

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 634.737:581.5:581.522.4(476)

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2026-71-2-95-103>

Поступила в редакцию 22.10.2025

Received 22.10.2025

Ж. А. Рупасова¹, Ф. И. Привалов¹, Э. И. Коломиец², С. Н. Авраменко¹, Н. Б. Павловский¹¹Центральный ботанический сад Национальной академии наук, Минск, Республика Беларусь²Государственное научно-производственное объединение «Химический синтез и биотехнологии», Минск, Республика Беларусь**ВЛИЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ НА БИОФЛАВОНОИДНЫЙ КОМПЛЕКС ПЛОДОВ *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА**

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования в Южной агроклиматической зоне республики (Ганцевичский р-н Брестской обл.) в рамках двух полевых опытов с низким и высоким уровнем плодородия почвы влияния биологических препаратов ростстимулирующего действия – Оксидата торфа «Голубика» с микроэлементами в концентрации 0,4 % и нового микробного препарата Экоберит в концентрациях 2, 4 и 8 % на формирование биофлавоноидного комплекса плодов голубики высокорослой. Установлено стимулирующее влияние испытываемых агроприемов на накопление в плодах Р-витаминов, содержание которых определялось состоянием агрохимического фона, видом и концентрацией препарата, а также химической природой органических соединений. Показаны основные тенденции в изменении соотношения основных групп биофлавоноидов под действием испытываемых препаратов в зависимости от эдафического фактора. Установлено, что на почве с менее высоким уровнем плодородия наиболее значительное обогащение плодов данными соединениями обеспечивало внесение Оксидата торфа, превосходившее таковое при использовании препарата Экоберита в 2,8–3,7 раза при постепенном усилении накопления Р-витаминов по мере возрастания его концентрации, тогда как на почве с более высоким уровнем плодородия наиболее результативным следовало признать внесение микробного препарата в 8%-й концентрации, превосходившее по эффективности использование Оксидата торфа в 1,2 раза.

Ключевые слова: уровень плодородия почвы, регуляторы роста Экоберит, Оксидат торфа, голубика высокорослая, плоды, биофлавоноиды, антоциановые пигменты, катехины, флавонолы

Для цитирования: Влияние плодородия почвы на биофлавоноидный комплекс плодов *Vaccinium corymbosum* L. при применении биологических регуляторов роста / Ж. А. Рупасова, Ф. И. Привалов, Э. И. Коломиец [и др.] // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2026. – Т. 71, № 2. – С. 95–103. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2026-71-2-95-103>

**Zhanna A. Rupasova¹, Fyodor I. Privalov¹, Emilia I. Kolomiets²,
Stanislav N. Avramenko¹, Nikolay B. Pavlovsky¹**¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences, Minsk, Republic of Belarus²State Scientific and Production Enterprise “Chemical Synthesis and Biotechnology”, Minsk, Republic of Belarus**INFLUENCE OF SOIL FERTILITY ON THE BIOFLAVONOID COMPLEX OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. FRUITS WHEN USING BIOLOGICAL GROWTH REGULATORS**

Abstract. The article presents the results of a comparative study conducted in the southern agro-climatic zone of Belarus (Gantsevichsky District, Brest Region), as part of two field experiments with low and high levels of soil fertility. The study examined the effect of biological growth-stimulating agents, such as Blueberry Peat Oxidate with micronutrients at a concentration of 0.4 %, and the new microbial preparation Ecoberit at concentrations of 2, 4, and 8 %, on the formation of the bioflavonoid complex in highbush blueberries. The stimulating effect of the tested agricultural practices on the accumulation of P-vitamins in the plants was established, and the degree of this effect was determined by the state of the agrochemical background, the type and concentration of the preparation, as well as the chemical nature of the organic compounds. The main trends in the changes in the ratio of the main groups of bioflavonoids under the influence of the tested preparations, depending on the edaphic factor, were shown. It was found that in soils with a lower level of fertility, the most significant enrichment of soybean fruits with these bioflavonoids occurred.

