

УДК 634.737:581.5:581.522.4(476)

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ГОЛУБИКИ НА ВЫРАБОТАННОМ ТОРФЯНИКЕ ВЕРХОВОГО ТИПА

Ж. А. РУПАСОВА¹⁾, А. П. ЯКОВЛЕВ¹⁾, Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ¹⁾, Н. Б. КРИНИЦКАЯ¹⁾, А. А. ЯРОШУК¹⁾,
Т. М. КАРБАНОВИЧ²⁾, Л. В. ГОНЧАРОВА¹⁾, Э. И. КОЛОМИЕЦ³⁾, З. М. АЛЕЩЕНКОВА³⁾

¹⁾Центральный ботанический сад НАН Беларуси, ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Беларусь

²⁾Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь,
ул. Кирова, 15, 220030, г. Минск, Беларусь

³⁾ Институт микробиологии НАН Беларуси, ул. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Беларусь

Приведены результаты сравнительного двухлетнего исследования биохимического состава плодов представителей двух видов рода – *Vaccinium* – *V. angustifolium* и межвидовых гибридов *V. angustifolium* × *V. corymbosum* (*Northcountry*, *Northblue*) на внесение полного минерального (N₁₆P₁₆K₁₆) и микробных удобрений – МаКлоР, АгроМик и Бактопин при дифференцированном и совместном применении в опытной культуре на выработанном участке торфяного месторождения верхового типа.

Образец цитирования:

Рупасова Ж. А., Яковлев А. П., Василевская Т. И., Криницкая Н. Б., Ярошук А. А., Карбанович Т. М., Гончарова Л. В., Коломиец Э. И., Алещенкова З. М. Влияние удобрений на биохимический состав плодов голубики на выработанном торфянике верхового типа // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2019. № 1. С. 84–97.

For citation:

Rupasova Zh. A., Yakovlev A. P., Vasilevskaya T. I., Krinitskaya N. B., Yaroshuk A. A., Karbanovich T. M., Goncharova L. V., Kolomiets E. I., Aleschenkova Z. M. The effect of fertilizers on the biochemical composition of blueberries fruits on the high cutover peatland. *J. Belarus. State Univ. Ecol.* 2019. No. 1. P. 84–97 (in Russ.).

Авторы:

Жанна Александровна Рупасова – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор; заведующий лабораторией химии растений.

Александр Павлович Яковлев – кандидат биологических наук, доцент; заведующий лабораторией экологической физиологии растений.

Тамара Ивановна Василевская – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории химии растений.

Наталья Болеславовна Криницкая – научный сотрудник лаборатории химии растений.

Андрей Андреевич Ярошук – аспирант лаборатории химии растений.

Татьяна Михайловна Карбанович – заместитель начальника Главного управления растениеводства Министерства сельского хозяйства и продовольствия.

Людмила Владимировна Гончарова – кандидат биологических наук, доцент; заместитель директора по научной и инновационной работе.

Эмилия Ивановна Коломиец – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор; директор Института микробиологии НАН Беларуси, заведующий лабораторией средств биологического контроля.

Зинаида Михайловна Алещенкова – доктор биологических наук; главный научный сотрудник лаборатории взаимоотношений микроорганизмов почвы и высших растений.

Authors:

Zhanna A. Rupasova, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus, doctor of science (biology), full professor; head at the laboratory of chemistry of plants.

J.Rupasova@cbg.org.by

Alexander P. Yakovlev, PhD (biology), docent; head at the laboratory of ecological physiology of plants.

A.Yakovlev@cbg.org.by

Tamara I. Vasilevskaya, PhD (biology); senior researcher at the laboratory of chemistry of plants.

T.Vasilevskaya@cbg.org.by

Natalia B. Krinitskaya, researcher at the laboratory of chemistry of plants.

Andrey A. Yaroshuk, postgraduate student at the laboratory of chemistry of plants.

alrikdorey@mail.ru

Tatiana M. Karbanovich, deputy head of the main plant industry directorate of the Ministry of agriculture and food.

veget@mshp.gov.by

Lyudmila V. Goncharova, PhD (biology), docent; deputy director for science and innovation.

L.Goncharova@cbg.org.by

Emilia I. Kolomiets, corresponding member of National Academy of Sciences of Belarus, doctor of science (biology), full professor; director of the Institute of microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, head at the laboratory of biological control means.

kolomiets@mbio.bas-net.by

Zinaida M. Aleschenkova, doctor of science (biology); principal scientific researcher at the laboratory of interrelations between microorganisms of soil and higher plants.

kolomiets@mbio.bas-net.by

На фоне близких к средней многолетней норме погодных условий вегетационного периода испытываемые агроприемы способствовали существенной трансформации биохимического состава плодов голубики, состоявшей в основном в улучшении их вкусовых свойств за счет активизации биосинтеза растворимых сахаров при ингибировании им органических кислот, а также в их обеднении *C*- и *P*-витаминами, наиболее значительном при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$. В условиях жаркого и засушливого сезона для всех таксонов голубики, особенно для межвидовых гибридов, показано усиление позитивного влияния микробных удобрений на качество плодов. При этом у *V. angustifolium* установлено увеличение интегрального уровня их питательной и витаминной ценности в 1,3–2,5 раза относительно контроля, наиболее значительное на фоне внесения 50 %-ного раствора препарата МаКлоР, а также его 10 %-ного раствора в сочетании с сухим микоризным удобрением АМГ. У сортовой голубики при увеличении данного показателя в 2,5–14 раз наиболее результативным было совместное внесение препарата Бактопин в сочетании с АМГ.

Ключевые слова: фиторекультивация; голубика; сорта; плоды; биохимический состав; органические кислоты; растворимые сахара; пектины; сахарокислотный индекс; биофлавоноиды; дубильные вещества.

THE EFFECT OF FERTILIZERS ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF BLUEBERIES FRUITS ON THE HIGH CUTOVER PEATLAND

Zh. A. RUPASOVA^a, A. P. YAKOVLEV^a, T. I. VASILEVSKAYA^a, N. B. KRINITSKAYA^a, A. A. YAROSHUK^a,
T. M. KARBANOVICH^b, L. V. GONCHAROVA^a, E. I. KOLOMIETS^c, Z. M. ALESCHENKOVA^c

^aCentral Botanical Garden of National Academy of Sciences of Belarus, 2v Surhanava Street, Minsk 220012, Belarus

^bMinistry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, 15 Kirava Street, Minsk 220030, Belarus

^cInstitute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, 2 Kupreviča Street, Minsk 220141, Belarus

Corresponding author A. P. Yakovlev (A.Yakovlev@cbg.org.by)

The results are presented of comparative study of biochemical composition of fruits *V. angustifolium* and half-high-bush blueberry *Northcountry* and *Northblue* at fertilizer application NPK-compound (N16P16K16) and of some microbial specimen – a liquid product of MaKlor in concentration of 10 and 50 %, a liquid and dry product of Agromik, and also a liquid product of Baktopin at the differentiated and joint application in test crop on recultivated cutover peatlands.

On the background of the weather conditions of the vegetation period close to the average long-term norm, the tested agro-techniques contributed to a significant transformation of the biochemical composition of blueberry fruits. It consisted in the improvement of their taste properties due to the enhancement of the biosynthesis of soluble sugars with the inhibition of that of organic acids, as well as in their depletion of *C*- and *P*-vitamins, the most significant when making N16P16K16. In the conditions of the hot and dry season for all taxa of blueberry, especially for interspecific hybrids, the positive influence of microbial fertilizers on the quality of fruits has been shown. At the same time, *V. angustifolium* showed an increase in the integral level of their nutritional and vitamin value 1.3–2.5 times as compared to the control, most significant on the background of the introduction of a 50 % solution of the drug MaCloR, as well as its 10% solution in combination with AMG. In a varietal blueberry with an increase of this indicator in 2.5–14 times the most effective was the joint application of the drug Baktopin in combination with AMG dry mycorrhizal fertilizer.

