

**ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИЯ ВЫБЫВШИХ  
ИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ  
КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА *ERICACEAE***

Одним из рациональных путей восстановления природного потенциала выведенных из сельскохозяйственного оборота территорий, выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси, площадь которых достигает 50 тыс. га, является создание на них локальных фитоценозов ягодных растений сем. *Ericaceae*, что возможно лишь на основе предварительного всестороннего исследования разных сторон жизнедеятельности дикорастущих и интродуцированных таксонов этого семейства с учетом влияния на них биотических и абиотических факторов.

В связи с этим в 2008–2010 гг. силами двух лабораторий ЦБС НАН Беларуси – экологической физиологии растений и химии растений – в условиях опытной культуры на малопродуктивном остаточном слое донного торфа в Глубокском районе Витебской области были выполнены комплексные исследования особенностей развития и плодоношения представителей двух родов данного семейства – *Vaccinium* и *Oxycoccus* – в специфических условиях существования, с оценкой характера их ответной реакции на воздействие регулируемых и нерегулируемых абиотических факторов, результаты которых обобщены в ряде научных публикаций [1–7].

Верхняя часть остаточного слоя торфа на экспериментальном участке, представленная остатками осоково-тростниковых ассоциаций, характеризовалась зольностью 5,3–8,6%, среднекислой обменной реакцией почвенного раствора ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,5–5,0) и весьма низким содержанием доступных форм питательных элементов, в том числе легкогидролизуемого азота – 9–10,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 3–4,  $\text{K}_2\text{O}$  – 12–15 мг/100 г почвы.

Важнейшим аспектом этих исследований, проводившихся в контрастные по гидротермическому режиму сезоны, было сравнительное изучение фенологии сезонного развития трех модельных объектов – аборигенного вида *V. uliginosum* и двух интродуцентов – *V. corymbosum* и *O. macrocarpus*, показавшее, что все они успевали пройти здесь полный цикл сезонного развития и сформировать урожай при средней продолжительности вегетационного периода  $182 \pm 4$ ,  $175 \pm 3$  и  $172 \pm 4$  дня соответственно.

Аборигенный вид голубики в этом ряду отличался не только наибольшей продолжительностью вегетационного периода, но и наиболее ранним наступлением всех фенологических фаз в сезонном цикле развития растений. Наи-

меньшим отставанием от дикорастущего вида голубики в их прохождении (в большинстве случаев не более 2–6 дней) характеризовалась голубика высокорослая, наибольшим (8–25 дней) и достигавшим 52 дней в фазе массового плодоношения – клюква крупноплодная.

Сроки наступления фенологических фаз определялись индивидуальным для каждого вида вересковых количеством необходимого тепла, минимальные потребности в котором установлены у голубики топяной, максимальные – у клюквы крупноплодной, при постепенном нивелировании данных различий к концу сезона.

Показано, что темпы формирования вегетативной сферы представителей обоих родов семейства *Ericaceae* определялись генотипом и возрастом растений, а также гидротермическим режимом вегетационного периода. Исследование в многолетнем цикле наблюдений биометрических характеристик вегетативных органов шести таксонов рода *Vaccinium* – *V. uliginosum*, выбранной в качестве эталона сравнения, *V. angustifolium*, гибридов узколистной и высокорослой голубик *Northblue* и *Northcountry*, сорта *Bluecrop* высокорослой голубики, а также *V. vitis-idaea* – показало, что высота вступивших в генеративный период развития растений изменялась в среднем от 5–6 см у *V. vitis-idaea* до 50–85 см у сорта *Bluecrop* голубики высокорослой при изменении диаметра кроны от 5–6 до 30–65 см соответственно. При этом таксоны рода *Vaccinium* образовывали за сезон от 3–4 до 10–14 побегов формирования со средней длиной от 3–5 до 35–50 см при среднем количестве листьев на побеге от 7–12 шт. у дикорастущих видов голубики и брусники до 35–45 шт. у интродуцентов. При этом в разные годы параметры листовых пластинок на побегах формирования составляли в среднем от 13–18 мм в длину и 6–7 мм в ширину у брусники обыкновенной и голубики топяной, до 48–56 мм и 27–30 мм соответственно у межвидовых гибридов голубики и сорта *Bluecrop* ее высокорослого вида, при изменении индекса листа, характеризуемого соотношением данных параметров, в интервале значений от 1,7 до 2,8. Количество сформированных за вегетационный период побегов ветвления варьировалось в диапазоне значений от 7–11 шт. у *V. vitis-idaea* до 70–180 шт. у сорта *Bluecrop* при изменении их средней длины и количества листьев на них соответственно от 2 до 15 см и от 2 до 13 шт. Размерные параметры листовых пластинок при этом составляли в длину от 10 до 40 мм, в ширину – от 6 до 20 мм, при значениях листового индекса от 1,7 до 2,4.