Keywords: soil fertility level, Ecoberit growth regulators, Peat Oxidate, highbush blueberries, fruits, bioflavonoids, anthocyanin pigments, catechins, flavonols

For citation: Rupasova Zh. A., Privalov F. I., Kolomiets E. I., Avramenko S. N., Pavlovsky N. B. Influence of soil fertility on the bioflavonoid complex of *Vaccinium corymbosum* L. fruits when using biological growth regulators. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2026, vol. 71, no. 2, pp. 95–103 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2026-71-2-95-103>

Введение. После принятия Закона Республики Беларусь «О производстве и обращении органической продукции» от 09.11.2018 № 144-З существенно ужесточились требования к качеству экологически чистой растениеводческой продукции, при производстве которой ограничено использование любых химических средств, в том числе ростстимулирующего действия. В связи с этим при совершенствовании технологии возделывания голубики высокорослой в разных агроклиматических зонах республики значительное внимание ученых Центрального ботанического сада (ЦБС) НАН Беларуси уделяется комплексной оценке эффективности экологически безопасных препаратов в активизации ростовых и биопродукционных процессов у данной культуры. Уже получены положительные результаты при использовании биологических стимуляторов роста Гидрогумата, Альбита, Элегум-комплекса и микробных удобрений Бактопина, АгроМика, МаКлоРа и ПолиФунКура для оптимизации минерального питания голубики [1]. На основании данных исследований выявлены высокоэффективные варианты применения указанных препаратов, показавшие наиболее выраженное позитивное влияние на качественные характеристики ягодной продукции.

В основу данной работы положены результаты исследования влияния биологических препаратов ростстимулирующего действия – Оксидата торфа «Голубика» с микроэлементами и трех концентраций нового микробного препарата Экоберит, разработанного в ГНПО «Химический синтез и биотехнологии», на содержание в плодах голубики высокорослой сорта Bluecrop основных компонентов биофлавоноидного комплекса, обладающих разносторонним, в том числе Р-витаминным, действием на организм человека в зависимости от состояния агрохимического фона. Первый препарат представляет собой 4%-й водный концентрат биологически активных веществ, содержащихся в природном продукте – торфе. В его состав входят гуминовые и фульвовые кислоты (до 80 %), 16 аминокислот, из которых 9 незаменимых, моно- и полисахариды, фенолы, гемицеллюлоза, макро- и микроэлементы (Ca, Mg, N, P, K, Na, S, Fe, J, Co, Mn, Zn и др.), а также производные витаминов группы В, витамины D, D₃, PP, нафтенная кислота и хиноны. Микробный препарат Экоберит представляет собой консорциум из штаммов бактерий рода *Vaccillus*, обладающий ростстимулирующей, антимикробной, азотфиксирующей и фосфатмобилизующей активностями.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнены в Ганцевичском р-не Брестской обл. в условиях сезона 2025 г. на примере модельного сорта Bluecrop в рамках двух полевых опытов, один из которых проведен в посадках голубики на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии ягодных растений ЦБС НАН Беларуси (ЭБ), а второй – в производственных насаждениях данной культуры на территории расположенного в 10 км севернее Крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ) «Ягодное лукошко». В первом эксперименте почва под опытными растениями – торфяно-глебовая, мелиорированная, развитая на слое пушицево-сфагнового верхового торфа, подстилаемом с глубины 50 см рыхлым, разнородным песком. Торф – среднеразложившийся, с зольностью 15 % и содержанием P₂O₅ – 131 мг/кг, K₂O – 180 мг/кг, Ca – 246 мг/кг, Mg – 32 мг/кг. Реакция почвенного раствора (рН_{H2O}) 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 %, P₂O₅ – 285 мг/кг, K₂O – 74 мг/кг, Ca – 982 мг/кг, Mg – 124 мг/кг. Реакция почвенного раствора (рН_{H2O}) в пристволевой зоне посадок голубики соответствовала области более низких и более благоприятных для данной культуры, нежели на предыдущем участке, значений: от 3,8 до 4,9 при рН мульчирующего слоя (древесные опилки) в пределах 4,7–4,8, а в междурядьях – 5,0–5,7. В данном эксперименте были созданы посадки сходных по габитусу одновозрастных генеративных растений модельного сорта голубики, пристволевая полоса которых замульчирована отходами деревообработки (опилки, щепа, кора) слоем толщиной 10 см и шириной 1,2 м, а сами посадки оборудованы капельным орошением, обеспечивающим также подкисление субстрата и дополнительное поступление основных питательных элементов в виде растворов аммиачной селитры, солей калия и фосфора. Это способствовало улучшению агрохимических свойств почвы, обусловившему более высокий уровень плодородия почвы в опытных посадках голубики на территории КФХ, нежели на экспериментальном участке отраслевой лаборатории

ЦБС, что не могло не отразиться на темпах биосинтеза чрезвычайно ценных в физиологическом плане основных групп биофлавоноидов, являющихся общепризнанными антиоксидантами [2], на фоне применения испытываемых регуляторов роста.

