

УДК 634.737:581.5:581.522.4(476)

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ (*OXYCOCCUS MACROCARPUS* AIT. PERS.) НА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ И СЕВЕРНОЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ БЕЛАРУСИ

Ж. А. РУПАСОВА<sup>1)</sup>, Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ<sup>1)</sup>, Н. Б. КРИВИЦКАЯ<sup>1)</sup>,  
В. С. ЗАДАЛЯ<sup>1)</sup>, Э. И. КОЛОМИЕЦ<sup>2)</sup>, З. М. АЛЕЩЕНКОВА<sup>2)</sup>, Т. М. КАРБАНОВИЧ<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,  
ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Беларусь,

<sup>2)</sup>Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси,  
ул. академика В. Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Беларусь,

<sup>3)</sup>Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь,  
ул. Кирова, 15, 220030, г. Минск, Беларусь

Приведены результаты сравнительного исследования в опытной культуре на выработанных торфяниках верхового типа в Смолевичском р-не Минской обл. и в расположенном на 250 км севернее Докшицком р-не Витебской обл. биохимического состава плодов сортов клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus* Ait. Pers.) – раннеспелого *Ben Lear* и позднеспелого *Stevens*. При внесении минерального удобрения Vasacot Plus 6 и микробного препарата МаКлоР в 5- и 10 %-ной концентрациях, а также некорневых обработок Экогум-комплексом выявлены основные тенденции

### Образец цитирования:

Рупасова ЖА, Василевская ТИ, Кривицкая НБ, Задаля ВС, Коломиец ЭИ, Алещенкова ЗМ, Карбанович ТМ. Влияние удобрений на биохимический состав плодов клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus* Ait. Pers.) на выработанных торфяниках в центральной и северной агроклиматических зонах Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология.* 2020;3:100–109.  
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2020-3-100-109>

### For citation:

Rupasova ZhA, Vasilevskaya TI, Krynitskaya NB, Zadalya VS, Kolomiets EI, Aleschenkova ZM, Karbanovich TM. The effect of fertilizers on the biochemical composition of *Oxycoccus macrocarpus* Ait. Pers. fruits on cutover peatlands in the central and northern agroclimatic zones of the Republic. *Journal of the Belarusian State University. Ecology.* 2020;3:100–109. Russian.  
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2020-3-100-109>

### Авторы:

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

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

**Наталья Болеславовна Кривицкая** – научный сотрудник лаборатории химии растений.

**Виктория Сергеевна Задаля** – научный сотрудник лаборатории химии растений.

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

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

**Татьяна Михайловна Карбанович** – заместитель начальника главного управления растениеводства.

### Authors:

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

[j.rupasova@cbg.org.by](mailto:j.rupasova@cbg.org.by)

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

[t.vasileuskaya@cbg.org.by](mailto:t.vasileuskaya@cbg.org.by)

**Natalia B. Krynitskaya**, researcher of the laboratory of chemistry of plants.

[n.krynitskaya@cbg.org.by](mailto:n.krynitskaya@cbg.org.by)

**Victoria S. Zadalya**, researcher of the laboratory of chemistry of plants.

[zada.93@mail.ru](mailto:zada.93@mail.ru)

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

[kolomiets@mbio.bas-net.by](mailto:kolomiets@mbio.bas-net.by)

**Zinaida M. Aleschenkova**, doctor of science (biology); head of the laboratory of interrelations between microorganisms of soil and higher plants of the Institute of microbiology.

[aleschenkova@mbio.bas-net.by](mailto:aleschenkova@mbio.bas-net.by)

**Tatiana M. Karbanovich**, deputy head of the main plant industry directorate.

[veget@mshp.gov.by](mailto:veget@mshp.gov.by)

в изменении содержания органических соединений в плодах клюквы при продвижении на север. В обоих районах исследований использование удобрений способствовало преимущественному обогащению на 5–41 % плодов обоих сортов клюквы антоциановыми пигментами, растворимыми сахарами, дубильными и пектиновыми веществами и повышению сахарокислотного индекса на фоне их обеднения на 7–46 % катехинами, флавонолами и гидроксикоричными кислотами.

Показано, что в Смолевичском р-не все испытываемые агроприемы способствовали увеличению интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов клюквы по совокупности 14 показателей в 3–12 раз у сорта *Ben Lear* и 4–8 раз у сорта *Stevens* при наибольшей результативности Basacot Plus 6. Отмечено, что наряду с высокой эффективностью, применявшиеся для раннеспелого сорта Экогум-комплекс, а для позднеспелого – микробный препарат МаКлоР, уступали по результативности минеральному удобрению в 1,7–1,9 раза. В Докшицком р-не на фоне внесения Basacot Plus 6 установлено снижение интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов позднеспелого сорта в 2,4 раза по сравнению с контролем, тогда как использование органических удобрений обеспечило его повышение в 3,5–8 раз при наибольшей результативности 10 %-ного МаКлоРа.

**Ключевые слова:** полное минеральное удобрение; микробные препараты; клюква; сорта; плоды; углеводы; органические кислоты; фенольные соединения.

