония и нитрат-ионов [17]. Наибольшее содержание бетанина наблюдалось в корнеплодах свёклы при использовании минеральной системы удобрения. Использование подкормок также положительно повлияло на накопление бетанинов. Зарубежные авторы описывают случаи накопления бетацианинов в корнеплодах свёклы при длительном азотном питании и регулярном внесении подкормок [18].

Содержание нитратов. Одним из биохимических показателей качества овощной продукции, определяемых системой удобрения, является содержание нитратов. Этот показатель определяет пригодность овощной продукции для детского и диетического питания [11].

Наибольшее количество нитратов как в моркови, так и в свёкле, наблюдалось при применении минеральной системы удобрения; наименьшее – при органической. Столовая свёкла, в силу своих биологических особенностей, отличается повышенной способностью накапливать нитраты. В варианте с расчётной дозой минеральных удобрений содержание в ней нитратов составило 969 мг/кг, в моркови – 172 мг/кг; в варианте с биокомпостом – 652 мг/кг в свёкле, 79 мг/кг – в моркови. Подкормки минеральными удобрениями на фоне органических, несколько увеличивали содержание нитратов в продукции. Однако превышения ПДК по нитратам (1400 мг/кг для свёклы, 250 мг/кг для моркови) ни в одном из вариантов опыта не наблюдалось.

Заключение

Урожайность моркови составила 51,2-63,9 т/га с выходом стандартной продукции 87,4-94,6%, урожайность свёклы столовой 41,7-54,2 т/га, с выходом стандартной продукции 80,7-92,3%. Минимальная урожайность получена на контроле, а также при основном внесении биокомпоста. Подкормки по результатам почвенной диагностики питания позволили повысить урожайность до 24,9% у моркови (N52K14) и до 30% у свёклы (N65K45) в сравнении с вариантом биокомпост в основное внесение. Подкормка по анализу черешков листьев также обеспечила улучшение питательного режима почвы и растений, что дало прибавку урожая моркови 16,6%, свёклы 23,7% к фону с внесением биокомпоста.

По результатам проведённых биохимических исследований в период уборки урожая установлено, что содержание сухого вещества в корнеплодах моркови находилось в пределах 11,4-12,3%, сахаров 7,26-8,2%, каротина 6,38-8,16 мг%, нитратов 73-172 мг/кг; в корнеплодах свёклы столовой соответственно 13,1 – 15,0% сухого вещества, 10,12-11,68% сахаров, 112,1-156,2 мг% бетанина, 507-969 мг/кг нитратов.

Установлено, что применение биокомпоста (органическая система удобрения) повышало содержание сухого вещества на 3,4 и 5,3%, сахаров на 1,8 и 15,4%, соответственно, в моркови и в свёкле столовой. При применении минеральной системы удобрения (расчётная доза NPK) возрастало содержание каротиноидов в моркови на 27,9%, и бетанина в свёкле столовой на 39,3%.

Внесение подкормок по диагностике питания в целом незначительно сказалось на биохимии корнеплодов; можно выделить тенденцию к повышению сухого вещества, сахаров, витаминов и нитратов. Однако почвенная и растительная диагностика питания растений позволяет установить способность изучаемых культур усваивать питательные вещества из почвы и корректировать дозы минеральных удобрений в качестве подкормок. Исходя из этого достигается эффективное и экологически безопасное использование минеральных удобрений, так как не вносятся большие дозы основного удобрения, которые не всегда полностью используются растениями за весь период вегетации.

Литература

- Jie L. et al. Effect of potassium fertilization during fruit development on tomato quality, potassium uptake, water and potassium use efficiency under deficit irrigation regime. *Agricultural Water Management*. 2021;(250). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106831>
- Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. РАСХН - ВНИИО, 2008. 776 с.
- Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: РАСХН – ВНИИО, 2011. 650 с.
- Zhou R. et al. Environmental changes impact on vegetables physiology and nutrition – Gaps between vegetable and cereal crops. *Science of The Total Environment*. 2024;(933). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173180>
- Armel L. et al. Urban effects on the adoption of soil conservation practices in urban and peri-urban vegetable production of Yaoundé, Cameroon. *Scientific African*. 2024;(26). <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02342>
- Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник. М.: Агропромиздат, 1990. 235 с.
- Магницкий К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях. М., «Московский рабочий», 1972, 272 с.
- Борисов В.А., Система удобрения овощных культур. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 392 с.
- Maatallah S. et al. Yield and biochemical fruit quality of irrigated peach cultivars subjected to conventional farmer's fertilization practices in warm production area. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2024;(129). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106121>
- Nookaraju A., Upadhyaya C.P., Pandey S.K., Young K.E., Hong S.J., Park S.K., Park S.W. Molecular approaches for enhancing sweetness in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 2010;127(1):1-15. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.014>
- Борисов В.А., Янченко Е.В., Успенская О.Н. Влияние удобрений на сохранность овощей и изменение их качества в процессе хранения. *Агрохимия*. 2022;(12):7-13. <https://doi.org/10.31857/S0002188122120043> <https://www.elibrary.ru/amjcrv>
- Борисов В.А., Романова А.В., Масловский С.А., Андрианов С.А. и др. Технология возделывания и хранения новых сортов и гибридов овощных культур (Рекомендации). М., 2004. 45 с.
- Amorim D.S., Amorim I.S., Chisté R.C., Filho J.T., Fernandes F.A.N., Godoy H.T. Effects of cold plasma on chlorophylls, carotenoids,