Схема опыта на территории ЭБ включала 5 вариантов: 1 – контроль (обработка пристволевой зоны растений водой); 2 – внесение 0,4%-го водного раствора Оксидата торфа; 3–5 – внесение водных растворов препарата Экоберит в концентрациях 2, 4 и 8 %. На территории КФХ «Ягодное лукошко» схема опыта включала 4 варианта: 1 – контроль (обработка водой); 2 – внесение 0,4%-го водного раствора Оксидата торфа; 3, 4 – внесение водных растворов препарата Экоберит в концентрациях 4 и 8 %. В обоих экспериментах использование обозначенных препаратов осуществляли путем внесения 1 л приготовленного раствора под каждый куст голубики в начале фазы бутонизации и далее 4 раза с интервалом 15–20 дней до начала созревания плодов. Последнее внесение препаратов проводили за 2 недели до сбора ягод.

В обоих экспериментах в период созревания плодов проводили повариантное определение общепринятыми методами биохимического анализа [3–6] содержания в них собственно антоцианов и суммарного количества антоциановых пигментов, а также катехинов и флавонолов (в пересчете на рутин). Все аналитические определения выполнены в двукратной биологической и трехкратной аналитической повторностях. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel [7].

Результаты и их обсуждение. По нашим оценкам, суммарное содержание биофлавоноидов в сухой массе плодов опытных растений изменялось в рамках экспериментов на территории ЭБ и КФХ в диапазонах 6 653–11 020 и 7 260–9 748 мг/100 г соответственно. При этом общее количество антоциановых пигментов варьировалось в диапазонах 4 037–6 580 и 4 701–6 304 мг/100 г, в том числе собственно антоцианов – в интервалах 1 969–3 293 и 2 306–3 347 мг/100 г, а лейкоантоцианов – в пределах 1 487–4 377 и 1 355–3 189 мг/100 г. Интервалы изменения содержания флавонолов соответствовали областям значений 2 163–3 832 и 2 095–3 372 мг/100 г, а катехинов – 421–608 и 464–855 мг/100 г. Значительная ширина приведенных диапазонов варьирования исследуемых показателей в обоих экспериментах свидетельствовала о существенном влиянии на них испытываемых агроприемов.

Для установления степени зависимости общего количества биофлавоноидов и содержания их основных групп в плодах голубики от состояния агрохимического фона в общих для обоих экспериментов вариантах на менее и более плодородной почве определены относительные различия между ними по данным показателям (табл. 1).

Таблица 1. Относительные различия биохимических характеристик плодов голубики высокорослой в вариантах полевого опыта с обработками растений рострегулирующими препаратами на территории ЭБ относительно таковых в КФХ «Ягодное лукошко», %

Table 1. Relative differences in the biochemical characteristics of highbush blueberry fruits in the field trial variants with plant treatments with growth-regulating agents in the EB territory relative to those in the Yagodnoye Lukoshko farm, %

Показатель	Контроль	Оксидат торфа 0,4 %	Экоберит	
			4 %	8 %
Собственно антоцианы	-41,2	-4,5	-11,5	-37,2
Лейкоантоцианы	+52,7	+37,3	+18,7	-5,0
Сумма антоциановых пигментов	-14,1	+19,8	-	-21,7
Катехины	-	-4,1	-36,0	-50,8
Флавонолы	+3,3	+13,6	+31,5	+19,1
Сумма биофлавоноидов	-8,4	+16,0	+4,8	-13,4
Положительные сдвиги	56,0	86,7	55,0	19,1
Отрицательные сдвиги	63,7	8,6	47,5	128,1
Совокупный результат	-7,7	+78,1	+7,5	-109,0
Соотношение положительных/отрицательных сдвигов	0,9	10,1	1,2	0,2

Примечание. Здесь и в табл. 4 прочерк (-) обозначает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий при $p < 0,05$.