## THE EFFECT OF FERTILIZERS ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF *OXYCOCCUS MACROCARPUS* AIT. PERS. FRUITS ON CUTOVER PEATLANDS IN THE CENTRAL AND NORTHERN AGROCLIMATIC ZONES OF THE REPUBLIC

ZH. A. RUPASOVA<sup>a</sup>, T. I. VASILEVSKAYA<sup>a</sup>, N. B. KRYNITSKAYA<sup>a</sup>,  
V. S. ZADALYA<sup>a</sup>, E. I. KOLOMIETS<sup>b</sup>, Z. M. ALESCHENKOVA<sup>b</sup>, T. M. KARBANOVICH<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Central Botanical Garden, National Academy of Sciences of Belarus,  
2v Sarganova Street, Minsk 220012, Belarus

<sup>b</sup>Institute of Microbiology, National Academy of Sciences of Belarus,  
2 Academician V. F. Kuprevich Street, Minsk 220141, Belarus

<sup>c</sup>Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus,  
15 Kirava Street, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: E. I. Kolomiets (kolomiets@mbio.bas-net.by)

Under pilot-plant conditions on the excavated peat deposits in Smolevichsky (Minsk region) and Dokshitsky (Vitebsk region) areas results of relative research of influence mineral (Basacot Plus 6) and organic (Ekogum-complex, 5 and 10 %-s' MaKloR) fertilizings on the biochemical composition of fruits American cranberry plants early-ripe *Ben Lear* and late-ripening *Stevens* cultivars. It was shown that moving northward, cranberry fruits were depleted of 5–89 % ascorbic acid and free organic acids, soluble sugars, anthocyanins and leucoanthocyanines themselves with a decrease in the sugar acid index and the absence of changes in the content of pectin substances, against the background of activation by 7–74 % accumulation hydroxycinnamic acids, tannins, catechins and flavonols. In both research areas, the use of fertilizers contributed to the predominant enrichment of 5–41 % of the fruits of both cranberry varieties with anthocyanin pigments, soluble sugars, tannins and pectins and an increase in the sugar acid index against the background of their depletion by 7–46 % catechins, flavonols and hydroxycinnamic acids.

It was shown that in the Smolevichi district, all tested agro-receptions contributed to an increase in the integral level of nutritional and vitamin value of cranberry fruits in the aggregate of 14 indicators 3–12 times in the *Ben Lear* cultivar and 4–8 times in the *Stevens* cultivar with the highest Basacot Plus 6 efficiency, along with the Ekohum complex was characterized by high efficiency for the early-ripening cultivar, and the microbial preparation MaKloR for the late-ripening variety, inferior in effectiveness to mineral fertilizer by 1.7–1.9 times. In the Dokshitsy district, with the introduction of Basacot Plus 6, a decrease in the integral level of the nutritional and vitamin value of late-ripening fruits was found to be 2.4 times lower than the control, while the use of organic fertilizers, on the contrary, ensured its increase by 3.5–8 times with the highest 10 % MaKloR performance.

**Keywords:** NPK-compound; microbial preparations; American cranberry; cultivars; biochemical composition; organic acids; soluble sugar; phenolic compounds.

### Введение

Выбирая оптимальный режим минерального питания клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus* Ait. Pers.) при выращивании ее на рекультивируемых площадях, выбывших из промышленной

эксплуатации торфяных месторождений Беларуси, целесообразно дать сравнительную оценку эффективности минеральных и органических удобрений. В сопоставительный анализ входят такие параметры, как снижение химической нагрузки на субстрат за счет биологических механизмов стимуляции процессов развития и метаболизма данного интродуцента, которые способствуют получению экологически чистой, высоковитаминной ягодной продукции, отвечающей требованиям органического земледелия. Данные подходы в проведении исследований соответствуют принятому в ноябре 2018 г. в Республике Беларусь Закону «О производстве и обращении органической продукции».

Для реализации этой цели было осуществлено испытание на сортах клюквы разных сроков созревания новых видов удобрений – минерального гранулированного удобрения пролонгированного действия Basacote Plus 6M ( $N_{15}P_8K_{12}$  кг/га д. в.) производства компании СОМРО (Германия), а также двух видов органических удобрений нового поколения – Экогум-комплекс и соответствующего биологической природе вересковых микробного препарата МаКлоР. Экогум-комплекс производства УП «Белуниверсалпродукт» (Республика Беларусь) – 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 микроклональных 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, стимулирующего у растений развитие ризосферы и ростовую функцию [1; 2].

Научный и практический интерес в этой работе представляет исследование ответной реакции на испытываемые агроприемы плодоносящих растений клюквы, уже вступивших в устойчивый генеративный период развития. На двух рекультивируемых участках торфяных месторождений верхового типа, расположенных в центральной и северной частях Беларуси, в 2018–2019 гг. проводилось сравнительное исследование влияния названных видов удобрений на содержание в плодах клюквы крупноплодной органических кислот, а также углеводов и фенольных соединений.

