

ISSN 2221-9927

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ ПО БИОРЕСУРСАМ»

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ
ИМЕНИ В. Ф. КУПРЕВИЧА НАН БЕЛАРУСИ»

ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ФИЗИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ

БОТАНИКА

(ИССЛЕДОВАНИЯ)

Выпуск 50

Издается с 1959 года

Минск
«Колорград»
2021

УДК 582

Ботаника (исследования) : сборник научных трудов. Выпуск 50 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2021. – 448 с.
ISSN 2221-9927.

В сборнике представлены оригинальные научные статьи белорусских ученых из ведущих научно-исследовательских учреждений Национальной академии наук и вузов Беларуси, содержащие результаты экспериментальных исследований, теоретических и практических разработок в широком спектре направлений ботанической науки, физиологии и экологии растений.

Публикуемые в сборнике научные статьи рецензируются ведущими специалистами в области ботаники, экологии, физиологии и биохимии растений.

Редакционная коллегия:

акад. НАН Беларуси, проф. Н. А. Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В. И. Парфенов
д. б. н., проф. Н. Г. Аверина
к. б. н. Д. Г. Груммо
д. б. н., проф. В. В. Карпук
к. б. н. Н. А. Копылова
д. б. н. Г. Ф. Рыковский
чл.-корр. НАН Беларуси, д. б. н. В. Н. Прохоров
к. б. н. А. В. Пугачевский
д. б. н. В. В. Сарнацкий

Научные редакторы:

акад. НАН Беларуси, проф. Н. А. Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В. И. Парфенов

Ответственный секретарь

к. б. н. Т. А. Будкевич

ISSN 2221-9927

© ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича», 2021

© Оформление. ООО «Колорград», 2021

220072, г. Минск, ул. Академическая, 27,
Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.
Факс +375 (17) 322-18-53, тел. +375 (17) 374 00 27, e-mail: nan.botany@yandex.by

Ж. А. РУПАСОВА¹, А. П. ЯКОВЛЕВ¹, П. Н. БЕЛЫЙ¹,
Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ¹, Н. Б. КРИНИЦКАЯ¹, В. С. ЗАДАЛЯ¹,
Э. И. КОЛОМИЕЦ², З. М. АЛЕЩЕНКОВА²,
И. Н. АНАНЬЕВА², Л. Е. КАРТЫЖОВА², Н. Г. КЛИШЕВИЧ²,
Т. М. КАРБАНОВИЧ³, А. М. РАДКЕВИЧ⁴

**ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА НАКОПЛЕНИЕ
ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ КЛЮКВЫ
КРУШНОПЛОДНОЙ (*OXYCOCCUS MACROCARPUS* AIT. PERS.),
ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ НА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ
ВЕРХОВОГО ТИПА В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: J. Rupasova@cbg.org.by,

²Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,

³Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ, Минск, Беларусь

⁴Глава крестьянско-фермерского хозяйства «Ягодная поляна»,
Смолевичский район Минская область, Беларусь

Аннотация. В статье приведены результаты сравнительного исследования в 2019–2020 гг. в опытной культуре на рекультивируемых участках выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа в Смолевичском районе Минской области и в расположенном на 250 км севернее Докшицком районе Витебской области содержания фенольных соединений в плодах сортов *Ben Lear* и *Stevens* клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus* Ait. Pers.) на фоне внесения минерального удобрения Basacot Plus 6 и микробного препарата МаклоР в 5- и 10 %-ной концентрациях, а также некорневых обработок Экогум-комплексом. Установлена существенная зависимость степени влияния испытываемых агроприемов на темпы биосинтеза основных компонентов Р-витаминного комплекса плодов клюквы (антоциановых пигментов, катехинов и флавонолов), а также дубильных веществ от генотипа растений, географического и метеорологических факторов.

Ключевые слова: географический фактор, погодные условия, полное минеральное удобрение, органическое удобрение Экогум-комплекс, микробный препарат МаклоР, клюкwa крупноплодная, сорт.

ZH. A. RUPASOVA¹, A. P. YAKOVLEV¹, P. N. BELY¹,
T. I. VASILEUSKAYA¹, N. B. KRINYTSKAYA¹, V. S. ZADALIA¹,
E. I. KOLOMIETS², Z. M. ALESHCHENKOVA², I. N. ANANIEVA²,
L. E. KARTYZHOVA², N. G. KLISHEVICH²,
T. M. KARBANOVICH³, A. M. RADKEVICH⁴

**INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON ACCUMULATION OF
PHENOLIC COMPOUNDS IN FRUITS
OF *OXYCOCCUS MACROCARPUS* AIT. PERS.
ON DEVELOPED PEAT DEPOSIT OF HIGH TYPE
IN THE CONDITIONS OF BELARUS**

¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: J. Rupasova@cbg.org.by

²Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

³Ministry of Agriculture and Food of Republic of Belarus

⁴Peasant Farm "Yagodnaya Polyana", Smolevitchi district, Belarus

Annotation. The article deals with the results of comparative study of the influence of mineral («Basacote Plus 6M») and organic («Ekogum complex», «MaKloR» (in 5 and 10 % concentrations)) fertilizers on the content of phenolic compounds in fruits of early-ripening (*Ben Lear*) and late-ripening (*Stevens*) varieties of large-fruited cranberry in experimental culture on recultivated areas of peat deposits of high type in Smolevichi (Minsk region) and Dokshytsy (Vitebsk region) districts in 2019–2020. A significant dependence of the degree of influence of the tested agricultural practices on the rate of biosynthesis of the main components of the P-vitamin complex of cranberry fruits (anthocyanin pigments, catechins and flavonols), as well as tannins, on the genotype of plants, geographical and meteorological factors was established.

Keywords: geographical factor, weather conditions, complete mineral fertilizer, organic fertilizer Ecohum-complex, microbial preparation Maclor, large-fruited cranberry, cultivar

Введение. В связи с оптимизацией режима минерального питания клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus*) при выращивании на рекультивируемых площадях выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений Беларуси, было осуществлено испытание на сортах клюквы разных сроков созревания новых видов удобрений – минерального гранулированного удобрения пролонгированного действия Basacote Plus 6M (N₁₅P₈K₁₂ кг/га д.в.) производства компании SOMPO (Германия), а также двух видов органических удобрений нового поколения – Экогум-комплекс и соответствующего биологической природе вересковых микробного препарата МаКлоР. Первое из них производства УП «Белуниверсалпродукт» (РБ) – полностью натуральное гуминовое органическое удобрение с повышенной физиологической активностью, созданное на основе вытяжки из торфа с добавлением макро- и микроэлементов. Входящие в состав препарата гуминовые и фульвокислоты оказывают непосредственное влияние на клеточные мембраны, повышая их проницаемость и обеспечивая транспорт минеральных соединений в активные метаболические зоны растений.

