

Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, Т. И. Василевская

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНИКОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *OXUSOCCUS* Hill. В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА БЕЛАРУСИ

Дана сравнительная оценка количественных характеристик биохимического состава плодов двух таксонов рода *Oxusococcus* Hill. – клюквы болотной (*O. palustris* L.) и сорта *Franklin* североамериканского вида *O. macrocarpus* (Ait.) Pers. при их выращивании в опытной культуре на выработанном и мелиорированном торфяниках, расположенных на севере Беларуси.

Одним из рациональных путей восстановления в Беларуси природного потенциала выведенных из сельскохозяйственного оборота выработанных и мелиорированных торфяников является создание на занимаемых ими территориях локальных фитоценозов ягодных растений сем. *Ericaceae*, что возможно лишь на основе предварительного исследования разных сторон их жизнеобеспечения и жизнедеятельности, с учетом влияния биотических и абиотических факторов. В этой связи особый научный и практический интерес представляет исследование влияния способа эксплуатации торфяников на содержание полезных веществ в плодах отдельных таксонов сем. *Ericaceae*. Работы, выполненные сотрудниками ЦБС НАН Беларуси в конце 80-х первой половине 90-х гг. XX в., свидетельствуют о том, что предложенные производству технологии выращивания плодов на промышленной основе предусматривают использование относительно плодородных торфяно-болотных почв с мощным слоем торфа. Но в Беларуси остаются практически невостребованными выработанные низкоплодородные торфяники.

С этой целью в 2008–2009 гг. в условиях опытной культуры в северной агроклиматической зоне Беларуси (Витебская обл.) была проведена сравнительная оценка биохимического состава плодов двух таксонов рода *Oxusococcus* – аборигенного вида клюквы болотной (*O. palustris* L.) и сорта *Franklin* североамериканского вида *O. macrocarpus* (Ait.) Pers. при их выращивании на выработанном и мелиорированном торфяниках, что позволило выявить степень зависимости параметров накопления в плодах полезных веществ, относящихся к разным классам химических соединений, от характера органического субстрата.

Для реализации поставленных задач в свежих усредненных пробах плодов вышеуказанных таксонов рода *Oxusococcus* определяли содержание сухих веществ – по ГОСТ 8756.2–82 [1]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [3]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [3]. В высушенных при температуре 65 °С усредненных пробах плодов определяли содержание химических элементов:

азота, фосфора, калия по методу К. П. Фоменко и Н. Н. Нестерова [12], кальция, магния – комплексометрическим методом [3]; глюкозы, фруктозы, сахарозы – резорциновым и анилинфталатным методами бумажной хроматографии по И. Г. Завадской и др. [4]; пектиновых веществ (водорастворимого пектина и протопектина) – карбазольным методом [3]; суммы антоциановых пигментов – по методу Т. Swain, W. E. Hillis [14]) с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафган [11]; антоцианов – по методу Л. О. Шнайдемана и В. С. Афанасьевой [13]; суммы флавонолов – по методу Л. Сарапуу и Х. Мийдла [9]; суммы катехинов – фотометрическим методом с использованием ванилинового реактива [5]; фенолкарбоновых кислот (в пересчете на хлорогеновую) – методом нисходящей хроматографии на бумаге [7]; дубильных веществ – титриметрическим методом Левенталя [2]; бензойной кислоты – по методу М. И. Калебина и А. А. Колесника [6]; жирных масел – по методу В. А. Сапунова и И. И. Федуняк [8]; тритерпеновых кислот (в пересчете на урсоловую кислоту) – по методу А. В. Симонян и др. [10].

Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности сотрудниками лаборатории химии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» Р. Н. Рудажковской, Н. П. Варавиной, Н. Б. Криницкой. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Сравнительное исследование количественных характеристик биохимического состава плодов двух представителей рода *Oxusococcus* – *O. palustris* L. и сорта *Franklin* крупноплодного вида – в условиях опытной культуры на мелиорированном и выработанном торфяниках показало их явную зависимость от характера субстрата. По нашим оценкам, содержание сухих веществ, в зависимости от субстрата, составляло: в плодах аборигенного вида 12,0–13,3 %, крупноплодного – 12,2–12,5 %; содержание в их сухой массе свободных органических кислот – соответственно 26,8–33,1 % и 19,9–22,3 %; ас-

корбиновой кислоты – 390,5–430,7 мг % и 392,6–417,2 мг %, фенолкарбоновых кислот – 1294,4–1361,1 мг % и 883,3–1061,1 мг %, бензойной кислоты – 1,61–2,58 % и 1,91–2,26 %.

Как следует из данных (рис. 1), содержание сухих веществ в плодах *O. palustris* на выработанном торфянике оказалось на 11% выше, чем на мелиорированном, тогда как для плодов крупноплодного вида достоверных различий по данному признаку выявлено не было.

Вместе с тем возделывание обоих видов клюквы на выработанном торфянике способство-

вало снижению, относительно мелиорированного торфяника, содержания в плодах свободных органических кислот на 11% у сорта *Franklin* и на 19% у дикорастущего вида, а также бензойной кислоты на 16 и 38% соответственно. При этом в первом случае данное снижение сопровождалось незначительным (в пределах 6%) обеднением плодов витамином С на фоне обогащения их на 20% фенолкарбоновыми кислотами, тогда как во втором, напротив, обогащением на 10% аскорбиновой кислотой при незначительном (на 5%) обеднении фенолкарбоновыми кислотами.

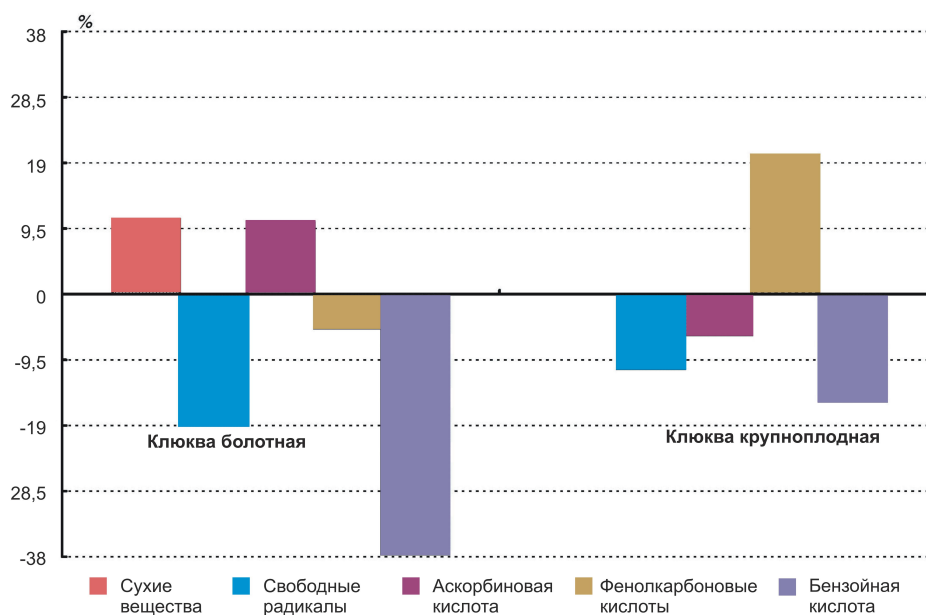


Рис. 1. Относительные различия содержания сухих веществ и органических кислот в сухой массе плодов таксонов рода *Оxycoccus* на мелиорированном (контроль) и выработанном торфяниках, %

Независимо от способа эксплуатации торфяников, плоды аборигенного вида характеризовались более высоким, чем у сортовой клюквы, суммарным содержанием растворимых сахаров, составлявшим в их сухой массе соответственно 13,67 и 14,09% против 11,60 и 12,25%, при более широких соотношениях в них количеств моноз и дисахарида, а также фруктозы и глюкозы. Характер субстрата не оказал достоверного влияния на общее количество растворимых сахаров в плодах *O. palustris*, тогда как при возделывании сорта *Franklin* крупноплодного вида на выработанном торфянике отмечено снижение данного показателя более чем на 5%, по сравнению с его аналогом на мелиорированном торфянике (табл. 1). Данное снижение было обусловлено, в первую очередь, весьма значительным (почти на 13%) ингибированием накопления в его плодах глюкозы, а также идентичным по величине снижением в них содержания дисахарида. Для дикорастущего же вида клюквы, напротив, на выработанном торфянике было показано