### Материалы и методы исследования

Исследование влияния испытываемых видов удобрений на биохимический состав плодов пятилетних растений двух модельных сортов *O. macrocarpus* – *Ben Lear* (из раннеспелых) и *Stevens* (из позднеспелых) было осуществлено в двух районах страны – Смолевичском (Минская обл.) и Докшицком (Витебская обл.), расположенных друг от друга на расстоянии 250 км. Схема однотипных полевых экспериментов включала 5 вариантов при 3-кратной повторности опытов: **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. В каждом варианте было высажено по 15 растений каждого сорта клюквы крупноплодной.

Для получения информации о биохимическом составе плодов опытных растений в период их съемной зрелости в каждом варианте определяли содержание сухих веществ по ГОСТ 28561-90 [3]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [4]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [4]; гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [5.]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом по Дюбойсу [6]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [4]; суммы антоциановых пигментов – по методу T. Swain, W. E. Hillis [7], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [8]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [9; 10]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [4]; дубильных веществ – титрометрическим методом Левенталя [11]. Аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Выявление наиболее эффективных агроприемов осуществляли на основе защищенного патентом авторского способа ранжирования объектов исследований по совокупности анализируемых признаков [12].

### Результаты исследования и их обсуждение

По нашим оценкам, плоды сортов *Ben Lear* и *Stevens* в Смолевичском р-не Минской обл. и сорта *Stevens* в Докшицком р-не Витебской обл. характеризовались довольно близкими между собой диапазонами варьирования в рамках эксперимента усредненных в двухлетнем цикле исследований количественных характеристик биохимического состава, составляющих для содержания сухих веществ: 12,5–14,1 %, 12,0–15,4 и 11,3–13,2 % при содержании в сухой массе свободных органических кислот – 16,5–21,6 %, 15,5–21,2 и 18,3–22,6 %; аскорбиновой кислоты – 374–468 мг/100 г, 383–467 и 365–540 мг/100 г; гидроксикоричных кислот – 658–739 мг/100 г, 643–670 и 489–757 мг/100 г; растворимых сахаров – 22,0–31,0 %, 21,3–31,0 и 21,5–25,5 %; пектиновых веществ – 5,5–7,3 %, 5,9–7,1 и 5,7–7,2 %; биофлавоноидов (Р-витаминов) – 12715–15348 мг/100 г, 13563–15848 и 11737–17546 мг/100 г, в том числе антоциановых пигментов 8424–11401 мг/100 г, 8580–11648 и 7033–10231 мг/100 г (из них собственно антоцианов 2050–2945 мг/100 г, 1400–3240 и 350–1180 мг/100 г, лейкоантоцианов 6234–8456 мг/100 г, 6701–8408 и 6074–9191 мг/100 г), катехинов 2015–2639 мг/100 г, 23400–3328 и 3224–4719 мг/100 г, флавонолов 1657–1978 мг/100 г, 1736–2201 и 1480–2908 мг/100 г и дубильных веществ 3,04–3,70 %, 3,33–4,03 и 4,74–5,36 % соответственно. Содержание в плодах опытных таксонов клюквы довольно значимого преобладания титруемых кислот в сочетании со сравнительно невысоким количеством растворимых сахаров обусловило низкие значения их сахарокислотного индекса, определяемого соотношением данных показателей и характеризующего вкусовые свойства ягодной продукции. При этом диапазоны его варьирования в рамках эксперимента составляли 1,10–1,75, 1,06–1,60 и 1,05–1,36 соответственно.

При относительном сходстве приведенных диапазонов варьирования обозначенных признаков в плодах опытных растений все же нельзя не обратить внимания на примере сорта *Stevens* на их весьма выразительные межрегиональные различия, о степени которых можно судить по данным табл. 1.

Таблица 1

Межрегиональные различия (Докшицкий р-н / Смолевичский р-н) биохимических характеристик плодов *O. macrocarpus* сорта *Stevens* в вариантах полевого опыта, %

Table 1

Interregional differences (Dokshitsky district / Smolevichi district) of biochemical composition of *O. macrocarpus* fruits cv. *Stevens* in variants of field experience, %

Показатель	Варианты опыта				
	Контроль	Basacot Plus 6	Экогум-комплекс	5 % МаКлоР	10 % МаКлоР
Сухие вещества	-14,3	-20,4	+10,0	+6,6	–
Свободн. органич. кислоты	+18,1	+20,2	-11,3	-9,9	-8,9
Аскорбиновая кислота	-4,8	+14,1	-11,6	+20,0	-15,3
Гидроксикоричн. кислоты	+17,8	-27,1	+11,4	+7,3	+13,1
Растворимые сахара	–	-21,0	-17,7	-13,4	–
Сахарокислотный индекс	-14,6	-34,4	-7,5	-3,7	+10,4
Пектиновые вещества	–	–	–	+5,5	–
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
Суммарный показатель	+102,6	-193,4	+71,7	+112,8	+84,4

Примечание. Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий при  $p < 0,05$