Микробный препарат МаКлоР создан в Институте микробиологии НАН Беларуси специально для обработки почвы и корневой системы микрোকлубных и вегетирующих растений рода *Vaccinium*, являющихся, как и *Oxycoccus macrocarpus*, представителями сем. Ericaceae. Его основой являются азотфиксирующие бактерии и арбускулярно-микоризные грибы, входящие в состав препарата, которые размножаются на поверхности корневой системы и способствуют накоплению биологического азота и фосфора, стимулирующему у растений развитие ризосферы и ростовую функцию [1].

Особый научный и практический интерес в этой работе представляло исследование влияния погодных условий вегетационного периода на формирование биофлавоноидного комплекса плодов клюквы на фоне внесения обозначенных выше видов удобрений.

Объекты (материалы) и методы исследований. Исследования выполнены в 2019–2020 гг. на пятилетних растениях модельных сортов *O. macrocarpus* – *Ben Lear* (из раннеспелых) и *Stevens* (из позднеспелых) в двух районах республики – Смолевичском (Минская обл.) и Докшицком (Витебская обл.), расположенных друг от друга на расстоянии 250 км,

в рамках однотипных полевых экспериментов с 5-вариантной схемой: **1** – контроль, без внесения удобрений; **2** – припосадочное (в мае) луночное внесение удобрения Basacot Plus 6 из расчета 1,5 г под растение; **3** – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения Экогум-комплекс в концентрации 15 мл на 3 л воды из расчета 75 мл на растение; **4** – припосадочное (в мае) луночное внесение 5 %-ного раствора препарата МаКлоР из расчета 0,2 л под растение; **5** – припосадочное (в мае) луночное внесение 10 %-ного раствора препарата МаКлоР из расчета 0,2 л под растение. Повторность опытов трехкратная, в каждом варианте было высажено по 15 растений каждого сорта клюквы крупноплодной.

Определение *содержания биофлавоноидов* в плодах опытных растений осуществляли в период их съемной зрелости повариантно 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. Скориковой и Э. А. Шафтан [3]; собственно *антоцианов* и *суммы катехинов* (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [4, 5]; *суммы флавонолов* (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [6], дубильных веществ – титрометрическим методом Левенталя [7]. Аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Годы исследований характеризовались контрастным характером погодных условий вегетационного периода. Так, первый из них был отмечен неравномерным выпадением незначительного количества атмосферных осадков при существенных колебаниях в преимущественно повышенного температурного фона – чрезвычайно высокого в июне и несколько пониженного в июле и августе, тогда как второй отличался умеренно прохладной и дождливой погодой, особенно в первой половине сезона.

Как следует из таблицы 1, на фоне погодных условий вегетационного периода 2019 г. сорта *Ben Lear* и *Stevens* в Смолевичском районе Минской области и сорт *Stevens* в Докшицком районе Витебской области характеризовались в рамках эксперимента довольно близкими диапазонами варьирования общего содержания в сухом веществе плодов фенольных соединений, составлявших 12715,3–15348,0 мг/100 г, 13562,8–15848,2 и 11737,3–17546,2 мг/100 г, в том числе антоциановых пигментов – 8424,0–11401,0 мг/100 г, 8580,0–11648,0 и 7033,0–10231,0 мг/100 г (из них собственно антоцианов – 2050,0–2945,0 мг/100 г, 1400,0–3240,0 и 350,0–1180,0 мг/100 г, лейкоантоцианов – 6234,0–8456,0 мг/100 г, 6701,0–8408,0 и 6074,0–9191,0 мг/100 г), катехинов – 2015,0–2639,0 мг/100 г, 2340,0–3328,0 и 3224,0–4719,0 мг/100 г, флавонолов – 1657,2–1978,1 мг/100 г, 1735,8–2200,8 и 1480,3–2908,2 мг/100 г и дубильных веществ – 3,04–3,70 %, 3,33–4,03 и 4,74–5,36 %.

В условиях сезона 2020 г. аналогичные диапазоны варьирования в рамках эксперимента общего содержания биофлавоноидов (Р-витами-

нов) в сухом веществе плодов сортов *Ben Lear* и *Stevens* в Смолевичском районе и сорта *Stevens* в Докшицком районе соответствовали следующим областям значений – 8495,4–10219,9 мг/100 г, 11392,7–13265,7 и 12115,7–15541,9 мг/100 г, в том числе антоциановых пигментов – 4823,0–5945,3 мг/100 г, 7462,0–9069,7 и 6627,8–8675,3 мг/100 г (из них собственно антоцианов – 1796,7–2170,0 мг/100 г, 1715,0–3161,7 и 1470,0–2275,0 мг/100 г, лейкоантоцианов – 2909,7–3880,3 мг/100 г, 5089,0–6482,0 и 5157,8–6769,0 мг/100 г), катехинов – 2229,5–3018,2 мг/100 г, 2608,7–3185,0 и 3822,0–5005,0 мг/100 г, флавонолов – 1215,0–1665,9 мг/100 г, 1207,4–1665,9 и 1480,3–2468,3 мг/100 г и дубильных веществ – 2,37–3,06 %, 3,62–4,28 и 3,16–3,79 %.

Нетрудно убедиться в наличии заметных межсезонных различий диапазонов варьирования исследуемых показателей, что однозначно свидетельствовало о существенном влиянии гидротермического режима сезона на содержание фенольных соединений в плодах опытных объектов. При этом в Смолевичском районе во второй год наблюдений преобладание прохладной и дождливой погоды в период вегетации растений обусловило у обоих сортов клюквы сходные изменения в содержании отдельных соединений по сравнению с предыдущим сезоном. Это подтверждалось смещением диапазонов варьирования содержания катехинов в область более высоких, а содержания антоциановых пигментов и флавонолов в область более низких значений при наличии заметных сортовых различий в изменении диапазона содержания дубильных веществ, для которого было показано смещение в область более низких значений у раннеспелого сорта и более высоких у позднеспелого.

В отличие от Смолевичского района, в Докшицком р-не во втором сезоне у сорта *Stevens* наблюдалось заметное обогащение плодов собственно антоцианами и катехинами на фоне обеднения дубильными веществами при отсутствии различий диапазонов варьирования содержания флавонолов. Наиболее же объективное представление о степени межрегиональных различий количественных характеристик биохимического состава плодов клюквы в отдельных вариантах опыта на примере сорта *Stevens* можно составить по данным таблицы 2. Они свидетельствуют о том, что направленность статистически значимых различий и их относительные размеры определялись видом используемых удобрений и химической природой исследуемых соединений.