Key words: artificial revegetation; blueberry; cultivars; fruit; biochemical composition; organic acids; soluble sugar; pectins; sugar and organic acids index; bioflavonoid, tannins

Введение

Интенсивные технологии сельскохозяйственного производства существенно расширили спектр задач, решаемых с использованием высокоэффективных микробиологических препаратов (МБП) комплексного действия. Для сохранения естественного плодородия почв, оживления земли, восстановления плодородного слоя, улучшения качества продукции в современных условиях агропроизводства целесообразным является их активное применение [1–4]. Но большинство МБП как у нас в стране, так и за рубежом прошли только экспериментальную апробацию на основных сельскохозяйственных культурах [5–9].

Вместе с тем до настоящего времени не было проведено комплексных испытаний МПБ на ягодных растениях сем. *Ericaceae* в специфических условиях на участках выработанных торфяных месторождений, характеризующихся чрезвычайно низким уровнем плодородия и сильнокислой реакцией почвенного раствора. В связи с оптимизацией режима минерального питания ягодных растений из сем. *Ericaceae*, в том числе чрезвычайно популярных у населения Беларуси интродуцентов из рода *Vaccinium* – *V. corymbosum* L. и *V. angustifolium* L. (голубика высокорослая и голубика узколистная), на рекультивируемых

площадах, выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений, представляется целесообразным использование в этих целях микробно-растительных ассоциаций, способствующих активизации микробиологических и биохимических процессов в остаточном слое торфяной залежи. Это позволило бы не только отказаться от традиционно применяемых и весьма дорогостоящих минеральных удобрений, но и обеспечить получение экологически чистой высоковитаминной ягодной продукции, соответствующей требованиям органического земледелия, что согласуется с принятым в ноябре 2018 г. Законом Республики Беларусь «О производстве и обращении органической продукции».

С целью установления особенностей формирования биохимического состава плодов голубики на фоне внесения удобрений, в 2017–2018 гг. в условиях опытной культуры на рекультивируемом участке торфяной выработки верхового типа в Докшицком р-не Витебской обл. было проведено сравнительное исследование влияния полного минерального и трех видов отечественных микробных удобрений (МаКлор, АгроМик и Бактопин) при дифференцированном и совместном применении на биохимический состав плодов интродуцированных таксонов голубики.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследований были использованы молодые генеративные растения *V. angustifolium* и двух межвидовых гибридов голубики (*V. angustifolium* × *Vaccinium corymbosum*) *Northcountry* и *Northblue*. Полевые опыты были заложены на участке сильноокислого ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 2,8$), малоплодородного (содержание P_2O_5 и K_2O не более 12–15 и 11–21 мг/кг соответственно), полностью лишенного растительности остаточного слоя донного торфа средней степени разложения, представленного сфагново-древесно-пушицевой ассоциацией. Схема опыта включала 6 вариантов в трехкратной повторности и предусматривала двукратное за сезон (в мае и июне) луночное внесение удобрений: 1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – внесение 10 %-ного раствора жидкого удобрения МаКлоР (0,5 л/растение) в сочетании с сухим микоризным удобрением АМГ из расчета 20 г на 100 л рабочего раствора, или 0,1 г на 1 растение; 3 – внесение 50 %-ного раствора жидкого удобрения МаКлор (0,5 л / растение); 4 – внесение 2 % рабочего раствора жидкого препарата АгроМик (0,5 л/растение); 5 – внесение 2 % рабочего раствора жидкого препарата Бактопин (0,5 л/растение) в сочетании с сухим микоризным удобрением АМГ из расчета 20 г на 100 л рабочего раствора, или 0,1 г на 1 растение; 6 – внесение в почву NPK 16:16:16 кг/га д. в., или 5 г на 1 растение. В каждом варианте опыта было высажено по 18 растений голубики.

Исследование биохимического состава зрелых плодов исследуемых интродуцентов осуществляли по широкому спектру показателей, относящихся к разным классам действующих веществ, по распространенным методам получения аналитической информации [10–15]. Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Выявление наиболее эффективных агроприемов при оценке влияния удобрений на биохимический состав плодов опытных растений осуществлялось на основе запатентованного способа ранжирования объектов исследований по совокупности анализируемых признаков [16]. Данный способ основан на сопоставлении в тестируемых вариантах опыта, соответствующих испытываемым агроприемам, относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных отклонений анализируемых признаков от контроля. По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений, независимо от их знака, можно было судить о выразительности различий каждого варианта опыта с контролем по совокупности признаков, что позволяло провести их ранжирование в порядке снижения степени данных различий. Соотношение же относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных различий с контролем являлось критерием наличия либо отсутствия преимуществ каждого тестируемого варианта опыта относительно других вариантов по набору анализируемых признаков. Соответственно, значения данного соотношения, превышавшие 1, свидетельствовали о наличии указанных преимуществ, тогда как значения, уступавшие 1, позволяли сделать вывод об их отсутствии. В порядке снижения величины данного соотношения устанавливали последовательность тестируемых вариантов опыта, а следовательно, и соответствующих им агроприемов, по мере снижения их эффективности.

Результаты исследования и их обсуждение

Годы исследований характеризовались выраженными контрастами погодных условий вегетационного периода. Отметим, что в 2017 г., несмотря на близкие к многолетней норме среднемесячные значения температуры воздуха, ее существенные подекадные колебания на протяжении сезона оказывали определенное негативное влияние на формирование плодов голубики. Это проявлялось в смещении сроков их

созревания на более позднее время и в снижении урожайности, что позволяет охарактеризовать данный сезон как не совсем благоприятный для полной реализации биологического потенциала опытных растений. Вегетационный период 2018 г., в отличие от предыдущего сезона, на всем своем протяжении характеризовался аномально жаркой погодой со значительным превышением среднесезонных температурных показателей при существенном дефиците атмосферных осадков (в июле их количество превышало многолетнюю норму).

Результаты исследования биохимического состава плодов опытных таксонов голубики в двухлетнем цикле наблюдений выявили весьма широкие диапазоны изменения его количественных характеристик в рамках полевого эксперимента (табл. 1), что свидетельствует о существенной их зависимости от уровня минерального питания. Как следует из табл. 2, на фоне близких к средней многолетней климатической норме погодных условий вегетационного периода 2017 г. влияние испытываемых агроприемов на исследуемые показатели у разных таксонов голубики оказалось весьма неоднозначным. Так, применение микробных и минеральных удобрений в большинстве случаев способствовало активизации накопления сухих веществ в плодах *V. angustifolium* и сорта *Northblue*, по сравнению с контролем, тогда как для сорта *Northcountry* было показано или снижение их содержания на 9–10 % (в обоих вариантах опыта с применением препарата МаКлоР), или отсутствие достоверного влияния на данный показатель. При этом в плодах голубики узколистной на фоне внесения микробных удобрений, за исключением варианта с использованием 50 %-ного раствора препарата МаКлоР, отмечено сходное увеличение (в пределах 19–21 %), по сравнению с контролем, содержания сухих веществ. Размер подобного его увеличения в варианте с внесением $N_{16}P_{16}K_{16}$ был заметно меньшим – не более 12 %. Превышение контрольного уровня содержания сухих веществ в плодах сорта *Northblue* на фоне внесения удобрений оказалось менее выразительным, чем у *V. angustifolium* (в пределах 5–8 %), причем в варианте опыта с совместным использованием препаратов Бактопин и АМГ достоверного изменения данного показателя не выявлено.