Заметим, что направленность данных различий и их относительные размеры определялись видом используемых удобрений и химической природой исследуемых соединений. Так, на сравнительно небольшом расстоянии между опытными стационарами в Докшицком р-не плоды этого сорта в большинстве вариантов опыта оказались в меньшей степени насыщенными, чем экспериментальные аналоги в Смолевичском р-не, на 9–11 % свободными органическими кислотами, 5–15 % аскорбиновой кислотой, на 13–21 % растворимыми сахарами при меньших на 4–34 % значениях сахарокислотного индекса, свидетельствующих

об их более кислом вкусе, но при относительной сопоставимости параметров накопления пектиновых веществ. При этом они 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 было показано на 32–74 и 21–58 % более высокое содержание, способствовавшее увеличению на 8–15 % общего количества Р-витаминов. Наряду с этим в северном регионе наблюдалась заметная активизация, по сравнению с центральным, накопления в плодах сорта *Stevens* и других соединений фенольной природы, в частности, гидроксикоричных кислот на 7–18 % и дубильных веществ (танинов) на 25–45 %.

Поскольку обозначенные выше доминирующие тенденции в характере межрегиональных различий в биохимическом составе плодов прослеживались не во всех вариантах опыта, а параметры накопления исследуемых соединений характеризовались заметной вариабельностью в рамках эксперимента, то для выявления вариантов опыта с наибольшим и наименьшим проявлением данных различий, была определена суммарная величина последних, с учетом их направленности (табл. 1). Как видим, в условиях северного района в контроле и в вариантах опыта с применением органических удобрений имело место увеличение на 72–113 % суммарного эффекта в изменении качества плодов сорта *Stevens* по совокупности 14 характеристик биохимического состава. По сравнению с центральным районом оно наиболее значительное при использовании 5 %-ного МаКлоРа, тогда как внесение минерального удобрения способствовало его снижению почти на 200 %.

Вместе с тем на фоне испытываемых агроприемов была установлена существенная трансформация биохимического состава плодов, степень которой, как и в межрегиональных различиях, определялась не только химической природой действующих веществ, но и генотипом опытных растений. Так, в Смолевичском р-не проводили исследования с двумя сортами клюквы, при этом у сорта *Ben Lear* не было выявлено значимого влияния минерального удобрения и 5 %-ного МаКлоРа на содержание в них сухих веществ. Однако при использовании Экогум-комплекса и 10 %-ного МаКлоРа наблюдалось его увеличение не более чем на 5–9 % по сравнению с контролем, тогда как у сорта *Stevens* во всех вариантах опыта с внесением удобрений отмечено снижение данного показателя на 8–22 %, а наиболее значительное при применении Экогум-комплекса и 5 %-ного МаКлоРа (табл. 2). При этом у раннеспелого и позднеспелого сортов клюквы установлены прямо противоположные тенденции в изменении содержания свободных органических и аскорбиновой кислот относительно контроля. Так, если у первого таксона использование всех видов удобрений в основном ингибировало биосинтез данных соединений на 7–18 и 6–20 % соответственно, то у второго наблюдалась активизация их накопления на 21–37 и 8–22 %, наименее выраженная при внесении Basacot Plus 6. Заметим, что и в условиях северного Докшицкого р-на у сорта *Stevens* прослеживались сходные тенденции в изменении содержания сухих веществ, титруемых аскорбиновой кислотой в вариантах опыта с использованием удобрений, но с иной степенью выразительности.

В двух районах, где проводилось исследование, внесение всех видов удобрений способствовало заметной активизации накопления в плодах клюквы пектиновых веществ – на 12–33 % у сорта *Ben Lear* и на 12–27 % у сорта *Stevens* при наибольшей ее выразительности на фоне применения Экогум-комплекса и особенно 10 %-ного МаКлоРа. Аналогичное стимулирующее действие применяемые агроприемы оказывали и на биосинтез растворимых сахаров. При этом у сорта *Ben Lear* увеличение их содержания на 17–41 % по сравнению с контролем отмечено во всех вариантах опыта, особенно при использовании Экогум-комплекса. Подобный эффект был установлен и у сорта *Stevens* при наибольшем его проявлении в Смолевичском р-не, в котором увеличение содержания растворимых сахаров составило 33–46 %, тогда как 10–19 % – в Докшицком р-не. Однако в обоих районах исследований наиболее значительным усилением их накопления, как и у сорта *Ben Lear*, был отмечен вариант опыта с обработками Экогум-комплексом при отсутствии значимых изменений на фоне применения 10 %-ного МаКлоРа (табл. 2).

Вместе с тем показанное выше существенное обеднение плодов сорта *Ben Lear* свободными органическими кислотами вместе с обогащением их растворимыми сахарами оказало позитивное влияние на их вкусовые качества, что подтверждалось увеличением показателя сахарокислотного индекса на 8–59 % относительно контроля, при наибольшем использовании Экогум-комплекса и наименьшем – на фоне внесения минерального удобрения. Улучшение вкуса плодов сорта *Stevens* в районах исследований проявилось менее выразительно, причем лишь в отдельных вариантах опыта, что было обусловлено активизацией накопления в них титруемых кислот, наиболее существенной в Смолевичском р-не. При этом увеличение сахарокислотного индекса плодов по сравнению с контролем в обоих районах не превышало 7–17 %. Более того, внесение 10 %-ного МаКлоРа в Смолевичском и Basacot Plus 6 в Докшицком р-не обусловило его снижение на 23 и 10 % соответственно, что свидетельствовало об ухудшении вкуса плодов.