Так, в первый год наблюдений, несмотря на сравнительно небольшое расстояние между опытными стационарами в Докшицком районе плоды этого сорта в большинстве вариантов опыта характеризовались на 16–40 % меньшим содержанием антоциановых пигментов, в том числе на 16–89 % собственно антоцианов и на 5–21 % лейкоантоцианов, тогда как для катехинов и флавонолов, напротив, было показано на 32–74 и 21–58 % более высокое содержание, способствовавшее увеличению на 8–15 % общего выхода Р-витаминов. Наряду с этим для северного региона была показана на 25–45 % более выраженная, чем в южном, активизация накопления в плодах сорта *Stevens* дубильных веществ.

Таблица 1. Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов *Oxycoccus macrocarpis* в вариантах полевого опыта в районах исследований в годы наблюдений

Table 1. Content of phenolic compounds in dry mass of the fruits of *Oxycoccus macrocarpis* in the variants of field experiment in the study areas during the years of observation

		2019 г.									
		Смолевичский район Минской области									
		Сорт <i>Ven Lear</i>									
Вариант опыта		Биофлавоноиды, мг/100 г					катехины				
		собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов					
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>
1 – Контроль		2190,0±5,8		6234,0±42,4		8424,0±45,0		2418,0±45,0			
2 – Basacot Plus 6		2100,0±32,1	-2,8*	7611,0±35,2	25,0*	9711,0±45,0	20,2*	2639,0±34,4	3,9*		
3 – Экогум-комп.		2945,0±27,8	26,6*	8456,0±23,3	45,9*	11401,0±26,0	57,3*	2054,0±46,9	-5,6*		
4 – 5 % МакЛор		2810,0±20,0	29,8*	7213,0±92,3	9,6*	10023,0±90,1	15,9*	2509,0±46,9	1,4		
5 – 10 % МакЛор		2050,0±26,5	-5,2*	7739,0±65,5	19,3*	9789,0±45,0	21,4*	2015,0±34,4	-7,1*		
		флавонолы		флавонолы/катехины		сумма биофлавоноидов		Дубильные вещ., %			
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>		
1 – Контроль		1873,3±28,6		0,77±0,01		12715,3±66,2		3,04±0,01			
2 – Basacot Plus 6		1932,3±17,3	1,8	0,73±0,02	-2,6	14282,3±42,6	19,9*	3,70±0,02	26,8*		
3 – Экогум-комп.		1893,0±17,3	0,6	0,92±0,01	9,8*	15348,0±76,8	26,0*	3,54±0,03	18,2*		
4 – 5 % МакЛор		1657,2±13,1	-6,9*	0,66±0,01	-7,5*	14189,2±119,1	10,8*	3,20±0,02	6,6*		
5 – 10 % МакЛор		1978,1±23,6	2,8*	0,98±0,01	23,2*	13782,1±51,7	12,7*	3,29±0,03	9,1*		

Вариант опыта		Сорт <i>Stevens</i>									
		Биофлавоноиды, мг/100 г									
		собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины			
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>		
1 – Контроль	1400,0±10,0		7180,0±81,6		8580,0±90,1		2782,0±17,7				
2 – Basacot Plus 6	3240,0±34,6	51,0*	8408,0±71,5	11,3*	11648,0±79,1	25,6*	2340,0±22,5	-15,4*			
3 – Экогум-комп.	2490,0±34,6	30,2*	6701,0±6,6	-5,9*	9191,0±34,4	6,3*	2639,0±28,2	-4,3*			
4 – 5 % МаклоР	2320,0±26,5	32,5*	7781,0±34,2	6,8*	10101,0±45,0	15,1*	2587,0±34,4	-5,0*			
5 – 10 % МаклоР	2390,0±20,0	44,3*	7633,0±73,4	4,1*	10023,0±90,1	11,3*	3328,0±34,4	14,1*			
	флавонолы	флавонолы/катехины	флавонолы/катехины	флавонолы/катехины	сумма биофлавоноидов	сумма биофлавоноидов	Дубильные вещ., %	Дубильные вещ., %	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>t</i>
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>			
1 – Контроль	2200,8±30,0		0,79±0,01		13562,8±135,9		3,45±0,02				
2 – Basacot Plus 6	1860,2±17,3	-9,8*	0,79±0,01	0,7	15848,2±68,5	15,0*	4,03±0,02	17,8*			
3 – Экогум-комп.	1735,8±23,6	-12,2*	0,66±0,01	-22,0*	13565,8±47,8	0	3,33±0,01	-5,2*			
4 – 5 % МаклоР	1919,2±28,6	-6,8*	0,74±0,01	-3,9*	14607,2±76,7	6,7*	3,45±0,02	0			
5 – 10 % МаклоР	1945,4±11,3	-8,0*	0,58±0,01	-28,0	15296,4±61,9	11,6*	3,91±0,01	19,9*			

Вариант опыта		Докицкий район Витебской области									
		Сорт <i>Stevens</i>									
		Биофлавоноиды, мг/100 г									
собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины					
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>
1 – Контроль	1180,0±20,0		6074,0±49,3		7254,0±45,0		4719,0±22,5				
2 – Basacot Plus 6	350,0±10,0	-37,1*	6683,0±34,0	10,2*	7033,0±34,4	-3,9*	3224,0±34,4	-36,4*			
3 – Экогум-компл.	960,0±17,3	-8,3*	6359,0±26,5	5,1*	7319,0±34,4	1,1	4602,0±39,0	-2,6			
4 – 5 % МаклоР	1000,0±10,0	-8,0*	8971,0±71,4	33,4*	9971,0±68,8	33,0*	4394,0±34,4	-7,9*			
5 – 10 % МаклоР	1040,0±10,0	-6,3*	9191,0±76,6	34,2*	10231,0±68,8	36,2*	4407,0±45,0	-6,2*			
	флавонолы	флавонолы/катехины	сумма биофлавоноидов	Дубильные веш., %							
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>			
1 – Контроль	2751,0±11,3		0,58±0,01		14724,0±70,4		4,96±0,03				
2 – Basacot Plus 6	1480,3±28,6	-41,4*	0,46±0,01	-8,8*	11737,3±28,5	-39,3*	5,36±0,02	11,6*			
3 – Экогум-компл.	2744,5±6,5	-0,5	0,60±0,01	3,0*	14665,5±29,8	-0,8	4,82±0,01	-5,2*			
4 – 5 % МаклоР	2312,2±28,6	-14,3*	0,53±0,01	-11,0*	16677,2±23,3	26,3*	4,74±0,01	-8,3*			
5 – 10 % МаклоР	2908,2±30,0	4,9*	0,66±0,01	5,7*	17546,2±68,0	28,8*	4,87±0,01	-3,3*			

