

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И МИКРОБНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ ГОЛУБИКИ
НА ВЫРАБОТАННОМ ТОРФЯНИКЕ ВЕРХОВОГО ТИПА
НА СЕВЕРЕ БЕЛАРУСИ**

Ж. А. РУПАСОВА¹, А. П. ЯКОВЛЕВ², В. Н. РЕШЕТНИКОВ¹, Э. И. КОЛОМИЕЦ²,
З. М. АЛЕЩЕНКОВА², Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ¹, Т. М. КАРБАНОВИЧ³,
А. А. ЯРОШУК¹, Л. В. ГОНЧАРОВА¹

¹ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь,
e-mail: rupasova@basnet.by;

²ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси»,
ул. Акад. Купревича, 2, г. Минск, 220141, Беларусь,
e-mail: microbio@mbio.bas-net.by;

³Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь,
ул. Кирова, 15, г. Минск, 220030, Беларусь

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты двухлетнего сравнительного исследования в опытной культуре на рекультивируемом участке торфяной выработки верхового типа на севере Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму сезоны особенностей формирования фенольного комплекса плодов *V. angustifolium* и межвидовых гибридов (*V. angustifolium* × *V. corymbosum*) *Northcountry* и *Northblue* на фоне внесения полного минерального и отечественных микробных удобрений МакЛор, АгроМик и Бактопин при дифференцированном и совместном применении. Показано, что в погодных условиях вегетационного периода, близких к средней многолетней норме, испытываемые агроприемы способствовали выраженному в разной степени, в зависимости от генотипа растений и вида удобрений, преимущественному обеднению плодов голубики дубильными веществами и биофлавоноидами, наиболее существенному при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$, сопровождавшемуся усилением накопления восстановленных групп полифенолов (лейкоантоцианов и катехинов) при ингибировании такового окисленных форм (собственно антоцианов и флавонолов). Жаркая и сухая погода способствовала обогащению плодов сортовой голубики дубильными веществами и обеднению таковых *V. angustifolium* антоциановыми пигментами и катехинами при их обогащении флавонолами. Для межвидовых гибридов показана преимущественная активизация биосинтеза антоциановых пигментов, наиболее значительная на фоне внесения удобрений и обусловившая увеличение их относительной доли в составе Р-витаминного комплекса, особенно при совместном внесении препаратов АгроМик и МакЛор в 10%-ной концентрации.

Ключевые слова: выработанный торфяник, голубика, микробные удобрения, плоды, фенольные соединения, Р-витамины, антоциановые пигменты, катехины, флавонолы, дубильные вещества, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее эффективных приемов возвращения в хозяйственный оборот земель, нарушенных добычей торфа, является их фиторекультивация на основе создания локальных агроценозов ягодных растений сем. *Ericaceae*, в том числе чрезвычайно популярных у населения Беларуси интродуцентов из рода *Vaccinium* – *V. corymbosum* L. (голубика высокорослая) и *V. angustifolium* L. (голубика узколистная). Вместе с тем, как показал практический опыт, повышение плодородия выработанных торфяных месторождений с помощью средств химизации недостаточно эффективно. Это обусловлено значительными затратами на приобретение и внесение дорогостоящих минеральных удобрений, что увеличивает себестоимость конечной продукции и приводит к загрязнению окружающей среды вредными веществами.

В соответствии с принятым в ноябре 2018 г. в Республике Беларусь Законом «О производстве и обращении органической продукции», подписанном Главой государства А. Г. Лукашенко, существенно ужесточаются требования к качеству экологически чистой растениеводческой продукции, при производстве которой запрещено использование любых химических средств, в том числе минеральных удобрений. Наиболее перспективным агроприемом при выращивании го-

лубики на выработанных торфяниках представляется использование растительно-микробных ассоциаций, способствующих активизации микробиологических и биохимических процессов в малоплодородном и сильноокислом остаточном слое торфяной залежи. При этом будет обеспечено не только введение их в органическое земледелие, но и получение экологически чистой, экспортоориентированной высоковитаминной ягодной продукции. Экологические преимущества микробных препаратов неоспоримы, поскольку позволяют снижать химическую нагрузку на субстрат за счет биологических механизмов стимуляции ростовых и биопродукционных процессов, минерального питания и защиты растений. По мнению зарубежных исследователей (Израиль, Италия, Китай, США), микробные препараты способны повышать урожайность сельскохозяйственных культур в среднем на 15–20 % и могут играть определяющую роль в органическом земледелии и производстве продукции для детского и диетического питания. В настоящее время в Институте микробиологии НАН Беларуси в рамках ГНТП «Промышленные биотехнологии» уже создан ряд высокоэффективных микробных удобрений на основе ассоциативных азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий, положительно влияющих на развитие сельскохозяйственных культур [1, 2]. Вместе с тем до настоящего времени не было проведено комплексных испытаний микробных препаратов на ягодных растениях рода *Vaccinium* в специфических условиях произрастания на выработанных торфяниках, характеризующихся чрезвычайно низким уровнем плодородия и сильноокислой реакцией почвенного раствора.

Общеизвестно, что плоды голубики весьма богаты витаминами, углеводами, органическими кислотами, терпеноидами, но их основная ценность заключается в чрезвычайно высоком содержании биофлавоноидов (Р-витаминов), относящихся к растительным фенолам (полифенолам) и оказывающих на организм человека разностороннее физиологическое действие. Они уменьшают ломкость кровеносных сосудов, предотвращают подкожные кровоизлияния, обладают высокой антиоксидантной и противоопухолевой активностью, а также противовоспалительным, желчегонным, диуретическим, спазмолитическим, гипотензивным, антиаритмическим, седативным, антибактериальным, противовирусным и фунгицидным действием [3]. При этом наиболее выраженным лечебно-профилактическим эффектом характеризуются антоциановые пигменты, катехины и флавонолы. К примеру, антоцианы способны образовывать выводимые из организма комплексы с ионами радиоактивных элементов, что особенно важно для нашей республики в постчернобыльской ситуации. Катехины обладают мощной Р-витаминной активностью и повышают устойчивость антоцианов, тогда как флавонолы оказывают стабилизирующее влияние на витамин С, что исключительно выгодно в плане продления витаминной активности растительных продуктов. Значительный комплекс полезных свойств присущ также природным дубильным веществам, являющимся полимерными фенольными соединениями, широко используемыми при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, благодаря их защитному действию от химических, биологических и механических раздражителей.