Относительные различия вариантов полевого опыта с контролем  
по биохимическим характеристикам плодов *Oxycoccus macrocarpus* в районах исследований, %

Table 2

Relative differences in the biochemical composition of *Oxycoccus macrocarpus*  
fruits in field experiments in the areas of research, % of control

Показатель	Варианты опыта			
	Basacot Plus 6	Экогум-комплекс	5 % МаклоР	10 % МаклоР
Смолевичский р-н Минской обл.				
Сорт <i>Ben Lear</i>				
Сухие вещества	–	+5,4	–	+9,3
Свободн. органич. кислоты	+7,5	-11,9	-6,5	-17,9
Аскорбиновая кислота	-6,6	-18,5	-20,2	-16,2
Гидроксикоричн. кислоты	–	+6,6	-5,1	–
Растворимые сахара	+16,8	+40,9	+28,6	+16,8
Сахарокислотный индекс	+8,2	+59,1	+37,3	+41,8
Пектиновые вещества	+12,1	+26,2	+20,7	+33,2
Собственно антоцианы	-4,1	+34,5	+28,3	-6,4
Лейкоантоцианы	+22,1	+35,6	+15,7	+24,1
Сумма антоц. пигментов	+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
Сорт <i>Stevens</i>				
Сухие вещества	-7,8	-22,1	-21,4	-15,6
Свободн. органич. кислоты	+21,3	+36,8	+36,8	+30,3
Аскорбиновая кислота	+7,7	+18,6	+17,4	+22,0
Гидроксикоричн. кислоты	+4,3	–	–	–
Растворимые сахара	+40,8	+45,5	+32,9	–
Сахарокислотный индекс	+16,8	+7,3	–	-22,6
Пектиновые вещества	+11,9	+19,6	+11,6	+21,7
Собственно антоцианы	+131,4	+77,9	+65,7	+70,7
Лейкоантоцианы	+17,1	-6,7	+8,4	+6,3
Сумма антоц. пигментов	+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
Дубильные вещества	+16,8	–	–	+13,3
Докшицкий р-н Витебской обл.				
Сорт <i>Stevens</i>				
Сухие вещества	-14,4	–	–	–
Свободн. органич. кислоты	+23,5	–	+4,4	–
Аскорбиновая кислота	+29,2	+10,1	+48,0	+8,6
Гидроксикоричн. кислоты	-35,4	-3,4	-8,6	–
Растворимые сахара	+10,2	+18,6	+14,0	–
Сахарокислотный индекс	-10,3	+16,2	+10,3	–
Пектиновые вещества	+12,7	+26,9	+21,9	+24,2
Собственно антоцианы	-70,3	-18,6	-15,3	-11,9
Лейкоантоцианы	+10,0	+4,7	+47,7	+51,3
Сумма антоц. пигментов	–	–	+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	–

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

Усиление минерального питания клюквы крупноплодной способствовало заметной активизации накопления в плодах дубильных веществ, главным образом у раннеспелого сорта, что подтверждалось увеличением их содержания на фоне всех испытываемых агроприемов на 5–22 %, а наибольшем при внесении Basacot Plus 6 и наименьшем в вариантах с применением МаКлоРа. У позднеспелого сорта клюквы стимулирующий эффект от использования удобрений в этом плане проявился только при внесении Basacot Plus 6 и 10 %-ного МаКлоРа, причем в Докшицком р-не он подтвердился лишь при применении минерального удобрения, тогда как в остальных случаях значимых различий с контролем выявлено не было.

Особый научный и практический интерес в данных исследованиях представляет ответная реакция биофлавоноидного (Р-витаминного) комплекса плодов клюквы на испытываемые агроприемы. Как следует из табл. 2, их применение способствовало обогащению ягодной продукции данными соединениями 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 северном Докшицком р-не также наблюдалось усиление накопления полифенолов в плодах сорта *Stevens* на 13–19 %, но только в вариантах опыта с использованием микробного препарата МаКлоР, тогда как внесение полного минерального удобрения обусловило снижение их содержания на 20 % относительно контроля. При этом в обоих районах исследований применение Экогум-комплекса на растениях данного сорта оказалось абсолютно неэффективным.

В составе Р-витаминного комплекса плодов клюквы крупноплодной доминирующая роль принадлежит антоциановым пигментам, являющимися основными источниками антиоксидантной активности. Следует отметить, что 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 р-не были показаны сходные диапазоны варьирования отклонений от контроля общего количества 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 для сорта *Stevens* была показана более выраженная активизация в плодах 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 Докшицком р-не в характере изменений содержания антоциановых пигментов в плодах этого сорта относительно контроля также проявилось выраженное сходство с установленным для общего количества биофлавоноидов. На это 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 р-на, здесь наблюдалось обогащение плодов лейкоантоцианами на 5–51 % на фоне их обеднения на 12–70 % собственно антоцианами (табл. 2).