2020 г.									
Смолевичский район Минской области									
Сорт <i>Вен Леп</i>									
Биофлавоноиды, мг/100 г									
Вариант опыта	собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины		t
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	
1 – Контроль	1796,7±11,7		3208,3±62,9		5005,0±52,5		2229,5±26,3		
2 – Basacot Plus 6	1983,3±42,1	4,3*	3567,7±58,9	4,2*	5551,0±52,5	7,3*	2426,7±40,1	4,1*	
3 – Экогум-компл.	2170,0±40,4	8,9*	3502,3±68,4	3,2*	5672,3±30,3	11,0*	2403,9±49,7	3,1*	
4 – 5 % МаклоР	2065,0±60,6	4,3*	3880,3±106,0	5,5*	5945,3±66,1	11,1*	2608,7±30,3	9,4*	
5 – 10 % МаклоР	1913,3±30,9	3,5*	2909,7±44,0	-3,9*	4823,0±13,3	-3,4*	3018,2±40,1	16,4*	
	флавонолы		флавонолы / катехины		сумма биофлавоноидов		Дубильные вещ., %		
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	
1 – Контроль	1260,9±0,1		0,57±0,01		8495,4±45,5		2,37±0,01		
2 – Basacot Plus 6	1215,0±8,5	-5,4*	0,50±0,01	-7,9*	9192,7±83,3	7,3*	2,93±0,01	48,5*	
3 – Экогум-компл.	1490,1±66,2	3,5*	0,62±0,02	3,0*	9566,4±92,4	10,4*	3,06±0,01	59,8*	
4 – 5 % МаклоР	1665,9±33,3	12,2*	0,64±0,02	4,3*	10219,9±27,3	32,5*	2,97±0,01	52,0*	
5 – 10 % МаклоР	1604,8±66,2	5,2*	0,53±0,03	-1,2	9445,9±40,4	15,6*	3,04±0,03	25,6*	

Вариант опыта		Сорт <i>Stevens</i>									
		Биофлавоноиды, мг/100 г									
		собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины			
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>		
1 – Контроль	2555,0±20,2		5089,0±30,6		7644,0±10,4		3185,0±26,3				
2 – Basacot Plus 6	1715,0±20,2	-29,4*	6020,0±116,5	7,7*	7735,0±105,1	0,9	2775,5±26,3	-11,0*			
3 – Экогум-компл.	1890,0±20,2	-23,3*	6482,0±65,0	19,4*	8372,0±52,5	13,6*	2843,8±60,2	-5,2*			
4 – 5 % МаклоР	3161,7±23,3	19,7*	5908,0±111,2	7,1*	9069,7±132,2	10,7*	2881,7±54,7	-5,0*			
5 – 10 % МаклоР	2135,0±53,5	-7,3*	5327,0±67,5	3,2*	7462,0±52,5	-3,4*	2608,7±30,3	-14,4*			
	флавонолы	флавонолы/катехины	флавонолы/катехины	флавонолы/катехины	флавонолы/катехины	флавонолы/катехины	флавонолы/катехины	флавонолы/катехины	Дубильные вещ., %	<i>t</i>	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	
1 – Контроль	1436,6±33,3		0,45±0,01		12265,6±17,6		3,66±0,02				
2 – Basacot Plus 6	1665,9±33,3	4,9*	0,60±0,02	6,6*	12176,4±98,3	-0,9	4,12±0,02	14,1*			
3 – Экогум-компл.	1207,4±33,3	-4,9*	0,42±0,01	-1,8	12423,1±124,4	0	4,10±0,01	16,0*			
4 – 5 % МаклоР	1314,4±10,7	-3,5*	0,46±0,01	0,3	13265,7±190,0	5,2*	3,62±0,02	-1,2			
5 – 10 % МаклоР	1322,0±10,7	-3,3*	0,51±0,01	3,9*	11392,7±28,3	-2,6,2*	4,28±0,01	26,8*			

Докицкий район Витебской области									
Сорт Stevens									
Биофлавоноиды, мг/100 г									
Вариант опыта	собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины		t
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	
1 – Контроль	2012,5±30,3		5934,8±75,9		7947,3±80,3		4337,7±11,0		
2 – Basacot Plus 6	1470,0±20,2	-14,9*	5157,8±94,7	-6,4*	6627,8±80,3	-11,6*	3822,0±26,3		-18,1*
3 – Экогум-комп.	1633,3±11,7	-11,7*	6769,0±26,5	10,4*	8402,3±30,3	5,3*	4216,3±40,1		-2,9*
4 – 5 % МаклоР	1808,3±11,7	-6,3*	5881,2±24,1	-0,7	7689,5±21,1	-3,1*	5005,0±26,3		23,4*
5 – 10 % МаклоР	2275,0±20,2	7,2*	6400,3±115,9	3,4*	8675,3±109,4	5,4*	4398,3±80,3		0,7
	флавонолы		флавонолы/катехины		сумма биофлавоноидов		Дубильные вещ., %		
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	
1 – Контроль	2162,6±15,3		0,50±0,01		14447,6±82,2		3,16±0,01		
2 – Basacot Plus 6	1665,9±33,3	-13,6*	0,44±0,01	-5,5*	12115,7±112,4	-16,8*	3,79±0,05		12,8*
3 – Экогум-комп.	2124,4±33,3	-1,0	0,50±0,01	0,7	14743,1±38,2	3,3*	3,27±0,01		7,3*
4 – 5 % МаклоР	2277,2±15,3	5,3*	0,45±0,01	-8,7*	14971,7±56,3	5,3*	3,33±0,02		9,8*
5 – 10 % МаклоР	2468,3±33,3	8,3*	0,56±0,02	3,7*	15541,9±62,3	10,6*	3,25±0,03		3,3*

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

Таблица 2. Межрегиональные различия (Докшицкий район / Смолевичский район) содержания фенольных соединений в плодах сорта *Stevens Oxycoccus macrocarpus* в вариантах полевого опыта в годы исследований, %

Table 2. Interregional differences (Dokshytsy district / Smolevichi district) in the content of phenolic compounds in fruits of *Oxycoccus macrocarpus* (Stevens variety) in field experiments during the years of research, %

Показатель	Варианты опыта				
	Контроль	Basacot Plus 6	Экогум-компл.	5% МаКлоР	10% МаКлоР
2019 г.					
Собственно антоцианы	-15,7	-89,2	-61,4	-56,9	-56,5
Лейкоантоцианы	-15,4	-20,5	-5,1	+15,3	+20,4
Сумма антоц. пигментов	-15,5	-39,6	-20,4	-	-
Катехины	+69,6	+37,8	+74,4	+69,9	+32,4
Флавонолы	+25,0	-20,4	+58,1	+20,5	+49,5
Сумма биофлавоноидов	+8,6	-25,9	+8,1	+14,2	+14,7
Дубильные вещества	+43,8	+33,0	+44,7	+37,4	+24,6
2020 г.					
Собственно антоцианы	-21,2	-14,3	-13,6	-42,8	+6,6
Лейкоантоцианы	+16,6	-14,3	+4,4	-	+20,1
Сумма антоц. пигментов	+4,0	-14,3	-	-15,2	+16,3
Катехины	+36,2	+37,7	+48,3	+73,7	+68,6
Флавонолы	+50,5	-	+75,9	+73,3	+86,7
Сумма биофлавоноидов	+17,8	-	+18,7	+12,9	+36,4
Дубильные вещества	-13,7	-8,0	-20,2	-8,0	-24,1

