

ISSN 2221-9927

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS
DEPARTMENT OF BIOLOGICAL SCIENCES

STATE SCIENTIFIC INSTITUTION

“V. F. KUPREVICH INSTITUTE OF EXPERIMENTAL BOTANY
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS”

SOCIAL ASSOCIATION “BELARUSIAN BOTANICAL SOCIETY”

BOTANY

(RESEARCH)

Issue 52

Published since 1959

*Included to the Scientific Publications List in the Republic of Belarus
of the publishing dissertation research results at the biological science branch
(botany; ecology; plants physiology and biochemistry)*

Included in the Russian Science Citation Index (RSCI) database

The full-text e-copy see on the website <https://botany.by>

Minsk
“Kolorgrad”
2023

Botany (research) : Collection of scientific transactions. Issue 52 / Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus. – Minsk : Kolorgrad, 2023. – 343 p.
ISSN 2221-9927.

Scientific editors:

N. A. Laman (Academician, D. Sc. (Biology), Professor);
V. I. Parfenov (Academician, D. Sc. (Biology), Professor)

Editorial board:

- N. A. Laman* – Academician, D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
- V. I. Parfenov* – Academician, D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
- P. V. Krestov* – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the RAS (Vladivostok, Russia)
- N. V. Lukhyna* – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Center for Forest Ecology and Productivity of the RAS (Moscow, Russia)
- V. N. Prokhorov* – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
- V. V. Titok* – Corresponding Member, D. Sc. (Biology),
Central Botanical Garden of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
- N. G. Averina* – D. Sc. (Biology), Professor,
Institute of Biophysics and Cell Engineering of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
- Yu. K. Vynogradova* – D. Sc. (Biology), Professor,
N. V. Tsitsin Main Botanical Garden of the RAS (Moscow, Russia)
- D. V. Heltman* – D. Sc. (Biology), Professor,
V. L. Komarov Botanical Institute of the RAS Russia (Saint-Petersburg, Russia)
- N. S. Huryna* – D. Sc. (Biology), Professor,
Belarusian State Medical University Belarus (Minsk, Belarus)
- O. I. Rodkin* – D. Sc. (Biology),
International Sakharov Environmental Institute of BSU (Minsk, Belarus)
- Yu. A. Semenischenkov* – D. Sc. (Biology), Professor,
I. G. Petrovsky Bryansk State University Russia (Bryansk, Russia)
- G. T. Sytpaeva* – D. Sc. (Biology),
Institute of Botany and Phytointroduction of Kazakhstan (Alma-Ata, Kazakhstan)
- D. G. Grummo* – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
- A. V. Puhachevsky* – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
- R. V. Tsvirko* – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
- D. B. Belomesyatseva* – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)
- N. A. Zeliankevich* – Ph. D. (Biology),
Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

Executive Secretary

T. A. Budkevich – Ph. D. (Biology)

ISSN 2221-9927

© Institute of Experimental Botany
of the NAS of Belarus, 2023

© Publisher and printing. “Kolorgrad”, 2023

Adress: Institute of Experimental Botany of the NAS of Belarus, 27, Akademicheskaya str., 220072,
Minsk, Belarus. Fax +375 (17) 322 18 53, tel. + 375 (17) 374 00 27, e-mail: nan.botany@yandex.by

УДК 634.739.3:736(476)

Ж. А. РУПАСОВА¹, К. А. ДОБРЯНСКАЯ¹, Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ¹,
 О. В. ДРОЗД¹, В. С. ЗАДАЛЯ¹, П. Н. БЕЛЫЙ¹, Э. И. КОЛОМИЕЦ²,
 З. М. АЛЕЩЕНКОВА², М. Н. МАНДРИК-ЛИТВИНКОВИЧ²

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ С ФУНГИЦИДНОЙ АКТИВНОСТЬЮ НА БИОФЛАВОНОИДНЫЙ КОМПЛЕКС ПЛОДОВ *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

¹Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
 e-mail: rupasova@basnet.by

²Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
 e-mail: microbio@mbio-bas-net.by

