

УДК 634.737:581.19:522.4(476)

# Антиоксидантная активность плодов таксонов сем. *Ericaceae* при выращивании на торфяных выработках в южной части Припятского Полесья

Ж.А. Рупасова\*, А.М. Бубнова\*, Т.И. Василевская\*, А.П. Яковлев\*,  
В.Н. Решетников\*, И.И. Лиштван\*\*

\* Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,

\*\* Институт природопользования НАН Беларуси

Приведены результаты сравнительного исследования биохимического состава плодов и уровня их антиоксидантной активности (АОА) у *V. uliginosum* L., клонов *V. angustifolium* L., интродуцированных сортов *V. corymbosum* L. – Jersey, Patriot, Elizabeth, Coville и межвидовых гибридов Northblue и Northland. Установлена выраженная видо- и сортоспецифичность спектра органических соединений, играющих ключевую роль в обеспечении высокого уровня АОА, при наиболее распространенном участии собственно антоцианов, катехинов и аскорбиновой кислоты и наименьшем и даже полном его отсутствии у протопектина и флавонолов. Показано, что АОА плодов *V. uliginosum* обусловлена в основном собственно антоцианами и катехинами, *V. angustifolium* – гидропектином и собственно антоцианами, сортов *V. corymbosum* – Jersey – собственно антоцианами, катехинами и фенолкарбоновыми кислотами, Patriot – катехинами, Elizabeth – собственно антоцианами, Coville – аскорбиновой кислотой, гибрида Northblue – лейкоантоцианами, аскорбиновой и фенолкарбоновыми кислотами, а также обеими фракциями пектиновых веществ, гибрида Northland – лейкоантоцианами, катехинами и аскорбиновой кислотой.

Наиболее выраженная прямая зависимость уровня АОА в плодах *O. palustris* L. выявлена с общим содержанием антоциановых пигментов при отсутствии таковой у сорта Ben Lear *O. macrocarpus* (Ait.) Pers. с компонентами фенольного комплекса, что позволяет предположить существование у интродуцента источников АОА иной химической природы.

Установлено, что представители рода *Oxycoccus* обладают слабо зависящим от генотипа и вместе с тем более высоким и устойчивым, по сравнению с таксонами рода *Vaccinium*, уровнем АОА плодов. При этом в таксономическом ряду голубик наибольшей стабильностью последнего характеризуется *V. angustifolium*, тогда как наименьшей – межвидовые гибриды Northblue и Northland, а также сорт Coville *V. corymbosum*.

**Ключевые слова:** голубика, клюква, плоды, биохимический состав, антиоксидантная активность, корреляционные связи.

## Antioxidant Activity of Fruit of *Ericaceae* Taxa Grown in Peat Mines in the Southern Part of Prypyat Polesie

Zh.A. Rupasova\*, A.M. Bubnova\*, T.I. Vasilevskaya\*, A.P. Yakovlev\*,  
V.N. Reshetnikov\*, I.I. Lishtvan\*\*

\* SSI Central Botanical Gardens of National Academy of Sciences of Belarus

\*\* Institute For Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus

The results of a comparative study of the biochemical composition of fruit and the level of their antioxidant activity (AOA) in *V. uliginosum* L., *V. angustifolium* L. clones, introduced varieties of *V. corymbosum* L. – Jersey, Patriot, Elizabeth, Coville and interspecific hybrids of Northblue and Northland are presented. Pronounced species- and sort specificity of the range of organic compounds that play the key role in ensuring high level of antioxidant activity, with the most common participation of anthocyanins, catechins and ascorbic acid, and the least, and even its complete absence in protopectin and flavonols, is established. It is shown that antioxidant activity of *V. uliginosum* fruit is mainly due to anthocyanins and catechins, *V. angustifolium* – hydropektin and anthocyanins, varieties of *V. corymbosum* – Jersey – anthocyanins, catechins and phenol carboxylic acids, Patriot – catechins, Elizabeth – anthocyanins, Coville – ascorbic acid hybrid Northblue – leucantocyanins, ascorbic acid and phenol carboxylic acids, as well as to both fractions of pectin, a hybrid Northland – leucantocyanins, catechins and ascorbic acid.