Определение межрегиональных различий в содержании действующих веществ в плодах данного сорта во второй год наблюдений в подавляющем большинстве случаев обнаружило совпадение направленности данных различий, но с иной степенью их проявления, обусловленной контрастами погодных условий в годы исследований. Так, в северном регионе подтвердилось выявленное годом ранее более высокое, чем в южном регионе, содержание в плодах биофлавоноидов, составившее 13–36 % и обусловленное в основном активизацией биосинтеза флавонолов на 50–87 % и катехинов на 36–74 % на фоне преимущественного ингибирования на 14–43 % такового собственно антоцианов и отсутствия сходства с предыдущим сезоном в характере межрегиональных различий в накоплении в плодах дубильных веществ.

Вместе с тем в оба сезона все испытываемые агроприемы обусловили существенную трансформацию биохимического состава плодов клюквы крупноплодной, степень которой, как и в межрегиональных различиях, определялась не только химической природой органических соединений,

но и генотипом опытных растений. Так, в Смолевичском районе, в котором исследования проводили с двумя сортами клюквы, усиление минерального питания на фоне погодных условий сезона 2019 г. способствовало заметной активизации накопления в плодах дубильных веществ, главным образом, у раннеспелого сорта, что подтверждалось увеличением их содержания на 5–22 %, наибольшим при внесении Basacot Plus 6 и наименьшим в вариантах с применением МаКлоРа. У позднеспелого сорта клюквы стимулирующий эффект от использования удобрений в этом плане проявился лишь от внесения Basacot Plus 6 и 10 %-ного МаКлоРа, причем в Докшицком районе он подтвердился лишь при применении минерального удобрения, тогда как в остальных случаях значимых различий с контролем выявлено не было (табл. 3).

Таблица 3. Относительные различия вариантов полевого опыта с контролем по содержанию фенольных соединений в плодах *Oxycoccus macrocarpus* в районах исследований, %

Table 3. Relative differences between the variants of the field experiment by the content of phenolic compounds in the fruits of *Oxycoccus macrocarpus* in the study areas, %

Показатель	Варианты опыта			
	Basacot Plus 6	Экогум-комп.	5% МаКлоР	10% МаКлоР
2019 г.				
<i>Смолевичский р-н Минской обл.</i>				
<i>Сорт Ben Lear</i>				
Собственно антоцианы	–4,1	+34,5	+28,3	–6,4
Лейкоантоцианы	+22,1	+35,6	+15,7	+24,1
Сумма антоциан. пигм.	+15,3	+35,3	+19,0	+16,2
Катехины	+9,1	–15,1	–	–16,7
Флавонолы	–	–	–11,5	+5,6
Сумма биофлавоноидов	+12,3	+20,7	+11,6	+8,4
Дубильные вещества	+21,7	+16,4	+5,3	+8,2
<i>Сорт Stevens</i>				
Собственно антоцианы	+131,4	+77,9	+65,7	+70,7
Лейкоантоцианы	+17,1	–6,7	+8,4	+6,3
Сумма антоциан. пигм.	+35,8	+7,1	+17,7	+16,8
Катехины	–15,9	–5,1	–7,0	+19,6
Флавонолы	–15,5	–21,1	–12,8	–11,6
Сумма биофлавоноидов	+16,9	–	+7,7	+12,8

Показатель	Варианты опыта			
	Basacot Plus 6	Экогум-компл.	5% МакЛОР	10% МакЛОР
<i>Докшицкий р-н Витебской обл.</i>				
Сорт <i>Stevens</i>				
Собственно антоцианы	-70,3	-18,6	-15,3	-11,9
Лейкоантоцианы	+10,0	+4,7	+47,7	+51,3
Сумма антоциан. пигм.	-	-	+37,5	+41,0
Катехины	-31,7	-	-6,9	-6,6
Флавонолы	-46,2	-	-16,0	+5,7
Сумма биофлавоноидов	-20,3	-	+13,3	+19,2
Дубильные вещества	+8,1	-	-4,4	-
2020 г.				
<i>Смолевичский р-н Минской обл.</i>				
Сорт <i>Ben Lear</i>				
Собственно антоцианы	+10,4	+20,8	+14,9	+6,5
Лейкоантоцианы	+11,2	+9,2	+20,9	-9,3
Сумма антоциан. пигм.	+10,9	+13,3	+18,8	-3,6
Катехины	+8,8	+7,8	+17,0	+35,4
Флавонолы	-3,6	+18,2	+32,1	+27,3
Сумма биофлавоноидов	+8,2	+12,6	+20,3	+11,2
Дубильные вещества	+23,6	+29,1	+25,3	+28,3
Сорт <i>Stevens</i>				
Собственно антоцианы	-32,9	-26,0	+23,7	-16,4
Лейкоантоцианы	+18,3	+27,4	+16,1	+4,7
Сумма антоциан. пигм.	-	+9,5	+18,7	-2,4
Катехины	-12,9	-10,7	-9,5	-18,1
Флавонолы	+16,0	-16,0	-8,5	-8,0
Сумма биофлавоноидов	-	-	+8,2	-7,1
Дубильные вещества	+12,6	+12,0	-	+16,9
<i>Докшицкий р-н Витебской обл.</i>				
Сорт <i>Stevens</i>				
Собственно антоцианы	-27,0	-18,8	-10,1	+13,0
Лейкоантоцианы	-13,1	+14,1	-	+7,8
Сумма антоциан. пигм.	-16,6	+5,7	-3,2	+9,2
Катехины	-11,9	-2,8	+15,4	-
Флавонолы	-23,0	-	+5,3	+14,1
Сумма биофлавоноидов	-16,1	+2,0	+3,6	+7,6
Дубильные вещества	+19,9	+3,5	+5,4	+2,8

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

В условиях сезона 2019 г. испытываемые агроприемы способствовали обогащению ягодной продукции биофлавоноидами по сравнению с контролем – на 8–21 % у сорта *Ben Lear* и на 8–17 % у сорта *Stevens*. При этом для первого таксона наиболее результативными были обработки Экогум-комплексом, для второго – внесение Basacot Plus 6. В более северном Докшицком районе также наблюдалось усиление накопления полифенолов в плодах сорта *Stevens* на 13–19 % относительно контроля, но только в вариантах опыта с использованием микробного препарата МаКлоР. При этом в обоих районах исследований применение Экогум-комплекса на растениях данного сорта оказалось абсолютно неэффективным.