Таблица 1

Диапазоны варьирования в рамках полевого эксперимента количественных характеристик биохимического состава плодов голубики в двухлетнем цикле наблюдений (в сухом веществе)

Table 1

The ranges of variation of the quantitative characteristics of the biochemical composition of blueberry fruits in a field experiment in a two-year observation cycle (in dry matter)

Показатель	<i>V. angustifolium</i>	Сорт <i>Northcountry</i>	Сорт <i>Northblue</i>
Сухие вещества, %	15,5–18,8	14,3–17,7	13,7–18,1
Свободные органические кислоты, %	2,39–7,56	3,95–7,32	3,86–7,37
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	285,2–399,2	277,3–363,8	288,3–382,4
Гидроксикоричные кислоты, мг/100 г	880,3–1292,7	538,0–777,3	528,7–786,3
Растворимые сахара, %	45,3–58,7	40,3–60,7	44,7–60,0
Сахарокислотный индекс	6,0–20,9	5,7–15,4	6,6–15,6
Пектиновые вещества, %	7,47–9,57	5,13–8,43	5,73–10,53
Собственно антоцианы, мг/100 г	4083,3–8820,0	6673,3–11526,7	5366,7–10523,3
Лейкоантоцианы, мг/100 г	4928,0–7140,0	4108,0–8129,3	4125,3–8134,0
Сумма антоциановых пигментов, мг/100 г	8978,7–14740,7	11266,7–19656,0	11466,0–16774,3
Катехины, мг/100 г	1228,5–2002,0	1092,0–1471,2	1258,8–1683,5
Флавонолы, мг/100 г	2368,9–3973,7	2414,8–3897,3	2368,9–3285,9
Сумма биофлавоноидов, мг/100 г	13199,8–20062,7	15056,5–24918,3	14049,0–20967,6
Дубильные вещества, %	2,35–5,15	1,75–5,65	2,45–4,90

Наряду с этим в плодах *V. angustifolium* и сорта *Northblue* обозначились сходные по знаку тенденции в изменении содержания свободных органических кислот, проявившиеся более выразительно (как и в предыдущем случае) у первого таксона. Внесение микробных и минеральных удобрений способствовало заметному ингибированию биосинтеза в них титруемых кислот, на что указывало снижение их содержания, по сравнению с контролем, на 40–50 % у узколистного вида и на 8–37 % у сорта *Northblue*. В отличие от этих таксонов голубики, у сорта *Northcountry* ингибирующее действие удобрений на накопление в плодах титруемых кислот проявилось намного слабее и имело место только на фоне применения 50 %-ного раствора препарата МаКлоР и внесения $N_{16}P_{16}K_{16}$ при снижении их содержания относительно

контроля на 4 и 18 % соответственно. При этом в варианте опыта с использованием 10 %-ного раствора препарата МаКлоР достоверных изменений в содержании титруемых кислот выявлено не было. Однако в обоих вариантах с применением препарата АгроМик, по сравнению с контролем, показано не обеднение, а обогащение плодов этими соединениями на 9–10 %. Наиболее же значительное обеднение плодов всех таксонов голубики свободными органическими кислотами установлено на фоне внесения $N_{16}P_{16}K_{16}$.

Таблица 2

Относительные различия с контролем вариантов полевого опыта с внесением удобрений по биохимическим характеристикам плодов голубики в годы исследований, %

Table 2

Relative differences in the biochemical composition of blueberry fruits in field experiments with fertilization, % of control

Показатель	Варианты опыта				
	2	3	4	5	6
	<i>V. angustifolium</i>				
Сухие вещества	<u>+20,6*</u> +6,7	<u>-**</u> -	<u>+19,4</u> +3,7	<u>+21,3</u> +9,1	<u>+12,3</u> -
Свободные органические кислоты	<u>-40,3</u> -38,2	<u>-43,5</u> -33,8	<u>-49,9</u> -30,0	<u>-46,6</u> -54,6	<u>-50,3</u> -43,0
Аскорбиновая кислота	-13,8 -9,1	-18,7 -	<u>-28,5</u> +23,2	<u>-19,5</u> -7,5	<u>-25,4</u> +9,9
Гидроксикоричные кислоты	- -	<u>-10,6</u> +5,5	<u>-16,1</u> +5,0	<u>-6,2</u> +14,8	<u>-7,7</u> -
Растворимые сахара	<u>+4,4</u> +6,7	<u>+6,0</u> +8,2	<u>+10,4</u> +12,2	- -	<u>+19,9</u> +19,8
Сахарокислотный индекс	<u>+75,0</u> +73,1	<u>+88,3</u> +63,4	<u>+120,0</u> +60,2	<u>+86,7</u> +124,7	<u>+141,7</u> +109,7
Пектиновые вещества	<u>+8,4</u> +4,4	- +5,8	<u>-7,1</u> -	<u>-4,1</u> -	<u>-3,7</u> +9,4
Собственно антоцианы	-15,9 +7,4	-19,1 -2,8	<u>-47,9</u> -26,3	<u>-53,7</u> -27,4	<u>-50,8</u> -12,6
Лейкоантоцианы	<u>+20,6</u> -	<u>+7,9</u> +4,2	<u>+7,3</u> -16,2	<u>-17,3</u> -13,9	<u>+8,1</u> +13,3
Сумма антоциановых пигментов	- +3,9	<u>-8,2</u> -	<u>-25,7</u> -21,6	<u>-39,1</u> -21,1	<u>-27,2</u> -
Катехины	<u>+29,4</u> +11,1	<u>+13,7</u> +14,8	<u>+17,6</u> +12,3	<u>+3,9</u> +11,1	<u>-8,8</u> +12,3
Флавонолы	<u>-11,7</u> +3,9	<u>-27,1</u> -	<u>-37,2</u> -6,4	<u>-30,8</u> +11,6	<u>-30,0</u> -18,5
Сумма биофлавоноидов	- +4,4	-10,1 -	<u>-24,5</u> -16,0	<u>-34,2</u> -12,1	<u>-26,3</u> -3,3
Дубильные вещества	<u>-15,6</u> -10,5	<u>-7,8</u> -4,2	<u>-18,8</u> -9,5	<u>-17,2</u> +8,4	<u>-26,6</u> -10,5
Показатель	<i>Cory Northcountry</i>				
Сухие вещества	<u>-9,8</u> -	<u>-8,7</u> +9,1	- -	- +4,9	- -
Свободные органические кислоты	- -27,1	<u>-4,0</u> -11,8	<u>+8,6</u> +28,6	<u>+9,8</u> -7,7	<u>-18,4</u> -30,6
Аскорбиновая кислота	- -	<u>-6,8</u> -	<u>-8,2</u> -7,0	<u>-18,1</u> -10,2	<u>-14,2</u> -
Гидроксикоричные кислоты	<u>-21,1</u> -13,3	<u>-8,8</u> -3,7	<u>+8,9</u> +13,4	- -11,1	<u>-15,8</u> +25,2
Растворимые сахара	<u>+8,6</u> +5,0	<u>-6,3</u> -4,8	<u>+5,3</u> +6,8	<u>+5,3</u> +3,1	<u>+10,0</u> +11,8
Сахарокислотный индекс	<u>+82,5</u> +42,7	<u>+66,7</u> +7,3	<u>+110,5</u> -17,7	<u>+96,5</u> +11,5	<u>+121,1</u> +60,4