The most pronounced direct relationship of the level of AOA in *O. palustris* L. fruit is identified with the total content of anthocyanin pigments in the absence of that in the varieties of Ben Lear *O. macrocarpus* (Ait.) Pers. with phenolic components of the complex, suggesting the existence of sources of invasive species in different chemical nature of AOA.

It is found out that *Oxycoccus* genus representatives have the level of fruit AOA which is slightly dependent on the genotype and those with higher and more stable compared to taxa of *Vaccinium* genus. In the taxonomic range of blueberries highest stability of

the latter is typical of *V. angustifolium*, while the smallest – interspecific hybrids of *Northblue* and *Northland*, as well as *Coville* *V. corymbosum*.

**Key words:** blueberries, cranberries, fruit, biochemical composition, antioxidant activity, the correlations.

Общеизвестно, что в медицинской практике фармакологическая коррекция окислительного стресса осуществляется с помощью биологически активных веществ – антиоксидантов, прерывающих нарастающие процессы окисления с образованием малоактивных радикалов, легко выводящихся из организма. По мнению ряда исследователей [1], одной из наиболее перспективных групп природных антиоксидантов являются растительные полифенолы. Известно также, что плоды представителей рода *Vaccinium* сем. *Ericaceae* являются природными источниками биофлавоноидов, являющихся биологически активными соединениями многостороннего фармакологического и лечебно-профилактического действия. Нашими исследованиями, выполненными в разные годы во всех агроклиматических зонах республики, была подтверждена повышенная способность интродуцированных сортов голубики высокорослой к биосинтезу в плодах данных соединений [2]. В настоящее время в научной среде как в нашей стране, так и за рубежом значительно возрос интерес к изучению антиоксидантных свойств их биофлавоноидного комплекса [3–5].

В связи с научным обоснованием сортимента таксонов рода *Vaccinium* для культивирования на площадях выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений в южной части Припятского Полесья возникла необходимость в сравнительном исследовании биохимического состава их плодов по широкому спектру показателей, включающему параметры накопления ряда органических кислот, углеводов и основных групп биофлавоноидов.

Целью данных исследований явилось определение антиоксидантных свойств спиртовых экстрактов из плодов представителей рода *Vaccinium*, с установлением химической природы веществ, обуславливающих наличие указанных свойств.

**Материал и методы.** В качестве объектов исследований были привлечены 8 таксонов рода *Vaccinium*, в том числе аборигенный вид голубика топяная (*V. uliginosum* L.), клоны голубики узколистной (*V. angustifolium* L.), а также ряд интродуцированных сортов голубики щитковой, или высокорослой (*V. corymbosum* L.), и межвидовых гибридов *V. corymbosum* L. и *V. angustifolium* L. – из раннеспелых – *Northblue*, *Northland*, из среднеспелых – *Jersey*, *Patriot*; из позднеспелых – *Elizabeth*, *Coville*.

Исследование биохимического состава плодов голубик осуществляли с использованием распространенных методов получения аналити-

ческой информации, для чего в высушенных при температуре 65°C усредненных пробах плодов определяли содержание суммы антоциановых пигментов – по методу Т. Swain, W.E. Hillis [6], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину; собственно антоцианов – по методу Л.О. Шнаймана и В.С. Афанасьевой [7]; суммы флавонолов – фотоэлектроколориметрическим методом [8]; суммы катехинов – фотометрическим методом с использованием ванилинового реактива [9]. Антиоксидантную активность (АОА) спиртовых экстрактов из плодов таксонов голубик определяли с помощью распространенного метода, основанного на способности супероксиддисмутазы (СОД) (важнейшего фермента антиоксидантной защиты организма, катализирующего превращение высокореакционного супероксид аниона в перекись водорода и молекулярный кислород) ингибировать супероксидрадикалы в реакции аутоокисления адреналина в щелочной среде [10].

Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Статистическую обработку данных проводили с использованием стандартных методов вариационной статистики и программы *Excel*.

**Результаты и их обсуждение.** Плоды таксонов рода *Vaccinium* в специфических условиях произрастания на участке торфяной выработки в южной части Припятского Полесья характеризовались весьма высоким содержанием в сухой массе определявшихся соединений, варьировавшихся в таксономическом ряду в следующих диапазонах значений: аскорбиновой кислоты – 238–728 мг%, фенолкарбоновых кислот – 967–1916 мг%, пектиновых веществ – 5,9–7,3%, в том числе гидропектина – 2,3–3,2%, протопектина – 3,3–4,2%, биофлавоноидов – 8117–28440 мг%, при расхождении крайних позиций в 3,5 раза, что было сопоставимо с данными Ж.А. Рупасовой для плодов голубик при выращивании их на мелиорированных землях на юге республики [2]. Широта приведенных диапазонов убедительно свидетельствовала о значительных генотипических различиях в накоплении в плодах исследуемых таксонов определявшихся соединений.

По распространенному мнению, основную роль в обеспечении антиоксидантной активности плодов голубик играют биофлавоноиды, в связи с чем более подробно остановимся на составе комплекса данных соединений. Как следует из табл. 1,

доминирующее положение в нем у всех таксонов голубик принадлежало антоциановым пигментам, общая доля которых (при содержании 4073–22622 мг%) достигала 77–84%, и лишь у *V. angustifolium* она не превышала 50%. Превалирующей фракцией данных соединений являлись собственно антоцианы, содержание которых, составлявшее 1253–12813 мг%, превосходило такое лейкоантоцианов в 1,3–1,7 раза, и лишь в плодах *V. angustifolium* наблюдалась противоположная этой картина, свидетельствующая, напротив, о более активном (в 2,3 раза) накоплении лейкоформ антоциановых пигментов. Наряду с этим данный вид голубики характеризовался также значительно большим, чем у остальных таксонов, долевым участием в биофлавоноидном комплексе плодов также флавонолов (36% против 13–19%) и катехинов (14% против 3–4%), содержание которых варьировалось в таксономическом ряду в диапазонах значений 2400–4863 мг% и 559–1144 мг% соответственно. Как видим, несмотря на существенные генотипические различия в содержании биофлавоноидов в плодах голубик, для абсолютного большинства таксонов было выявлено заметное сходство в составе Р-витаминного комплекса, определяемое соотношением в нем отдельных фракций, при чрезвычайно высоком содержании антоциановых пигментов, являющихся общепризнанными антиоксидантами.

По нашим оценкам, приведенным в табл. 1, уровень антиоксидантной активности спиртовых извлечений из плодов исследуемых таксонов голубик, выраженный в % ингибирования аутоокисления адреналина (ИАА), варьировался в весьма широком диапазоне значений от 22,0% у межвидового гибрида *Northland* и сорта *Patriot* до 47,3% у *V. angustifolium*. Для сравнения покажем, что в работе наших румынских коллег [4], использовавших аналогичный метод определения АОА, для таксономического ряда голубик приведены близкие нашим значения данного показателя, тогда как у литовских исследователей [5] они оказались существенно выше и достигали у некоторых таксонов 82%, причем для сорта *Coville* и межвидового гибрида *Northland* были получены в 1,7 и 2,4 раза более высокие, чем в наших исследованиях, значения данного признака. На наш взгляд, данные различия могут быть обусловлены влиянием географического фактора, существенная роль которого в формировании биохимического состава плодов вересковых, в том числе в накоплении отдельных групп биологически активных соединений, нашла подтверждение в нашей работе [2].

Наиболее отчетливое представление об относительных размерах различий интродуцирован-

ных таксонов рода *Vaccinium* с аборигенным видом *V. uliginosum*, принятым за эталон сравнения, в содержании в плодах биофлавоноидов можно составить по данным табл. 2. Как видим, все они существенно, но в разной степени (от 16 до 90%) уступали аборигенному виду в содержании всех групп данных соединений, при наиболее выраженных генотипических различиях в содержании собственно антоцианов.