Аннотация. В статье приведены результаты сравнительного исследования влияния фунгицидных препаратов – химического *Беллис* и бактериальных *ХелсБеррина* и *ХелсБеррина* в сочетании с *Гуматом калия* при дву- и четырехкратных обработках растений голубики высокорослой на содержание в плодах основных компонентов биофлавоноидного комплекса (антоциановых пигментов, флавонолов и катехинов) в рамках двух полевых экспериментов с идентичной 6-вариантной схемой, но при разном уровне плодородия почвы – менее высоком на экспериментальной базе ЦБС НАН Беларуси (ЭБ) и более высоком в расположенном на 10 км севернее крестьянско-фермерском хозяйстве «Ягодное лукошко». Установлено, что в обоих экспериментах применение фунгицидных препаратов в большинстве случаев способствовало снижению общего количества биофлавоноидов в плодах голубики на 6–78% относительно контроля, и лишь на фоне двукратной обработки растений *ХелсБеррином* в сочетании с *Гуматом калия* наблюдалось увеличение их содержания на 10% и 189%, наиболее значительное при более высоком уровне агрохимического обеспечения, обусловившем также аналогичный, но выраженный в 1,5 раза слабее эффект от четырехкратной обработки *ХелсБеррином*.

Ключевые слова: голубика высокорослая, фунгицидные препараты, катехины, флавонолы, органическое земледелие.

Ж. А. RUPASOVA¹, К. А. DOBRYANSKAYA¹, N. B. PAVLOVSKY¹,
 O. V. DROZD¹, V. S. ZADALIA¹, P. N. BELY¹, E. I. KOLOMIETS²,
 Z. M. ALESHCHENKOVA², M. N. MANDRIK-LITVINKOVICH²

INFLUENCE OF FUNGICIDAL ACTIVE PRODUCTS ON THE FRUIT *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. BIOFLAVONOID COMPLEX WITHIN THE BELARUS SETTINGS

¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
 e-mail: rupasova@basnet.by

²Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
 e-mail: microbio@mbiobas-net.by

Annotation. The article presents the results of a comparative study of the effect of fungicidal preparations - chemical *Bellis* and bacterial *HealthBerrin* and *HealthBerrin* in combination with *Potassium Humate* during two- and four-fold treatments of tall blueberry plants on the content of the main components of the bioflavonoid complex (anthocyanin pigments, flavonols and catechins) in fruits within two field experiments with an identical 6-variant scheme, but with different levels of soil fertility - less high at the experimental base of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (EB) and higher at the Berry Basket (KFK) peasant farm located 10 km to the north. It was found that in both experiments, the use of fungicidal preparations in most cases contributed to a decrease in the total amount of bioflavonoids in blueberry fruits by 6–78% relative to the control, and only against the background of double treatment of plants with *HealthBerrin* in combination with *Potassium Humate*, an increase in their content by 10% and 189%, the most significant at a higher level of agrochemical provision, which also caused a similar, but expressed 1.5 times weaker effect from the fourfold treatment with *HealthBerrin*.

Keywords: blueberry, fungicides, catechins, flavonols, organic farming.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с совершенствованием биологических систем защиты посадок голубики высокорослой от фитопатогенов в условиях Беларуси, представляется весьма актуальным и целесообразным использование в этих целях микробных препаратов, обеспечивающее получение высококачественной экологически чистой ягодной продукции, что согласуется с принятым в Республике Беларусь в ноябре 2018 г. Законом «О производстве и обращении органической продукции», запрещающим использование в растениеводческих технологиях любых химических средств, в том числе фунгицидного действия. Для реализации этой цели в 2021–2022 гг. в Ганцевичском районе Брестской области впервые были проведены испытания нового жидкого бактериального препарата *ХелсБеррин*, разработанного в Институте микробиологии НАН Беларуси для защиты от болезней плодовых культур на основе клеток, спор и продуктов метаболизма бактерий *Bacillus*

amyloliquefaciens Б.16, *Bacillus amyloliquefaciens* 3.9. Наряду с этим было проведено испытание еще одной формы данного препарата в сочетании с 2%-ным раствором *Гумата калия*.

Оценку эффективности обозначенных фунгицидов проводили на основе сравнительного исследования в опытной культуре степени воздействия их разных доз и кратности обработок растений на основные параметры развития и биохимический состав плодов в сравнении с химическим фунгицидом *Беллис*, разрешенным для использования на территории республики на посадках голубики высокорослой. Особый интерес при этом представляло исследование степени трансформации биофлавоноидного комплекса ягодной продукции опытных растений под действием обозначенных выше препаратов, как оказывающего значительное физиологическое действие на организм человека [1], что и определило цель данной работы.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены на примере сорта *Bluecrop* голубики высокорослой в рамках двух полевых экспериментов с идентичной 6-вариантной схемой обработок растений в период созревания плодов, но в разных почвенных условиях – на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии ягодных растений ЦБС НАН Беларуси (ЭБ) и на территории расположенного на 10 км севернее крестьянско-фермерского хозяйства «Ягодное лукошко» (КФХ):