Окончание табл. 2

Ending table 2

Пектиновые вещества	– -4,5	+7,5 +6,7	+19,2 +32,8	+15,6 +26,1	+8,9 +6,7
Собственно антоцианы	-23,1 +7,0	– +37,4	– +42,3	+7,2 +21,7	-24,6 +72,7
Лейкоантоцианы	+9,8 +64,3	-15,3 +61,8	-13,1 +58,8	-14,7 +26,8	-14,0 +69,6
Сумма антоциановых пигментов	-11,9 +31,0	-5,6 +47,6	-4,4 +49,2	– +23,8	-21,0 +71,4
Катехины	+4,4 -5,7	+9,6 +11,5	+2,9 -17,2	+5,1 -9,2	– –
Флавонолы	+6,9 -8,7	+7,2 +31,8	+9,6 +32,4	-5,9 +8,1	-7,5 +47,4
Сумма биофлавоноидов	-8,0 +21,0	-2,7 +41,8	-1,7 +40,6	– +18,3	-17,5 +61,5
Дубильные вещества	-12,2 -8,2	-13,5 -58,8	+14,9 +32,9	+17,6 +11,8	-6,8 +3,5
Показатель	Copt Northblue				
Сухие вещества	+7,1 -7,7	+7,7 –	+5,4 –	– -11,6	+6,0 -7,7
Свободные органические кислоты	-37,1 -21,0	-7,9 –	-33,0 -24,2	– -8,2	-34,6 -26,5
Аскорбиновая кислота	-15,4 +14,5	-19,4 –	-14,0 +11,2	-10,3 +13,1	-14,3 –
Гидроксикоричные кислоты	-16,8 -16,8	-24,9 -24,9	-19,9 -19,9	+6,2 +6,2	-11,2 -11,2
Растворимые сахара	-9,4 +10,3	-11,9 +12,2	– -9,7	-7,5 -13,5	+2,5 +16,1
Сахарокислотный индекс	+43,8 +39,8	-4,1 +12,2	+47,9 +19,4	-9,6 -5,1	+57,5 +59,2
Пектиновые вещества	+6,9 +8,7	+4,8 +14,7	+8,7 +20,9	+18,6 +33,9	+36,8 +47,8
Собственно антоцианы	-23,5 +59,4	-11,6 +50,9	-16,8 +12,4	-3,0 +16,6	-29,9 +29,4
Лейкоантоцианы	+9,6 +17,5	– +17,2	-19,4 +14,3	– +52,9	-12,8 +18,3
Сумма антоциановых пигментов	-10,2 +40,7	-7,8 +35,9	-17,8 +13,2	-3,3 +32,8	-23,0 +24,4
Катехины	-16,2 -5,7	-19,8 -4,5	-18,0 +15,9	– +11,4	– +21,6
Флавонолы	-7,8 +10,3	-11,9 +23,6	-19,7 +16,7	+8,3 +8,0	-11,9 +16,7
Сумма биофлавоноидов	-10,4 +31,7	-9,7 +30,4	-18,2 +14,0	– +26,9	-19,3 +22,9
Дубильные вещества	-5,9 -6,9	-27,9 +36,1	-20,6 +26,4	-13,2 +12,5	– +4,2

*над чертой – данные за 2017 г.; под чертой – данные за 2018 г.

**прочерк означает отсутствие статистически значимых различий по t-критерию Стьюдента с контролем при $p>0,05$

Вместе с тем испытываемые агроприемы оказали выраженное в разной степени ингибирующее действие на биосинтез в плодах голубики не только титруемых, но также аскорбиновой и гидроксикоричных кислот. Как следует из табл. 2, содержание аскорбата в плодах *V. angustifolium* во всех вариантах опыта с внесением удобрений уступало таковому в контроле на 14–29 % при наибольших различиях, как и в содержании титруемых кислот, на фоне внесения препарата АгроМик и $N_{16}P_{16}K_{16}$. Подобные различия с контролем у межвидовых гибридов голубики были менее значительными, особенно у сорта *Northcoun-*

try, и варьировались в рамках эксперимента от 7 до 18 %. При этом наиболее существенное обеднение аскорбиновой кислотой плодов сорта *Northcountry* наблюдалось в варианте опыта с совместным внесением препаратов Бактопин и АМГ, тогда как сорта *Northblue* – на фоне дифференцированного применения удобрения МаКлоР в 50 %-ной концентрации. Следует заметить, что у сорта *Northcountry* совместное внесение удобрений МаКлоР в 10 %-ной концентрации с АМГ не оказало достоверного влияния на содержание в плодах ни аскорбиновой, ни свободных органических кислот. Что касается гидроксикоричных кислот, то в большинстве вариантов опыта с внесением удобрений, особенно при использовании жидкого препарата АгроМик, в плодах *V. angustifolium* наблюдалось снижение их содержания по сравнению с контролем на 6–16 %, но при совместном внесении препаратов МаКлоР в 10 %-ной концентрации и АМГ не было выявлено достоверных изменений параметров их накопления. Обеднение гидроксикоричными кислотами плодов межвидовых гибридов под действием удобрений имело более выраженный характер, чем у узколистного вида, особенно у сорта *Northblue*. У данного гибрида в большинстве вариантов опыта, особенно при использовании препарата МаКлоР в 50 %-ной концентрации, наблюдалось снижение их содержания на 11–25 % относительно контроля. Лишь при совместном использовании препаратов Бактопин и АМГ отмечено незначительное (не более чем на 6 %) усиление накопления данных соединений. У сорта *Northcountry* подобный эффект был обнаружен при внесении жидкого препарата АгроМик, способствовавшего активизации накопления в плодах гидроксикоричных кислот на 9 % по сравнению с контролем, тогда как в остальных случаях имело место снижение их содержания на 9–21 %.

В большинстве вариантов опыта с внесением удобрений была выявлена существенная активизация биосинтеза растворимых сахаров в плодах сорта *Northcountry* и особенно *V. Angustifolium* по сравнению с контролем: содержание сахаров на 5–10 % в первом случае и на 4–20 % – во втором при наибольшей выразительности данного эффекта при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$. (см. табл. 2). При этом у *V. angustifolium* не было выявлено значимых изменений в содержании растворимых сахаров при совместном применении жидкого препарата Бактопин и микоризного удобрения АМГ, тогда как у сорта *Northcountry* установлено его снижение на 6 % при внесении МаКлоРа в 50 %-ной концентрации. Несмотря на это у данных таксонов голубики (во всех без исключения вариантах опыта) с внесением удобрений и преимущественного ослабления в плодах биосинтеза титруемых кислот при одновременном усилении накопления растворимых сахаров их вкусовые свойства в 1,7–2,4 раза превосходили в контроле, особенно в 4-м и 6-м вариантах опыта с дифференцированным внесением жидкого препарата АгроМик и полного минерального удобрения (см. табл. 2). При этом для сорта *Northblue*, в отличие от сорта *Northcountry* и *V. angustifolium*, было показано не усиление, а преимущественное ослабление биосинтеза растворимых сахаров на 8–12 % относительно контроля. Только в варианте с внесением $N_{16}P_{16}K_{16}$ отмечено крайне незначительное (в пределах 2–3 %), но все же достоверное увеличение их содержания по сравнению с контролем при отсутствии значимого эффекта при использовании жидкого препарата АгроМик. В результате более интенсивного обеднения плодов сорта *Northblue* свободными органическими кислотами, нежели растворимыми сахарами, значения их сахарокислотного индекса во 2-м, но особенно в 4-м и 6-м вариантах опыта оказались на 44–58 % выше, чем в контроле. Это позволяет заключить, что независимо от генотипа растений голубики, наиболее выраженное позитивное влияние на содержание в плодах растворимых сахаров и их вкусовые свойства оказывало внесение жидкого препарата АгроМик и полного минерального удобрения. В характере реакции пектинового комплекса плодов на внесение удобрений также обозначились весьма существенные межвидовые различия. Так, если для узколистной голубики в большинстве случаев было показано незначительное (в пределах 4–7 %) снижение содержания пектинов относительно контроля, то у межвидовых гибридов наблюдалось увеличение их содержания на 8–19 % у сорта *Northcountry* и на 5–37 % у сорта *Northblue* при максимальном проявлении выявленных эффектов в 4, 5 и 6 вариантах опыта на фоне применения препарата АгроМик, совместного внесения Бактопина и АМГ, а также $N_{16}P_{16}K_{16}$.