Большинство тестируемых таксонов рода *Vaccinium* превосходили голубику топяную по биометрическим параметрам вегетативных органов, при лидирующем положении сорта *Bluecrop* голубики высокорослой и наибольшем отставании от нее брусники обыкновенной. На фоне экстремально высоких температур летнего периода, сочетавшихся с периодическим дефицитом влаги, у голубики узколистной и у обоих межвидовых гибридов имело место выраженное ингибирование новообразования побегов формирования, при заметной активизации у всех исследуемых таксонов новообразования побегов вет-

вления. У большинства объектов это сопровождалось заметным снижением не только степени облиственности побегов, но и размерных параметров ассимилирующих органов на побегах формирования при изменении их листового индекса. На фоне ограничения количества листьев на побегах ветвления наблюдалось увеличение их размеров, без изменения формы, что должно было способствовать нормализации работы фотосинтетического аппарата растений в условиях температурного стресса. Наибольшей устойчивостью параметров развития побегов ветвления и их ассимилирующих частей к неблагоприятным погодным факторам характеризовались межвидовые гибриды *Northblue* и *Northcountry*.

У таксонов рода *Vaccinium* выявлены существенные генотипические различия продукционных и морфометрических характеристик ягодной продукции. Наиболее восприимчивыми к воздействию экстремальных абиотических факторов оказались параметры плодоношения голубики узколистной, голубики топяной и брусники обыкновенной, обнаружившие в этом случае их снижение более чем на 25%. Наибольшими размерами плодов, достигавшими в длину 1,1 см и в ширину 1,5 см при средней массе около 2 г и урожайности 712–733 г на 1 куст, характеризовались межвидовой гибридом *Northblue* и сорт *Bluecrop* голубики высокорослой, тогда как наименьшей урожайностью (33–45 г на 1 куст) – брусника обыкновенная. Несмотря на наименьшие в таксономическом ряду размерные параметры плодов голубики узколистной урожайность ее превышала таковую аборигенного вида более чем на 20% и лишь незначительно уступала установленной у межвидового гибрида *Northcountry*.

Исследование биометрических характеристик вегетативных органов 9 таксонов рода *Oxycoccus* – аборигенного вида клюквы болотной (*O. palustris*) и ряда интродуцированных сортов клюквы крупноплодной (*O. macrocarpus*), в числе которых раннеспелые сорта *Early Black* и *Ben Lear*, среднеспелые *Franklin*, *Searles* и *Wilcox* и позднеспелые *Stevens*, *McFarlin* и *Pilgrim*, показало, что в зависимости от погодных условий вегетационного периода, они образовывали за сезон в среднем от 5–6 до 12–14 вегетативных (стелющихся) побегов длиной от 8–10 до 14–16 см при общей протяженности от 45 до 170 см и среднем количестве листьев на одном побеге от 15 до 33 шт. Размеры листовых пластинок варьировались от 6 до 12 мм в длину и от 4 до 6 мм в ширину, при изменении индекса листа от 1,7 до 2,5.

При этом количество сформированных за сезон у клюквы крупноплодной генеративных (прямостоячих) побегов варьировалось от 9–12 шт. у сорта *Franklin* до 33–53 шт. у сорта *Stevens*, при изменении их средней длины и количества листьев на них от 5 до 7 см и от 18 до 37 шт. Размерные параметры листовых пластинок составляли в длину от 5 до 12 мм, в ширину – от 3 до 5 мм, при значениях листового индекса от 1,9 до 2,6. Наиболее выраженной активизацией новообразования генеративных побегов, обусловленной наращиванием потенциала плодоношения с увеличением возраста растений, характеризовались сорта *Searles* и *McFarlin*, наименьшей – сорт *Franklin*. Вместе с тем в отли-

чие от таксонов рода *Vaccinium* у большинства сортов клюквы крупноплодной в условиях температурного стресса наблюдалось усиление новообразования не только генеративных, но и вегетативных побегов, сопровождаемое заметным увеличением степени их облиственности и размерных параметров листовых пластинок без изменения их формы, что должно было способствовать активизации работы фотосинтетического аппарата растений.

Независимо от гидротермического режима сезона все интродуценты рода *Oxycoccus* превосходили сорт *Franklin*, принятый за эталон сравнения, по большинству биометрических параметров вегетативных органов, при лидирующем положении сорта *Stevens*, тогда как для дикорастущей клюквы при сходном с эталонным объектом количестве стелющихся побегов было показано отставание от него по всем показателям развития вегетативной сферы, за исключением степени облиственности.

Как и у представителей рода *Vaccinium*, у таксонов рода *Oxycoccus* обозначились существенные генотипические различия основных характеристик ягодной продукции, при диапазонах варьирования размеров плодов от 0,9 до 1,6 см в длину и от 0,9 до 1,5 см в ширину, при средней массе от 0,9 до 1,9 г и урожайности от 88 до 581 г/м<sup>2</sup>. При этом наиболее высокой продуктивностью (535–581 г/м<sup>2</sup>) характеризовались сорта клюквы крупноплодной *Ben Lear*, *Searles* и *Stevens*, тогда как наименьшей (не более 90 г/м<sup>2</sup>) – дикорастущая клюква. Наиболее же крупными размерами и средней массой плодов был отмечен сорт *Stevens*. При чрезвычайно высокой температуре воздуха и дефиците влаги в летний период у большинства таксонов клюквы, особенно у сорта *Early Black*, наблюдалось снижение урожайности плодов на 10–34%, сопровождаемое уменьшением их средней массы в 1,2–2,3 раза.