1 – контроль (обработка водой);

2 – обработка растений водно-диспергируемыми гранулами химического фунгицида *Беллис* из расчета 0,8 кг/га при норме расхода 2 г/л;

3, 4 – дву- и четырехкратная обработка жидким микробным препаратом *ХелсБеррин* из расчета 20 л/га при норме расхода 50 мл/л;

5, 6 – дву- и четырехкратная обработка жидким биологическим препаратом *ХелсБеррин* в сочетании с 2%-ным *Гуматом калия* из расчета 20 л/га при норме расхода 50 мл/л;

В варианте опыта с двукратной обработкой растений первая по времени совпадала со второй обработкой в варианте с четырехкратной обработкой, тогда как вторая обработка проводилась за 3–5 дней до сбора плодов. В варианте с четырехкратной обработкой первую проводили по завершении цветения растений, две последующие – через каждые 10 дней, а последнюю – за 3–5 дней до сбора плодов. Норма расхода рабочей жидкости на одну обработку со-

ставляла 2 л на каждый вариант опыта в двукратной повторности.

Почва на экспериментальном участке отраслевой лаборатории ЦБС НАН Беларуси – торфяно-глебовая, мелиорированная, развитая на слое пушицево-сфагнового верхового торфа, подстилаемом с глубины 50 см рыхлым, разнозернистым песком. Торф среднеразложившийся, с зольностью 15% и содержанием P_2O_5 – 131, K_2O – 180, Ca – 246, Mg – 32 мг/кг. Реакция почвенного раствора (pH_{H_2O}) в пристволевой зоне посадок голубики варьировалась в диапазоне 4,9–6,2, тогда как у мульчирующего слоя (древесные опилки) она составляла 4,9–5,3, а в междурядьях – 4,7–5,1.

Почва на участке КФХ «Ягодное лукошко» – дерново-подзолистая, супесчаная, с содержанием гумуса 3,5%, P_2O_5 – 285, K_2O – 74, Ca – 982, Mg – 124 мг/кг. Реакция почвенного раствора (pH_{H_2O}) в пристволевой зоне посадок голубики соответствовала области более низких, чем на предыдущем участке, значений – от 3,8 до 4,9 при pH мульчирующего слоя (древесные опилки) в пределах от 4,7 до 4,8, а в междурядьях – 5,0–5,7.

При выполнении аналитических работ в высушенных при температуре 60°C пробах растительного материала определяли суммарное содержание антоциановых пигментов по методу T. Swain, W. E. Hillis [2], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Ско-

риковой и Э. А. Шафтан [3]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [4, 5]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометриче-

ским методом [5]. Все аналитические определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как было показано ранее, почва в эксперименте на КФХ отличалась более высоким уровнем плодородия, нежели в эксперименте на ЭБ, что в определенной мере могло отразиться на восприимчивости опытных растений к воздействию испытываемых фунгицидных препаратов, что и нашло подтверждение в наших исследованиях. Так, суммарное содержание биофлавоноидов в плодах голубики в эксперименте на ЭБ в большинстве вариантов уступало таковому в КФХ при варьировании данного показателя в диапазонах 7872–9237 мг/100 г и 8720–12547 мг/100 г соответственно, что свидетельствовало о более благоприятных во втором случае условиях для синтеза этих соединений. При этом расхождения крайних позиций в данных диапазонах составляли 1,2 и 1,4, что указывало на более выраженную зависимость их накопления от испытываемых агроприемов в опыте на территории КФХ, нежели на ЭБ (табл. 1).

Как и следовало ожидать, доминирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса плодов опытных растений принадлежало антоциановым пигментам, общая доля которых в нем при содержании в условиях ЭБ и КФХ 5554–6942 мг/100 г и 6084–8996 мг/100 г достигала 71–77% и 66–72% соответственно (табл. 2). Превалирующей фракцией данных соединений являлись собственно антоцианы, количество которых, составлявшее соответственно 3640–4384 мг/100 г и 4320–6840 мг/100 г, превосходило таковое лейкоантоцианов в 1,4–2,6 и 2,2–3,4 раза при содержании последних 1542–2558 мг/100 г и 1396–2328 мг/100 г. При этом долевое участие флавонолов в Р-витаминном комплексе плодов голубики в экспериментах на территории ЭБ и КФХ изменялось по вариантам опыта в соответствующих диапазонах 16–22% и 23–28% при содержании 1431–1788 мг/100 г и 2095–2963 мг/100 г, тогда как катехинов – в диапазонах 6–8% и 5–7% при содержании 564–632 мг/100 г и 447–684 мг/100 г.