С целью установления особенностей формирования Р-витаминного комплекса плодов голубики на фоне внесения удобрений в 2017–2018 гг. в условиях опытной культуры на рекультивируемом участке торфяной выработки верхового типа в Докшицком районе Витебской области было проведено сравнительное исследование влияния полного минерального и трех видов отечественных микробных удобрений – МаКлор, АгроМик, Бактопин – при дифференцированном и совместном применении на фенольный комплекс плодов интродуцированных таксонов голубики. В исследованиях были использованы следующие виды микробных удобрений:

– **Бактопин**, основой которого являются азотфиксирующий штамм *Rahnella aquatilis* E10, фосфатмобилизирующий штамм *Pseudomonas putida* П2/1, арбускулярно-микоризные грибы (АМГ) рода *Glomus* и продукты их метаболизма. Данный препарат интенсифицирует процесс биологической фиксации азота и биологической трансформации фосфора. По сравнению с химическими синтезированными стимуляторами роста растений и минеральными удобрениями он экологически безопасен и рентабелен;

– **АгроМик**, основой которого являются азотфиксирующий штамм *Rhizobium rhizogenes* 17, фосфатмобилизирующий штамм *Pseudomonas lini* 10SK и АМГ рода *Glomus*. Как и предыдущий

препарат, он интенсифицирует процесс биологической фиксации азота, повышает урожайность, устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, улучшает качество продукции, обеспечивает частичную замену минеральных азотных и фосфорных удобрений. Сухая форма данного микробного удобрения является препаратом **АМГ**;

– **МаКлоР** создан специально для обработки почвы, а также корневой системы микроклональных и вегетирующих растений рода *Vaccinium*. Его основой являются азотфиксирующие бактерии и АМГ, входящие в состав препарата, активно размножающиеся на поверхности неразвитой корневой системы микроклональных растений и способствующие накоплению биологического азота и фосфора, что активизирует процессы ризогенеза, роста и развития растений.

Экспериментально установлено, что все без исключения микробные препараты позволяют получать экологически чистую продукцию. Они не фитотоксичны, безвредны для человека, животных и полезных насекомых.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследований использовали отборные формы голубики узколистной *V. angustifolium* и межвидовые гибриды (*V. angustifolium* × *V. corymbosum*) *Northcountry* и *Northblue*. Полевые опыты были заложены на участке сильнокислого ($\text{pH}_{\text{КСИ}} - 2,8$), 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 3-кратной повторности и предусматривала 2-кратное за сезон (в мае и июне) луночное внесение удобрений:

1-й вариант – контроль, без внесения удобрений;

2-й вариант – 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/растение;

3-й вариант – внесение 50%-ного раствора жидкого удобрения МаКлор (0,5 л/растение);

4-й вариант – внесение жидкого препарата АгроМик (0,5 л/растение);

5-й вариант – внесение жидкого препарата Бактопин (0,5 л/растение) в сочетании с сухим микоризным удобрением АМГ (20 г на 100 л рабочего раствора, или 0,1 г/растение);

6-й вариант – внесение в почву НРК 16 : 16 : 16 кг/га д. в., или 5 г/растение.

В каждом варианте опыта было высажено по 18 растений голубики.

В период плодоношения опытных растений в высушенных при температуре 60 °С пробах плодов повариантно определяли суммарное содержание: дубильных веществ – титриметрическим методом Левенталя [4], антоциановых пигментов – по методу Т. Swain, W. E. Hillis [5], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [6]; собственно антоцианов и катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [7, 8]; флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [9]. Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Годы исследований характеризовались выраженными контрастами погодных условий вегетационного периода. Так, в период вегетации растений 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 снижении урожайности, что позволяет охарактеризовать данный сезон как не совсем неблагоприятный

для полной реализации биологического потенциала опытных растений. Вегетационный период 2018 г. в отличие от предыдущего сезона на всем протяжении характеризовался аномально жаркой погодой с превышением на 18–76 % среднемноголетних температурных показателей при существенном дефиците атмосферных осадков, и лишь в июле их количество на 28 % превышало многолетнюю норму.

По нашим оценкам (табл. 1), в условиях сезона 2017 г. общее содержание Р-витаминов в сухой массе плодов наиболее богатого ими узколистного вида голубики варьировалось в рамках эксперимента от 13 199,8 до 20 062,7 мг/100 г при сумме антоциановых пигментов 8978,7–14 740,7 мг/100 г (в том числе собственно антоцианов – 4083,3–8820,0 мг/100 г, лейкоантоцианов – 4895,3–7140,0 мг/100 г), катехинов – от 1410,5 до 2002,0 мг/100 г, флавонолов – от 2368,9 до 3775,0 мг/100 г. У сорта *Northcountry* аналогичные диапазоны составляли: для суммы биофлавоноидов – 15 056,5–18 247,4 мг/100 г, антоциановых пигментов – 11 266,7–14 265,3 мг/100 г (из них собственно антоцианов – 7093,3–10 093,3 мг/100 г, лейкоантоцианов – 4108,0–5326,7 мг/100 г), катехинов – 1178,7–1291,3 мг/100 г, флавонолов – 2593,8–3073,9 мг/100 г. Диапазоны варьирования компонентов Р-витаминового комплекса плодов сорта *Northblue* охватывали области более низких значений, составлявших для суммы биофлавоноидов – 15 056,5–18 247,4 мг/100 г, антоциановых пигментов – 9828,0–12 770,3 мг/100 г (из них собственно антоцианов – 5366,7–7420,0 мг/100 г, лейкоантоцианов – 4125,3–5609,3 мг/100 г), катехинов – 1349,8–1683,5 мг/100 г, флавонолов – 2368,9–3194,2 мг/100 г.

Таблица 1. Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов четырехлетних растений голубики в опытной культуре в годы исследований