Поскольку в составе Р-витаминного комплекса плодов *O. macrocarpus* доминирующая роль принадлежит антоциановым пигментам, являющимся основными источниками антиоксидантной активности, то в изменении их содержания на фоне испытываемых агроприемов нашли отражение основные закономерности, установленные для общего количества биофлавоноидов. При этом для обоих таксонов клюквы в Смолевичском районе были показаны сходные диапазоны варьирования отклонений от контроля суммарного содержания антоциановых пигментов в пределах 15–35 % у раннеспелого и 7–36 % у позднеспелого сорта при наибольшем эффекте в первом случае при обработках Экогум-комплексом, во втором – при внесении Basacot Plus 6. Вместе с тем у сорта *Stevens* наблюдалась более выраженная активизация биосинтеза собственно антоцианов, тогда как для сорта *Ben Lear* – лейкоантоцианов. Так, если увеличение содержания первых у раннеспелого сорта отмечено только при использовании 5 %-ного МаКлоРа и Экогум-комплекса и не превышало 28–35 % относительно контроля, то у позднеспелого сорта подобное увеличение имело место во всех без исключения вариантах опыта с применением удобрений и достигало 66–131 %. При этом для лейкоантоцианов была показана обратная картина – более выраженное усиление накопления у сорта *Ben Lear* – на 16–36 % против 6–17 % у сорта *Stevens*.

В более северном Докшицком районе в характере изменений содержания антоциановых пигментов в плодах этого сорта относительно контроля также проявилось выраженное сходство с установленным для общего количества биофлавоноидов, на что указывало усиление их накопления на 38–41 % только на фоне внесения препарата МаКлоР при отсутствии влияния на данный показатель остальных агроприемов. Но в отличие от Смолевичского района, здесь наблюдалось обогащение плодов лейкоантоцианами на 5–51 % на фоне их обеднения на 12–70 % собственно антоцианами (табл. 3).

Что касается катехинов и флавонолов, то у сорта *Ben Lear* при использовании органических удобрений (Экогум-комплекса и 10 %-ного МаКлоРа) установлено ингибирование биосинтеза первых на 15–17 % и отсутствие достоверного влияния на их содержание 5 %-ного МаКлоРа, тогда как внесение минерального удобрения стимулировало их накопление на 9 % относительно контроля. При этом противоположные по знаку достоверные изменения в содержании флавонолов в пределах 6–12 % были выявлены только в вариантах опыта с применением МаКлоРа. В отличие от раннеспелого, для позднеспелого сорта на фоне испытываемых

агроприемов было показано преимущественное снижение содержания и катехинов, и флавонолов (на 5–16 и 12–21 %) относительно контроля, и лишь внесение 10 %-ного МаКлоРа обусловило активизацию накопления первых почти на 20 % (табл. 3).

Аналогичные, но более выраженные негативные изменения в содержании данных групп полифенолов в плодах сорта *Stevens* были установлены и в более северном Докшицком районе, на что указывало преимущественное ослабление их биосинтеза на 7–32 и 16–46 %, по сравнению с контролем, причем обработки Экогум-комплексом не оказали значимого влияния на содержание всех компонентов биофлавоноидного комплекса плодов данного сорта.

На фоне погодных условий более прохладного и дождливого сезона 2020 г. в Смоленвичском районе, как и годом ранее, позитивное влияние испытываемых агроприемов на биофлавоноидный комплекс плодов раннеспелого сорта клюквы проявилось более выразительно, нежели позднеспелого (см. табл. 3). При этом относительные размеры увеличения их содержания по сравнению с контролем варьировались в рамках эксперимента в сходных с предыдущим сезоном пределах – от 8 до 20 %, но наиболее выразительными они оказались не при внесении Экогум-комплекса, а при использовании 5 %-ного МаКлоРа. При этом обогащение плодов Р-витаминами происходило не только за счет антоциановых пигментов, как годом ранее, но и в результате активизации биосинтеза также флавонолов и катехинов. Так, если усиление минерального питания клюквы способствовало увеличению суммарного содержания в плодах антоциановых пигментов на 11–19 % по сравнению с контролем, то флавонолов и катехинов соответственно на 18–32 и 8–35 %. Наряду с этим пополнение фонда дубильных веществ во втором сезоне у сорта *Ben Lear* также было более значительным, чем в первом, и составляло 24–29 % (табл. 3).

У позднеспелого сорта клюквы активизация накопления полифенолов на 8 % выявлена лишь в единичном случае – при применении 5 %-ного МаКлоРа и обеспечивалась лишь усилением биосинтеза антоциановых пигментов на 19 % при ингибировании такового катехинов и флавонолов на 9–10 %, тогда как на фоне остальных агроприемов наблюдалось либо нивелирование различий с контролем в общем содержании биофлавоноидов, либо даже отставание от него в этом плане на 7 %. При этом заметных межсезонных различий в увеличении содержания дубильных веществ в плодах данного сорта не выявлено (табл. 3).

В условиях более северного Докшицкого района обогащение плодов сорта *Stevens* биофлавоноидами, как и годом ранее, обнаружено лишь на фоне применения органических удобрений, но имело менее выразительный характер, что подтверждалось весьма незначительным увеличением их общего количества (не более чем на 2–8 % по сравнению с контролем), тогда как внесение минерального удобрения ингибировало биосинтез всех компонентов Р-витаминного комплекса, наиболее значительное у собственно антоцианов и флавонолов. При этом, в отличие от предыдущего сезона, во всех вариантах опыта с применением удобрений имело место усиление накопления дубильных веществ на 3–20%, наибольшее при внесении минерального удобрения (табл. 3).

Различия темпов биосинтеза основных групп полифенолов в плодах клюквы крупноплодной на фоне испытываемых агроприемов заметно отразились на их долевом участии в составе Р-витаминного комплекса. Так, в условиях сезона 2019 г. в Смолевичском районе внесение удобрений способствовало существенной активизации биосинтеза антоциановых пигментов за счет ослабления таковой катехинов и флавонолов, что подтверждалось значительными сдвигами в соотношении их количеств по сравнению с контролем (табл. 4). При этом в антоциановом комплексе плодов раннеспелого сорта преимущественно активизировалось накопление лейкоантоцианов, тогда как в таковом позднеспелого – собственно антоцианов. Наиболее выразительно обозначенные сдвиги, величина которых достигала 7–10 %, проявились у первого таксона при использовании Экогум-комплекса и 10 %-ного МаклоРа, тогда как у второго – при внесении Basacot Plus 6 и в меньшей степени 5 %-ного МаклоРа.