Таким образом, независимо от гидротермического режима вегетационного периода все исследуемые таксоны сем. *Ericaceae* в специфических условиях опытной культуры на остаточном слое торфа не только успевали пройти весь цикл сезонного развития, но и в полной мере реализовать заложенный в их генотипе потенциал развития вегетативной и генеративной сфер растений. При этом наибольшими биометрическими параметрами в таксономическом ряду рода *Vaccinium* при наиболее выраженной устойчивости к абиотическим факторам характеризовались межвидовые гибриды голубики *Northblue* и *Northcountry*, а также сорт *Bluecrop* высокорослой голубики, тогда как среди представителей рода *Oxycoccus* – сорт *Stevens*. Наиболее высокой урожайностью плодов в этих рядах были отмечены голубичный гибрид *Northblue*, сорт *Bluecrop* голубики высокорослой, а также сорта клюквы крупноплодной *Ben Lear*, *Searles* и *Stevens*.

Полученные результаты позволяют сделать заключение о возможности культивирования вересковых на площадях выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений на севере Беларуси, с привлечением для этих целей наиболее продуктивных и устойчивых к абиотическим факторам таксонов с высоким содержанием полезных веществ в ягодной продукции.

В результате исследования генотипических особенностей биохимического состава плодов таксонов рода *Vaccinium* [6], представленных в табл. 11.1, было установлено, что растения голубики топяной (*V. uliginosum*), принятой в качестве эталона сравнения, отличались наиболее высоким в таксономическом ряду содержанием в плодах аскорбиновой кислоты, гидропектина, жирных масел, магния, биофлавоноидов, в том числе флавонолов и катехинов, но вместе с тем наиболее низким накоплением сахарозы, протопектина, бензойной кислоты и фосфора.

Максимальным среди таксонов рода *Vaccinium* содержанием в плодах большинства полезных веществ выделялась голубика узколистная (*V. angustifolium*), плоды которой оказались наиболее богаты кальцием, всеми фракциями растворимых сахаров, при наибольшем значении сахарокислотного индекса, пектиновыми веществами, биофлавоноидами, в том числе антоциановыми пигментами, фенолкарбоновыми кислотами и дубильными веществами, и лишь для содержания азота, свободных органических, бензойной и тритерпеновых кислот были установлены минимальные значения.

**Таблица 11.1. Усредненные в многолетнем цикле наблюдений количественные характеристики биохимического состава плодов таксонов рода *Vaccinium* (в сухом веществе)**

Показатель	<i>V. uliginosum</i>	<i>V. angustifolium</i>	<i>Northblue</i>	<i>Bluecrop</i>	<i>V. vitis-idaea</i>
Сухие вещества, %	12,8	13,7	11,8	13,4	15,8
Свободные органические кислоты, %	10,4	8,9	10,2	10,4	17,6
Аскорбиновая кислота, мг%	564,8	449,5	458,6	346,7	320,9
Глюкоза, %	5,2	5,5	4,8	5,4	4,5
Фруктоза, %	10,8	12,6	11,1	12,0	10,1
Сахароза, %	1,8	2,2	2,2	1,8	2,0
Сумма растворимых сахаров, %	17,8	20,3	18,0	19,1	16,6
Фруктоза/Глюкоза	2,1	2,4	2,3	2,3	2,2
Монозы/Дисахарид	15,1	10,5	10,5	10,4	8,6
Сахарокислотный индекс	1,7	2,3	2,2	2,0	1,0
Гидропектин, %	3,31	2,17	2,18	2,05	2,51
Протопектин, %	1,84	3,72	2,95	2,91	3,02
Сумма пектиновых веществ, %	5,15	5,89	5,13	4,95	5,53
Протопектин/Гидропектин	0,6	1,8	1,4	1,5	1,2
Антоцианы, мг%	2236,1	3383,4	2216,7	3951,1	263,0
Лейкоантоцианы, мг%	3188,5	3325,4	2500,2	2221,7	2672,4
Сумма антоциановых пигментов, мг%	5424,6	6708,8	4716,9	6172,8	2935,4
Катехины, мг%	561,2	480,3	500,5	447,4	499,2
Флавонолы, мг%	3311,6	2063,8	1985,1	1946,9	1448,8
Флавонолы/Катехины	5,9	4,4	3,9	4,4	2,9
Сумма биофлавоноидов, мг%	9297,4	9252,8	7202,4	8567,1	4883,4
Фенолкарбоновые кислоты, мг%	1088,9	1479,2	1144,5	1405,6	712,5
Бензойная кислота, %	1,17	1,16	1,16	1,39	1,95

Показатель	<i>V. uliginosum</i>	<i>V. angustifolium</i>	<i>Northblue</i>	<i>Bluecrop</i>	<i>V. vitis-idaea</i>
Дубильные вещества, %	3,89	4,91	3,21	3,81	3,99
Жирные масла, %	6,79	3,99	3,61	4,51	6,67
Тритерпеновые кислоты%	2,91	2,31	3,09	2,59	2,82
N, %	0,91	0,64	1,01	0,83	0,96
P, %	0,12	0,13	0,14	0,12	0,14
K, %	0,65	0,64	0,70	0,58	0,70
Ca, %	0,48	0,50	0,38	0,41	0,41
Mg,%	0,14	0,12	0,11	0,14	0,11

Плоды межвидового гибрида *Northblue* были отмечены максимальным накоплением лишь тритерпеновых кислот и трех макроэлементов – азота, фосфора и калия, при минимальном содержании в них кальция и магния, сухих и дубильных веществ, бензойной кислоты и жирных масел.