Нетрудно убедиться, что показанные выше различия экспериментальных участков по показателю кислотности и уровню агрохимического обеспечения заметно отразились на количественных характеристиках Р-витаминного комплекса плодов голубики. Так, более высокое общее содержание биофлавоноидов в опыте на тер-

ритории КФХ было обусловлено, главным образом, более активным, чем на ЭБ, обогащением плодов их доминирующими компонентами – собственно антоцианами и флавонолами на фоне преимущественного обеднения лейкоантоцианами и катехинами.

Вместе с тем на фоне испытываемых агроприемов с использованием *ХелсБеррина* обнаружены заметные сдвиги в соотношении основных групп биофлавоноидов в плодах опытных растений по сравнению с контролем, наиболее выразительные в КФХ, тогда как применение препарата *Беллис* в эксперименте на ЭБ практически не повлияло на соотношение в них основных компонентов Р-витаминного комплекса (см. табл. 2). Обработки растений *ХелсБеррином*, особенно двукратные, способствовали снижению в последнем долевого участия антоциановых пигментов исключительно за счет ослабления позиций собственно антоцианов, но приводили к усилению роли флавонолов

Заметим, что направленность сдвигов в биофлавоноидном комплексе плодов при использовании *ХелсБеррина* в сочетании с *Гуматом калия* была аналогичной установленной при дифференцированном применении данного препарата, причем наиболее выразительно данные сдвиги проявились на фоне четырехкратных обработок растений. При этом снижение долевого участия антоциановых пигментов в составе Р-витаминного комплекса при обработках *ХелсБеррином* в сочетании с *Гуматом калия* было обусловлено не ослаблением роли собственно антоцианов, как в остальных вариантах опыта с применением данного препарата, а со значительным ослаблением позиций лейкоантоцианов, что косвенно свидетельствовало о более активном в этом случае окрашивании плодов в процессе их созревания.

При испытании фунгицидных препаратов в опыте на территории КФХ в большинстве вариантов выявлена противоположная установленной в эксперименте на ЭБ направленность сдвигов в соотношении основных групп биофлавоноидов относительно контроля, что нашло подтверждение в значительном усилении роли антоциановых пигментов исключительно за счет активизации биосинтеза лейкоантоцианов, наиболее значительной при использовании химического препарата *Беллис* и при четырехкратной обработке

растений *ХелсБеррином* (см. табл. 2). Лишь в единичном случае – при двукратном применении *ХелсБеррина* в сочетании с *Гуматом калия* увеличение общей доли антоциановых пигментов в биофлавоноидном комплексе плодов было связано с одновременным усилением позиций и собственно антоцианов, и лейкоантоцианов. При этом практически во всех вариантах опыта в составе Р-витаминного комплекса наблюдалось снижение долевого участия катехинов и флавонолов.

Таким образом, направленность и величина сдвигов в составе биофлавоноидного комплекса плодов голубики на фоне применения испытываемого бактериального фунгицида *ХелсБеррина*

(дифференцированного и в сочетании с *Гуматом калия*) в большей степени определялась уровнем кислотности и плодородия почвы, нежели дозой и кратностью обработок растений данным препаратом. Показано, что улучшение условий минерального питания растений способствовало усилению в данном комплексе позиций антоциановых пигментов по сравнению с контролем преимущественно за счет активизации биосинтеза лейкоантоцианов, а при двукратном применении *ХелсБеррина* в сочетании с *Гуматом калия* биосинтез также собственно антоцианов, сопровождавшейся снижением долевого участия в нем катехинов и флавонолов.