<i>V. angustifolium</i>								
2017 г.								
Вариант опыта	Биофлавоноиды, мг/100 г							
	собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины	
	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>
	1	2	3	4	5	6	7	8
1-й	8820,0 ± 80,8	–	5920,7 ± 23,1	–	14 740,7 ± 103,9	–	1547,0 ± 5,2	–
2-й	7420,0 ± 80,8	–12,2*	7140,0 ± 185,9	6,5*	14 560,0 ± 105,1	–1,2	2002,0 ± 26,3	17,0*
3-й	7140,0 ± 80,8	–14,7*	6388,7 ± 15,3	16,9*	13 528,7 ± 80,3	–9,2*	1759,3 ± 26,0	8,0*
4-й	4596,7 ± 23,3	–50,2*	6353,7 ± 114,3	3,7*	10 950,3 ± 132,2	–22,5*	1820,0 ± 52,5	5,2*
5-й	4083,3 ± 84,1	–40,6*	4895,3 ± 143,8	–7,0*	8978,7 ± 60,7	–47,9*	1607,7 ± 30,3	2,8*
6-й	4340,0 ± 80,8	–39,2*	6398,0 ± 24,2	14,3*	10 738,0 ± 105,1	–27,1*	1410,5 ± 26,3	–5,1*
Вариант опыта	Биофлавоноиды, мг/100 г							
	флавонолы		флавонолы + катехины		сумма биофлавоноидов		дубильные вещества, %	
	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_x$	<i>t</i>
	9	10	11	12	13	14	15	16
1-й	3775,0 ± 66,6	–	2,44 ± 0,03	–	20 062,7 ± 33,3	–	3,20 ± 0,01	–
2-й	3331,8 ± 66,6	–4,7*	1,67 ± 0,05	–12,9*	19 893,8 ± 149,7	–1,1	2,70 ± 0,06	–8,7*
3-й	2751,0 ± 132,4	–6,9*	1,56 ± 0,08	–9,8*	18 039,0 ± 116,0	–16,8*	2,95 ± 0,03	–8,7*
4-й	2368,9 ± 40,4	–18,0*	1,30 ± 0,03	–25,5*	15 139,3 ± 175,0	–27,6*	2,60 ± 0,06	–10,4*
5-й	2613,5 ± 70,0	–12,0*	1,63 ± 0,08	–9,8*	13 199,8 ± 66,3	–92,5*	2,65 ± 0,03	–19,1*
6-й	2644,0 ± 66,6	–12,0*	1,88 ± 0,08	–6,3*	14 792,5 ± 65,6	–71,6*	2,35 ± 0,03	–29,4*
2018 г.								
Вариант опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
1-й	6650,0 ± 80,8	–	5877,7 ± 145,8	–	12 527,7 ± 121,3	–	1228,5 ± 26,3	–
2-й	7140,0 ± 80,8	4,3*	5873,0 ± 95,3	0	13 013,0 ± 105,1	3,0*	1365,0 ± 26,3	3,7*
3-й	6463,3 ± 36,7	–2,9*	6125,0 ± 75,4	3,1*	12 588,3 ± 160,5	0,3	1410,5 ± 26,3	4,9*
4-й	4900,0 ± 80,8	–15,3*	4928,0 ± 95,3	–5,5*	9828,0 ± 105,1	–16,8*	1380,2 ± 44,7	2,8*
5-й	4830,0 ± 40,4	–20,1*	5058,7 ± 72,9	–5,0*	9888,7 ± 60,7	–19,5*	1365,0 ± 38,5	3,1*
6-й	5810,0 ± 80,8	–7,3*	6657,0 ± 161,5	3,6*	12 467,0 ± 105,1	–0,4	1380,2 ± 15,2	5,0*

Вариант опыта	9	10	11	12	13	14	15	16
1-й	3561,0 ± 11,4	–	2,90 ± 0,07	–	17 317,2 ± 118,9	–	4,75 ± 0,03	–
2-й	3698,6 ± 16,0	7,0*	2,71 ± 0,06	–2,0	18 076,6 ± 123,2	4,4*	4,25 ± 0,03	–12,2*
3-й	3484,6 ± 45,9	–1,6	2,47 ± 0,08	–4,1*	17 483,4 ± 154,0	0,9	4,55 ± 0,03	–4,9*
4-й	3331,8 ± 66,6	–3,4*	2,42 ± 0,12	–3,4*	14 539,9 ± 69,1	–20,2*	4,30 ± 0,01	–15,6*
5-й	3973,7 ± 15,3	21,7*	2,92 ± 0,11	0,1	15 227,3 ± 69,4	–15,2*	5,15 ± 0,03	9,8*
6-й	2903,8 ± 76,4	–8,5*	2,10 ± 0,05	–9,3*	16 751,0 ± 124,5	–3,3*	4,25 ± 0,03	–12,2*
Сорт Northcountry								
2 0 1 7 г.								
Вариант опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
1-й	9413,3 ± 26,7	–	4852,0 ± 8,0	–	14 265,3 ± 34,7	–	1178,7 ± 17,3	–
2-й	7240,0 ± 61,1	–32,6*	5326,7 ± 129,8	3,6*	12 566,7 ± 69,3	–21,9*	1230,7 ± 11,3	2,8*
3-й	9360,0 ± 46,2	–1,0	4108,0 ± 106,2	–7,0*	13 468,0 ± 60,0	–11,5*	1291,3 ± 22,9	3,9*
4-й	9426,7 ± 35,3	0,3	4214,7 ± 53,9	–11,7*	13 641,3 ± 34,7	–12,7*	1213,3 ± 10,2	2,9*
5-й	10 093,3 ± 26,7	18,0*	4137,3 ± 31,4	–22,0*	14 230,7 ± 34,7	–0,7	1239,3 ± 12,9	3,5*
6-й	7093,3 ± 26,7	–61,5*	4173,3 ± 73,7	–9,2*	11 266,7 ± 91,7	–30,6*	1196,0 ± 15,0	0,8
Вариант опыта	9	10	11	12	13	14	15	16
1-й	2803,4 ± 45,4	–	2,38 ± 0,02	–	18 247,4 ± 40,0	–	3,70 ± 0,01	–
2-й	2995,5 ± 31,5	3,5*	2,44 ± 0,05	1,1	16 792,9 ± 83,6	–15,7*	3,25 ± 0,03	–15,6*
4-й	3073,9 ± 46,5	4,2*	2,54 ± 0,03	2,9*	17 928,5 ± 52,8	–4,8*	4,25 ± 0,03	19,1*
5-й	2637,5 ± 17,5	–3,4*	2,13 ± 0,03	–6,9*	18 107,5 ± 48,3	–2,2	4,35 ± 0,03	22,5*
6-й	2593,8 ± 26,2	–4,0*	2,17 ± 0,01	–8,9*	15 056,5 ± 85,4	–33,8*	3,45 ± 0,03	–8,7*
2 0 1 8 г.								
Вариант опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
1-й	6673,3 ± 101,7		4792,7 ± 113,5		11 466,0 ± 105,1		1319,5 ± 3,2	
2-й	7140,0 ± 80,8	3,6*	7875,0 ± 116,4	19,0*	15 015,0 ± 52,5	30,2*	1243,7 ± 15,2	–4,9*
3-й	9170,0 ± 80,8	19,2*	7756,0 ± 95,3	20,0*	16 926,0 ± 105,1	36,7*	1471,2 ± 40,1	3,8*
4-й	9496,7 ± 46,7	25,2*	7611,3 ± 68,7	21,2*	17 108,0 ± 105,1	38,0*	1092,0 ± 52,5	–4,3*
5-й	8120,0 ± 80,8	11,1*	6076,0 ± 161,5	6,5*	14 196,0 ± 105,1	18,4*	1198,2 ± 15,2	–7,8*
6-й	11 526,7 ± 23,3	46,5*	8129,3 ± 85,7	23,5*	19 656,0 ± 105,1	55,1*	1365,0 ± 26,3	1,7
Вариант опыта	9	10	11	12	13	14	15	16
1-й	2644,0 ± 11,4		2,00 ± 0,01		15 429,5 ± 104,9		4,25 ± 0,03	
2-й	2414,8 ± 66,6	–3,4*	1,94 ± 0,06	–1,1	18 673,4 ± 79,1	24,7*	3,90 ± 0,01	–12,1*
3-й	3484,6 ± 52,9	15,5*	2,37 ± 0,09	4,1*	21 881,8 ± 84,1	48,0*	1,75 ± 0,03	–61,2*
4-й	3499,9 ± 61,1	13,8*	3,22 ± 0,11	10,7*	21 699,9 ± 199,4	27,8*	5,65 ± 0,03	34,3*
5-й	2858,0 ± 66,6	3,2*	2,39 ± 0,07	5,7*	18 252,2 ± 154,3	15,1*	4,75 ± 0,03	12,2*
6-й	3897,3 ± 52,9	23,1*	2,86 ± 0,08	10,2*	24 918,3 ± 69,4	75,4*	4,40 ± 0,02	3,9*
Сорт Northblue								
2 0 1 7 г.								
Вариант опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
1-й	7653,3 ± 46,7	–	5117,0 ± 81,3	–	12 770,3 ± 39,9	–	1683,5 ± 26,3	–
2-й	5856,7 ± 46,7	–27,2*	5609,3 ± 147,4	2,9*	11 466,0 ± 105,1	–11,6*	1410,5 ± 26,3	–7,3*
3-й	6766,7 ± 61,7	–11,5*	5002,7 ± 72,8	–1,0	11 769,3 ± 80,3	–11,2*	1349,8 ± 15,2	–11,0*
4-й	6370,0 ± 80,8	–13,8*	4125,3 ± 240,4	–3,9*	10 495,3 ± 160,5	–13,8*	1380,2 ± 40,1	–6,3*
5-й	7420,0 ± 23,1	–4,5*	4925,7 ± 81,5	–1,7	12 345,7 ± 60,7	–5,8*	1638,0 ± 52,5	–0,8
6-й	5366,7 ± 23,3	–43,8*	4461,3 ± 125,8	–4,4*	9828,0 ± 105,1	–26,2*	1622,8 ± 40,1	–1,3
Вариант опыта	9	10	11	12	13	14	15	16
1-й	2949,7 ± 30,6	–	1,75 ± 0,01	–	17 403,5 ± 26,3	–	3,40 ± 0,01	–
2-й	2720,4 ± 15,3	–6,7*	1,93 ± 0,04	4,4*	15 596,9 ± 132,2	–13,4*	3,20 ± 0,06	–3,5*
3-й	2598,2 ± 40,4	–6,9*	1,92 ± 0,01	9,2*	15 717,3 ± 131,7	–12,6*	2,45 ± 0,03	–32,9*
4-й	2368,9 ± 40,4	–11,5*	1,72 ± 0,06	–0,5	14 244,4 ± 212,6	–14,7*	2,70 ± 0,06	–12,1*
5-й	3194,2 ± 15,3	7,2*	1,95 ± 0,06	3,1*	17 177,9 ± 114,6	–1,9	2,95 ± 0,03	–15,6*
6-й	2598,2 ± 40,4	–6,9*	1,60 ± 0,02	–5,2*	14 049,0 ± 54,5	–55,4*	3,30 ± 0,06	–1,7