Плоды сорта *Bluecrop* голубики высокорослой характеризовались наибольшим содержанием магния, фруктозы, собственно антоцианов и фенолкарбонных кислот, при крайне низком содержании в них витамина С, сахарозы, пектиновых веществ, особенно гидропектина, лейкоантоцианов, катехинов, а также фосфора и калия.

Для плодов *V. vitis-idaea* было показано наиболее высокое в таксономическом ряду содержание сухих веществ, бензойной и свободных органических кислот, растительных липидов, фосфора и калия, на фоне минимального накопления в них магния, аскорбиновой кислоты, растворимых сахаров, в первую очередь моносахаридов, при наименьших значениях сахарокислотного индекса, биофлавоноидов, в том числе антоциановых пигментов, главным образом собственно антоцианов, а также флавонолов и фенолкарбонных кислот.

С целью выявления наиболее перспективных для фиторекультивации бывших их промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси таксонов сем. *Ericaceae*, обладающих наиболее высоким уровнем питательной и витаминной ценности плодов, был предложен оригинальный методический прием, основанный на сопоставлении у тестируемых объектов усредненных в многолетнем цикле наблюдений значений количеств, относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных разноориентированных отклонений от эталонных значений 27 характеристик биохимического состава плодов. Его применение на шести таксонах рода *Vaccinium*, среди которых в качестве эталона сравнения был принят аборигенный вид голубики (*V. uliginosum*), позволило по результатам исследований обозначить последовательность тестируемых объектов в порядке снижения уровня питательной и витаминной ценности их плодов: *V. angustifolium* > *V. uliginosum* > *Bluecrop* > *Northblue* = *V. vitis-idaea*, из которой следовало, что наиболее перспективны для этих целей по качеству ягодной продукции, несмотря на сравнительно невысокие производственные параметры, виды голубик *V. angustifolium* и *V. uliginosum* L., тогда как наименее перспективны – межвидовой гиб-



рид *Northblue* и *V. vitis-idaea*, при промежуточном положении сорта *Bluecrop* голубики высокорослой.

Чрезвычайно высокие температуры летнего периода в сочетании с периодическим дефицитом влаги вызывали существенные изменения в содержании в плодах полезных веществ, имевшие общий характер у большинства исследуемых таксонов голубики. Они проявлялись в выраженной в разной степени активизации накопления в них бензойной и фенолкарбоновых кислот, протопектина, биофлавоноидов, главным образом антоциановых пигментов, особенно собственно антоцианов, а также флавонолов, тритерпеновых кислот, фосфора и магния, на фоне значительного обеднения их свободными органическими кислотами, растворимыми сахарами, гидропектином, дубильными веществами, азотом и калием.

На основании сравнительного исследования уровня варибельности количественных характеристик биохимического состава плодов таксонов рода *Vaccinium* в многолетнем цикле наблюдений установлено, что наименее выразительные межсезонные различия характерны для параметров накопления в плодах сухих и пектиновых веществ, в том числе протопектина, витамина С, фруктозы, катехинов, тритерпеновых кислот, калия, кальция и магния, тогда как наиболее выразительные – для содержания в них свободных органических и фенолкарбоновых кислот, сахарозы, дубильных веществ, биофлавоноидов, в том числе антоциановых пигментов, а также соотношений компонентов их углеводного пула. При этом наибольшей степенью устойчивости к атмосферным воздействиям в целом отмечен биохимический состав плодов *V. angustifolium* и особенно *V. vitis-idaea*, тогда как наименьшей – сорта *Bluecrop* голубики высокорослой и особенно межвидового гибрида *Northblue*, при промежуточном положении *V. uliginosum*.

Таким образом, в таксономическом ряду представителей рода *Vaccinium* лидирующие позиции по уровню питательной и витаминной ценности плодов и устойчивости их биохимического состава к абиотическим факторам установлены для голубики узколистной *V. angustifolium*, что делает данный вид наиболее перспективным среди прочих для фиторекультивации вырубившихся из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси.

В результате аналогичных исследований биохимического состава плодов 9 таксонов рода *Oxycoccus*, результаты которых представлены в табл. 11.2, было установлено, что плоды дикорастущего вида клюквы *O. palustris* L., принятого в качестве эталона сравнения, отличались наиболее высоким в таксономическом ряду содержанием свободных органических и фенолкарбоновых кислот, гидропектина, растительных липидов и всех макроэлементов, за исключением калия, растворимых сахаров, в том числе фруктозы и сахарозы. Вместе с тем они характеризовались наименьшими значениями сахарокислотного индекса и минимальным содержанием протопектина, дубильных веществ и всех фракций биофлавоноидов.

Плоды сорта *Early Black* отмечены наиболее высоким содержанием танинов, антоциановых пигментов, в первую очередь собственно антоцианов, и биофлавоноидов в целом, при наименьшем содержании флавонолов и азота.