Как следует из табл. 2, усиление минерального питания способствовало ослаблению в плодах исследуемых таксонов голубики биосинтеза биофлавоноидов. Наиболее выразительно это проявилось у *V. angustifolium*, для которой в большинстве вариантов опыта, особенно при совместном применении Бактопина и АМГ, было показано снижение их общего количества на 10–34 % по сравнению с контролем. Только во 2-м варианте совместное внесение препаратов МаКлоР в 10 %-ной концентрации с АМГ не оказало достоверного влияния на содержание в плодах Р-витаминов. Намного слабее, чем у узколистного вида голубики, проявилось негативное действие испытываемых агроприемов на накопление последних в плодах межвидовых гибридов, особенно сорта *Northcountry*, у которого относительные размеры снижения общего количества данных соединений по сравнению с контролем составили 2–18 %, тогда как у сорта *Northblue* – 10–19 %. Заметим, что и в двух случаях наибольшие размеры данного снижения были установлены на фоне внесения $N_{16}P_{16}K_{16}$. В отличие от *V. angustifolium*, у обоих гибридов голубики не было выявлено достоверных различий с контролем в содержании биофлавоноидов

в 5-м варианте опыта с применением Бактопина и АМГ при весьма значительном обеднении ими плодов на фоне совместного внесения препаратов МаКлоР в 10 %-ной концентрации и АМГ.

Поскольку доминирующее положение в Р-витаминном пуле плодов голубики принадлежит антоциановым пигментам, доля которых в нем обычно превышает 70 %, то столь значительное обеднение ягодной продукции биофлавоноидами при внесении удобрений должно быть связано с подавлением биосинтеза именно этих соединений. По нашим данным, на фоне внесения удобрений у *V. angustifolium* относительные размеры снижения в плодах общего количества антоциановых пигментов практически совпадали с установленными для суммы биофлавоноидов (см. табл. 2). Однако данное снижение в большинстве случаев было обусловлено значительным ослаблением биосинтеза только собственно антоцианов, что подтверждалось снижением их содержания относительно контроля на 16–54 %, особенно в 4, 5 и 6-м вариантах опыта. При этом лишь совместное внесение Бактопина и АМГ в 5-м варианте обуславливало обеднение плодов *V. angustifolium* не только собственно антоцианами, но и лейкоантоцианами (на 17 %), что значительно усиливало негативный эффект от данного агроприема в отношении этих групп биофлавоноидов. На фоне применения остальных агроприемов, особенно при совместном внесении МаКлоРа в 10 %-ной концентрации и АМГ, имела место активизация накопления лейкоантоцианов на 7–21 %, что заметно нивелировало отрицательное влияние удобрений на общий выход антоциановых пигментов.

На долю катехинов и флавонолов в составе Р-витаминного комплекса плодов голубики, как правило, приходится не более 30 % общего количества биофлавоноидов, однако данные соединения имеют важное физиологическое значение для человеческого организма [17]. При внесении микробных удобрений у *V. angustifolium* в изменении их содержания прослеживались противоположные тенденции – на фоне обогащения плодов катехинами на 4–29 %, особенно во 2-м варианте опыта, что было показано и для близких им по химической природе лейкоантоцианов, происходило одновременное их обеднение флавонолами на 12–37 %, тесно коррелирующее с динамикой собственно антоцианов (см. табл. 2). Как видим, у данного таксона голубики использование бактериальных препаратов оказывало стимулирующее действие на биосинтез в плодах восстановленных полифенолов и ингибирующее на таковой окисленных, тогда как использование полного минерального удобрения приводило к снижению в его плодах содержания и катехинов, и флавонолов. В отличие от *V. angustifolium*, в плодах межвидовых гибридов в большинстве вариантов опыта с внесением микробных удобрений улавливалось определенное сходство в направленности тенденций в изменении параметров накопления данных соединений. При этом у сорта *Northcountry* наблюдалось незначительное (в пределах 10 %), но все же достоверное увеличение (по сравнению с контролем) содержание в плодах и катехинов, и флавонолов, тогда как у сорта *Northblue*, отмеченного в этом плане более выраженной ответной реакцией на бактериальные препараты, было установлено снижение содержания и тех, и других на 8–20 %. При этом у обоих сортов голубики внесение $N_{16}P_{16}K_{16}$ не повлияло на накопление в плодах катехинов, но обусловило снижение содержания флавонолов на 8–12 %.

Внесение удобрений в основном способствовало обеднению плодов, особенно *V. angustifolium*, дубильными веществами на 7–26 %, по сравнению с контролем. Лишь на фоне совместного внесения Бактопина и сухого препарата АМГ у обоих межвидовых гибридов отмечено усиление накопления дубильных веществ, более выраженное у сорта *Northcountry*, у которого подобный эффект имел место также при внесении жидкого препарата АгроМик.

Таким образом, в близких к средней климатической норме погодных условиях вегетационного периода, несмотря на отчетливые генотипические различия в степени влияния удобрений на биохимический состав плодов исследуемых таксонов голубики, установлена явная общность доминирующих тенденций в изменении темпов накопления отдельных соединений. Так, и у *V. angustifolium*, и у обоих межвидовых гибридов наблюдалось преимущественное обеднение плодов свободными органическими, аскорбиновой и гидроксикоричными кислотами, собственно антоцианами и дубильными веществами при существенном улучшении их вкусовых свойств. Вместе с тем однотипный характер преобладающих тенденций в изменении содержания ряда соединений при внесении удобрений прослеживался не во всех случаях. К примеру, обогащение плодов пектинами, как и обеднение лейкоантоцианами, отмечено только у межвидовых гибридов голубики, тогда как у узколистного вида наблюдалась противоположная картина. При этом снижение в них содержания флавонолов имело место только у *V. angustifolium* и сорта *Northblue* при доминировании накопительных тенденций у сорта *Northcountry*, у которого, как и у *V. angustifolium*, была показана активизация биосинтеза растворимых сахаров, тогда как у сорта *Northblue* отмечено их ингибирование. Тем не менее выявленные генотипические различия в изменении темпов накопления в плодах отдельных компонентов Р-витаминного комплекса при внесении удобрений не повлияли на общую для всех таксонов голубики тенденцию снижения суммарного содержания и антоциановых пигментов, и биофлавоноидов в целом. При этом относительные различия с контролем

количественных характеристик биохимического состава плодов, в зависимости от генотипа растений и вида удобрений, варьировались в диапазоне от 2 до 142 % при максимальных значениях у всех таксонов голубики для показателя сахарокислотного индекса.

На фоне менее благоприятных погодных условий вегетационного периода 2018 г., характеризовавшегося аномально высокими температурами воздуха при дефиците атмосферных осадков, влияние испытываемых агроприемов на количественные характеристики биохимического состава плодов голубики было весьма неоднозначным (см. табл. 2). У всех таксонов в большинстве вариантов опыта подтвердились выявленные годом ранее закономерности в характере различий с контролем в содержании в плодах действующих веществ, однако степень их выразительности оказалась иной, особенно у показателя сахарокислотного индекса и содержания пектиновых веществ.

Исключением из этого правила явилась смена ориентации данных различий у обоих межвидовых гибридов в содержании в плодах основных групп биофлавоноидов, особенно антоциановых пигментов. Так, если в предыдущем сезоне внесение и микробных, и особенно минеральных удобрений оказывало ингибирующее действие на биосинтез последних, то на фоне экстремальных погодных условий второго сезона испытывавшиеся агроприемы способствовали существенной активизации данного процесса, что подтверждалось превышением контрольных значений параметров общего накопления данных соединений на 24–71 % у сорта *Northcountry* и на 13–41 % у сорта *Northblue*. На наш взгляд, это объясняется физиологической ролью данных биологически активных соединений, обеспечивающих дополнительную защиту генеративных органов сортовой голубики от стрессовых факторов среды, к которым, наряду с неблагоприятными погодными условиями сезона, можно отнести также испытываемые агроприемы. Внесение удобрений способствовало также существенному обогащению плодов сортовой голубики флавонолами, что подтверждалось увеличением различий с контролем в их содержании в первом случае до 8–47 % и до 8–24 % во втором. При этом, несмотря на неоднозначные тенденции в изменении параметров накопления в плодах катехинов, во всех вариантах опыта с внесением удобрений наблюдалось увеличение, по сравнению с контролем, общего количества в них биофлавоноидов на 18–62 % у сорта *Northcountry* и на 14–32 % у сорта *Northblue*. У *V. angustifolium* подобного эффекта не выявлено, несмотря на сокращение различий с контролем в содержании в плодах основных групп полифенолов, на фоне сохранения доминирующих тенденций в характере выявленных различий.