2018 г.								
Вариант опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
1-й	6601,0 ± 45,5	–	5320,0 ± 24,2	–	11 921,0 ± 52,5	–	1334,7 ± 15,2	–
2-й	10 523,3 ± 61,7	51,1*	6251,0 ± 128,4	7,1*	16 774,3 ± 109,4	40,0*	1258,8 ± 15,2	–3,5*
3-й	9963,3 ± 123,5	25,5*	6234,7 ± 186,5	4,9*	16 198,0 ± 105,1	36,4*	1274,0 ± 16,3	–3,3*
4-й	7420,0 ± 80,8	8,8*	6078,3 ± 93,4	7,9*	13 498,3 ± 80,3	16,4*	1547,0 ± 52,5	3,9*
5-й	7700,0 ± 80,8	11,8*	8134,0 ± 185,9	15,0*	15 834,0 ± 105,1	33,3*	1486,3 ± 30,3	4,5*
6-й	8540,0 ± 80,8	20,9*	6293,0 ± 116,4	8,2*	14 833,0 ± 52,5	39,2*	1622,8 ± 40,1	6,7*
Вариант опыта	9	10	11	12	13	14	15	16
1-й	2659,3 ± 24,4	–	1,99 ± 0,01	–	15 915,0 ± 71,9	–	3,60 ± 0,01	–
2-й	2934,4 ± 26,5	7,6*	2,33 ± 0,05	7,0*	20 967,6 ± 99,3	41,2*	3,35 ± 0,03	–8,7*
3-й	3285,9 ± 40,4	13,3*	2,58 ± 0,08	7,0*	20 757,9 ± 106,3	37,7*	4,90 ± 0,06	22,5*
4-й	3102,5 ± 66,6	6,2*	2,01 ± 0,10	0,2	18 147,9 ± 14,7	30,4*	4,55 ± 0,03	32,9*
5-й	2873,3 ± 66,6	3,0*	1,93 ± 0,03	–2,1	20 193,6 ± 14,7	58,3*	4,05 ± 0,03	15,6*
6-й	3102,5 ± 66,6	6,2*	1,92 ± 0,09	–0,9	19 558,4 ± 61,1	38,6*	3,75 ± 0,03	5,2*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Значительная ширина приведенных диапазонов варьирования обозначенных признаков свидетельствовала об их существенной зависимости от вида удобрений. Как следует из табл. 2, нетрудно убедиться, что усиление минерального питания способствовало ослаблению накопления биофлавоноидов в плодах исследуемых таксонов голубики. Наиболее выразительно это проявилось у *V. angustifolium*, для которой в большинстве вариантов опыта, особенно при совместном применении Бактопина и АгроМика, было показано снижение их общего количества на 10–34 % по сравнению с контролем. Лишь во 2-м варианте опыта совместное внесение препаратов АгроМик и МаклоР в 10%-ной концентрации не оказало достоверного влияния на содержание в плодах Р-витаминов. Намного слабее, чем у узколистного вида, проявилось негативное действие испытываемых агроприемов на накопление данных соединений в плодах межвидовых гибридов, особенно сорта *Northcountry*, у которого относительные размеры снижения их общего количества по сравнению с контролем составляли 2–18 %, тогда как у сорта *Northblue* – 10–19 %. Заметим, что и в том, и в другом случае наибольшие размеры данного снижения были установлены на фоне внесения $N_{16}P_{16}K_{16}$. В отличие от *V. angustifolium* у обоих сортов голубики не было выявлено достоверных различий с контролем в общем содержании в плодах биофлавоноидов в 5-м варианте опыта с применением Бактопина и АгроМика при весьма значительном их обеднении данными соединениями на фоне совместного внесения препаратов АгроМик и МаклоР в 10%-ной концентрации.