Таблица 11.2. Усредненные в многолетнем цикле наблюдений количественные характеристики биохимического состава плодов таксонов рода *Oxycoccus* (в сухом веществе)

Показатель	<i>O. palustris</i>	<i>Early Black</i>	<i>Ben Lear</i>	<i>Franklin</i>	<i>Searles</i>	<i>Wilcox</i>	<i>Stevens</i>	<i>McFarlin</i>
Сухие вещества, %	12,2	12,1	12,7	12,4	11,5	12,9	12,2	12,2
Свободные органические кислоты, %	31,1	23,0	18,9	21,1	19,6	21,6	19,8	21,0
Аскорбиновая кислота, мг%	415,9	425,6	456,3	377,4	417,6	440,1	484,2	438,3
Глюкоза, %	4,4	5,0	5,8	4,9	5,9	5,1	5,3	4,0
Фруктоза, %	6,8	5,9	5,1	5,5	4,6	4,4	5,0	6,7
Сахароза, %	1,1	0,85	0,7	0,9	0,6	0,8	0,8	0,9
Сумма растворимых сахаров, %	12,3	11,7	11,5	11,3	11,0	10,2	11,1	11,7
Фруктоза/Глюкоза	1,6	1,2	0,9	1,2	0,8	0,9	1,0	1,7
Монозы/Дисахарид	11,0	12,8	15,3	11,6	18,6	12,5	13,9	11,6
Сахарокислотный индекс	0,42	0,51	0,65	0,54	0,58	0,48	0,57	0,57
Гидропектин, %	4,04	3,34	3,13	3,17	2,69	2,95	2,68	2,91
Протопектин, %	3,36	4,61	4,50	5,10	5,18	4,70	4,58	4,86
Сумма пектиновых веществ, %	7,40	7,95	7,63	8,27	7,87	7,65	7,25	7,76
Протопектин/Гидропектин	0,9	1,4	1,5	1,7	2,0	1,6	1,7	1,7
Антоцианы, мг%	692,3	3093,4	1812,8	2342,2	2413,9	1865,6	2405,0	1549,5
Лейкоантоцианы, мг%	2302,2	4888,0	5260,0	4817,9	4630,7	3977,3	4607,8	6022,3
Сумма антоциановых пигментов, мг%	2994,3	7981,3	7072,8	7160,2	7044,6	5842,8	7012,8	7571,8
Катехины, мг%	803,5	1739,1	1872,7	1895,9	2277,2	2063,4	2357,4	1232,1
Флавонолы, мг%	2139,0	2164,4	2253,4	2207,1	2335,5	2333,2	2413,0	2570,3
Флавонолы/Катехины	2,8	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	2,1
Сумма биофлавоноидов, мг%	5936,8	11884,8	11198,9	11263,1	11657,2	10239,4	11783,2	11374,1
Фенолкарбоновые кислоты, мг%	1011,1	838,9	772,2	833,4	705,6	827,8	763,9	827,8
Бензойная кислота, %	2,13	1,52	1,32	1,99	1,83	2,14	2,23	2,40
Дубильные вещества, %	3,82	4,92	4,57	4,21	4,58	4,49	4,99	4,34
Жирные масла, %	6,64	5,11	4,90	6,07	5,60	5,14	5,19	5,09
Тритерпеновые кислоты	3,29	3,12	3,14	3,39	2,89	3,24	3,08	3,47
N, %	0,78	0,62	0,65	0,75	0,83	0,73	0,68	0,73
P, %	0,15	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
K, %	0,76	0,71	0,78	0,68	0,83	0,88	0,83	0,71
Ca, %	0,32	0,29	0,29	0,30	0,27	0,28	0,32	0,29
Mg, %	0,13	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,12	0,13

Плоды сорта *Ben Lear* оказались наиболее богаты глюкозой при наибольшем значении сахарокислотного индекса, но при этом были отмечены минимальным в таксономическом ряду содержанием бензойной и свободных органических кислот, растительных липидов, фосфора и магния. Для плодов сорта *Franklin* было показано наиболее высокое содержание тритерпеновых кислот, протопектина и пектиновых веществ в целом, при наименьшем содержании



калия и аскорбиновой кислоты. Плоды сорта *Searles* проявили наибольшую способность к накоплению катехинов и азота, глюкозы и протопектина, но вместе с тем обладали наименьшим содержанием сухих веществ, гидропектина, кальция, фенолкарбоновых и тритерпеновых кислот, фруктозы и сахарозы. Плоды сорта *Wilcox* были отмечены максимальным накоплением только сухих веществ и калия, при минимальном содержании магния, фруктозы и растворимых сахаров в целом. Плоды сорта *Stevens* характеризовались наиболее высоким в таксономическом ряду содержанием аскорбиновой кислоты, катехинов и биофлавоноидов в целом, кальция, бензойной кислоты и дубильных веществ при наименьшем содержании гидропектина и пектиновых веществ. Для плодов сорта *McFarlin* было показано наиболее высокое содержание лейкоантоцианов, флавонолов, магния, фруктозы, бензойной и тритерпеновых кислот, но вместе с тем им было свойственно наименьшее накопление глюкозы.

Использование для выявления наиболее перспективных по качеству плодов таксонов рода *Oxycoccus* того же методического приема, что и в аналогичных исследованиях с таксонами рода *Vaccinium*, позволило обозначить нижеприведенную последовательность исследуемых объектов в порядке снижения уровня питательной и витаминной ценности их плодов: *Franklin = Early Black = Stevens = McFarlin* > *Searles* > *Ben Lear = Wilcox* > *O. palustris*.