Наиболее значительное отставание от него в содержании последних выявлено у сорта *Patriot* и особенно у *V. angustifolium* (на 56 и 90% соответственно), тогда как наименьшим (не более чем на 16–19%) оно оказалось у обоих межвидовых гибридов, что позволяет предположить наличие у них сходного с *V. uliginosum* уровня Р-витаминного действия биофлавоноидного комплекса плодов.

При этом, в отличие от антоциановых пигментов, для катехинов и особенно для флавонолов были показаны менее выразительные генотипические различия в их накоплении.

Так, все тестируемые объекты уступали *V. uliginosum* на 22–41% в первом случае и на 35–51% во втором. При этом лишь для *V. angustifolium* было показано на 20% более высокое, чем у эталонного вида, содержание в плодах катехинов. Заметим, что наименьшим отставанием от него по данному признаку (не более чем на 22–25%) были отмечены межвидовой гибрид *Northblue* и сорт *Coville* голубики высокорослой, тогда как наибольшим, причем одинаковым (на 41%), – все остальные сорта данного вида. Что касается флавонолов, как, впрочем, и антоциановых пигментов, то минимальными различиями с аборигенным видом в их содержании в плодах (на 34–40%) характеризовались оба межвидовых гибрида голубики, что и обусловило в результате наименее выраженное в таксономическом ряду отставание от него (на 21–24%) также и в общем количестве биофлавоноидов. Наиболее же выразительно различия с *V. uliginosum* в содержании флавонолов (более чем на 51%) проявились у сорта *Patriot*, для которого, как и для *V. angustifolium*, было показано также наибольшее отставание от эталонного вида в общем накоплении в плодах полифенолов.

Таким образом, наиболее высоким в таксономическом ряду голубик содержанием в плодах Р-витаминов характеризовался аборигенный вид голубики. Среди же интродуцентов наибольшими, лишь незначительно уступающими ему параметрами их накопления, были отмечены межвидовые гибриды *Northblue* и *Northland*, тогда как наименьшими – сорт *Patriot* и особенно *V. angustifolium*.

Таблиця 1

Содержание биофлавоноидов (мг.% сухой массы) и уровень антиоксидантной активности спиртовых извлечений (% ингибирования аутоокисления адреналина) из плодов таксонов рода *Vaccinium* в опытной культуре