Вместе с тем для узколистной голубики отставание вариантов опыта с использованием микробных удобрений от контроля в содержании гидроксикоричных кислот, установленное в предыдущем сезоне, в 2018 г. сменилось более активным (на 5–15 %) их накоплением при полном нивелировании подобных различий в варианте с внесением $N_{16}P_{16}K_{16}$ (см. табл. 2). Подобная картина смены ориентации различий с контролем вариантов с использованием микробных удобрений наблюдалась также и у сорта *Northblue* для содержания в плодах аскорбиновой кислоты. Как видим, погодные условия вегетационного периода оказывали заметное влияние на изменение количественных характеристик биохимического состава плодов голубики, особенно Р-витаминов, под действием удобрений, что наиболее выразительно проявилось у межвидовых гибридов.

В соответствии с методическим подходом [16], принятым нами для исследования ответной реакции растений голубики на внесение удобрений, за два года наблюдений было осуществлено повариантное суммирование относительных размеров положительных и отрицательных различий с контролем 14 характеристик биохимического состава плодов (табл. 3). По величине амплитуды выявленных различий можно было судить о степени влияния каждого испытываемого агроприема на интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов, тогда как на основании кратного размера соотношения позитивных и негативных сдвигов в их биохимическом составе можно было дать оценку выявленным в нем изменениям в ту или иную сторону, приняв за 1 контрольный вариант опыта.

Как видим, в близких к средней климатической норме условиях сезона 2017 г. растения *V. angustifolium* характеризовались существенно большей амплитудой выявленных сдвигов, по сравнению с межвидовыми гибридами, что свидетельствовало о большей восприимчивости биохимического состава плодов узколистного вида к действию удобрений. При этом у него в большинстве вариантов опыта с удобрениями было показано доминирование отрицательных сдвигов относительно контроля, что свидетельствовало о заметном снижении интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов. Это подтверждалось также отрицательными значениями совокупного эффекта в пределах от 29 до 157 %, наиболее значительными на фоне совместного внесения жидкого препарата Бактопин и сухого микоризного удобрения АМГ. Только в единичном случае – в варианте с внесением 10 %-ного раствора удобрения МаКлоР в сочетании с сухим микоризным удобрением АМГ – имело место существенное (в 1,6 раза) улучшение совокупности качественных характеристик плодов по сравнению с контролем. В соответствии со снижением кратного размера соотношения положительных и отрицательных сдвигов

в биохимическом составе плодов *V. angustifolium* под действием удобрений варианты полевого опыта были расположены в последовательности: **2 > Контроль > 3 > 6 > 4 > 5** при расхождении крайних позиций по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов в **3,9 раза**. Наряду с явно лидирующим в улучшении качественного состава плодов 2-го варианта опыта, довольно успешным в этом плане и лишь незначительно уступавшим контролю следовало признать 3-й вариант с использованием 50 %-ного раствора жидкого удобрения МаКлоР.

Таблица 3

Различия с контролем вариантов полевого опыта с внесением удобрений по биохимическому составу плодов голубики в годы исследований, %

Table 3

Differences in the biochemical composition of the fruit of blueberry field experience options with the introduction of fertilizers with control in the years of research

Вариант опыта	Относительные различия, %				
	положительные	отрицательные	амплитуда	положительные ÷ отрицательные	совокупный эффект
<i>V. angustifolium</i>					
2017 г.					
2	158,4	97,3	255,7	1,63	+61,1
3	115,9	145,1	261,0	0,80	-29,2
4	174,7	255,7	430,4	0,68	-81,0
5	111,9	268,7	380,6	0,42	-156,8
6	182,0	256,8	438,8	0,71	-74,8
2018 г.					
2	121,6	57,8	179,4	2,10	+63,8
3	101,9	40,8	142,7	2,50	+61,1
4	116,6	126,0	242,6	0,93	-9,4
5	179,7	136,6	316,3	1,32	+43,1
6	174,4	87,9	262,3	1,98	+86,5
Сорт Northcountry					
2017 г.					
2	112,2	86,1	198,3	1,30	+26,1
3	91,0	71,7	162,7	1,27	+19,3
4	179,9	27,4	207,3	6,57	+152,5
5	157,1	38,7	195,8	4,06	+118,4
6	140,0	139,8	279,8	1,00	+0,2
2018 г.					
2	171,0	67,5	238,5	2,53	+103,5
3	255,0	79,1	334,1	3,22	+175,9
4	337,8	41,9	379,7	8,06	+295,9
5	156,1	38,2	194,3	4,09	+117,9
6	430,2	30,6	460,8	14,06	+399,6
Сорт Northblue					
2017 г.					
2	67,4	136,4	203,8	0,50	-69,0
3	12,5	119,3	131,8	0,11	-106,8
4	62,0	158,6	220,6	0,39	-96,6
5	33,1	33,7	66,8	0,98	-0,6
6	102,8	137,7	240,5	0,75	-34,9

Окончание табл. 3

Ending table 3

2018 г.					
2	232,9	58,1	291,0	4,01	+174,8
3	233,2	29,4	262,6	7,93	+203,8
4	164,4	53,8	218,2	3,06	+110,6
5	214,3	38,4	252,7	5,58	+175,9
6	260,6	45,4	306,0	5,74	+215,2

У межвидовых гибридов голубики на фоне погодных условий сезона 2017 г. были установлены противоположные друг другу тенденции в трансформации биохимического состава плодов под действием удобрений – доминирование позитивных изменений относительно контроля у сорта *Northcountry* и негативных у сорта *Northblue*, у которого наблюдалось заметное сходство с узколиственным видом в характере ответной реакции на испытываемые агроприемы. Как следует из табл. 3, у первого гибрида практически во всех вариантах опыта с внесением удобрений отмечено увеличение питательной и витаминной ценности плодов в 1,3–6,6 раза (по сравнению с контролем) при положительном совокупном эффекте в диапазоне от 26 до 153 %, наибольшем в двух вариантах опыта – при совместном внесении препаратов Бактопин и АМГ и особенно значительном при использовании жидкого препарата АгроМик. При этом для *V. angustifolium* данные варианты опыта оказались наименее результативными в рамках эксперимента. Обращает на себя внимание, что внесение $N_{16}P_{16}K_{16}$ практически не повлияло на интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов сорта *Northcountry*, поскольку соотношение разноориентированных сдвигов в их биохимическом составе было равно 1.

В соответствии со снижением данного соотношения варианты полевого опыта были расположены в нижеприведенной последовательности: $4 > 5 > 2 = 3 > 6 =$ **Контроль** при расхождении крайних позиций по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов в **6,6 раза**. Поскольку для сорта *Northblue* было показано доминирование отрицательных изменений в биохимическом составе плодов под действием удобрений, то соотношение в нем позитивных и негативных сдвигов относительно контроля варьировалось в рамках эксперимента в диапазоне от 0,11 до 0,98 при величине совокупного отрицательного эффекта от 35 до 107 % (см. табл. 3). В соответствии со снижением данного соотношения варианты полевого опыта были расположены в последовательности: **Контроль** = $5 > 6 > 2 > 4 > 3$ при расхождении крайних позиций по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов в **8,9 раза**. Как видим, наиболее высоким, практически сопоставимым с контролем, данный показатель оказался при совместном внесении жидкого препарата Бактопин и сухого микоризного удобрения АМГ. Заметим, что этот агроприем был весьма результативным и для сорта *Northcountry*, что при подтверждении данного эффекта в многолетних исследованиях позволило бы рекомендовать его для получения высококачественной ягодной продукции у обоих межвидовых гибридов. Вместе с тем у всех опытных таксонов голубики наиболее значительные изменения в биохимическом составе плодов, оцениваемых по величине амплитуды сдвигов в ту и другую сторону относительно контроля, установлены в двух вариантах опыта – с внесением жидкого препарата АгроМик и с внесением полного минерального удобрения.