весьма существенное (на 21%) обогащение плодов глюкозой, но, несмотря на это, из-за столь же выразительного, как и у крупноплодного вида, снижения содержания дисахарида, общее количество в них растворимых сахаров оказалось сопоставимым с таковым в условиях мелиорированного торфяника. При этом характер субстрата не оказал достоверного влияния на содержание в плодах обоих видов клюквы фруктозы. Тем не менее в составе углеводного пула их плодов в условиях выработанного торфяника имело место заметное, по сравнению с мелиорированным торфяником, усиление позиций моносахаридов, более выраженное у дикорастущего вида. Это сопровождалось усилением в составе моноз доли фруктозы у крупноплодного вида, но вместе с тем их ослабление у дикорастущего.

Несмотря на отсутствие существенных межвариантных различий в общем содержании растворимых сахаров в плодах исследуемых таксонов рода *Оxycoccus*, из-за менее активного в условиях

выработанного торфяника накопления в них свободных органических кислот, у обоих видов наблюдалось увеличение значений сахарокислотного индекса плодов, выраженное в большей степени у *O. palustris* (почти на 30 %) против 6 % у крупно-

плодного вида. Это однозначно указывало на улучшение органолептических свойств ягодной продукции, полученной на выработанном торфянике, относительно таковой на мелиорированном торфянике.

Таблица 1. Относительные различия содержания растворимых сахаров в сухой массе плодов таксонов рода *Oxycoccus* на мелиорированном (контроль) и выработанном торфяниках, %

Вид	Глюкоза	Фруктоза	Сахароза	Сумма сахаров	Фруктоза: Глюкоза	Монозы : Дисахарид	Сахарокислотный индекс
<i>O. palustris</i>	+21,2	–	-10,0	–	-20,0	+15,0	+29,3
<i>O. macrocarpus Franklin</i>	-12,8	–	-12,6	-5,3	+16,7	+9,2	+5,5

Примечание. Здесь и далее в табл. 2, 3 прочерк означает отсутствие статистически значимых по t -критерию Стьюдента различий при $p < 0,05$

В отличие от растворимых сахаров, при адекватных условиях произрастания плоды крупноплодного вида характеризовались более высоким, чем у аборигенного вида, суммарным содержанием пектиновых веществ, составлявшим соответственно 7,37 и 8,94 % против 6,96 и 7,93 % сухой массы (табл. 2). Это было обусловлено более активным накоплением в них доминирующей фракции данных соединений – протопектина (3,82 и 5,58 % против 3,43 и 3,71 %), на фоне маловыразительных межвидовых различий в содержании гидропектина.

Вместе с тем реакция пектинового комплекса плодов обоих видов клюквы на изменение характера субстрата оказалась весьма схожей, что следует из данных табл. 2. Так, в обоих случаях возделывание растений на выработанном торфянике способствовало обогащению плодов пектиновыми веществами на 13,9 и 21,3 % относительно их ана-

логов на мелиорированном торфянике, более выраженному у крупноплодного вида. У последнего это обеспечивалось исключительно активизацией накопления нерастворимого пектина при незначительном (в пределах 5 %) обеднении плодов гидропектином, тогда как у дикорастущего вида, напротив, имело место усиление в них биосинтеза обеих фракций пектиновых веществ, особенно гидропектина. Показанные межвидовые различия в изменении состава пектинового комплекса плодов при возделывании исследуемых таксонов клюквы на выработанном торфянике проявились также в соответствующих изменениях соотношения фракций пектиновых веществ, свидетельствующих о существенном усилении позиций протопектина в углеводном пуле крупноплодного вида и гидропектина в таковом дикорастущего вида.