Таксон	Собственно антоцианы		Лейкоантоцианы		Сумма антоциановых пигментов		Катехины	
	X ± st	t <sub>Cr</sub>	X ± st	t <sub>Cr</sub>	X ± st	t <sub>Cr</sub>	X ± st	t <sub>Cr</sub>
<i>V. uliginosum</i>	12812,6±93,0		9809,2±97,0		22621,8±58,0		955,1±29,0	
<i>V. angustifolium</i>	1253,3±26,7	-119,5*	2820,0±87,3	-53,5*	4073,3±113,7	-145,3*	1144,0±60,0	2,8*
<i>Northblue</i>	10334,0±72,8	-21,0*	7578,2±275,2	-7,6*	17912,2±238,0	-19,2*	712,7±8,2	-8,0*
<i>Northland</i>	10758,8±130,8	-12,8*	7938,8±156,4	-10,2*	18697,6±42,5	-54,5*	625,7±21,2	-9,2*
<i>Jersey</i>	9352,8±64,7	-30,5*	5456,3±106,8	-30,2*	14809,1±42,1	-109,0*	561,7±13,1	-12,4*
<i>Patriot</i>	5599,0±113,1	-49,3*	4484,7±196,7	-24,3*	10083,7±83,8	-123,0*	568,3±32,0	-9,0*
<i>Elizabeth</i>	10108,3±59,6	-24,5*	6541,2±295,2	-10,5*	16649,5±236,5	-24,5*	558,7±11,2	-12,7*
<i>Coville</i>	8423,5±84,9	-34,9*	5809,5±220,5	-16,6*	14233,0±165,5	-47,8*	744,8±47,8	-3,8*
Таксон	Флавонолы		Флавонолы/Катехины		Сумма биофлавоноидов		Антиоксидантная активность	
	X ± st	t <sub>Cr</sub>	X ± st	t <sub>Cr</sub>	X ± st	t <sub>Cr</sub>	X ± st	t <sub>Cr</sub>
<i>V. uliginosum</i>	4863,1±29,2		5,1±0,2		28440,1±57,9		30,5±0,9	
<i>V. angustifolium</i>	2899,5±17,5	-57,6*	2,5±0,1	-11,2*	8116,8±176,0	-109,7*	47,3±0,6	15,0*
<i>Northblue</i>	2944,1±36,4	-41,1*	4,1±0,1	-4,6*	21569,0±248,4	-26,9*	34,9±1,0	3,3*
<i>Northland</i>	3183,5±22,3	-45,7*	5,1±0,2	0	22506,8±37,4	-86,1*	22,0±0,8	-6,9*
<i>Jersey</i>	2681,5±21,2	-60,4*	4,8±0,1	-1,4	18052,2±42,7	-144,4*	38,8±2,3	3,4*
<i>Patriot</i>	2400,2±24,4	-64,7*	4,3±0,2	-2,9*	13052,2±94,4	-138,9*	22,0±1,2	-5,5*
<i>Elizabeth</i>	2578,6±29,8	-54,7*	4,6±0,1	-2,0	19786,7±217,3	-38,5*	31,4±1,3	0,6
<i>Coville</i>	2696,2±13,9	-66,9*	3,6±0,2	-5,1*	17673,9±112,8	-84,9*	29,8±4,0	-0,2

Примечание: \* – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с эталонным видом при p<0,05.

Таблица 2

**Относительные различия с *V. uliginosum* в содержании биофлавоноидов и уровне антиоксидантной активности спиртовых извлечений из плодов интродуцентов рода *Vaccinium*, %**

Таксон	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы	Сумма биофлавоноидов	Антиоксидантная активность
<i>V. angustifolium</i>	-90,2	-71,2	-82,0	+19,8	-40,4	-71,5	+55,1
<i>Northblue</i>	-19,3	-22,7	-20,8	-25,4	-39,5	-24,2	+14,4
<i>Northland</i>	-16,0	-19,1	-17,3	-34,5	-34,5	-20,9	-27,9
<i>Jersey</i>	-27,0	-44,4	-34,5	-41,2	-44,9	-36,5	+27,2
<i>Patriot</i>	-56,3	-54,3	-55,4	-40,5	-50,6	-54,1	-27,9
<i>Elizabeth</i>	-21,1	-33,3	-26,4	-41,5	-47,0	-30,4	-
<i>Coville</i>	-34,3	-40,8	-37,1	-22,0	-44,6	-37,9	-

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с эталонным видом при  $p < 0,05$ .

Возвращаясь к табл. 2, нетрудно убедиться, что среди тестируемых таксонов голубик наиболее высоким уровнем АОА спиртовых извлечений из плодов, на 14–55% превышавшим таковой аборигенного вида, были отмечены межвидовой гибрид *Northblue*, сорт *Jersey* и особенно *V. angustifolium*, характеризовавшаяся, как ни странно, наименьшим содержанием в них биофлавоноидов, и, в первую очередь, антоциановых пигментов, обладающих значительной антиоксидантной активностью. Это наводит на мысль, что, в отличие от остальных тестируемых таксонов голубик, столь высокий уровень АОА ее плодов обусловлен присутствием в них антоцианов с иной молекулярной структурой, содержащих большее, чем у них, количество парадиксигруппировок, обеспечивающих антирадикальные свойства данных соединений [11], а также и других биологически активных соединений. Ведь в биологических системах в качестве антиоксидантов могут выступать вещества разной химической природы, способные ингибировать процессы свободнорадикального окисления, в том числе и каротиноиды, и органические кислоты, и даже пектиновые вещества [12].