Как было показано выше, на фоне экстремальных погодных условий жаркого и засушливого сезона 2018 г. были выявлены существенные различия с предыдущим сезоном в трансформации биохимического состава плодов голубики под действием испытываемых агроприемов, что отразилось и на величине результирующих показателей, приведенных в табл. 3. В частности, у *V. angustifolium* отмечено ослабление влияния удобрений на совокупность анализируемых признаков, подтверждаемое смещением границ диапазона варьирования амплитуды положительных и отрицательных сдвигов относительно контроля в область более низких значений – до 142,7–316,3 % против 255,7–438,8 % в предыдущем сезоне при наибольшем значении данного показателя в 5 варианте опыта с совместным внесением препаратов Бактопин и АМГ. При этом, в отличие от предыдущего сезона, в котором почти все испытываемые агроприемы оказывали негативное влияние на качество плодов данного вида голубики, в условиях сезона 2018 г. в большинстве вариантов опыта с внесением удобрений суммарная величина положительных сдвигов в 1,3–2,5 раза превосходила отрицательные результаты при изменении размера совокупного эффекта от +43,1 до +86,5 %. Это однозначно указывало на улучшение качественного состава плодов по сравнению с контролем. Только в единичном случае – на фоне внесения жидкого препарата АгроМик – соотношение совокупностей разноориентированных различий с последним было ниже 1. Тем не менее последовательность вариантов опыта в порядке снижения данного показателя отличалась заметным сходством

с установленной в предыдущем сезоне – $3 > 2 > 6 > 5 > \text{Контроль} > 4$ при расхождении крайних позиций по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов в **2,7 раза**. Как видим, лидирующее положение в приведенном ряду, как и годом ранее, принадлежало вариантам с внесением 50 %-ного раствора жидкого удобрения МаКлоР, а также его 10 %-ного раствора в сочетании с сухим микоризным удобрением АМГ. Наиболее высокая эффективность данных агроприемов в плане улучшения качественного состава плодов *V. angustifolium* в контрастные по гидротермическому режиму сезоны позволяет их рекомендовать при плантационном выращивании данного вида на выработанных торфяниках верхового типа, тогда как наименее результативным следовало признать применение жидкого препарата АгроМик, а также жидкого препарата Бактопин в сочетании с сухим микоризным удобрением АМГ. При этом позитивное влияние на качество плодов полного минерального удобрения уступало таковому у наиболее эффективных микробных препаратов в 1,1–1,3 раза.

В отличие от *V. angustifolium*, у обоих межвидовых гибридов голубики в условиях сезона 2018 г. наблюдалось не ослабление, а усиление влияния испытываемых агроприемов, особенно при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$, на биохимический состав плодов, что подтверждалось заметным смещением границ диапазона варьирования амплитуды разноориентированных различий с контролем в область более высоких значений, по сравнению с предыдущим сезоном – до 194,3–460,8 % у сорта *Northcountry* и до 218,2–306,0 % у сорта *Northblue* (см. табл. 3). Вместе с тем у обоих гибридов во всех без исключения вариантах опыта с внесением удобрений кратный размер соотношения данных различий, а следовательно, и интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов оказался существенно выше, чем в контроле, в 2,5–14,1 раза у сорта *Northcountry* и в 3,1–7,9 раза у сорта *Northblue*. Это однозначно свидетельствовало о значительном, причем более выраженном, чем у *V. angustifolium*, позитивном влиянии на данный показатель всех испытываемых агроприемов. При этом в соответствии со снижением указанного соотношения у сорта *Northcountry* варианты полевого опыта располагались следующим образом: $6 > 4 > 5 > 3 > 2 > \text{Контроль}$ при расхождении крайних позиций в приведенном ряду в **5,6 раза**. Подобная последовательность вариантов опыта для сорта *Northblue* была несколько иной: $3 > 6 = 5 > 2 > 4 > \text{Контроль}$ при менее значительном, нежели у сорта *Northcountry*, расхождении в ней крайних позиций в **2,6 раза**.

Следует отметить, что как и в предыдущем сезоне, сорт *Northcountry* характеризовался более значительными, по сравнению с сортом *Northblue*, позитивными изменениями интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов при внесении удобрений с более выраженными межвариантными различиями данных изменений. Вместе с тем, на фоне выявленных сортовых различий в приведенных рядах улавливалась определенная общность тенденций, состоящая в существенном усилении, по сравнению с предыдущим сезоном, эффективности полного минерального удобрения, особенно у сорта *Northcountry*, у которого она превышала показатели с применением бактериальных удобрений в 1,7–5,6 раза.

Однако в связи с тем, что использование данного вида удобрений не позволяет получать экологически чистую продукцию, то основное внимание в настоящих исследованиях было уделено микробным удобрениям, результативность которых в этом сезоне также оказалась выше, чем в предыдущем. При этом у сорта *Northcountry* наиболее высоким качеством плодов, оцениваемым по совокупности характеристик биохимического состава и превышавшим контрольный уровень в 4,1 и 8,1 раза, были отмечены 5-й и особенно 4-й варианты опыта с совместным внесением препаратов Бактопин и АМГ в первом случае и жидкого препарата АгроМик – во втором. Заметим, что весьма близкая этой картина наблюдалась и в предыдущем сезоне при ином сочетании погодных условий (см. табл. 3). На наш взгляд, устойчивый по годам характер ответной реакции растений на использование данных агроприемов позволяет рекомендовать их при выращивании сорта *Northcountry* на рекультивируемых площадях выработанных торфяных месторождений.

У сорта *Northblue* столь же значительным, как и у сорта *Northcountry*, увеличением интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов относительно контроля (в 5,6 и 7,9 раза) характеризовались 5-й и особенно 3-й варианты опыта с совместным внесением препаратов Бактопин и АМГ в первом случае и 50 %-ного раствора жидкого удобрения МаКлор во втором. Заметим, что в предыдущем сезоне с несколько пониженным температурным фоном второй агроприем был наименее результативным в эксперименте, что указывает на существенную зависимость ответа растений на его применение от погодных условий вегетационного периода. Это позволяет предположить, что внесение препарата МаКлор в 50 %-ной концентрации может способствовать существенному улучшению качественного состава плодов сорта *Northblue* лишь в жаркие и засушливые сезоны. Вместе с тем за два года наблюдений высокой эффективностью в этом плане, как и у сорта *Northcountry*, характеризовался 5-й вариант опыта с совместным внесением препаратов Бактопин и АМГ. Это однозначно указывает на целесообразность использования данного агроприема при выращивании

сортовой голубики на рекультивируемых площадях торфяных месторождений, выбывших из промышленной эксплуатации.