Таблица 2. Относительные различия содержания пектиновых веществ в сухой массе плодов таксонов рода *Oxycoccus* на мелиорированном (контроль) и выработанном торфяниках, %

Вид	Гидропектин	Протопектин	Сумма пектиновых веществ	Протопектин : Гидропектин
<i>O. palustris</i>	+19,6	+8,2	+13,9	-10,0
<i>O. macrocarpus Franklin</i>	-5,1	+46,1	+21,3	+54,6

Независимо от способа эксплуатации торфяников в условиях опытной культуры плоды сорта *Franklin* крупноплодного вида клюквы характеризовались более высоким, чем у *O. palustris*, суммарным содержанием биофлавоноидов, составлявшим в их сухой массе соответственно 7639,0 и 10854,5 мг % против 5686,8 и 7014,4 мг %, и при сходном содержании флавонолов было обусловлено более активным в первом случае накоплением антоциановых пигментов и катехинов.

Подобно пектиновому комплексу, реакция биофлавоноидного комплекса плодов обоих видов клюквы на изменение характера субстрата оказалась весьма схожей, что следует из данных (рис. 2). Так, возделывание их на выработанном

торфянике сопровождалось достоверным увеличением содержания в плодах биофлавоноидов (на 23 % у *O. palustris* и на 42 % у сорта *Franklin* крупноплодного вида), по сравнению с аналогами данных таксонов на мелиорированном торфянике. В первом случае это было обусловлено активизацией накопления в них только антоциановых пигментов и катехинов, тогда как во втором – имело место также весьма заметное усиление биосинтеза флавонолов, что в сочетании с более выраженной, чем у дикорастущей клюквы, активизацией накопления в плодах собственно антоцианов, обеспечило столь ощутимый интегральный эффект увеличения Р-витаминной активности ягодной продукции крупноплодного вида клюквы.

В зависимости от характера субстрата содержание в сухой массе плодов дикорастущей и крупноплодной клюквы дубильных веществ составляло соответственно 3,18–4,14 и 4,78–5,09 %, жирных масел 5,65–6,42 и 5,68–5,90 %, тритерпеновых кислот 2,96–3,09 и 3,09–3,32 %. При этом возделывание исследуемых таксонов на выработанном торфянике способствовало

обогащению их плодов, относительно аналогов на мелиорированном торфянике, дубильными веществами на 6 и 30 %, более выраженному у *O. palustris* L., для которого была показана также активизация накопления в них жирных масел на 14 %, причем в плодах обоих видов наряду с этим отмечено усиление накопления тритерпеновых кислот на 4–7 % (табл.3).