Таблица 2. Относительные различия с контролем вариантов полевого опыта с внесением удобрений по характеристикам биофлавоноидного комплекса плодов голубики в годы исследований, %

Показатель	Вариант опыта				
	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
<i>V. angustifolium</i>					
2017 г.					
Собственно антоцианы	–15,9	–19,1	–47,9	–53,7	–50,8
Лейкоантоцианы	+20,6	+7,9	+7,3	–17,3	+8,1
Сумма антоциановых пигментов	–	–8,2	–25,7	–39,1	–27,2
Катехины	+29,4	+13,7	+17,6	+3,9	–8,8
Флавонолы	–11,7	–27,1	–37,2	–30,8	–30,0
Сумма биофлавоноидов	–	–10,1	–24,5	–34,2	–26,3
Дубильные вещества	–15,6	–7,8	–18,8	–17,2	–26,6
2018 г.					
Собственно антоцианы	+7,4	–2,8	–26,3	–27,4	–12,6

Показатель	Вариант опыта				
	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Лейкоантоцианы	–	+4,2	–16,2	–13,9	+13,3
Сумма антоциановых пигментов	+3,9	–	–21,6	–21,1	–
Катехины	+11,1	+14,8	+12,3	+11,1	+12,3
Флавонолы	+3,9	–	–6,4	+11,6	–18,5
Сумма биофлавоноидов	+4,4	–	–16,0	–12,1	–3,3
Дубильные вещества	–10,5	–4,2	–9,5	+8,4	–10,5
Сорт Northcountry					
2 0 1 7 г.					
Собственно антоцианы	–23,1	–	–	+7,2	–24,6
Лейкоантоцианы	+9,8	–15,3	–13,1	–14,7	–14,0
Сумма антоциановых пигментов	–11,9	–5,6	–4,4	–	–21,0
Катехины	+4,4	+9,6	+2,9	+5,1	–
Флавонолы	+6,9	+7,2	+9,6	–5,9	–7,5
Сумма биофлавоноидов	–8,0	–2,7	–1,7	–	–17,5
Дубильные вещества	–12,2	–13,5	+14,9	+17,6	–6,8
2 0 1 8 г.					
Собственно антоцианы	+7,0	+37,4	+42,3	+21,7	+72,7
Лейкоантоцианы	+64,3	+61,8	+58,8	+26,8	+69,6
Сумма антоциановых пигментов	+31,0	+47,6	+49,2	+23,8	+71,4
Катехины	–5,7	+11,5	–17,2	–9,2	–
Флавонолы	–8,7	+31,8	+32,4	+8,1	+47,4
Сумма биофлавоноидов	+21,0	+41,8	+40,6	+18,3	+61,5
Дубильные вещества	–8,2	–58,8	+32,9	+11,8	+3,5
Сорт Northblue					
2 0 1 7 г.					
Собственно антоцианы	–23,5	–11,6	–16,8	–3,0	–29,9
Лейкоантоцианы	+9,6	–	–19,4	–	–12,8
Сумма антоциановых пигментов	–10,2	–7,8	–17,8	–3,3	–23,0
Катехины	–16,2	–19,8	–18,0	–	–
Флавонолы	–7,8	–11,9	–19,7	+8,3	–11,9
Сумма биофлавоноидов	–10,4	–9,7	–18,2	–	–19,3
Дубильные вещества	–5,9	–27,9	–20,6	–13,2	–
2 0 1 8 г.					
Собственно антоцианы	+59,4	+50,9	+12,4	+16,6	+29,4
Лейкоантоцианы	+17,5	+17,2	+14,3	+52,9	+18,3
Сумма антоциановых пигментов	+40,7	+35,9	+13,2	+32,8	+24,4
Катехины	–5,7	–4,5	+15,9	+11,4	+21,6
Флавонолы	+10,3	+23,6	+16,7	+8,0	+16,7
Сумма биофлавоноидов	+31,7	+30,4	+14,0	+26,9	+22,9
Дубильные вещества	–6,9	+36,1	+26,4	+12,5	+4,2

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

Поскольку доминирующее положение в Р-витаминном комплексе плодов представителей рода *Vaccinium* принадлежит антоциановым пигментам, доля которых в нем обычно превышает 70 %, то столь значительное обеднение ягодной продукции биофлавоноидами при внесении удобрений в первую очередь должно быть связано с подавлением биосинтеза именно этих соединений. По нашим данным, на удобренном агрофоне у *V. angustifolium* относительные размеры снижения в плодах общего количества антоциановых пигментов практически совпадали с установленными для суммы биофлавоноидов (см. табл. 2). Однако в большинстве случаев это было обусловлено значительным ослаблением биосинтеза только собственно антоцианов, что подтверждалось снижением их содержания относительно контроля на 16–54 %, наиболее выра-

женным в 4–6-м вариантах опыта. При этом лишь совместное внесение Бактопина и АгроМика 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 этой группы биофлавоноидов. На фоне применения остальных агроприемов, особенно при совместном внесении АгроМика и МаКлоРа в 10%-ной концентрации, отмечена активизация накопления в них лейкоантоцианов на 7–21 %, что, напротив, заметно нивелировало отрицательное действие удобрений на общий выход антоциановых пигментов.

На долю катехинов и флавонолов в составе Р-витаминного комплекса плодов голубики, как правило, приходится не более 30 % их общего количества, однако данные соединения имеют важное физиологическое значение для человеческого организма. Как следует из табл. 2, при внесении микробных удобрений в характере изменения содержания этих полифенолов в плодах *V. angustifolium* прослеживались противоположные тенденции. Так, 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. Как видим, у данного таксона голубики использование бактериальных препаратов оказывало стимулирующее действие на биосинтез в плодах восстановленных полифенолов и ингибирующее на таковой окисленных. Использование же полного минерального удобрения приводило к снижению содержания в плодах узколистного вида голубики и катехинов, и флавонолов относительно контроля.

В отличие от *V. angustifolium* у 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 содержания в плодах и катехинов, и флавонолов, тогда как у сорта *Northblue*, отмеченного более выраженной в этом плане ответной реакцией на бактериальные препараты, напротив, 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 %.

Различия темпов биосинтеза отдельных групп полифенолов в плодах голубики на фоне испытываемых агроприемов заметно отразились на их соотношении в составе Р-витаминного комплекса (табл. 3). Несмотря на то что внесение и минеральных, и микробных удобрений не оказало существенного влияния на долевое участие в нем антоциановых пигментов, в составе самого антоцианового комплекса произошли заметные сдвиги, относительно контроля, в сторону снижения доли собственно антоцианов и увеличения таковой лейкоантоцианов. Наиболее выразительно это проявилось у *V. angustifolium*, у которой величина этих сдвигов варьировалась в рамках эксперимента от 1,1 до 1,5 раза, достигая максимальных значений в 4-м, 5-м и особенно 6-м вариантах опыта – на фоне применения жидкого препарата АгроМик, совместного внесения Бактопина и АгроМика, а также полного минерального удобрения. Данные подвижки в составе антоцианового комплекса плодов узколистного вида голубики сопровождались увеличением в 1,2–1,6 раза относительной доли катехинов при преимущественном снижении в 1,1–1,2 раза таковой флавонолов.