Таблица 1. Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов *Vaccinium corymbosum* в вариантах полевых опытов

Table 1. The content of phenolic compounds in the dry weight of *Vaccinium corymbosum* fruits in field trials

Отраслевая лаборатория интродукции и технологии ягодных растений								
Вариант опыта	Биофлавоноиды, мг%							
	собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины	
	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}
1. Контроль	4384,0±34,9		2558,0±11,1		6942,0±45,0		605,8±2,9	
2. Беллис	4300,0±52,9	-1,3	2408,0±79,9	-2,8*	6708,0±45,0	-3,7*	598,0±11,3	-0,7
3. ХелсБеррин 2 обр.	3640,0±52,9	-11,7*	2532,7±93,4	-0,3	6172,7±99,5	-7,0*	631,8±1,0	8,4*
4. ХелсБеррин 4 обр.	3972,0±20,8	-10,1*	2392,8±15,8	-8,5*	6364,8±23,8	-11,3*	585,0±4,5	-3,9*
5. Х/Б + Гумат К 2 обр.	4353,3±52,1	-0,5	2510,7±163,7	-0,3	6864,0±119,1	-0,6	585,0±4,5	-3,9*
6. Х/Б+ Гумат К 4 обр.	4012,0±28,0	-8,3*	1541,6±69,3	-14,5*	5553,6±47,7	-21,2*	564,2±6,9	-5,6*
Вариант опыта	Биофлавоноиды, мг%							
	флавонолы		флавонолы / катехины		сумма			
	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}		
1. Контроль	1583,8±29,5		2,6±0,1		9131,6±66,9			
2. Беллис	1430,5±29,5	-3,7*	2,4±0,1	-3,1*	8736,5±15,2		-5,8*	
3. ХелсБеррин 2 обр.	1583,8±29,5	0	2,5±0,1	-1,7	8388,3±89,9		-6,6*	
4. ХелсБеррин 4 обр.	1703,0±17,1	3,5*	2,9±0,1	5,8*	8652,8±35,2		-6,3*	
5. Х/Б+ Гумат К 2 обр.	1788,2±29,5	4,9*	3,1±0,1	6,7*	9237,2±148,5		0,6	
6. Х/Б+ Гумат К 4 обр.	1754,1±17,0	5,0*	3,1±0,1	6,9*	7871,9±63,5		-13,7*	
Крестьянско-фермерское хозяйство «Ягодное лукошко»								
Вариант опыта	Биофлавоноиды, мг%							
	собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины	
	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}
1. Контроль	4740,0±11,5		1396,0±9,2		6136,0±13,3		683,8±11,3	
2. Беллис	4320,0±69,3	-6,0*	1816,0±137,4	3,0*	6136,0±68,8	0	488,8±11,3	-12,2*
3. ХелсБеррин 2 обр.	4500,0±34,6	-6,6*	1636,0±79,0	3,0*	6136,0±113,3	0	447,2±13,8	-13,3*
4. ХелсБеррин 4 обр.	5160,0±34,6	11,5*	2328,0±10,4	67,3*	7488,0±45,0	28,8*	670,8±4,5	-1,1
5. Х/Б+ Гумат К 2 обр.	6840,0±69,3	29,9*	2156,0±254,8	3,0*	8996,0±187,5	15,2*	587,6±11,3	-6,0*
6. Х/Б + Гумат К 4 обр.	4380,0±34,6	-9,9*	1704,0±40,8	7,4*	6084,0±45,0	-1,1	488,8±13,8	-10,9*
Вариант опыта	Биофлавоноиды, мг%							
	флавонолы		флавонолы / катехины		сумма			
	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}		
1. Контроль	2435,3±45,1		3,6±0,1		9255,1±40,7			
2. Беллис	2094,7±29,5	-6,3*	4,3±0,1	11,9*	8719,5±53,5		-8,0*	
3. ХелсБеррин 2 обр.	2248,0±29,5	-3,5*	5,0±0,1	11,4*	8831,2±146,7		-2,8*	
4. ХелсБеррин 4 обр.	2656,7±29,5	4,1*	4,0±0,1	6,7*	10815,5±69,2		19,4*	
5. Х/Б + Гумат К 2 обр.	2963,2±29,5	9,8*	5,0±0,1	16,2*	12546,8±170,6		18,8*	
6. Х/Б + Гумат К 4 обр.	2623,0±45,4	2,9*	5,4±0,1	16,7*	9195,8±95,7		-0,6	

Примечание. * – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при P<0,05

Таблица 2. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса плодов *Vaccinium corymbosum* в вариантах полевых опытов, %

Table 2. The share of the main groups of bioflavonoids in the P-vitamin complex of *Vaccinium corymbosum* fruits in field trials, %