- anthocyanins, and betalains. *Food Research International*. 2023;(167):112593. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112593>
- Chevalier W. et al., Evaluation of pedoclimatic factors and cultural practices effects on carotenoid and sugar content in carrot root. *European Journal of Agronomy*. 2022;(140). <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126577>
- Marco E. Mng'ong'o, Selly D. Msungu, Golden harvest: Nitrogen's impact on maize carotenoids. *Food and Humanity*. 2024;(3). <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100371>
- Razzaq M., Akram N.A., Ashraf M., Naz H., Al-Qurainy F., Interactive effect of drought and nitrogen on growth, some key physiological attributes and oxidative defense system in carrot (*Daucus carota* L.) plants. *Scientia Horticulturae*. 2017;(225):373-379. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.055>
- Atanas Pavlov, Vasil Georgiev, Mladenka Ilieva. Betalain biosynthesis by red beet (*Beta vulgaris* L.) hairy root culture. *Process Biochemistry*. 2005;(40):1531–1533. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.01.001>
- Salachas G. et al. Enhancing bioactive compounds accumulation in red beet (*Beta vulgaris* L.) plants by managing N nutrition. The identification of the 'critical' zone as a cultivation technique. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022;(188):21-30. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.08.003>

References

- Litvinov S.S. Scientific bases of modern vegetable growing. RASKHN - VNIIO, 2008. 776 p. (in Russ.)
- Litvinov S.S. Methodology of field experiment in vegetable growing. M.: RASKHN - VNIIO, 2011. 650 p. (in Russ.)
- Magnitsky K.P. Diagnostics of plant needs in fertilisers. Moscow, «Moskovsky Rabochiy», 1972. 272 p. (in Russ.)
- Borisov V.A., System of fertilisation of vegetable crops. Moscow: FGBNU «Rosinformagroteh», 2016. 392 p. (in Russ.)
- Borisov V.A., Yanchenko E.V., Uspenskaya O.N. Effect of fertilizers on the preservation of vegetables and changes in their quality during storage. *Agrohimia*. 2022;(12):7-13. (in Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002188122120043> <https://www.elibrary.ru/amjcrv>
- Borisov V.A., Romanova A.V., Maslovsky S.A., Andrianov S.A. et al. Technology of cultivation and storage of new varieties and hybrids of vegetable crops (Recommendations). M., 2004. 45 p. (in Russ.)

Об авторе:

Валерий Александрович Борисов – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник сектора агрохимии, SPIN-код: 1527-5452, <https://orcid.org/0000-0001-8538-8953>, Researcher ID: J-4718-2018, Scopus ID: 57213419483

Сергей Михайлович Надеждин – доктор биологических наук, заведующий лабораторно-аналитическим центром, nadegs@yandex.ru, SPIN-код: 1564-1159, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, Researcher ID: U-4126-2018, Scopus ID: 57193556462

Софья Викторовна Белова – аспирант, младший научный сотрудник, zonechka-belka@mail.ru, SPIN-код: 4808-9461, <https://orcid.org/0000-0001-9338-8419>, ResearcherID: MSZ-6272-2025

About the Authors:

Valery A. Borisov – Dr. Sci. (Agriculture), Chief Researcher of the Agrochemistry Sector, valeri.borisov.39@mail.ru SPIN-code: 1527-5452, <https://orcid.org/0000-0001-8538-8953>, Researcher ID: J-4718-2018, Scopus ID: 57213419483

Sergei M. Nadezhkin – Dr. Sci. (Biology), Head of Laboratory Analytical Centre FSBSI, nadegs@yandex.ru, SPIN-code: 1564-1159, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, Researcher ID: U-4126-2018, Scopus ID: 57193556462

Sofia V. Belova – PhD student, zonechka-belka@mail.ru, SPIN-code: 4808-9461, <https://orcid.org/0000-0001-9338-8419>, ResearcherID: MSZ-6272-2025