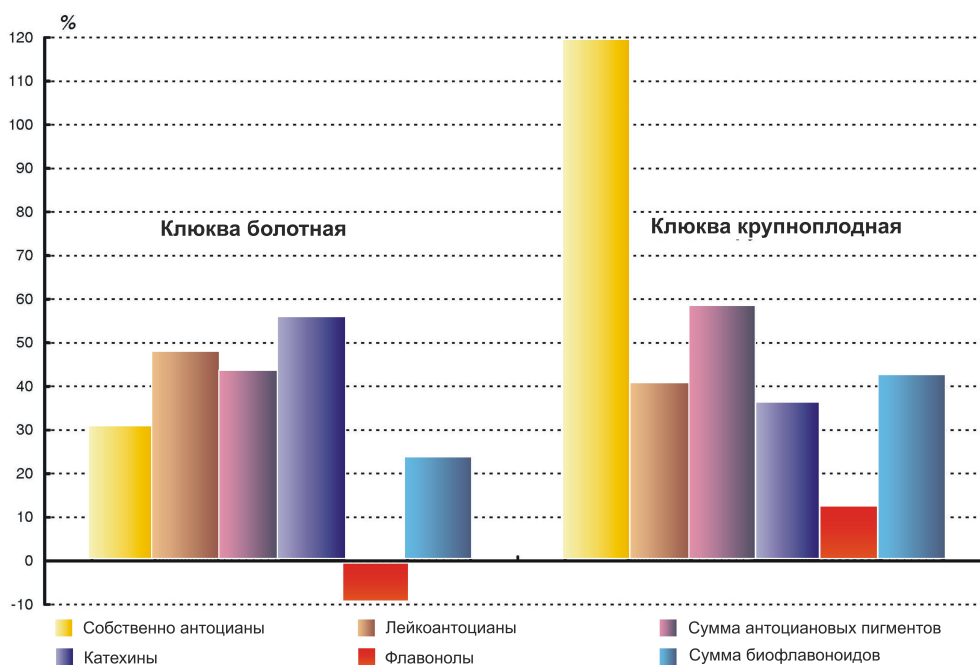


Рис. 2. Относительные различия содержания биофлавоноидов в сухой массе плодов таксонов рода *Охуссис* на мелиорированном (контроль) и выработанном торфяниках, %

Таблица 3. Относительные различия содержания терпеноидов, фенольных полимеров и макроэлементов в сухой массе плодов таксонов рода *Охуссис* на мелиорированном (контроль) и выработанном торфяниках, %

Вид	Тритерпеновые кислоты	Жирные масла	Дубильные вещества	N	P	K	Ca	Mg
<i>O. palustris</i>	+4,4	+13,6	+30,2	+17,3	+25,0	–	+10,7	–
<i>O. macrocarpus Franklin</i>	+7,4	–	+6,5	-9,7	-33,3	-31,7	-12,1	–

Способ эксплуатации торфяника оказал достаточно заметное влияние и на макроэлементный состав плодов исследуемых таксонов клюквы. В ответной реакции растений на изменение характера субстрата отчетливо проявились межвидовые различия (табл. 3).

К примеру, в условиях опытной культуры на выработанном торфянике плоды *O. palustris* характеризовались на 11–25 % более высоким, по сравнению с их аналогами на мелиорированном торфянике, содержанием азота, фосфора и кальция, при отсутствии достоверных межвариантных различий в содержании калия и магния. В отличие от аборигенного вида клюквы, для сорта *Franklin* крупноплодного вида при возделывании на выработанном торфянике, напротив, было показано на 10–33 % более низкое, чем на мелио-

рированном торфянике, содержание в плодах всех элементов, за исключением магния.

Для установления степени влияния способа эксплуатации торфяника на параметры накопления полезных веществ в плодах обоих тестируемых таксонов клюквы, для каждого из них были определены суммарные значения количеств, относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных разноориентированных сдвигов в биохимическом составе плодов по 26 показателям при возделывании на выработанном торфянике, относительно таковых на мелиорированном, принятом за эталон сравнения. Подобная информация приведена в табл. 4.

Анализ приведенных данных выявил наличие заметных генотипических различий в направленности и величине вышеуказанных сдви-

гов, свидетельствующих о различиях ответной реакции исследуемых таксонов на изменение характера субстрата. Так, из 26 рассматриваемых признаков достоверным превышением эталонных значений у *O. palustris* L. отмечены 17 признаков, отставанием от них – 5, тогда как у сорта *Franklin* их количество и в том, и в другом случае составляло 11. В результате только у дикорастущей клюквы имело место превышение количества сдвигов положительной направленности относительно отрицательной, указывающее на определенные преимущества в биохимическом составе плодов при ее выращивании на выработанном торфянике. У сортовой же клюквы кратный размер соотношения количеств разноориен-

тированных сдвигов в биохимическом составе плодов соответствовал 1,0, что однозначно доказывало идентичность частоты проявления случаев превышения и отставания ее от эталона сравнения в накоплении в плодах полезных веществ. При этом амплитуда данных сдвигов, указывающая на степень проявления различий с эталоном, оказалась несколько меньшей у аборигенного вида клюквы, нежели у крупноплодного (соответственно 451 и 511 %), что свидетельствовало о явной несоизмеримости у тестируемых объектов средневзвешенных значений отклонений от эталона совокупности анализируемых признаков в ту или иную сторону.