Вариант опыта	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы
Отраслевая лаборатория интродукции и технологии ягодных растений					
1. Контроль	48	28	76	7	17
2. Беллис	49	28	77	7	16
3. ХелсБеррин 2 обр.	43	30	73	8	19
4. ХелсБеррин 4 обр.	46	28	74	7	19
5. Х/Б + Гумат К 2 обр.	47	27	74	6	20
6. Х/Б + Гумат К 4 обр.	51	20	71	7	22
Крестьянско-фермерское хозяйство «Ягодное лукошко»					
1. Контроль	51	15	66	7	27
2. Беллис	50	21	71	6	23
3. ХелсБеррин 2 обр.	51	19	70	5	25
4. ХелсБеррин 4 обр.	48	22	70	6	24
5. Х/Б + Гумат К 2 обр.	55	17	72	5	23
6. Х/Б + Гумат К 4 обр.	48	19	67	5	28

Нетрудно убедиться, что показанные выше различия экспериментальных участков по показателю кислотности и уровню агрохимического обеспечения субстратной основы заметно отразились на количественных характеристиках Р-витаминного комплекса плодов голубики. Так, более высокое общее содержание биофлавоноидов в опыте на территории КФХ было обусловлено, главным образом, более активным, чем на ЭБ, обогащением плодов их доминирующими компонентами - собственно антоцианами и флавонолами на фоне преимущественного обеднения лейкоантоцианами и катехинами.

Вместе с тем ширина приведенных выше диапазонов варьирования исследуемых характеристик биофлавоноидного комплекса плодов в рамках обоих полевых экспериментов свидетельствовала об определенном влиянии на них испытываемых фунгицидных препаратов. Для количественной оценки данного влияния были определены относительные различия данных показателей с контролем в вариантах опытов с применением последних, приведенные в табл. 3. При этом в эксперименте на ЭБ использование всех видов фунгицидов способствовало преимущественному обеднению плодов голубики биофлавоноидами на 4–14% по сравнению с контролем, наименьшему при использовании химического препарата *Беллис* и наибольшему при четырехкратной обработке растений *ХелсБеррином* в сочетании с *Гуматом калия*, что косвенно указывало на соответствующее снижение их Р-витаминной ценности. Лишь в единичном случае – при двукратном применении вышеуказанной смеси препаратов общий выход

полифенолов не уступал таковому в контроле. При этом обработки микробными фунгицидами оказали наиболее выраженное негативное влияние на биосинтез в плодах антоциановых пигментов, что привело к снижению их общего количества на 8–20% относительно контроля, тогда как для катехинов было показано наименьшее в рамках эксперимента снижение содержания (в пределах 3–7%), причем двукратное использование *ХелсБеррина* способствовало даже незначительному их накоплению в плодах опытных растений. В отличие от антоциановых пигментов и катехинов, для флавонолов было показано весьма заметное стимулирующее влияние микробных препаратов на их биосинтез, что подтверждалось увеличением содержания данных соединений на 8–13% по сравнению с контролем, особенно на фоне применения *ХелсБеррина* в сочетании с *Гуматом калия*. Вместе с тем использование химического препарата *Беллис* не оказало достоверного влияния на содержание в плодах катехинов, но привело к обеднению их антоциановыми пигментами и флавонолами соответственно на 3 и 10%, что и обусловило показанное выше снижение в них общего количества Р-витаминов.

В отличие от эксперимента на ЭБ, в полевом опыте на территории КФХ на фоне четырехкратных обработок растений *ХелсБеррином* и особенно при двукратном его применении в сочетании с *Гуматом калия* имело место не обеднение, а напротив, значительное обогащение плодов биофлавоноидами, подтверждаемое увеличением их общего количества на 17 и 36% по сравнению с контролем (см. табл. 3). Столь вы-

Таблица 3. Относительные различия с контролем вариантов опыта с применением фунгицидных препаратов по характеристикам биохимического состава плодов *Vaccinium corymbosum*, %**Table 3.** Relative differences with the control variants of the experiment with the use of fungicidal preparations according to the characteristics of the biochemical composition of the fruits of *Vaccinium corymbosum*, %