Таблица 3. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса плодов голубики в опытной культуре в годы исследований, %

Вариант опыта	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы
<i>V. angustifolium</i>					
<i>2 0 1 7 г.</i>					
1-й	44,0	29,5	73,5	7,7	18,8
2-й	37,3	35,9	73,2	10,1	16,7
3-й	39,6	35,4	75,0	9,8	15,2
4-й	30,4	42,0	72,4	12,0	15,6
5-й	30,9	37,1	68,0	12,2	19,8

Вариант опыта	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы
6-й	29,3	43,3	72,6	9,5	17,9
<i>2018 г.</i>					
1-й	38,4	33,9	72,3	7,1	20,6
2-й	39,5	32,5	72,0	7,6	20,4
3-й	37,0	35,0	72,0	8,1	19,9
4-й	33,7	33,9	67,6	9,5	22,9
5-й	31,7	33,2	64,9	9,0	26,1
6-й	34,7	39,7	74,4	8,2	17,4
Сорт Northcountry					
<i>2017 г.</i>					
1-й	51,6	26,6	78,2	6,5	15,3
2-й	43,1	31,7	74,8	7,3	17,9
3-й	52,7	23,1	75,8	7,3	16,9
4-й	52,6	23,5	76,1	6,8	17,1
5-й	55,7	22,9	78,6	6,8	14,6
6-й	47,1	27,7	74,8	7,9	17,3
<i>2018 г.</i>					
1-й	43,3	31,0	74,3	8,6	17,1
2-й	38,2	42,2	80,4	6,7	12,9
3-й	41,9	35,5	77,4	6,7	15,9
4-й	43,8	35,0	78,8	5,0	16,2
5-й	44,5	33,3	77,8	6,6	15,6
6-й	46,3	32,6	78,9	5,5	15,6
Сорт Northblue					
<i>2017 г.</i>					
1-й	44,0	29,4	73,4	9,7	16,9
2-й	37,5	36,0	73,5	9,0	17,5
3-й	43,1	31,8	74,9	8,6	16,5
4-й	44,7	29,0	73,7	9,7	16,6
5-й	43,2	28,7	71,9	9,5	18,6
6-й	38,2	31,8	70,0	11,5	18,5
<i>2018 г.</i>					
1-й	41,5	33,4	74,9	8,4	16,7
2-й	50,2	29,8	80,0	6,0	14,0
3-й	48,0	30,0	78,0	6,1	15,9
4-й	40,9	33,5	74,4	8,5	17,1
5-й	38,1	40,3	78,4	7,4	14,2
6-й	43,7	32,1	75,8	8,3	15,9

Подобные сдвиги в составе Р-витаминного комплекса плодов межвидовых гибридов голубики, особенно сорта *Northblue*, проявились значительно слабее, причем их направленность не всегда совпадала с установленной для *V. angustifolium*. Так, при отсутствии заметных межвариантных различий в долевом участии в нем антоциановых пигментов у сорта *Northblue*, для сорта *Northcountry* было показано незначительное (в 1,1–1,2 раза) его снижение по сравнению с контролем. Вместе с тем у обоих сортов голубики в вариантах опыта с внесением удобрений не было выявлено изменений в нем доли собственно антоцианов, и лишь во 2-м (АгроМик + МаКлоР в 10%-ной концентрации) и в 6-м ($N_{16}P_{16}K_{16}$) вариантах опыта имело место ее незначительное снижение (не более чем в 1,2 раза), сопровождавшееся сходным увеличением таковой лейкоантоцианов. При этом в остальных вариантах опыта лишь у сорта *Northcountry* наблюдалось снижение доли последних в 1,1–1,2 раза. Выявленное в Р-витаминном комплексе плодов *V. angustifolium* усиление позиций катехинов имело место опять-таки только у сорта *Northcountry*, но при этом оно не превышало 1,1–1,2-кратной величины. У сорта *Northblue* подобная картина наблюдалась лишь при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$ при отсутствии значимых различий с контролем по данному при-

знаку в остальных вариантах опыта. Вместе с тем в отличие от узколистного вида у межвидовых гибридов голубики увеличение относительной доли катехинов в составе биофлавоноидного комплекса плодов на фоне внесения удобрений сопровождалось не ослаблением, а, напротив, усилением позиций флавонолов в 1,1–1,2 раза. При этом у сорта *Northcountry* это прослеживалось в большинстве вариантов опыта, тогда как у сорта *Northblue* – только в 5-м и 6-м вариантах.

Нетрудно убедиться, что на фоне близких к средней многолетней норме погодных условий сезона 2017 г. внесение удобрений, особенно $N_{16}P_{16}K_{16}$, способствовало обеднению плодов голубики биофлавоноидами по сравнению с контролем на 10–34 % у *V. angustifolium* и на 2–19 % у межвидовых гибридов. При этом у узколистного вида не было выявлено достоверных изменений в их содержании при совместном внесении АгроМика и МаКлоРа в 10%-ной концентрации, тогда как у сортов *Northcountry* и *Northblue* – при совместном внесении Бактопина и АгроМика. В составе же самого Р-витаминного комплекса плодов *V. angustifolium* на фоне внесения удобрений установлена значительная активизация биосинтеза восстановленных полифенолов – лейкоантоцианов и катехинов при ингибировании такового окисленных – собственно антоцианов и флавонолов, что сопровождалось соответствующими сдвигами в соотношении количеств данных соединений. Меньшая, чем у *V. angustifolium*, выразительность изменений в содержании и соотношении основных групп биофлавоноидов в плодах межвидовых гибридов, особенно сорта *Northblue*, косвенно свидетельствовала о большей устойчивости состава их Р-витаминного комплекса к эдафическому фактору. При этом в плодах обоих сортов голубики на фоне испытываемых агроприемов установлено ингибирование биосинтеза антоциановых пигментов на фоне доминирования накопительных тенденций в изменении содержания катехинов и флавонолов у сорта *Northcountry* и отрицательных у сорта *Northblue*. 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 в них и антоциановых пигментов, и биофлавоноидов в целом.

Исследуемые таксоны голубики характеризовались достаточно близкими параметрами накопления дубильных веществ в сухой массе плодов, варьировавшимися в рамках эксперимента в диапазонах 2,35–3,20 % (*V. angustifolium*), 3,20–4,35 % (сорт *Northcountry*) и 2,45–3,40 % (сорт *Northblue*) (см. табл. 1). При этом внесение удобрений в основном способствовало обеднению плодов, особенно *V. angustifolium*, данными соединениями на 7–26 % по сравнению с контролем (см. табл. 2). Лишь на фоне совместного внесения жидкого препарата Бактопин и сухого микоризного удобрения АгроМик 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.

Как следует из табл. 1, в экстремальных погодных условиях сезона 2018 г. диапазон варьирования в рамках эксперимента общего содержания биофлавоноидов в сухой массе плодов *V. angustifolium* оказался смещенным преимущественно в область более низких, чем годом ранее, значений в пределах 14 539,9–18 076,6 мг/100 г, что было обусловлено преимущественным ослаблением накопления доминирующих в их составе антоциановых пигментов до 9828,0–13 013,0 мг/100 г, в том числе собственно антоцианов до 4830,0–7140,0 мг/100 г и лейкоантоцианов до 4928,0–6657,0 мг/100 г, а также катехинов до 1228,5–1410,5 мг/100 г. В отличие от этих групп биофлавоноидов, для флавонолов, напротив, было показано усиление накопления в плодах до 2903,8–3973,7 мг/100 г.