Таким образом, все тестируемые таксоны крупноплодного вида клюквы превосходили местный дикорастущий вид по содержанию в плодах полезных веществ, но вместе с тем наиболее перспективными среди них по качеству ягодной продукции представляются сорта *Franklin*, *Early Black*, *Stevens* и *McFarlin*, тогда как наименее перспективными – сорта *Ben Lear* и *Wilcox*, при промежуточном положении сорта *Searles*.

Аномально высокие температуры воздуха в сочетании с острым дефицитом влаги в период формирования биохимического состава плодов клюквы способствовали выраженному в разной степени обеднению их азотом, аскорбиновой и фенолкарбоновыми кислотами, растворимыми сахарами, преимущественно фруктозой и сахарозой, пектиновыми, дубильными, а в ряде случаев и сухими веществами при одновременном их обогащении у большинства таксонов фосфором, калием, биофлавоноидами, в основном собственно антоцианами и катехинами, свободными органическими, бензойной и тритерпеновыми кислотами, а также жирными маслами и глюкозой.

Наименьшие межсезонные различия в плодах рода *Oxycoccus* установлены для параметров накопления кальция, магния, сухих и пектиновых веществ, глюкозы, флавонолов, аскорбиновой и бензойной кислот, тогда как наибольшие – для содержания в них азота, фосфора, калия, фенолкарбоновых кислот, антоциановых пигментов, катехинов, фруктозы и значений сахарокислотного индекса. При этом у представителей родов *Oxycoccus* и *Vaccinium* установлены сходные параметры изменчивости в многолетнем цикле наблюдений для содержания в плодах сухих и пектиновых веществ, витамина С, фенолкарбоновых кислот и собственно антоцианов. Наибольшей интегральной устойчи-

востью к абиотическим факторам в целом характеризовался биохимический состав плодов сортов *Searles*, *Franklin* и *Wilcox* клюквы крупноплодной, тогда как наименьшей – плодов дикорастущего вида, при промежуточном положении остальных тестируемых таксонов.

Таким образом, в ряду таксонов рода *Oxycoccus* лидирующие позиции в содержании в плодах полезных веществ и устойчивости их биохимического состава к абиотическим факторам принадлежат сорту *Franklin* крупноплодного вида клюквы, что делает его наиболее перспективным среди прочих для использования в фиторекультивационных целях в северных районах Беларуси.

На основании результатов этих исследований были разработаны и изданы соответствующие методические рекомендации [3], в которых обоснована наиболее высокая перспективность использования для возделывания на площадях выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси следующих интродуцентов – голубики узколистной и сорта *Bluecrop* голубики высокорослой, а также сортов клюквы крупноплодной *Early Black*, *Stevens* и *Franklin*.

Рекультивация этих малоплодородных земель на основе культивирования таксонов сем. *Ericaceae* предполагает совмещение двух противоположных процессов – интенсивного использования остаточного слоя торфяной залежи, но при этом его сохранения от дальнейшего разрушения. Вместе с тем логично предположить, что влияние корневых выделений культиваров на ход этих процессов вкупе с деятельностью микрофлоры может усилить в нем деструктивные явления и привести к существенной трансформации органического вещества и изменению водно-физических и физико-химических свойств самого субстрата. Это было подтверждено в результате многолетних исследований в рамках полевого опыта с 8-вариантной схемой, в котором в качестве контроля использовали целинный участок, полностью лишенный растительного покрова, а в остальных вариантах в качестве культиваров были привлечены пушица влагалищная, голубика топяная, голубика узколистная, межвидовой гибрид голубики *Northblue* и клюква крупноплодная. При этом были предусмотрены также два варианта с внесением минеральных удобрений –  $P_{16}K_{16}$  и  $N_{16}P_{16}K_{16}$ , в которых в качестве модельного объекта использовали голубику топяную.

Было установлено, что наиболее выразительные контрасты в запасах влаги в корнеобитаемой зоне остаточного слоя торфа под разными видами болотных растений, достигавшие в условиях эксперимента 20%, установлены в летний период года, при наибольших показателях под пушицей влагалищной, наименьших – под клюквой крупноплодной и промежуточных – под таксонами голубик, причем внесение минеральных удобрений способствовало увеличению относительной влажности субстрата.

Наиболее контрастным температурным режимом в условиях эксперимента характеризовалась верхняя часть остаточного слоя торфа. Показано, что ее среднесуточная температура на целинном участке на несколько градусов превышала таковую под посадками клюквы и особенно голубики, при усилении

данных различий к концу вегетационного периода и их ослаблении при продвижении в глубь залежей торфа. Установлено, что под посадками вересковых в результате уплотнения грунта за счет развития их подземных органов и осуществления агротехнических мероприятий наблюдалось сходное по размерам (в 1,4 раза) увеличение объемного веса верхних слоев торфа при возрастании в 2–4 раза порозности аэрации по сравнению с целинным участком, наиболее выраженное под клюквой крупноплодной.

Наряду с этим было показано, что создание агроценозов болотных ягодных растений на этих территориях способствует не только активизации гидрологического режима корнеобитаемой зоны субстрата, но и существенному усилению переработки в ней растительных остатков с пополнением запасов основных элементов питания, в большей степени калия и в меньшей – азота и фосфора, и тем самым оказывает позитивное влияние на уровень ее плодородия.