Для выявления компонентов биохимического состава плодов исследуемых таксонов голубик, обуславливающих наиболее высокий уровень АОА, были определены значения коэффициентов парной корреляции между данным признаком и содержанием в плодах органических соединений, предположительно обладающих данной способностью. При анализе корреляционных связей мы ориентировались исклю-

чительно на наиболее тесные из них, определяемые абсолютными значениями коэффициента корреляции  $r > 0,70$  и представленные в табл. 3. Нетрудно убедиться, что в обеспечении наиболее высокого уровня АОА плодов у исследуемых таксонов голубик участвуют разные соединения. Так, наиболее сильные прямые связи с данным признаком установлены для содержания в плодах *V. uliginosum* собственно антоцианов и катехинов, сортов *V. corymbosum* – *Jersey* – собственно антоцианов, катехинов и фенолкарбоновых кислот, *Patriot* – катехинов, *Elizabeth* – собственно антоцианов, *Coville* – аскорбиновой кислоты. Наиболее широким спектром соединений (обуславливающих АОА плодов), включавшим лейкоантоцианы, аскорбиновую и фенолкарбоновые кислоты, а также обе фракции пектиновых веществ, характеризовался межвидовой гибрид *Northblue*, тогда как у гибрида *Northland* он оказался значительно уже и включал лейкоантоцианы, катехины и аскорбиновую кислоту. При этом плоды *V. angustifolium*, характеризовавшиеся максимальным в таксономическом ряду уровнем АОА, обнаружили его наиболее тесную прямую связь с содержанием гидропектина и собственно антоцианов, для которых были показаны выше минимальные в данном ряду параметры накопления. Очевидно, именно сочетанием растворимого пектина и собственно антоцианов с предположительно иной, нежели у других таксонов голубик, молекулярной структурой, и был обусловлен наиболее высокий уровень АОА плодов данного вида. На возможность подобного эффекта есть указания в работе А.А. Злобина и др. [12].

Таблиця 3  
**Коэффициенты парной корреляции (R<sub>xy</sub>) между содержанием органических соединений в плодах таксонов родов *Vaccinium* и *Oxycoccus* и уровнем антиоксидантной активности спиртовых экстрактов из них**

Таксон	Собств. антоц.	Лейкоантоцианы	Сумма антоц. пигм.	Катехины	Флавонолы	Фенол-кислоты	Аскорбиновая кислота	Гидропектин	Протопектин	Сумма пектинов
<b>род <i>Vaccinium</i></b>										
<i>V. uliginosum</i>	<b>0,88</b>	-0,43	0,68	<b>0,98</b>	-0,98	0,62	-0,76	0,56	-0,68	-0,84
<i>V. angustifolium</i>	<b>0,84</b>	-0,98	-0,94	-0,99	-0,05	-0,98	-0,88	<b>0,99</b>	-0,99	-0,99
<i>Northblue</i>	-0,07	<b>0,95</b>	<b>0,85</b>	-0,42	0,69	<b>0,99</b>	<b>0,91</b>	<b>0,82</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>
<i>Northland</i>	-0,96	<b>0,87</b>	0,25	<b>0,71</b>	-0,88	-0,65	<b>0,70</b>	-0,38	0,43	0,51
<i>Jersey</i>	<b>0,70</b>	-0,70	-0,70	<b>0,87</b>	-0,98	<b>0,83</b>	-0,06	-0,96	-0,91	-0,93
<i>Patriot</i>	-0,22	0,26	0,30	<b>0,99</b>	0,21	-0,12	-0,06	0,38	0,23	0,28
<i>Elizabeth</i>	<b>0,75</b>	-0,84	-0,86	-0,31	0,61	-0,31	-0,95	-0,70	0,22	-0,67
<i>Coville</i>	0,02	0,02	0,02	0,49	-0,02	0,51	<b>0,99</b>	-0,51	-0,73	-0,62
<b>Род <i>Oxycoccus</i></b>										
<i>O. palustris</i>	-0,45	0,55	<b>0,84</b>	-0,99	0,27	-0,61	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
<i>Ben Lear</i>	-0,99	0,59	-0,41	-0,41	0,23	-0,98	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.