Таблица 4. Суммарные значения количеств, относительных размеров, амплитуд и соотношений разноориентированных сдвигов в биохимическом составе плодов таксонов рода *Охусоссус* при возделывании на выработанном торфянике, относительно таковых на мелиорированном

Вид	Количество сдвигов, шт.			Относительные размеры сдвигов, %			
	положительных	отрицательных	положительные : отрицательные	положительных	отрицательных	амплитуда	положительные : отрицательные
<i>O. palustris</i>	17	5	3,4	370,7	80,1	450,8	4,6
<i>O. macrocarpus</i>	11	11	1,0	356,3	154,8	511,1	2,3

Вместе с тем при выявлении степени ответной реакции тестируемых таксонов клюквы на изменение характера торфяного субстрата, представляется более оправданным использование соотношения не только количеств, но и суммарных величин относительных размеров различий с эталонными значениями позитивных и негативных сдвигов в их биохимическом составе. В этом случае размеры данного соотношения у дикорастущей клюквы оказались вдвое больше, чем у сортовой (соответственно 4,6 и 2,3), что, с одной стороны, свидетельствовало о более высоких средневзвешенных значениях положительных, нежели отрицательных, отклонений от эталона в биохимическом составе плодов обоих видов клюквы, а с другой стороны, указывало на явные преимущества в накоплении полезных веществ в плодах обоих видов клюквы при выращивании в условиях выработанного торфяника, относительно мелиорированного, при более выраженной ответной реакции на характер субстрата у дикорастущей клюквы.

Таким образом, в результате сравнительного исследования количественных характеристик биохимического состава плодов *O. palustris* и сорта *Franklin* крупноплодного вида клюквы при возделывании в опытной культуре на выработанном и мелиорированном торфяниках было установлено существенное влияние на них характера органического субстрата.

Так, возделывание обоих видов рода *Охусоссус* на выработанном торфянике выявило ряд преимуществ перед их возделыванием на мелиорированном торфянике при сходстве ответной реакции *O. palustris* и сорта *Franklin* крупно-

плодного вида в плане активизации накопления в плодах пектиновых веществ на 14 и 21 %, биофлавоноидов на 23 и 42 %, более выраженной у представителя крупноплодного вида, на фоне увеличения сладости плодов на 6 и 29 %, обусловленного снижением на 11 и 19 % содержания в них свободных органических кислот (при отсутствии заметных изменений в общем содержании растворимых сахаров), а также увеличения на 6 и 30 % содержания в плодах дубильных веществ, более выраженного у дикорастущей клюквы. Показано, что возделывание последней на выработанном торфянике способствовало обогащению ее плодов примерно на 10 % сухими веществами и витамином С, на 14 – жирными маслами и примерно на 20 – глюкозой и гидропектином, на 11–25 % азотом, фосфором и кальцием тогда как у крупноплодного вида в данном случае наблюдалось обеднение на 5–13 % перечисленными органическими соединениями, а также на 10–33 % макроэлементами, по сравнению с их аналогами на мелиорированном торфянике. Вместе с тем возделывание обоих видов клюквы на выработанном торфянике приводило к обогащению их плодов на 4–7 % тритерпеновыми кислотами, на фоне их обеднения на 16–38 % бензойной кислотой, более выраженного у *O. palustris*.

Установлены явные преимущества в накоплении полезных веществ в плодах обоих видов клюквы при выращивании в условиях выработанного торфяника относительно мелиорированного, при более выраженной ответной реакции на изменение характера субстрата у дикорастущей клюквы.