Что касается катехинов и флавонолов, то у сорта *Ben Lear* при использовании органических удобрений (Экогум-комплекса и 10 %-ного МаКлоРа) наблюдалось 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 % (см. табл. 2). Аналогичные, но более выраженные негативные изменения в содержании данных групп полифенолов в плодах сорта *Stevens* были установлены и в более северном Докшицком р-не. На это указывало преимущественное ослабление их биосинтеза на 7–32 и 16–46 % по сравнению с контролем, причем обработки Экогум-комплексом не оказали значимого влияния на накопление всех компонентов биофлавоноидного комплекса плодов данного сорта.

Таким образом, 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 в отдельных случаях не получили статистического подтверждения. С целью выявления агроприема с наиболее заметным позитивным влиянием на биохимический состав плодов, было проведено ранжирование вариантов опыта в порядке снижения интегрального уровня их питательной и витаминной ценности по совокупности показателей, приведенных в табл. 2 [12]. По величине амплитуды положительных и отрицательных различий вариантов по сравнению с контролем 14 исследуемых характе-

ристик биохимического состава плодов, приведенной в табл. 3, мы можем предполагать о степени влияния каждого испытываемого агроприема на качество плодов опытных растений, тогда как на основании кратного размера соотношения позитивных и негативных сдвигов можно было оценить степень изменений интегрального уровня питательной и витаминной ценности ягодной продукции в ту или иную сторону, приняв за 1 контрольный вариант опыта.

Таблица 3

Относительные различия вариантов полевого опыта с контролем по биохимическому составу плодов *Oxycoccus macrocarpus*, %

Table 3

Relative differences in the biochemical composition of *Oxycoccus macrocarpus* fruits in field experiments, % of control

Вариант опыта	Положительный	Отрицательный	Амплитуда	Положительный/отрицательный	Совокупный эффект
Смолевичский р-н Минской обл.					
Сорт <i>Ben Lear</i>					
2	125,1	10,7	135,8	11,7	+14,4
3	280,7	45,5	326,2	6,2	+235,2
4	166,5	43,3	209,8	3,8	+123,2
5	163,6	57,2	220,8	2,9	+106,4
Сорт <i>Stevens</i>					
2	320,8	39,2	360,0	8,2	+281,6
3	212,8	55,0	267,8	3,9	+157,8
4	198,2	41,2	239,4	4,8	+157,0
5	213,5	49,8	263,3	4,3	+163,7
Докшицкий р-н Витебской обл.					
Сорт <i>Stevens</i>					
2	93,7	228,6	322,3	0,4	-134,9
3	76,5	22,0	98,5	3,5	+54,5
4	197,1	51,2	248,3	3,9	+145,9
5	150,0	18,5	168,5	8,1	+131,5

Так, в Смолевичском р-не на фоне внесения минерального и микробного удобрений для сорта *Ben Lear* характеризовались меньшей амплитудой выявленных сдвигов, по сравнению с сортом *Stevens*, что свидетельствовало о меньшей восприимчивости биохимического состава его плодов к их действию, тогда как при обработках Экогум-комплексом наблюдалась обратная картина. Отметим, что для обоих таксонов клюквы во всех вариантах опыта было показано доминирование положительных сдвигов относительно контроля, свидетельствовавшим о заметном повышении интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов в 3–12 раз у сорта *Ben Lear* и 4–8 раз у сорта *Stevens*. Это подтверждалось также положительными значениями совокупного эффекта от 106 до 235 % в первом случае и от 157 до 282 % – во втором.

В соответствии со снижением кратного размера соотношения положительных и отрицательных сдвигов в биохимическом составе плодов под действием испытываемых агроприемов варианты полевого опыта были расположены следующим образом: у раннеспелого сорта –  $2 > 3 > 4 > 5$ ; у позднеспелого сорта –  $2 > 4 > 5 > 3$ , при расхождении в этих рядах крайних позиций по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов в 4,0 и 2,1 раза соответственно. По нашему мнению, в обоих случаях наиболее результативным в улучшении качественного состава плодов по совокупности определяемых признаков относительно контроля было внесение минерального удобрения Basacot Plus 6, наряду с которым довольно успешными в этом плане следовало признать, в первом случае, обработки Экогум-комплексом, во втором – использование микробного удобрения МаКлоР, уступавшие по эффективности лидирующему агроприему в 1,7–1,9 раза.