Обращают на себя внимание весьма значительные межрегиональные различия в соотношении основных компонентов Р-витаминного комплекса плодов сорта *Stevens*. Так, в условиях более северного Докшицкого района во всех вариантах опыта наблюдалось увеличение в его составе относительной доли катехинов на 5–13 %, по сравнению со Смолевичским районом, при столь же выразительном ее уменьшении для суммарного количества антоциановых пигментов, обусловленном снижением доли собственно антоцианов при отсутствии подобных различий в долях лейкоантоцианов и флавонолов. На наш взгляд, обеднение плодов позднеспелого сорта клюквы окрашенными пигментами антоцианового комплекса может быть связано с большей продолжительностью периода их созревания в условиях северного региона даже при повышенных температурах воздуха в данном сезоне, что позволяет предположить предпочтительность культивирования здесь ранних сортов интродукта. Тем не менее, в характере межвариантных различий сдвигов в составе Р-витаминного комплекса плодов сорта *Stevens* были выявлены сходные с установленными в Смолевичском районе закономерности при более выразительном их проявлении, особенно при внесении Basacot Plus 6 и препарата МаклоР.

Вместе с тем в южном регионе в погодных условиях прохладного и дождливого сезона 2020 г. биофлавоноидный комплекс плодов сорта *Ben Lear* во всех вариантах опыта, особенно при использовании органических удобрений, характеризовался существенно меньшим (на 7–20 %) по сравнению с предыдущим сезоном долевым участием антоциановых пигментов, что было связано исключительно со снижением доли лейкоантоцианов при незначительном увеличении таковой собственно антоцианов (табл. 4). Данные изменения в составе Р-витаминного комплекса плодов раннеспелого сорта сопровождались заметным усилением в нем роли катехинов и в меньшей степени флавонолов. При этом не было выявлено существенных межвариантных различий в соотношении компонентов данного комплекса. Лишь на фоне внесения 10 %-ного МаклоРа наблюдалось снижение в нем доли лейкоантоцианов на 7 % по сравнению с контролем при увеличении таковой катехинов и флавонолов.

Таблица 4. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса плодов *Oxycoccus macrocarpus* в вариантах полевого опыта в районах исследований, %

Table 4. Fractional participation of the main groups of bioflavonoids in the composition of the P-vitamin complex of the fruits of *Oxycoccus macrocarpus* in field experiments in the study areas, %

Вариант опыта	Собств. антоц.	Лейко-антоц.	Сумма антоц, пигм.	Катехины	Флавонолы
2019 г.					
<i>Смолевичский район Минской области</i>					
<i>Сорт Ben Lear</i>					
1 – Контроль	17,2	49,0	66,2	19,0	14,8
2 – Basacot Plus 6	14,7	53,3	68,0	18,5	13,5
3 – Экогум-комп.	19,2	55,1	74,3	13,4	12,3
4 – 5 % МаКлоР	19,8	50,8	70,6	17,7	11,7
5 – 10 % МаКлоР	14,9	56,2	71,1	14,6	14,3
<i>Сорт Stevens</i>					
1 – Контроль	10,3	52,9	63,2	20,5	16,3
2 – Basacot Plus 6	20,4	53,1	73,5	14,8	11,7
3 – Экогум-комп.	18,4	49,4	67,8	19,4	12,8
4 – 5 % МаКлоР	15,9	53,3	69,2	17,7	13,1
5 – 10 % МаКлоР	15,6	49,9	65,5	21,8	12,7
<i>Докшицкий район Витебской области</i>					
<i>Сорт Stevens</i>					
1 – Контроль	8,0	41,3	49,3	32,0	18,7
2 – Basacot Plus 6	3,0	56,9	59,9	27,5	12,6
3 – Экогум-комп.	6,5	43,4	49,9	31,4	18,7
4 – 5 % МаКлоР	6,0	53,8	59,8	26,3	13,9
5 – 10 % МаКлоР	5,9	52,4	58,3	25,1	16,6
2020 г.					
<i>Смолевичский район Минской области</i>					
<i>Сорт Ben Lear</i>					
1 – Контроль	21,1	37,8	58,9	26,2	14,9
2 – Basacot Plus 6	21,6	38,8	60,4	26,4	13,2
3 – Экогум-комп.	22,7	36,6	59,3	25,1	15,6
4 – 5 % МаКлоР	20,2	38,0	58,2	25,5	16,3
5 – 10 % МаКлоР	20,3	30,8	51,1	32,0	17,0

Вариант опыта	Собств. антоц.	Лейко-антоц.	Сумма антоц. пигм.	Катехины	Флавонолы
<i>Сорт Stevens</i>					
1 – Контроль	20,8	41,5	62,3	26,0	11,7
2 – Basacot Plus 6	14,1	49,4	63,5	22,8	13,7
3 – Экогум-комп.	15,2	52,2	67,4	22,9	9,7
4 – 5 % МаКлоР	23,9	44,5	68,4	21,7	9,9
5 – 10 % МаКлоР	18,7	46,8	65,5	22,9	11,6
<i>Докшицкий район Витебской области</i>					
<i>Сорт Stevens</i>					
1 – Контроль	13,9	41,1	55,0	30,0	15,0
2 – Basacot Plus 6	12,1	42,6	54,7	31,6	13,7
3 – Экогум-комп.	11,1	45,9	57,0	28,6	14,4
4 – 5 % МаКлоР	12,1	39,3	51,4	33,4	15,2
5 – 10 % МаКлоР	14,6	41,2	55,8	28,3	15,9

Заметим, что у позднеспелого сорта клюквы не было выявлено столь выраженных, как у раннеспелого, межсезонных различий в соотношении компонентов биофлавоноидного комплекса плодов, причем в вариантах опыта с применением органических удобрений были показаны аналогичные установленным годом ранее изменения их долевого участия в составе данного комплекса. Если в предыдущем сезоне усиление в нем позиций антоциановых пигментов относительно контроля было обусловлено активизацией накопления главным образом собственно антоцианов, то во втором сезоне – лейкоантоцианов при одновременном снижении доли собственно антоцианов, катехинов и флавонолов.

Как видим, в южном районе исследований соотношение ключевых компонентов биофлавоноидного комплекса плодов сорта *Stevens* в основном определялось уровнем агрохимического обеспечения растений и слабо зависело от гидротермического режима сезона, тогда как для сорта *Ben Lear* определяющее значение в этом плане имели погодные условия вегетационного периода.

В условиях более северного Докшицкого района суммарная доля антоциановых пигментов в составе Р-витаминного комплекса плодов сорта *Stevens* на 7–10 % уступала таковой в Смолевичском районе, что было обусловлено ослаблением позиций как собственно антоцианов, так и лейкоантоцианов, при усилении таковых катехинов и флавонолов (табл. 4). При этом, в отличие от южного региона, здесь не выявлено значительных межвариантных различий долевого участия данных соединений в составе биофлавоноидного комплекса плодов этого сорта, что также наблюдалось в Смолевичском районе у раннеспелого сорта.