Показатели	Варианты опыта				
	Беллис	ХелсБеррин 2 обр.	ХелсБеррин 4 обр.	Х/Б + Гумат К 2 обр.	Х/Б + Гумат К 4 обр.
Отраслевая лаборатория интродукции и технологии ягодных растений					
Собственно антоцианы	-	-17,0	-9,4	-	-8,5
Лейкоантоцианы	-5,9	-	-6,5	-	-39,8
Сумма антоциановых пигментов	-3,4	-11,1	-8,3	-	-20,0
Катехины	-	+4,3	-3,4	-3,4	-6,9
Флавонолы	-9,7	-	+7,5	+12,9	+10,8
Сумма биофлавоноидов	-4,3	-8,1	-5,2	-	-13,8
Совокупный эффект	-23,3	-31,9	-25,3	+9,5	-78,2
Крестьянско-фермерское хозяйство «Ягодное лукошко»					
Собственно антоцианы	-8,9	-5,1	+8,9	+44,3	-7,6
Лейкоантоцианы	+30,1	+17,2	+66,8	+54,4	+22,1
Сумма антоциановых пигментов	-	-	+22,0	+46,6	-
Катехины	-28,5	-34,6	-	-14,1	-28,5
Флавонолы	-14,0	-7,7	+9,1	+21,7	+7,7
Сумма биофлавоноидов	-5,8	-4,6	+16,9	+35,6	-
Совокупный эффект	-27,1	-34,8	+123,7	+188,5	-6,3

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $P < 0,05$

раженный позитивный эффект в этих вариантах опыта был обусловлен, главным образом, активизацией накопления в плодах антоциановых пигментов (на 22 и 47%) и в меньшей степени флавонолов (на 9 и 22%). Заметим, что в данном эксперименте использование всех без исключения испытываемых агроприемов обеспечивало усиление накопления в плодах лейкоформ антоциановых пигментов на 17–67%. Но поскольку активизация биосинтеза в них собственно антоцианов отмечена лишь на фоне обозначенных выше агроприемов, а в остальных вариантах опыта происходило снижение их содержания на 5–10%, то сколько-нибудь значимых различий в общем количестве антоциановых пигментов с контролем в этих случаях выявить не удалось. Вместе с тем в большинстве вариантов опыта обнаружена заметная общность тенденций с экспериментом на ЭБ в направленности изменений содержания в плодах катехинов и особенно флавонолов относительно контроля, но с иной степенью выразительности, что обусловило снижение на 5–6% общего выхода Р-витаминов на фоне применения химического фунгицида *Беллис* и двукратных обработок растений *ХелсБеррином*.

Для выявления интегральной картины результативности фунгицидных препаратов разной природы в отношении исследуемых компонентов биофлавоноидного комплекса плодов голубики, в каждом варианте обоих экспери-

ментов было осуществлено суммирование относительных размеров выявленных различий с контролем показателей накопления данных соединений (с учетом их знака), дающее представление о совокупном эффекте от испытываемых агроприемов (см. табл. 3). В полевом опыте на ЭБ применение всех видов фунгицидных препаратов оказало весьма выразительное ингибирующее воздействие на биосинтез Р-витаминов, что подтверждалось отрицательными значениями данного показателя в сопоставимых пределах (23–32%) в вариантах с обработками растений *Беллисом* и *ХелсБеррином*. Лишь в единичном случае – при двукратных обработках *ХелсБеррином* в сочетании с *Гуматом калия* обнаружен незначительный позитивный эффект, что заметно контрастировало с наиболее существенным в рамках эксперимента отрицательным результатом (78%) при четырехкратных обработках смесью этих препаратов.

В аналогичном эксперименте на территории КФХ на фоне применения *Беллиса*, а также двукратных обработок *ХелсБеррином* и четырехкратных обработок смесью *ХелсБеррина* и *Гумата калия* также был получен отрицательный эффект, но если в двух первых случаях он оказался весьма близок по величине установленному в опыте на ЭБ (27 и 35%), то в последнем случае он уступал ему более чем в 12 раз, что свидетельствовало о снижении ингибирующего

действия данного агроприема на формирование Р-витаминного комплекса плодов голубики. При этом четырехкратные обработки *ХелсБеррином* и в большей степени двукратные *ХелсБеррином* в сочетании с *Гуматом калия* обусловили здесь весьма выразительный позитивный эффект в плане воздействия на биофлавоноидный комплекс плодов голубики, составивший 124% и 189% (см. табл. 3).

Как видим, незначительное позитивное действие испытываемых препаратов на совокупность характеристик биофлавоноидного комплекса плодов голубики в опыте на ЭБ выявлено лишь в единичном случае – при двукратном применении *ХелсБеррина* в сочетании с *Гуматом калия*, тогда как в эксперименте на территории КФХ подобный положительный эффект, превышавший по результативности примерно в 20 раз, обнаружен не только в этом варианте, но и при четырехкратной обработке *ХелсБеррином*, уступавшей последнему по эффективности в 1,5

раза. Это однозначно указывает на явную зависимость стимулирующего влияния органических фунгицидных препаратов на биосинтез Р-витаминов от уровня минерального питания растений голубики.