Оказалось, что использование ростовых стимуляторов в опыте, проведенном на территории ЭБ на почве с более низким уровнем плодородия, способствовало во всех или в большинстве вариантов опыта менее активному, чем на более плодородной почве КФХ, накоплению в плодах собственно антоцианов (на 5–41 %), катехинов (на 4–51 %), а в контроле, как и при внесении препарата Экоберит в максимальной концентрации, – также увеличению общего выхода биофлавоноидов на 8–13 %, тогда как использование микробного препарата в 4%-й концентрации, и особенно Оксидата торфа, обуславливало на 5–16 % более значительное, чем в опыте в КФХ, накопление Р-витаминов. Поскольку общее количество последних интегрировало в себе реакцию отдельных компонентов биофлавоноидного комплекса на состояние агрохимического фона, то показанные межвариантные различия по общему содержанию полифенолов были обусловлены соответствующими изменениями темпов биосинтеза антоциановых пигментов, катехинов и флавонолов.

Так, во всех вариантах опыта, проведенного на ЭБ, было установлено ослабление на 5–41 % по сравнению с опытом на КФХ накопления в плодах собственно антоцианов на фоне усиления на 19–53 % такового лейкоантоцианов, что свидетельствовало о замедлении в первом случае процесса их созревания, сопряженного с приобретением ими синей окраски, обусловленной присутствием собственно антоцианов. При этом наиболее значительные контрасты между сравниваемыми экспериментами по содержанию тех и других форм антоциановых пигментов выявлены в контроле. Заметим, что только при использовании 4%-го Экоберита не обнаружено значимого влияния уровня плодородия почвы на общее содержание в плодах антоциановых пигментов, тогда как в опыте на территории ЭБ в контрольном варианте и при использовании максимальной концентрации микробного препарата оно уступало на 14–22 % таковому в КФХ, а при применении Оксидата торфа, напротив, на 20 % превосходило его (табл. 1). Что касается катехинов и флавонолов, то для них также показано заметное влияние эдафического фактора на темпы биосинтеза данных соединений в плодах голубики. Замечено, что на менее плодородной почве использование всех испытываемых препаратов обуславливало снижение по сравнению с таковым на более плодородной почве содержания катехинов на 4–51 %, наиболее существенное – на фоне внесения Экоберита, особенно в максимальной концентрации, при отсутствии достоверных различий в контроле, на фоне противоположных по знаку различий с экспериментом в КФХ по содержанию флавонолов, составлявших 3–32 %.

На наш взгляд, обобщенное представление о степени влияния уровня плодородия почвы на трансформацию биофлавоноидного комплекса плодов голубики по совокупности 6 характеристик под действием испытываемых агроприемов можно составить по результирующему показателю, оцениваемому величиной соотношения суммарных значений положительных и отрицательных различий анализируемых признаков в общих вариантах полевых опытов, проведенных на территории ЭБ и КФХ (табл. 1). Как видим, лишь при внесении 4%-го Экоберита, и особенно Оксидата торфа, степень обогащения плодов Р-витаминами на менее плодородной почве превышала таковую на более плодородной в 1,2–10,1 раза. При этом в контроле и при использовании бактериального препарата в максимальной концентрации наблюдалась противоположная картина. Так, в первом случае суммарная величина положительных сдвигов оказалась практически идентичной таковой отрицательных, что обусловило лишь незначительное преимущество вторых (не более чем в 1,1 раза) и указывало на сравнительно слабое влияние эдафического фактора на накопление полифенолов при отсутствии воздействия регуляторами роста. При внесении же микробного препарата в максимальной концентрации суммарная величина отрицательных различий между экспериментами на территории ЭБ и КФХ по общему содержанию в плодах Р-витаминов в 6,7 раза превышала таковую положительных, что свидетельствовало о значительном ингибирующем влиянии испытываемого агроприема на биосинтез данных соединений на менее плодородной почве.

Разумеется, выявленные разнонаправленные тенденции в изменении содержания основных компонентов биофлавоноидного комплекса в зависимости от уровня плодородия почвы не могли не отразиться на величине их соотношения, определяющего индивидуальное Р-витаминное действие плодов голубики на организм человека. Например, антоцианы способны образовывать

выводимые из организма комплексы с ионами радиоактивных элементов. 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 ценности растительных продуктов [2].

Как и следовало ожидать, доминирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса плодов голубики принадлежало антоциановым пигментам, общая доля которых в экспериментах на территории ЭБ и КФХ варьировалась в сходных диапазонах – 58–61 и 58–65 % соответственно (табл. 2).