Заключение

В результате сравнительного двухлетнего исследования в опытной культуре на выработанном участке торфяного месторождения верхового типа ответной реакции представителей двух основных видов рода *Vaccinium* – *V. angustifolium* и межвидовых гибридов *V. angustifolium* × *V. corymbosum* (*Northcountry*, *Northblue*) на внесение полного минерального ($N_{16}P_{16}K_{16}$) и микробных удобрений – МаКлоР, АгроМик и Бактопин при дифференцированном и совместном применении установлено следующее:

- Применение и микробных, и минеральных удобрений в большинстве случаев способствовало активизации накопления сухих веществ, растворимых сахаров и пектинов в плодах *V. angustifolium* и сорта *Northblue*, по сравнению с контролем, и заметному ингибированию биосинтеза в них титруемых кислот, на что указывало снижение их содержания, относительно первого варианта на 40–50 % у узколистного вида и на 8–37 % у сорта *Northblue*. В результате этого значения их сахарокислотного индекса во 2-м (особенно в 4-м и 6-м вариантах опыта) оказались на 44–58 % выше, чем в контроле. Это позволяет заключить, что независимо от генотипа растений голубики, наиболее выраженное позитивное влияние на содержание в плодах растворимых сахаров и их вкусовые свойства оказывало внесение жидкого препарата АгроМик и полного минерального удобрения.

- В условиях жаркого и засушливого сезона для всех таксонов голубики, особенно для межвидовых гибридов, показано усиление позитивного влияния микробных удобрений на содержание в плодах основных групп биофлавоноидов, особенно антоциановых пигментов, что подтверждалось превышением контрольных значений параметров общего накопления данных соединений на 24–71 % у сорта *Northcountry* и на 13–41 % у сорта *Northblue*. На наш взгляд, это объясняется физиологической ролью этих биологически активных соединений, обеспечивающих дополнительную защиту генеративных органов сортовой голубики от стрессовых факторов среды, к которым, наряду с неблагоприятными погодными условиями сезона, можно отнести также испытываемые агроприемы.

- Для *V. angustifolium* установлено наиболее значительное увеличение интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов в 1,3–2,5 раза относительно контроля на фоне внесения 50 %-ного раствора препарата МаКлоР, а также его 10 %-ного раствора в сочетании с АМГ. У сортовой голубики при увеличении данного показателя в 2,5–14 раз наиболее результативным было совместное внесение препарата Бактопин в сочетании с сухим микоризным удобрением АМГ.

Библиографические ссылки

1. Дятлова К. Д. Микробные препараты в растениеводстве // Соросовский образоват. журн. 2001. Т. 7, № 5. С. 17–22.
2. Петров В. Б., Чеботарь В. К. Микробиологические препараты – базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 11–15.
3. Завалин А. А., Чеботарь В. К. Биологизация минеральных удобрений как способ повышения эффективности их использования // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 45–48.
4. Аллахвердиев С. Р., Минькова Н. О., Ярыгин Д. В. и др. Эффективные микроорганизмы и экологичное растениеводство // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2013. № 1 (14). С. 3–7.
5. Алещенко З. М. Микробные удобрения для стимуляции роста и развития растений // Наука и инновации. 2015. № 8 (150). С. 66–67.
6. Соловьева Е. А., Савциц Т. Л., Алещенко З. М. и др. Микробный препарат АгроМик для стимуляции роста и развития тритикале // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. Минск, 2013. С. 331–342.
7. Сержанов И. М., Шайхутдинов Ф. Ш., Нуриев С. Ш. и др. Влияние биологических удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях северной части лесостепи // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 9. С. 29–31.
8. Стемпоржецкий Е. А., Воронкова Н. А. Эффективность применения минеральных и бактериальных удобрений при возделывании гороха на черноземных почвах Западной Сибири // Вест. Алтай. гос. аграр. ун-та. 2009. № 6 (56). С. 26–30.
9. Masliyov S. V. Influence of biologics on growth, development and yield of popcorn // Bulletin of Poltava State Agrarian Academy. 2015. № 3. P. 58–61.
10. Марсов Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники : дис. ... канд. фарм. наук. Пермь, 2006.
11. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2-82. Введен 01.01.1983. М., 1982.
12. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. М., 1987. Вып. 1. Общие методы анализа. С. 286–287.
13. Скорикова, Ю. Г., Шафтан Э. А. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах // Тр. 3 Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. Свердловск. 1968. С. 451–461.
14. Чупахина, Г. Н., Масленников П. В. Методы анализа витаминов. Калининград, 2004.
15. Swain T., Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents // J. Sci. Food Agric. 1959. Vol. 10. № 1. P. 63–68.

16. Способ ранжирования таксонов растения: пат. ВУ 7648 / Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, А. П. Яковлев; опубл. 08.07.2013.
17. Шмерко Е. П., Мазан И. Ф. Лечение и профилактика растительными средствами. Баку, 1992.

References

1. Dyatlova K. D. [Microbial preparations in plant growing]. *Soros Educational Journal*. 2001. Vol. 7. No 5. P. 17–22 (in Russ.).
2. Petrov V. B., Chebotar V. K. [Microbiological preparations as the basis element of intensive agrotechnologies in crop production]. *Achievements of Science and Technology of AICis*. 2011. No 8. P. 11–15 (in Russ.).
3. Zavalin A. A., Chebotar V. K. [Biologization of mineral fertilizers as method for increasing of their efficiency]. *Achievements of Science and Technology of AICis*. 2012. No 9. P. 45–48 (in Russ.).
4. Allahverdiev S. R., Minkova N. O., Yarygin D. V., et. al. [Effective microorganisms and ecological pure crop production]. *Theoretical and applied problems of agro-industry*. 2013. No 1 (14). P. 3–7 (in Russ.).
5. Aleshchenkova, Z. M. [Microbial of fertilizing for stimulation of growth and development of plants]. *Science and Innovations*. 2015. No 8 (150). P. 66–67 (in Russ.).
6. Solovyova, A. A., Savchitz T. L., Aleschenkova Z. M., et. al. [Microbial AgroMic preparation for stimulation of growth and development of triticale]. *Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects*: coll. sci. tr. Minsk, 2013. P. 331–342 (in Russ.).
7. Serzhanov I. M., Shaykhtudinov F. Sh., Nuriev S. Sh., et. al. [Effectiveness of biological fertilizer on yield and quality of grain of spring wheat in the northern part of steppe]. *Achievements of Science and Technology of AICis*. 2013. No 9. P. 29–31 (in Russ.).
8. Stemporzhetsky E. A., Voronkova N. A. [Efficiency of application of mineral and bacterial fertilizers in the cultivation of peas on black soil in Western Siberia]. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2009. No 6 (56). P. 26–30 (in Russ.).
9. Masliyov S. V. [Influence of biologics on growth, development and yield of popcorn]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2015. No 3. P. 58–61.
10. Marsov N. G. Phytochemical study and biological activity of lingonberries, cranberries and blueberries ; dis. ... of PhD (pharmaceuty). Perm. 2006 (in Russ.).
11. [Methods for determination of solids] : GOST 8756.2-82. Introd 01.01.1983. Moscow : Publishing house Standartinform, 1982 (in Russ.).
12. [Determination of the content of tannins in medicinal plant raw materials]. *State Pharmacopoeia of the USSR*. Moscow, 1987. Issue 1. *General methods of analysis*. P. 286–287 (in Russ.).
13. Skorikova, Yu.G., Shaftan E.A. [Method for Determining Anthocyanins in Fruits and Berries]. *Proceedings of the 3rd Workshop on Biologically Active (medicinal) Substances of Fruits and Berries*. Sverdlovsk. 1968. P. 451–461 (in Russ.).
14. Chupakhina, G. N., Maslennikov P. V. [Methods for analyzing vitamins: Laboratory course]. Kaliningrad, 2004 (in Russ.).
15. Swain T., Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domenstica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric*. 1959. Vol. 10. No 1. P. 63–68.
16. [Method of ranking plant taxa]: pat. 17648 BY / Zh. A. Rupasova, V. N. Reshetnikov, A. P. Yakovlev; publ. 08.07.2013 (in Russ.).
17. Shmerko E. P., Mazan I. F. [Treatment and prevention with herbal remedies]. Baku, 1992 (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 03.02.2019.
Received by editorial board 03.02.2019.