Вместе с тем в условиях более северного Докшицкого р-на в большинстве вариантов опыта, особенно с использованием Экогум-комплекса, амплитуда выявленных сдвигов в биохимическом составе плодов



сорта *Stevens* относительно контроля соответствовала области более низких, чем в Смолевичском р-не, значений, что указывало на меньшее воздействие на него испытываемых агроприемов. Более того, на фоне внесения минерального удобрения Basacot Plus 6, признанного наиболее результативным в центральном районе, здесь было установлено доминирование отрицательных сдвигов в качественном составе плодов, свидетельствующее о его явном ухудшении по сравнению с контролем, обусловленное снижением интегрального уровня их питательной и витаминной ценности в 2,4 раза. На это же указывало и отрицательное значение совокупного эффекта, позволяющего охарактеризовать данный агроприем совершенно неприемлемым в этом плане. Отметим, что эффективность Экогум-комплекса и 5 %-ного МаклоРа лишь незначительно уступала установленной в Смолевичском р-не, однако наиболее результативным все же следовало признать применение 10 %-ного МаклоРа, обусловившего повышение качества плодов в 8,1 раза по сравнению с контролем. В этом случае последовательность вариантов опыта в порядке снижения эффективности испытываемых агроприемов была таковой:  $5 > 4 = 3 > 1 > 2$  при расхождении крайних позиций по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов в 20 раз.

### Заключение

В результате исследования, используя метод сравнения, на рекультивируемых участках, выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа, в Смолевичском р-не Минской обл. и в расположенном на 250 км севернее Докшицком р-не Витебской обл., биохимического состава плодов сортов *O. macrocarpus* разных сроков созревания – раннеспелого *Ben Lear* и позднеспелого *Stevens* на фоне внесения минерального удобрения Basacot Plus 6 и микробного препарата МаклоР в 5- и 10 %-ной концентрациях, а также некорневых обработок Экогум-комплексом, установлено следующее:

– Межрегиональные различия в биохимическом составе плодов позднеспелого сорта определялись видом используемых удобрений и химической природой органических соединений. Показано, что с продвижением на север происходило их обеднение на 9–11 % свободными органическими кислотами, на 5–15 % аскорбиновой кислотой, на 13–21 % растворимыми сахарами, на 16–40 % антоциановыми пигментами, в том числе на 16–89 % собственно антоцианами, на 5–21 % лейкоантоцианами при снижении на 4–34 % показателя сахарокислотного индекса и относительной сопоставимости параметров накопления пектиновых веществ, на фоне активизации накопления гидроксикоричных кислот на 7–18 %, дубильных веществ на 25–45 %, катехинов и флавонолов соответственно на 32–74 и 21–58 %, что способствовало увеличению на 8–15 % общего выхода Р-витаминов.

– В двух районах исследований применение минеральных и органических удобрений способствовало существенной трансформации биохимического состава плодов клюквы крупноплодной, в которой на фоне межрегиональных, межвариантных и генотипических различий показано доминирование накопительных тенденций в содержании большинства органических соединений.

– Установлена преимущественная активизация накопления дубильных и пектиновых веществ на 12–33 и 5–22 %, растворимых сахаров на 17–41 % на фоне противоположных тенденций в изменении содержания титруемых и аскорбиновой кислот у сортов *Ben Lear* и *Stevens*: снижении на 6–20 % у первого таксона и увеличении на 8–37 % – у второго, обусловивших более выраженное увеличение сахарокислотного индекса плодов у раннеспелого сорта в пределах 8–59 % против 7–17 % у позднеспелого, наибольшее – при обработках Экогум-комплексом.

– Усиление минерального питания способствовало обогащению ягодной продукции обоих сортов клюквы Р-витаминами на 8–21 %, что способствовало наибольшей результативности для сорта *Ben Lear*, характеризовавшегося более выраженной активизацией биосинтеза лейкоантоцианов, применения Экогум-комплекса, тогда как для сорта *Stevens*, отмеченного более активным накоплением собственно антоцианов, – внесение Basacot Plus 6 в Смолевичском и микробного препарата МаклоР в Докшицком р-не. На фоне испытываемых агроприемов показано обеднение плодов на 7–46 % катехинами и флавонолами, наиболее значительное в северном регионе, особенно при внесении минерального удобрения, ингибировавшего также накопление в них гидроксикоричных кислот.

– В Смолевичском р-не все испытываемые агроприемы способствовали повышению интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов по совокупности 14 показателей в 3–12 раз у сорта *Ben Lear* и в 4–8 раз – у сорта *Stevens* при наибольшей результативности минерального удобрения, а также уступавших ему в этом плане в 1,7–1,9 раза Экогум-комплекса (в первом случае) и микробного удобрения МаклоР (во втором случае). В более северном Докшицком р-не внесение минерального удобрения обусловило снижение интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов позднеспелого сорта в 2,4 раза по сравнению с контролем, тогда как использование органических удобрений обеспечило его повышение в 3,5–8 раз (при наибольшей результативности 10 %-ного МаклоРа).