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

Table 2. Share of the main groups of bioflavonoids in the P-vitamin complex of *Vaccinium corymbosum* L. fruits in the variants of field experiments, %

Вариант опыта	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Флавонолы	Катехины
Эксперимент на территории ЭБ					
Контроль	30	31	61	32	7
Оксидат торфа 0,4 %	20	40	60	34	6
Экоберит 2 %	42	19	61	33	6
Экоберит 4 %	35	25	60	34	6
Экоберит 8 %	24	34	58	37	5
Эксперимент на территории КФХ «Ягодное лукошко»					
Контроль	46	19	65	29	6
Оксидат торфа 0,4 %	24	34	58	35	7
Экоберит 4 %	41	23	64	27	9
Экоберит 8 %	34	31	65	26	9

При этом на долю собственно антоцианов приходилось 20–42 и 24–46 % соответственно при относительной доле лейкоантоцианов 19–40 и 19–34 %, тогда как доля флавонолов варьировалась в диапазонах 32–37 и 26–35 %, а таковая катехинов не превышала 5–7 и 6–9 %. Заметим, что в обоих экспериментах на фоне испытываемых агроприемов наиболее заметные сдвиги данного показателя относительно контроля выявлены в комплексе антоциановых пигментов, причем на фоне применения Оксидата торфа наблюдалось резкое ослабление в нем позиций собственно антоцианов при усилении таковых лейкоантоцианов. Это свидетельствовало о замедлении процесса созревания плодов голубики под действием данного препарата, независимо от уровня плодородия почвы. Заметим, что в обоих экспериментах внесение Экоберита, напротив, способствовало более выраженному, чем в данном варианте, усилению позиций собственно антоцианов при ослаблении таковых лейкоантоцианов. При этом с увеличением концентрации микробного препарата в составе Р-витаминного комплекса плодов наблюдалось снижение долевого участия собственно антоцианов на фоне увеличения такового лейкоантоцианов. Вместе с тем при отсутствии заметных различий между сравниваемыми экспериментами в долевого участия флавонолов и катехинов в контроле и при использовании Оксидата торфа внесение Экоберита приводило к увеличению долевого участия антоциановых пигментов и катехинов при снижении такового флавонолов, более выраженному в опыте на территории КФХ, нежели на ЭБ.

Как видим, на фоне внесения Оксидата торфа уровень плодородия почвы не оказывал значимого влияния на долевого участие катехинов и флавонолов в составе биофлавоноидного комплекса плодов голубики при заметной трансформации антоцианового комплекса, обусловленной замедлением темпов превращения лейкоформ в собственно антоцианы, тогда как использование Экоберита на более плодородной почве способствовало снижению по сравнению с таковым на менее плодородной почве роли флавонолов при заметном усилении таковой катехинов и антоциановых пигментов в основном за счет активизации биосинтеза собственно антоцианов, ослабевавшей по мере увеличения дозы микробного препарата и сопровождавшейся усилением накопления лейкоантоцианов.

На основании результатов биохимического скрининга плодов голубики в рамках полевых экспериментов выявлены варианты с наибольшими и наименьшими значениями анализируемых показателей (табл. 3).

Таблица 3. Варианты полевых опытов с наибольшими (max) и наименьшими (min) характеристиками биофлавоноидного комплекса плодов *V. corymbosum* L.

Table 3. Field experiment variants with the highest (max) and lowest (min) characteristics of the bioflavonoid complex in *V. corymbosum* L. fruits

Показатель	Контроль	Оксидат торфа 0,4 %	Экоберит		
			2 %	4 %	8 %
Эксперимент на территории ЭБ					
Собственно антоцианы	min		max		min
Лейкоантоцианы		max	min		
Сумма антоциановых пигментов	min	max			
Катехины		max			min
Флавонолы	min	max			
Сумма биофлавоноидов	min	max			
Эксперимент на территории КФХ «Ягодное лукошко»					
Собственно антоцианы	max	min	Не определен		
Лейкоантоцианы	min	max	Не определен		
Сумма антоциановых пигментов	min		Не определен		max
Катехины	min		Не определен		max
Флавонолы	min	max	Не определен	min	
Сумма биофлавоноидов	min	max	Не определен		max

Нетрудно убедиться, что в обоих полевых экспериментах наибольшим количеством максимальных значений анализируемых признаков характеризовался вариант с внесением Оксидата торфа, наряду с которым в опыте на территории КФХ сопоставимым с ним числом подобных значений отмечен также вариант с использованием 8%-го Экоберита при их отсутствии на фоне его внесения в 4%-й концентрации. Применение же микробного препарата в максимальной концентрации на почве с более низким уровнем плодородия выявило менее выраженный позитивный эффект, степень проявления которого снижалась по мере уменьшения его концентрации. При этом наибольшее количество минимальных значений исследуемых показателей обнаружено в контроле, что свидетельствовало о стимулирующем в целом влиянии испытываемых препаратов на биосинтез в плодах основных компонентов биофлавоноидного комплекса.