На основании результатов данных исследований были выявлены варианты опыта с наибольшими и соответственно наименьшими параметрами накопления исследуемых компонентов биофлавоноидного комплекса плодов голубики (табл. 4).

Как и следовало ожидать, в обоих экспериментах наибольшее количество максимальных значений параметров выявлено на фоне двукратной обработки растений *ХелсБеррином* в сочетании с *Гуматом калия*. При этом наибольшее количество минимальных значений данных показателей в опыте на ЭБ установлено при четырехкратном использовании данной смеси, тогда как в опыте на территории КФХ – при применении химического фунгицида *Беллис*.

Таблица 4. Варианты полевых опытов с наибольшими (**max**) и наименьшими (**min**) характеристиками биофлавоноидного комплекса плодов *Vaccinium corymbosum*

Table 4. Variants of field experiments with the highest (**max**) and lowest (**min**) characteristics of the bioflavonoid complex of *Vaccinium corymbosum* fruits

Показатели	Варианты опыта					
	Контроль	Беллис	Хелс-Беррин 2 обр.	Хелс-Беррин 4 обр.	Х/Б + Гумат К 2 обр.	Х/Б + Гумат К 4 обр.
Отраслевая лаборатория интродукции и технологии ягодных растений						
Собственно антоцианы	max	max	<i>min</i>		max	
Лейкоантоцианы	max		max		max	<i>min</i>
Сумма антоциановых пигментов	max				max	<i>min</i>
Катехины			max			<i>min</i>
Флавонолы		<i>min</i>			max	
Сумма биофлавоноидов	max				max	<i>min</i>
Крестьянско-фермерское хозяйство «Ягодное лукошко»						
Собственно антоцианы		<i>min</i>			max	
Лейкоантоцианы	<i>min</i>			max		
Сумма антоциановых пигментов					max	
Катехины	max		<i>min</i>	max		
Флавонолы		<i>min</i>			max	
Сумма биофлавоноидов		<i>min</i>			max	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования влияния фунгицидных препаратов – химического *Беллис* и бактериальных *ХелсБеррина* и *ХелсБеррина* в сочетании с *Гуматом калия* при дву- и четырехкратных обработках растений голубики высокорослой на содержание в плодах основных компонентов биофлавоноидного комплекса (антоциановых пигментов, флавонолов и катехинов) в рамках двух полевых экспериментов с иден-

тичной 6-вариантной схемой, но при разном уровне плодородия почвы – менее высоком на экспериментальной базе ЦБС НАН Беларуси (ЭБ) и более высоком в расположенном на 10 км севернее крестьянско-фермерском хозяйстве «Ягодное лукошко», установлено следующее.

Более высокий уровень агрохимического обеспечения на территории КФХ способствовал более активному, чем на ЭБ, накоплению био-

флавоноидов в плодах опытных растений, обусловленному более активным их обогащением собственно антоцианами и флавонолами на фоне преимущественного обеднения лейкоантоцианами и катехинами.

Показано, что направленность и величина сдвигов в составе биофлавоноидного комплекса плодов на фоне применения *ХелсБеррина* (дифференцированного и в сочетании с *Гуматом калия*) в большей степени определялась уровнем кислотности и плодородия субстрата, нежели дозой и кратностью обработок растений данным препаратом.

Установлено, что в обоих экспериментах применение фунгицидных препаратов в большинстве случаев способствовало снижению общего количества биофлавоноидов в плодах голубики на 6–78% относительно контроля, и лишь на фоне двукратной обработки растений *ХелсБеррином* в сочетании с *Гуматом калия* наблюдалось увеличение их содержания на 10% на ЭБ и 189% на КФХ, наиболее значительное при более высоком уровне агрохимического обеспечения, обусловившем также аналогичный, но выраженный в 1,5 раза слабее эффект от четырехкратной обработки *ХелсБеррином*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений. / И. А. Карабанов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.
2. 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.
3. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э.А. Шафтан // Тр. 3 Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
4. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград, 1987. – 430 с.
5. Андреев, В. Ю. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной. / В. Ю. Андреев [и др.]. // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.

Поступила в редакцию 10.02.2023 г.