## Библиографические ссылки

1. Алещенкова ЗМ. Микробные удобрения для стимуляции роста и развития растений. *Наука и инновации*. 2015;8(150):66–67.
2. Соловьева ЕА, Савчиц ТЛ, Алещенкова ЗМ, Буштевич ВН. Микробный препарат АгроМик для стимуляции роста и развития тритикале. В: Коломиец ЭИ, Лобанок АГ, редакторы. *Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. Сборник научных трудов*. Минск: Беларуская навука; 2013. с. 331–342.
3. *Методы определения сухих веществ*. ГОСТ 8756.2-82. Введен 01.01.1983. Москва: Издательство стандартов; 1982. 5 с.
4. Ермакова АИ, редактор. *Методы биохимического исследования растений. 3-е издание, переработанное и дополненное*. Ленинград: [б. н.]; 1987. 430 с.
5. Марсов НГ. *Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники* [диссертация]. Пермь: [б. н.]; 2006. с. 99–101.
6. Кусакина МГ, Суворов ВИ, Чуудинова ЛА, составители. *Большой практикум «Биохимия»*. Пермь: ПГНИУ; 2012. 148 с.
7. Swain T, Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal Science Food Agriculture*. 1959;10(1):63–68.
8. Скорикова ЮГ, Шафтан ЭА. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах. В: *Труды III Всесоюзного семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод*. Свердловск: [б. н.]; 1968. с. 451–461.
9. Андреев ВЮ, Калинин ГИ, Коломиец НЭ, Исайкина ТВ. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной. *Фармация*. 2013;3:19–21.
10. Чупахина ГН, Масленников ПВ. *Методы анализа витаминов*. Калининград: Балтийский федеральный университет имени И. Канта; 2004. 35 с.
11. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье. В: *Государственная фармакопея СССР. Выпуск 1. Общие методы анализа*. Москва: Медицина; 1987. с. 286–287.
12. Рупасова ЖА, Решетников ВН, Яковлев АП. *Способ ранжирования таксонов растения*. Патент ВУ 17648. Дата публикации 30.10.2013 года.

## References

1. Aleshchenkova ZM. *Mikrobnnye udobreniya dlya stimulyacii rosta i razvitiya rastenij* [Microbial fertilizers for stimulation of plant growth and development]. *Nauka i innovacii* [Science and Innovation]. 2015;8(150):66–67. Russian.
2. Solov'eva EA, Savchits TL, Aleschenkova ZM, Chudinova VN. *Mikrobnnyj preparat AgroMik dlya stimulyacii rosta i razvitiya tritikal'e* [Microbial fertilizers for stimulation of growth and development of plants]. In: Kolomiec IE, Lobanok AG, editors. *Mikrobnnye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty. Sbornik nauchnykh trudov* [Microbial biotechnology: fundamental and applied aspects]. Minsk: Belaruskaya navuka; 2013. p. 331–342. Russian.
3. *Metody opredeleniya suhih veshchestv* [Methods for determination of solids] : GOST 8756.2-82. Introduction 1983 January 01. Moscow: Izdatel'stvo standartov; 1982. 5 p. Russian.
4. Yermakova AI, editor. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenij* [Methods of biochemical research of plants]. 3-e izdanie, pererabotannoe. i dopolnennoe. Leningrad: [publisher unknown]; 1987. 430 p. Russian.
5. Marsov NG. *Fitokhimicheskoe izluchenie i biologicheskaja aktivnost brusniki, kljukvy i cherniki* [Phytochemical study and biological activity of lingonberries, cranberries and blueberries] [dissertation]. Perm: [publisher unknown]; 2006. p. 99–101. Russian.
6. Kusakina MG, Suvorov VI, Chudinova LA, compile. *Bolshoy praktikum «Biokhimiya»* [Large practical course «Biochemistry»]. Perm: Perm state national research University; 2012. 148 p. Russian.
7. Swain T, Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal Science Food Agriculture*. 1959;10(1):63–68.
8. Skorikova YuG, Shaftan EA. *Metodika opredelenia antotsianov v plodakh i jagodakh* [Method for Determining Anthocyanins in Fruits and Berries]. *Trudy III Vsesojuznogo seminar po aktivnym (lechebnym) veshchestvam jagod i plodov* [Proceedings of the 3rd Workshop on Biologically Active (Medicinal) Substances of Fruits and Berries]. Sverdlovsk: [publisher unknown]; 1968. p. 451–461. Russian.
9. Andreyev VYu, Kalinkina GI, Kolomiyets NE, Isaykina NV. *Metodika opredeleniya antotsianov v plodakh aronii chernoplodnoj* [Method for the determination of anthocyanins in the fruit of chokeberry aronia]. *Farmatsiya*. 2013;3:19–21. Russian.
10. Chupakhina GN, Maslennikov PV. *Metody analiza vitaminov* [Methods for analyzing vitamins]. Kaliningrad: I. Kant Baltic Federal University; 2004. 35 p. Russian.
11. *Opredeleniye soderzhaniya dubilnykh veshchestv v lekarstvennom rastitel'nom syr'e* [Determination of the content of tannins in medicinal plant raw materials] In: *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR. Vypusk 1. Obshchiye metody analiza*. Moscow: Meditsina; 1987. p. 286–287. Russian.
12. Rupasova ZhA, Reshetnikov VN, Yakovlev AP. *Sposob ranzhirovaniya taksonov rastenija* [Method of ranking plant taxa]. *Patent BY № 17648*. Data publikatsiyi 30.10.2013 goda. Russian.