Для количественной оценки в полевых экспериментах влияния на него регуляторов роста определены относительные различия с контролем исследуемых показателей в вариантах с их применением, приведенные в табл. 4. Как видим, различия уровня агрохимического фона отразились не столько на направленности, сколько на степени изменений анализируемых признаков при наличии в большинстве случаев общих закономерностей. Так, независимо от эдафического фактора, использование стимуляторов роста в основном способствовало обогащению плодов голубики основными компонентами биофлавоноидного комплекса, что, на наш взгляд, обусловлено присущей им защитной функцией при экзогенных стрессовых воздействиях на растительный организм [8]. Вместе с тем степень проявления данного эффекта определялась не только состоянием агрохимического фона, но и видом, и дозой препарата, а также химической природой органических соединений.

Заметим, что внесение Оксидата торфа на более плодородной почве способствовало более выраженной, чем на менее плодородной, активизации по сравнению с контролем биосинтеза в плодах катехинов и лейкоформ антоциановых пигментов при менее существенном усилении накопления флавонолов и особенно собственно антоцианов (табл. 4). При этом выразительность изменений в Р-витаминном комплексе плодов на фоне применения Экоберита в значительной степени определялась его концентрацией и состоянием агрохимического фона. Вместе с тем в эксперименте на почве с более низким уровнем плодородия обогащение плодов антоциановыми пигментами, уступавшее по интенсивности в 2,8–3,4 раза таковому при использовании

Таблица 4. Относительные различия с контролем вариантов полевых опытов по характеристикам биофлавоноидного комплекса плодов *V. corymbosum* L., %Table 4. Relative differences with control of field experiment variants in terms of the characteristics of the bioflavonoid complex of *V. corymbosum* L. fruits, %

Показатель	Оксидат торфа 0,4 %	Экоберит		
		2 %	4 %	8 %
Эксперимент на территории ЭБ				
Собственно антоцианы	+11,9	+67,3	+42,9	+4,4
Лейкоантоцианы	+111,6	-28,1	–	+39,4
Сумма антоциановых пигментов	+63,0	+18,4	+21,0	+22,3
Катехины	+34,3	–	–	-7,0
Флавонолы	+77,2	+21,3	+28,3	+42,5
Сумма биофлавоноидов	+65,6	+18,1	+21,9	+26,9
Положительные сдвиги	363,6	125,1	114,1	135,5
Отрицательные сдвиги	Нет	28,1	Нет	7,0
Совокупный результат	363,6	97,0	114,1	128,5
Эксперимент на территории КФХ «Ягодное лукошко»				
Собственно антоцианы	-31,1	Не определен	-5,0	–
Лейкоантоцианы	+135,4	Не определен	+28,9	+124,0
Сумма антоциановых пигментов	+16,9	Не определен	+4,8	+34,1
Катехины	+36,6	Не определен	+50,6	+84,3
Флавонолы	+61,0	Не определен	–	+23,6
Сумма биофлавоноидов	+30,9	Не определен	+6,6	+34,3
Положительные сдвиги	280,8	Не определен	90,9	300,3
Отрицательные сдвиги	31,1	Не определен	5,0	Нет
Совокупный результат	249,7	Не определен	85,9	300,3

Оксидата торфа, слабо зависело от концентрации микробного препарата, однако при его внесении в концентрациях 2 и 4 % в самом комплексе данных пигментов наблюдалось усиление превращения лейкоантоцианов в собственно антоцианы при замедлении данного процесса при использовании максимальной концентрации препарата.