В условиях опытной культуры сезонные изменения содержания обеих форм легкогидролизуемого азота (нитратной и аммонийной) в торфяном субстрате описывались одновершинной кривой с максимумом в июле, тогда как для подвижных форм фосфора и в меньшей степени калия в основном прослеживалась тенденция к постепенному пополнению их запасов в течение сезона.

Внесение минеральных удобрений приводило к заметному увеличению в корнеобитаемом слое торфа содержания доступных форм основных элементов питания, особенно на фоне  $N_{16}P_{16}K_{16}$ . Установлена дополнительная мобилизация из органического вещества торфа легкогидролизуемого азота при внесении фосфорно-калийных удобрений и показано, что усвоение растениями основных элементов питания протекает на фоне синергизма между азотом и калием и антагонизма данных элементов с фосфором.

Возделывание вересковых на остаточном слое торфа приводило к повышению в его корнеобитаемой зоне запасов подвижного фосфора в среднем за сезон на 10–185% по сравнению с целинным участком при наибольшем эффекте под голубичным гибридом *Northblue* и голубикой топяной на фоне  $P_{16}K_{16}$  и наименьшем – под голубикой высокой и клюквой крупноплодной, а также обуславливало увеличение в нем содержания обменного калия на 11–421%, проявившееся в наибольшей степени под голубикой узколистной и голубичным гибридом *Northblue* и в наименьшей – под голубикой высокорослой. Вместе с тем обогащение субстрата легкогидролизуемым азотом на 27–257% наблюдалось лишь при возделывании некоторых таксонов голубик – топяной, узколистной и особенно межвидового гибрида *Northblue*. Наибольшего своего проявления выявленные эффекты достигали в середине вегетационного периода по завершении формирования вегетативной сферы растений и заметно ослабевали к концу сезона.

Существенное истощение запасов легкогидролизуемого азота в корнеобитаемом слое остаточного торфа – аммиачного на вегетативном и нитратного на

генеративном этапах развития растений – однозначно свидетельствует о необходимости регулярного их восполнения за счет внесения азотных удобрений. Вместе с тем заметное обогащение субстрата на протяжении вегетационного периода подвижным фосфором и обменным калием указывает на отсутствие столь выраженной, как у азота, необходимости их регулярного восполнения за счет внесения минеральных удобрений. С учетом пролонгированного характера извлечения растениями фосфора из суперфосфата его применение вообще может быть ограничено основной заправкой субстрата, по крайней мере в первые годы культивирования растений, а во избежание дисбаланса в нем питательных веществ целесообразно сократить также использование калийных удобрений.

Сравнительное исследование основных характеристик микробиоты верхней части остаточного слоя торфа – биомассы физиологически активных микроорганизмов (ФАМ), интенсивности выделения ими углекислого газа и уровня метаболической активности на открытом целинном участке и под экспериментальными посадками растений в сезонном и многолетнем циклах наблюдений выявило весьма выразительные межвариантные, а также внутри- и межсезонные различия данных показателей, что объясняется не только индивидуальной спецификой условий, создаваемых разными культиварами для развития и функционирования микроорганизмов, но и существенным влиянием на данные процессы абиотических факторов.

Показано, что наиболее выраженной внутри- и межсезонной стабильностью численности микроорганизмов характеризовался корнеобитаемый слой субстрата под целинным участком и под аборигенными видами болотных растений – пушицей влагилищной и голубикой топяной, тогда как для интенсивности дыхания микроорганизмов наибольшие ее значения установлены под посадками голубики узколистной и особенно голубичного гибрида *Northblue*, при наибольшей ее изменчивости под голубикой топяной, особенно при внесении полного минерального удобрения. Наибольшая стабильность метаболической активности микробоценоза установлена под голубикой топяной и клюквой крупноплодной, наименьшая – на целинном участке и под пушицей влагилищной.

Усредненные в многолетнем цикле наблюдений показатели массы ФАМ в рамках эксперимента изменялись в следующих диапазонах: в мае – 235–463, в июле – 234–371, в сентябре – 250–340 мкг С/г почвы, для интенсивности дыхания они составляли соответственно 21–38, 15–26 и 21–40 мкг/г почвы в сутки, для метаболического коэффициента – соответственно 0,05–0,15; 0,06–0,09 и 0,05–0,13. Наиболее высокие значения данных характеристик микробиоты в большинстве вариантов опыта установлены в весенний период, причем в большинстве вариантов опыта прослеживалась общая тенденция их снижения в 1,3–2,0 раза к середине лета, наиболее выраженная для массы ФАМ под голубикой топяной, а для потока  $\text{CO}_2$  и метаболической активности – под голубичным гибридом *Northblue*, с последующим их увеличением в 1,1–2,2 раза

в осенний период, особенно под гибридом голубики *Northblue*. При этом для осеннего увеличения микробной биомассы не установлено существенных межвариантных различий, тогда как для интенсивности выделения углекислого газа и метаболической активности данное увеличение в наибольшей степени проявилось соответственно под голубикой узколистной и голубикой топяной (на фоне внесения полного минерального удобрения).

На протяжении вегетационного периода имело место ингибирование развития микробоценозов в корнеобитаемом слое субстрата под посадками болотных растений по сравнению с целинным участком, на что указывали на 9–29% меньшие в первом случае запасы микробной биомассы и на 3–35% меньшие показатели интенсивности дыхания, при наибольших контрастах под голубичным гибридом *Northblue*. На наш взгляд, данное явление следует рассматривать как позитивное, поскольку ограничение развития микрофлоры в зоне действия корневых выделений этих растений при их плантационном выращивании должно способствовать сохранению торфяного слоя от деструктивных изменений при разложении органического вещества, что, собственно, и является одной из основных задач фиторекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений.