Примечание: жирным шрифтом выделены наиболее сильные корреляционные связи.

**Уровень АОА спиртовых извлечений из плодов интродуцентов родов *Vaccinium* и *Oxycoccus* в зависимости от продолжительности реакции аутоокисления адреналина, %**

Таксон	Через 30 сек	Через 3 мин	Относительные различия, %
<b>род <i>Vaccinium</i></b>			
<i>V. uliginosum</i>	50,2	30,5	–39,2
<i>V. angustifolium</i>	58,2	47,3	–18,7
<i>Northblue</i>	73,2	34,9	–52,3
<i>Northland</i>	48,3	22,0	–54,5
<i>Jersey</i>	54,1	38,8	–28,3
<i>Patriot</i>	39,7	22,0	–44,6
<i>Elizabeth</i>	48,1	31,4	–34,7
<i>Coville</i>	58,9	29,8	–49,4
<b>род <i>Oxycoccus</i></b>			
<i>O. palustris</i>	87,6	73,0	–16,7
<i>Ben Lear</i>	88,1	75,1	–14,8

Обращает на себя внимание выраженная видо- и сортоспецифичность спектра органических соединений, играющих ключевую роль в обеспечении высокого уровня АОА плодов таксонов рода *Vaccinium*, при наиболее распространенном участии собственно антоцианов, катехинов и аскорбиновой кислоты и наименьшем и даже полном его отсутствии у протопектина и флавонолов. Более того, у ряда объектов обнаружена сильная обратная связь с содержанием последних, что, на наш взгляд, также может быть обусловлено присутствием в составе биофлавоноидного комплекса плодов данных соединений, не содержащих в своей молекулярной структуре парадоксигруппировок.

Подобные исследования, выполненные нами на представителях рода *Oxycoccus* – аборигенном виде *O. palustris* L. и сорте *Ben Lear* *O. macrocarpus* (Ait.) Pers., выявили в фенольном комплексе плодов в первом случае наиболее сильную положительную связь АОА с общим содержанием антоциановых пигментов при сильной отрицательной связи с таковым катехинов, тогда как во втором была показана сильная обратная связь с содержанием собственно антоцианов и фенолкарбоновых кислот при отсутствии подобной прямой связи с накоплением какой-либо фракции биофлавоноидов, что косвенно свидетельствовало о видоспецифичности обнаруженных эффектов и вместе с тем позволяло предположить существование у интродуцента источников АОА иной химической природы (табл. 3). Вместе с тем у обоих таксонов клюквы была обнаружена положительная связь средней силы с содержанием в плодах лейкоантоцианов.

Напомним, что особенностью примененного в наших исследованиях метода определения АОА спиртовых извлечений из плодов вересковых является использование в нем быстро протекающей реакции аутоокисления адреналина, сопровождающейся образованием продукта его окисления, имеющего поглощение при 347 нм, и накопление которого, достаточное для количественной оценки определяемого показателя, происходит в течение 1–3 мин от момента добавления в щелочной раствор низких концентраций адреналина (230 мкМ). При этом наиболее высокий уровень АОА спиртовых экстрактов регистрируется спустя 30 сек от начала реакции с последующим снижением к ее окончанию через 3 мин.

В этой связи определенный научный интерес представляет сравнение у исследуемых таксонов вересковых динамики данного показателя в течение указанного промежутка времени, представление о которой дает информация в табл. 4. Нетрудно убедиться, что представители рода *Oxycoccus* в оба срока обнаружили более высокий, чем таксоны рода *Vaccinium*, уровень АОА спиртовых извлечений из плодов (88% против 40–73% спустя 30 сек и 73–75% против 22–47% спустя 3 мин). При этом темпы его снижения в течение данного промежутка времени у первых, составлявшие лишь 15–17%, практически не зависели от генотипа и оказались существенно ниже, чем у вторых, у которых они заметно варьировались в таксономическом ряду в пределах от 19% у *V. angustifolium* до 50–55% у межвидовых гибридов *Northblue* и *Northland*, а также у сорта *Coville* *V. corymbosum*.