В отличие от узколистного вида голубики для обоих межвидовых гибридов, напротив, было установлено смещение границ диапазона варьирования в рамках эксперимента общего содержания Р-витаминов в область значений, более высоких, чем в предыдущем сезоне, достигших в плодах сорта *Northcountry* 15 429,5–24 918,3 мг/100 г сухой массы. Это было связано, главным образом, с обогащением их антоциановыми пигментами до 11 466,0–19 656,0 мг/100 г преимущественно за счет усиления накопления лейкоантоцианов до 4792,7–8129,3 мг/100 г, и лишь в отдельных вариантах опыта – в результате активизации накопления также других групп биофлавоноидов – собственно антоцианов, катехинов и флавонолов, содержание которых состав-

ляло 6673,3–11 526,7 мг/100 г, 1092,0–1471,2 мг/100 г и 2414,8–3897,3 мг/100 г соответственно. Активизация биосинтеза Р-витаминов в плодах сорта *Northblue* на фоне жаркой и сухой погоды сезона 2018 г. имела столь же выразительный, как и у сорта *Northcountry*, характер, что подтверждалось значительным смещением границ диапазона варьирования их суммарного содержания в область более высоких, чем годом ранее, значений в пределах 15 915,0–20 967,6 мг/100 г сухой массы. Как и у сорта *Northcountry*, это было обусловлено, прежде всего, активизацией накопления в плодах антоциановых пигментов до 11 921,0–16 774,3 мг/100 г, но в данном случае это происходило не только за счет их обогащения лейкоформами данных пигментов, но также и собственно антоцианами, содержание которых заметно возросло по сравнению с предыдущим сезоном до 5320,0–8134,0 мг/100 г и 6601,0–10523,3 мг/100 г соответственно. При этом для большинства вариантов опыта было показано обеднение плодов сорта *Northblue* катехинами на фоне обогащения флавонолами при диапазонах варьирования их содержания в рамках эксперимента 1258,8–1622,8 мг/100 г и 2659,3–3285,9 мг/100 г соответственно.

В наших более ранних исследованиях биохимического состава плодов голубики в Припятском Полесье [10] на примере сорта *Northblue* также было показано, что в условиях чрезвычайно жарких и засушливых сезонов содержание в них антоциановых пигментов также возрастало почти на 70 % по сравнению с умеренно теплыми и достаточно увлажненными сезонами. Причина столь выраженного сдвига в фенольном метаболизме сортовой голубики в пользу накопления антоцианов, скорее всего, связана с особой физиологической ролью этих соединений. Общеизвестно, что при неблагоприятном воздействии абиотических факторов в растении срабатывает ряд защитных механизмов, одним из которых является активизация дыхательного процесса, в котором антоциановые пигменты принимают непосредственное участие в качестве переносчиков электронов от дыхательного материала (жиров, сахаров и др.) на кислород воздуха [11]. На наш взгляд, в условиях аномальной жары, при недостатке влаги, в целях получения дополнительной энергии для поддержания метаболизма созревающих плодов, у исследуемых растений возникает необходимость в ускорении переработки дыхательных субстратов. Можно предположить, что данное обстоятельство потребовало активизации терминальных оксидаз, обеспечиваемой усилением биосинтеза антоциановых пигментов. Это положение согласуется с установленным нами в данных исследованиях существенным снижением во второй год плодоношения у всех таксонов голубики содержания расходуемых в этих целях свободных органических кислот и отчасти других органических соединений.

Что касается дубильных веществ, то экстремальные погодные условия сезона 2018 г. оказали стимулирующее действие на их накопление в плодах всех опытных таксонов голубики, что подтверждалось смещением границ диапазонов варьирования их содержания в область более высоких, чем годом ранее, значений – до 4,25–5,15 % у *V. angustifolium*, 1,75–5,65 % у сорта *Northcountry* и 3,35–4,90 % у сорта *Northblue* (см. табл. 1).

Как видим, жаркая и сухая погода способствовала обеднению плодов узколистного вида голубики антоциановыми пигментами и катехинами при их обогащении флавонолами, тогда как в плодах межвидовых гибридов заметно активизировалось накопление биофлавоноидов, обусловленное у сорта *Northcountry* преимущественным усилением биосинтеза лейкоантоцианов при неоднозначных изменениях в содержании остальных групп полифенолов, тогда как у сорта *Northblue* это происходило за счет обогащения плодов собственно антоцианами, лейкоантоцианами и флавонолами при их обеднении катехинами.

Вместе с тем, как и в предыдущем сезоне, влияние испытывавшихся агроприемов на исследуемые характеристики Р-витаминового комплекса плодов голубики было весьма неоднозначным (см. табл. 2). При этом у обоих межвидовых гибридов наблюдалась смена ориентации различий опытных вариантов с контролем 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, напротив, 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*. Внесение удобрений обусловило также существенное обогащение плодов сортовой голубики флавонолами, что подтверждалось увеличением различий с контролем в их содержании: в первом случае – до 8–47 % и во втором случае – до 8–24 %. Вместе с тем, несмотря на неоднозначные тенденции в изменении содержания в них катехинов, во всех вариантах опыта с внесением удобрений наблюдалось увеличение по сравнению с контролем общего количества биофлавоноидов на 18–62 % у сорта *Northcountry* и на 14–32 % у сорта *Northblue*. Заметим, что у *V. angustifolium* подобного эффекта выявлено не было, несмотря на сокращение различий опытных вариантов с контролем в содержании в плодах основных групп полифенолов при сохранении доминирующих тенденций в направленности данных различий.

В предыдущем сезоне было показано существенное влияние испытываемых агроприемов не только на количественное содержание в плодах голубики основных групп биофлавоноидов, но и на их соотношение в составе Р-витаминного комплекса. Возвращаясь к табл. 3, нетрудно убедиться, что на фоне погодных условий сезона 2018 г. в большинстве вариантов опыта с внесением удобрений только у *V. angustifolium* подтвердилось, хотя и в меньшей степени, выявленное годом ранее снижение в нем относительно контроля доли собственно антоцианов и увеличение таковой катехинов. При этом сходство с предыдущим сезоном в усилении позиций лейкоантоцианов при ослаблении таковых флавонолов проявилось лишь в 3-м и 6-м вариантах опыта с дифференцированным внесением 50%-ного раствора удобрения МаКлоР и $N_{16}P_{16}K_{16}$, тогда как в остальных случаях отмечены противоположные тенденции.