Вместе с тем метаболическая активность микробиоты под посадками большинства культиваров в среднем за сезон оказалась на 12–37% выше, чем под целинным участком, что проявилось в наибольшей степени опять же под межвидовым гибридом *Northblue*.

Сравнительное исследование целлюлозолитической активности микробиоты корнеобитаемого слоя торфа в рамках эксперимента выявило существенную зависимость деструкционного звена агроценоза от его флористического состава и фазы сезонного развития растений. На протяжении вегетационного периода изменения данного признака описывались двухвершинной кривой с небольшим максимумом в начале вегетационного периода и наиболее выразительным – в середине лета, при наибольшей внутрисезонной стабильности его значений под целинным участком и под пушицей влагалищной и наименьшей под всеми таксонами голубики. При этом усредненные за вегетационный период показатели целлюлозолитической активности микробиоты изменялись в рамках полевого эксперимента в диапазоне значений от 12% под целинным участком и пушицей влагалищной до 30% под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* голубики высокорослой. Показано также, что внесение минеральных удобрений под голубику топяную способствовало незначительной активизации целлюлозолитической активности микробиоты на фоне ослабления ее внутрисезонных различий.

Под всеми без исключения таксонами вересковых разрушение целлюлозы в среднем за сезон протекало на 44–156% активней, чем под целинным участком, при наименьших, причем достаточно сходных различиях с ним под голубикой топяной и голубикой узколистной и наибольших – под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* голубики высокорослой. При этом

сколь-либо выраженных различий в этом плане между целинным участком и вариантом опыта с пушицей влагалишной выявлено не было.

Установлена выраженная обратная взаимосвязь целлюлозолитической активности микробиоты с биомассой ФАМ и интенсивностью дыхания не только в сезонной динамике, но и в характере межвариантных различий, при наличии прямой корреляции со значениями метаболического коэффициента.

Таким образом, полученные результаты убедительно показали, что возделывание болотных ягодных растений сем. *Ericaceae* на площадях выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений оказывает существенное позитивное влияние на водно-физические и физико-химические свойства корнеобитаемой зоны субстрата, значительно повышая уровень ее естественного плодородия, за счет высвобождения питательных элементов из прочносвязанного состояния в результате активизации деятельности микробиоты. Вместе с тем деструкционные процессы в зоне действия продуктов метаболизма вересковых, на наш взгляд, не должны привести к разрушению остаточного слоя торфа, поскольку направленность изменений численности микроорганизмов и интенсивности их дыхания в соответствующих им микробоценозах противоположна по знаку изменениям их метаболической, в том числе целлюлозоразрушающей активности, что обеспечивает сбалансированность в нем процессов разрушения и накопления органического вещества.

Результаты многолетних исследований позволили дать объективную оценку всем рассмотренным параметрам жизнедеятельности представителей двух родов сем. *Ericaceae* в условиях опытной культуры на остаточном слое торфа. На их основе был построен следующий ряд снижения интродукционной устойчивости отдельных видов вересковых: *Vaccinium angustifolium* = *Oxycoccus macrocarpus* > *Vaccinium uliginosum* > *Oxycoccus palustris* > *Vaccinium corymbosum* = *Vaccinium vitis-idaea*.

Оказалось, что наиболее предпочтительны для фиторекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси голубика узколистная и сорта клюквы крупноплодной, наименее значимы – голубика высокорослая и особенно брусника обыкновенная, при промежуточном положении аборигенных видов клюквы болотной и голубики топяной.

На основании результатов многолетних исследований был разработан комплекс практических мероприятий по закладке производственных плантаций клюквы крупноплодной на выбывших их промышленной эксплуатации торфяных месторождениях, апробация которого была успешно осуществлена в 2010 г. на площади 3 га в крестьянско-фермерском хозяйстве «Ягодка» (Смолевичский р-н Минской обл., бывшее торфопредприятие «Зеленоборское»). Полученные результаты убедительно показали высокую эффективность данных мероприятий, составившую в ценах на 01.12.2010 г. 21,6 млн руб/га при окупаемости затрат в течение 1,1 года.



Таким образом, проведенные исследования хотя и носили сравнительно непродолжительный характер, не только подтвердили предположение о возможности использования болотных ягодных растений сем. *Ericaceae* для фиторекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений в северной агроклиматической зоне Беларуси, но и позволили выявить среди них наиболее перспективные виды, способные обеспечить наибольшую результативность данных мероприятий. Вместе с тем остается еще неизученным широкий круг вопросов, касающихся особенностей проведения последних на торфяных субстратах разного уровня трофности, определяющих специфику агротехники возделывания вересковых с применением минеральных удобрений, средств защиты растений от болезней и вредителей и учитывающих влияние на процесс рекультивации этих земель комплекса абиотических факторов. Дальнейшее проведение исследований в русле обозначенных задач позволит разработать комплексную технологию биологического этапа их рекультивации на основе использования дикорастущих и интродуцированных ягодных растений сем. *Ericaceae* для разных агроклиматических зон Беларуси.