Как было показано выше, погодные условия вегетационного периода оказывали существенное влияние на проявление межрегиональных различий в биохимическом составе плодов клюквы крупноплодной. В связи с этим логично предположить значительную роль данного фактора также в изменении его количественных характеристик при использовании удобрений. Поскольку вегетационные сезоны 2019 и 2020 гг. существенно различались между собой по гидротермическому режиму, следовало ожидать и определенных межсезонных различий в темпах биосинтеза в плодах органических соединений на фоне испытываемых агроприемов. Вместе с тем сравнительный анализ за 2019 и 2020 гг. в большинстве случаев показал заметное сходство в годы наблюдений профилирующих тенденций в изменении относительного контроля биохимических характеристик в вариантах опыта с использованием удобрений, наиболее выраженное при обработках Экогум-комплексом. Несмотря на одновекторную направленность данных изменений, тем не менее, в 2020 г. степень их проявления у отдельных показателей заметно отличалась от установленной в предыдущем сезоне, особенно в северном регионе, вплоть до смены знака на противоположный, что, на наш взгляд, связано с различиями погодных условий в годы исследований.

Как видим, применение испытываемых видов удобрений способствовало существенной трансформации биохимического состава плодов модельных сортов клюквы крупноплодной, на что указывали весьма выразительные различия соответствующих вариантов опыта с контролем в содержании исследуемых соединений, которые лишь в отдельных случаях не получили статистического подтверждения.

Заключение. В результате сравнительного исследования в 2019–2020 гг. в опытной культуре на рекультивируемых участках выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа в Смолевичском районе Минской области и в расположенном на 250 км севернее Докшицком районе Витебской области содержания фенольных соединений в плодах сортов *Ben Lear* и *Stevens* клюквы крупноплодной на фоне внесения минерального удобрения Basacot Plus 6 и микробного препарата МаКлоР в 5- и 10 %-ной концентрациях, а также некорневых обработок Экогум-комплексом установлена существенная зависимость степени влияния испытываемых агроприемов на темпы биосинтеза Р-витаминов и дубильных веществ от генотипа растений, географического и метеорологических факторов. Показано, что жаркая и засушливая погода сезона 2019 г. способствовала преимущественному обогащению ягодной продукции клюквы на 5–22 % дубильными веществами, а также на 8–21 % Р-витаминами при наибольшей результативности в Смолевичском районе для раннеспелого сорта применения Экогум-комплекса, для позднеспелого – внесения Basacot Plus 6, а в Докшицком районе – микробного препарата МаКлоР. При этом трансформация биофлавоноидного комплекса плодов была обусловлена активизацией на 7–35 % биосинтеза антоциановых пигментов при его ингибировании, особенно у позднеспелого сорта, на 7–46 % у катехинов и флавонолов,

наиболее значительном в северном регионе при внесении минерального удобрения.

На фоне преобладания умеренно прохладной и дождливой погоды вегетационного периода 2020 г. усиление минерального питания в Смоленском районе способствовало обогащению плодов раннеспелого сорта Р-витаминами на 8–20 % не только за счет активизации биосинтеза антоциановых пигментов, но и за счет таковой флавонолов и катехинов при более выраженном, чем годом ранее, увеличении содержания дубильных веществ. У позднеспелого сорта пополнение фонда Р-витаминов на 8 % выявлено лишь в единичном случае - при применении 5 %-ного МаКлоРа, оказавшемся наиболее эффективным в данном сезоне также для раннеспелого сорта.

В условиях более северного Докшицкого района обогащение плодов сорта *Stevens* биофлавоноидами, как и годом ранее, обнаружено лишь на фоне применения органических удобрений, но проявилось менее выразительно, тогда как внесение минерального удобрения ингибировало биосинтез всех компонентов Р-витаминного комплекса, наиболее значительно у собственно антоцианов и флавонолов. При этом, в отличие от предыдущего сезона, наблюдалось усиление накопления дубильных веществ, особенно при внесении минерального удобрения.

Испытываемые агроприемы приводили к сдвигам соотношения основных компонентов Р-витаминного комплекса плодов относительно контроля в пределах 7–10 %, обусловленным различиями темпов их биосинтеза и проявившимся с наибольшей выразительностью в условиях сезона 2019 г. у сорта *Ben Lear* при использовании Экогум-комплекса и 10 %-ного МаКлоРа, а у сорта *Stevens* – при внесении Basacot Plus 6 и в меньшей степени 5 %-ного МаКлоРа. С продвижением на север отмечено увеличение в составе Р-витаминного комплекса плодов относительной доли катехинов на 5–13 % при столь же выразительном ее уменьшении у антоциановых пигментов за счет снижения доли собственно антоцианов и при отсутствии подобных различий в долевом участии лейкоантоцианов и флавонолов.

Погодные условия прохладного и дождливого сезона 2020 г. при использовании удобрений, особенно органических, способствовали существенному снижению (на 7–20 %) по сравнению с предыдущим сезоном долевого участия антоциановых пигментов в составе биофлавоноидного комплекса плодов сорта *Ben Lear* при заметном усилении в нем роли катехинов и в меньшей степени флавонолов, на фоне отсутствия существенных межвариантных различий в соотношении данных компонентов. У позднеспелого сорта не выявлено столь выраженных, как у раннеспелого, межсезонных различий в соотношении компонентов Р-витаминного комплекса, в котором использование органических удобрений обуславливало сходное в оба сезона усиление позиций лейкоантоцианов при одновременном ослаблении таковых собственно антоцианов, катехинов и флавонолов. Это позволяет заключить, что в южном районе исследований соотношение ключевых компонентов биофлавоноидного комплекса

плодов сорта *Stevens* в основном определялось уровнем агрохимического обеспечения растений и слабо зависело от гидротермического режима сезона, тогда как для сорта *Ben Lear* определяющее значение в этом плане имели погодные условия вегетационного периода. В более северном Докшицком районе у плодов сорта *Stevens* общая доля антоциановых пигментов в составе биофлавоноидного комплекса на 7–10 % уступала таковой в Смолевичском районе при ее увеличении у катехинов и флавонолов на фоне отсутствия заметного влияния испытываемых агроприемов на соотношение основных компонентов Р-витаминного комплекса.

Литература

1. Эффективность микробных удобрений при возделывании голубики на разработанных торфяниках Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] – Минск: Беларуская навука, 2020. – 236 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. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной. / В. Ю. Андреев [и др.] // *Фармация*, 2013. – № 3. – С. 19–21.
5. Физиологические и биохимические методы анализа растений: Практикум / Калинингр. ун-т. Авт.-сост. Г. Н. Чупахина. – Калининград, 2000. – 59 с.
6. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград, 1987. – 430 с.
7. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2-82. – Введен 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.

Поступила в редакцию 03.11.2021 г.