В отличие от данного эксперимента в опыте на более плодородной почве отмечено усиление накопления только лейкоформ антоциановых пигментов, нараставшее с увеличением концентрации Экоберита, причем аналогичная тенденция прослеживалась и в накоплении близких им по химической природе катехинов, что обусловило в 1,4–2,3 раза более выраженное, чем при внесении Оксидата торфа, превышение контрольного уровня их содержания. Что касается флавонолов, то в данном случае активизация их накопления, уступавшая таковой на фоне применения Оксидата торфа в 2,6 раза, имела место лишь при использовании максимальной концентрации микробного препарата. Заметим, что в опыте на менее плодородной почве использование последнего не оказало значимого влияния на темпы биосинтеза катехинов, и лишь на фоне внесения его в 8%-й концентрации наблюдалось незначительное обеднение плодов данными соединениями. При этом использование микробного препарата способствовало хотя и менее выраженной (в 1,8–3,6 раза), чем при внесении Оксидата торфа, но тем не менее весьма заметной активизации биосинтеза флавонолов, усиливавшейся с увеличением его концентрации.

Разумеется, различия темпов биосинтеза основных компонентов Р-витаминного комплекса плодов голубики под действием испытываемых стимуляторов роста в зависимости от состояния агрохимического фона не могли не отразиться на изменении при этом общего выхода биофлавоноидов относительно контроля. Как следует из табл. 4, на менее плодородной почве наибольшее увеличение данного показателя, вдвое превышавшее таковое на более плодородной, выявлено при внесении Оксидата торфа, тогда как применение Экоберита, независимо от эдафического фактора, оказалось наиболее результативным при использовании его максимальной концентрации.

С целью выявления агроприема с наиболее выраженным позитивным влиянием на биофлавоноидный комплекс плодов голубики осуществлено суммирование относительных размеров положительных и отрицательных различий опытных вариантов с контролем по 6 исследуемым

характеристикам данного комплекса, сложение которых с учетом их знака давало представление о совокупном результате в каждом конкретном случае (табл. 4). Установлено, что, независимо от уровня плодородия почвы, испытываемые стимуляторы роста оказывали существенное позитивное влияние на Р-витаминный комплекс плодов по совокупности 6 основных его характеристик. При этом в эксперименте на территории ЭБ на почве с менее высоким уровнем плодородия наиболее значительное обогащение его основными компонентами выявлено на фоне внесения Оксидата торфа, превосходившее таковое при использовании Экоберита в 2,8–3,7 раза при постепенном увеличении общего выхода биофлавоноидов по мере возрастания концентрации микробного препарата. В эксперименте на территории КФХ на почве с более высоким уровнем плодородия самым результативным агроприемом следовало признать внесение микробного препарата в 8%-й концентрации, превосходившее по эффективности использование Оксидата торфа в 1,2 раза.

Заключение. В результате сравнительного исследования в Южной агроклиматической зоне республики (Ганцевичский р-н Брестской обл.) в рамках двух полевых опытов с низким и высоким уровнем плодородия почвы влияния биологических препаратов ростстимулирующего действия – Оксидата торфа «Голубика» с микроэлементами в концентрации 0,4 % и нового микробного препарата Экоберит в концентрациях 2, 4 и 8 % на формирование биофлавоноидного комплекса плодов голубики высокорослой установлено, что все испытываемые агроприемы способствовали значительному их обогащению основными его компонентами, степень которого определялась состоянием агрохимического фона, видом и концентрацией препарата, а также химической природой данных соединений.

Показано, что на фоне внесения Оксидата торфа уровень плодородия почвы не оказывал значимого влияния на долевое участие катехинов и флавонолов в составе биофлавоноидного комплекса плодов при существенной трансформации пула антоциановых пигментов, обусловленной замедлением темпов превращения лейкоформ в собственно антоцианы. Использование же препарата Экоберит на более плодородной почве приводило к снижению по сравнению с установленной на менее плодородной роли флавонолов при заметном усилении таковой катехинов и антоциановых пигментов в основном за счет активизации биосинтеза собственно антоцианов, ослабевавшей по мере увеличения концентрации микробного препарата и сопровождавшейся усилением накопления лейкоантоцианов.

Установлено, что на почве с менее высоким уровнем плодородия наиболее значительное обогащение плодов биофлавоноидами обеспечивало внесение Оксидата торфа, превосходившее таковое при использовании Экоберита в 2,8–3,7 раза при постепенном усилении накопления Р-витаминов по мере возрастания его концентрации, тогда как на более плодородной почве самым результативным агроприемом следовало признать внесение микробного препарата Экоберит в 8%-й концентрации, превосходившее по эффективности использование Оксидата торфа в 1,2 раза.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список использованных источников

1. Эффективность микробных удобрений при возделывании голубики на выработанных торфяниках Беларуси / Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, В. Н. Решетников [и др.]. – Мн.: Бел. наука, 2020. – 236 с.
2. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Мн.: Ураджай, 1981. – 80 с.
3. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1959. – Vol. 10, N 1. – P. 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
4. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреева, Г. И. Калинин, Н. Э. Коломиец, Н. В. Исайкина // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
5. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы: учеб. пособие / сост.: М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2012. – 148 с.
6. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош [и др.]; отв. ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
7. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев, Л. А. Панченко, Г. Ю. Ризниченко, А. Т. Терехин. – М.: Изд. центр «Академия», 2009. – 320 с.