Литература

1. ГОСТ 8756.2-82. Методы определения сухих веществ. М., 1982.
2. Государственная фармакопея СССР. Общие методы анализа. М., 1987. Вып. 1. С. 286–287.
3. **Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П.** и др. Методы биохимического исследования растений. М., 1987.
4. **Завадская И. Г., Горбачева Г. И., Мамушина Н. С.** Количественное определение углеводов резорциновым и анилинфталатным методами с помощью бумажной хроматографии // Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. М.–Л., 1962. С. 17–26.
5. **Запрометов М. Н.** Биохимия катехинов. М., 1964.
6. **Калебин М. И., Колесник А. А.** Исследование свежих плодов, овощей и продуктов их переработки // Исследование пищевых продуктов / Под ред. Ф. В. Церевитинова. М., 1949. С. 218–245.
7. **Мжаванадзе В. В., Таргамдзе И. Л., Драник Л. И.** Количественное определение хлорогеновой кислоты в листьях черники кавказской (*V. arctostaphylos* L.) // Сообщ. АН Груз. ССР. 1971. Т. 63, вып. 1. С. 205–210.
8. **Сапунов В. А., Федуняк И. И.** Методы оценки кормов и зоотехнический анализ. Минск, 1958. С. 88–90.
9. **Сарапуу Л. П., Мийдла Х.** Фенольные соединения яблони // Учеб. зап. Тарт. Гос. ун-та. 1971. Вып. 256. С. 111–113.
10. **Симонян А. В., Шинкаренко А. Л., Оганесян Э. Т.** Количественное определение тритерпеноидов в растениях рода *Thymus* // Химия природных соединений. 1972. № 3. С. 293–295.
11. **Скорикова Ю. Г., Шафтан Э. А.** Методика определения антоцианов в плодах и ягодах // Тр. 3-го Всесоюз. сем. по биол. актив. (лечебным) веществам плодов и ягод. Свердловск, 1968. С. 451–461.
12. **Фоменко К. П., Нестеров Н. Н.** Методика определения азота, фосфора и калия в растениях из одной навески // Химия в сельском хозяйстве. 1971. № 10. С. 72–74.
13. **Шнайман Л. О., Афанасьева В. С.** Методика определения антоциановых веществ // 9-й Менделеевский съезд по общ. и прикл. химии: Реф. докл. и сообщ. М., 1965. № 8. С. 79–80.
14. **Swan T., Hillis W.** The Phenolic Constituents of *Prunus Domestica*. 1. The Quantitative Analysis of Phenolic Constituents // J. Sci. Food Agric. 1959. Vol. 10, № 1. P. 63–68.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси

Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, Т. И. Василевская

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНИКОВ
НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
РОДА *OXYCOCCUS* Hill. В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА БЕЛАРУСИ**

Дана сравнительная оценка количественных характеристик биохимического состава плодов двух таксонов рода *Oxycoccus* Hill. – клюквы болотной (*O. palustris* L.) и сорта *Franklin* североамериканского вида *O. macrocarpus* (Ait.) Pers. при их выращивании в опытной культуре на выработанном и мелиорированном торфяниках в условиях севера Беларуси, что позволило выявить степень зависимости параметров накопления в них полезных веществ, относящихся к разным классам химических соединений, от характера органического субстрата. Установлены явные преимущества в накоплении полезных веществ в плодах обоих видов клюквы при выращивании в условиях выработанного торфяника относительно мелиорированного, при более выраженной ответной реакции на изменение характера субстрата у дикорастущей клюквы.

Zh. A. Rupasova, A. P. Yakovlev, T. I. Vasilevskaya

**INFLUENCE OF MEANS OF EXPLOITATION OF PEAT BOGS
ON BIOCHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS OF REPRESENTATIVES
OF GENUS *OXYCOCCUS* Hill. IN THE CONDITIONS OF THE NORTH OF BELARUS**

At cultivation in skilled culture of a marsh cranberries (*O. palustris* L.) and of a large cranberries *O. macrocarpus* (Ait.) Pers. on the developed and ameliorated peat bogs in the conditions of the north of Belarus the comparative assessment of quantity indicators of biochemical composition of their fruits has been obtained. It has allowed to reveal a degree of dependence of parameters of accumulation in baccas of the beneficial materials which are falling into different classes of chemical combinations, from the character of organic substrate. Explicit advantages in accumulation of beneficial materials in fruits of both kinds of a cranberry are positioned at cultivation in the conditions of the developed peat bog concerning ameliorated, at more expressed response to change of character of substrate at a marsh cranberries.