В отличие от узколистного вида голубики, у обоих межвидовых гибридов во второй год наблюдений не было выявлено столь выраженного сходства с предыдущим сезоном в направленности анализируемых сдвигов при внесении удобрений по сравнению с контролем. На фоне показанной выше и обусловленной экстремальным характером погодных условий преимущественной активизации в их плодах биосинтеза антоциановых пигментов, испытываемые агроприемы обусловили заметное усиление данного эффекта. На наш взгляд, это объясняется физиологической ролью этих биологически активных соединений, обеспечивающих дополнительную защиту генеративных органов сортовой голубики от стрессовых факторов среды, к которым можно отнести и внесение удобрений, обусловившее сходное у обоих гибридов увеличение доли антоциановых пигментов в составе Р-витаминного комплекса плодов за счет снижения таковой катехинов и флавонолов, особенно во 2-м (АгроМик + МаКлоР в 10%-ной концентрации) варианте опыта (см. табл. 3). Однако если у сорта *Northcountry* отмеченные сдвиги были обусловлены преимущественным увеличением по сравнению с контролем относительной доли лейкоантоцианов, то у сорта *Northblue* – таковой собственно антоцианов.

Как видим, на фоне экстремальных погодных условий сезона 2018 г. для *V. angustifolium* было показано меньшее, чем у межвидовых гибридов голубики, влияние испытываемых агроприемов на соотношение в плодах основных групп биофлавоноидов, что указывает на более высокую устойчивость состава Р-витаминного комплекса данного вида к гидротермическому режиму сезона.

ВЫВОДЫ

В результате сравнительного исследования в опытной культуре на рекультивируемом участке торфяной выработки верхового типа в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2017 и 2018 г. особенностей формирования фенольного комплекса плодов *V. angustifolium* и межвидовых гибридов (*V. angustifolium* × *V. corymbosum*) *Northcountry* и *Northblue* при внесении полного минерального и микробных удобрений МаКлоР, АгроМик и Бактопин при дифференцированном и совместном применении установлено следующее.

1. На фоне близких к средней многолетней норме погодных условий вегетационного периода испытываемые агроприемы способствовали выраженному в разной степени, в зависимости от генотипа растений и вида удобрений, преимущественному обеднению плодов голубики дубильными веществами на 7–26 %, а также биофлавоноидами – на 10–34 % у *V. angustifolium*

и на 2–19 % у межвидовых гибридов, наиболее выраженному при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$. У сортов *Northcountry* и *Northblue* выявлено отсутствие изменений в содержании в плодах полифенолов на фоне совместного внесения микробных препаратов АгроМик и МаКлоР в 10%-ной концентрации в первом случае и совместного внесения Бактопина и АгроМика во втором. В составе Р-витаминного комплекса плодов голубики установлена активизация по сравнению с контролем биосинтеза восстановленных соединений (лейкоантоцианов и катехинов), наиболее значительная у *V. angustifolium*, при ингибировании такового окисленных (собственно антоцианов и флавонолов), что сопровождалось соответствующими сдвигами в соотношении их количеств. При внесении удобрений наблюдалось обеднение плодов сортовой голубики лейкоантоцианами и обогащение данными соединениями плодов *V. angustifolium*, для которых, как и для плодов сорта *Northblue*, было показано снижение содержания флавонолов при его увеличении у сорта *Northcountry*.

2. Жаркая и сухая погода способствовала обеднению плодов *V. angustifolium* антоциановыми пигментами и катехинами и обогащению их флавонолами, тогда как у межвидовых гибридов голубики, особенно на фоне внесения удобрений, наблюдалась активизация накопления в них дубильных веществ, а также антоциановых пигментов, обусловившая усиление позиций последних в составе Р-витаминного комплекса за счет их ослабления у катехинов и флавонолов, особенно при совместном внесении препаратов АгроМик и МаКлоР в 10%-ной концентрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алещенкова, З. М. Микробные удобрения для стимуляции роста и развития растений / З. М. Алещенкова // Наука и инновации. – 2015. – № 8 (150). – С. 66–67.
2. Микробный препарат АгроМик для стимуляции роста и развития тритикале / Е. А. Соловьева [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т микробиологии, Белорус. респ. фонд фундамент. исслед., Белорус. общ-ное объединение микробиол. ; под ред. Э. И. Коломиец, А. Г. Лобанка. – Минск : Беларуская навука, 2013. – С. 331–342.
3. Шмерко, Е. П. Лечение и профилактика растительными средствами / Е. П. Шмерко, И. Ф. Мазан. – Баку : Азербайджан, 1992. – 316 с.
4. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М. : Медицина, 1987. – Вып. 1 : Общие методы анализа. – С. 286–287.
5. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J. Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.
6. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Тр. 3-го Всесоюз. семинара по биолог. активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
7. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреев [и др.] // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
8. Чупахина, Г. Н. Методы анализа витаминов : практикум / Г. Н. Чупахина, П. В. Масленников. – Калининград : Балтийский федерал. ун-т им. И. Канта, 2004. – 35 с.
9. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л., 1987. – 430 с.
10. Возделывание голубики на торфяных выработках Припятского Полесья: (физиолого-биохимические аспекты развития) / Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2016. – 242 с.
11. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Минск : Ураджай, 1981. – 80 с.

INFLUENCE OF MINERAL AND MICROBIAN FERTILIZERS ON THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUND IN BLUEBERRY FRUITS ON THE DEVELOPED PEAT BOGS OF THE TOP TYPE IN THE NORTH OF BELARUS

Zh. A. RUPASOVA, A. P. YAKOVLEV, V. N. RESHETNIKOV, E. I. KOLOMIETS,
Z. M. ALESHCHENKOVA, T. I. VASILEVSKAJA, T. M. KARBANOVICH,
A. A. YAROSHUK, L. V. GONCHAROVA

Summary

Results of biennial comparative study of features of formation of a phenolic complex *V. angustifolium* and species hybrids (*V. angustifolium* × *V. corymbosum*) *Northcountry* and *Northblue* in field experiment cutover peatland on a hydrothermal regime against entering full mineral and domestic microbial fertilizings of МаКlor, АgroMik and Baktopin at the differentiated and joint application to contrast seasons in article are introduced. In the weather environment of a growing season close

to centre perennial norm, tested agricultural practices promoted expressed in different degree, depending on a genotype of plants and a kind of the fertilizings, to primary depletion of fruits of a blueberry by tannins and bioflavonoids. It is shown that complete dressing promoted accumulation magnification in fruits of a blueberry of the reduced bunches of polyphenols (leucoanthocyanids and catechins) and inhibited accumulation of the acidified forms (actually anthocyanins and flavonols). Hot and dry weather promoted enrichment of fruits of a varietal blueberry by tannins, and *V. angustifolium* – flavonols, and also to their depletion the anthocyanin pigments and catechins. For cultivars *Northcountry* and *Northblue* primary activation of biosynthesis the anthocyanin pigments, the most significant against fertilization is shown. It has caused augmentation of their relative lobe as a part of the P-vitamin complex, especially at joint entering of drugs of AgroMik and MaKloR into 10%-s' concentration.

Keywords: cutover peatland, blueberry, microbial fertilizers, fruits, phenolic compound, P-vitamins, anthocyanin pigments, catechine, flavonols, tannins, Belarus.

Поступила в редакцию 24.04.2019 г.