8. Содержание осмолитов и флавоноидов у растений *Arabidopsis thaliana*, дефектных по жасмонатному сигналингу, при солевом стрессе / Т. А. Ястреб, Ю. Е. Колупаев, А. А. Луговая, А. П. Дмитриев // Прикладная биохимия и микробиология. – 2016. – Т. 52, № 2. – С. 223–229.

References

1. Rupasova Zh. A., Yakovlev A. P., Reshetnikov V. N., Kolomiets E. I., Aleshchenkova Z. M. *Efficiency of microbial fertilizers in the cultivation of blueberries on depleted peatlands of Belarus*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2020. 236 p. (in Russian).
2. Karabanov I. A. *Flavonoids in the world of plants*. Minsk, Uradzhai Publ., 1981. 80 p. (in Russian).
3. Swain T., Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1959, vol. 10, no. 1, pp. 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
4. Andreeva V. Yu., Kalinkina G. I., Kolomiets N. E., Isaikina N. V. Procedure for determination of antocyanins in the black chokeberries (*Aronia melanocarpa*). *Farmatsiya* [Pharmacy], 2013, no. 3, pp. 19–21 (in Russian).
5. Kusakina M. G., Suvorov V. I., Chudinova L. A. (comp.). *Extensive Practical Course “Biochemistry”*. Laboratory Work. Perm, Perm State national research university, 2012. 148 p. (in Russian).
6. Ermakov A. I., Arasimovich V. V., Yarosh N. P., Smirnova-Ikonnikova M. I., Murri I. K., Lukovnikova G. A. *Methods of Biochemical Research of Plants*. 3rd ed. rev. Leningrad, Agropromizdat. Leningradskoe otделение Publ., 1987. 430 p. (in Russian).
7. Myatlev V. D., Panchenko L. A., Riznichenko G. Yu., Terekhin A. T. *Probability Theory and Mathematical Statistics. Mathematical Models*. Moscow, Publishing center “Academy”, 2009. 320 p. (in Russian).
8. Yastreb T. O., Kolupaev Y. E., Lugovaya A. A., Dmitriev A. P. Content of osmolytes and flavonoids under salt stress in arabidopsis thaliana plants defective in jasmonate signaling. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2016, vol. 52, no. 2, pp. 210–215. <https://doi.org/10.1134/S0003683816020186>

Информация об авторах

Рупасова Жанна Александровна – член-корреспондент, д-р биол. наук, профессор, гл. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

Привалов Федор Иванович – академик, д-р с.-х. наук, профессор, директор. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: office@cbg.org.by

Коломиец Эмилия Ивановна – академик, д-р биол. наук, профессор, генеральный директор. ГНПО «Химический синтез и биотехнологии» (ул. Академика Купревича, 2, пом. 7, 220084, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kolomiets@biotech.bas-net.by

Авраменко Станислав Николаевич – мл. науч. сотрудник, магистрант. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: auramenkastas@gmail.com

Павловский Николай Болеславович – канд. биол. наук, доцент, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: pavlovskiy@tut.by

Information about the authors

Zhanna A. Rupasova – Corresponding Member, D. Sc. (Biol.), Professor, Head of the Laboratory. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

Fyodor I. Privalov – Academician, D. Sc. (Agr.), Professor, Director. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: office@cbg.org.by

Emilia I. Kolomiets – Academician, D. Sc. (Biol.), Professor, General Director. State Scientific and Production Association “Chemical Synthesis and Biotechnology” (2, office 7, Akademika Kuprevicha Str., 220084, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kolomiets@biotech.bas-net.by

Stanislav N. Avramenko – Junior Researcher, Undergraduate Student. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: auramenkastas@gmail.com

Nikolai B. Pavlovsky – Ph. D. (Biol.), Associate Professor, Head of the Laboratory. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pavlovskiy@tut.by