**Заклучение.** В результате сравнительного исследования биохимического состава плодов и уровня их антиоксидантной активности у 8 таксонов рода *Vaccinium*, в том числе у *V. uliginosum* L., клонов *V. angustifolium* L., интродуцированных сортов *V. corymbosum* L. – *Jersey*, *Patriot*, *Elizabeth*, *Coville* и межвидовых гибридов *V. corymbosum* L. и *V. angustifolium* L. – *Northblue* и *Northland*, установлена выраженная видо- и сортоспецифичность спектра органических соединений, играющих ключевую роль в обеспечении высокого уровня АОА, при наиболее распространенном участии собственно антоцианов, катехинов и аскорбиновой кислоты и наименьшем и даже полном его отсутствии у протопектина и флавонолов. Показано, что АОА плодов *V. uliginosum* обусловлена в основном собственно антоцианами и катехинами, *V. angustifolium* – гидропектином и собственно антоцианами, сортов *V. corymbosum* – *Jersey* – собственно антоцианами, катехинами и фенолкарбоновыми кислотами, *Patriot* – катехинами, *Elizabeth* – собственно антоцианами, *Coville* – аскорбиновой кислотой, гибрида *Northblue* – лейкоантоцианами, аскорбиновой и фенолкарбоновыми кислотами, а также обеими фракциями пектиновых веществ, гибрида *Northland* – лейкоантоцианами, катехинами и аскорбиновой кислотой.

Наиболее выраженная прямая зависимость уровня АОА в плодах *O. palustris* L. выявлена с общим содержанием антоциановых пигментов при отсутствии таковой у сорта *Ben Lear* *O. macrocarpus* (Ait.) Pers. с компонентами фенольного комплекса, что позволяет предположить существование у интродуцента источников АОА иной химической природы.

Установлено, что представители рода *Oxycoccus* обладают слабо зависящим от генотипа и вместе с тем более высоким и устойчивым,

по сравнению с таксонами рода *Vaccinium*, уровнем АОА плодов. При этом в таксономическом ряду голубик наибольшей стабильностью последнего характеризуется *V. angustifolium*, тогда как наименьшей – межвидовые гибриды *Northblue* и *Northland*, а также сорт *Coville* *V. corymbosum*.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Прида, А.И. Природные антиоксиданты полифенольной природы (антирадикальные свойства и перспективы использования) / А.И. Прида, Р.И. Иванова // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2004. – № 2. – С. 76–78.
2. Формирование биохимического состава плодов видов семейства Вересковые (*Ericaceae*) при интродукции в условиях Беларуси / Ж.А. Рупасова [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2011. – 307 с.
3. Макаревич, А.М. Антиоксидантная активность плодов *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L. / А.М. Макаревич // Докл. НАН Беларуси. – 2011. – Т. 55, № 5. – С. 76–80.
4. Comparative polyphenolic content and antioxidant activities of some wild and cultivated blueberries from Romania / A. Bunea [et al.] // Notulae botanicae Horticulture agrobotanici. – 2011. – Vol. 39, № 2. – P. 70–76.
5. Comparative study of anthocyanin composition, antimicrobial and antioxidant activity in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits / D. Burdulis [et al.] // Acta Poloniae pharmaceutica – drug research. – 2009. – Vol. 66, № 4. – P. 399–408.
6. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.
7. Шнайман, Л.О. Методика определения антоциановых веществ / Л.О. Шнайман, В.С. Афанасьева // 9-й Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: реф. докл. и сообщ. – М., 1965. – № 8. – С. 79–80.
8. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков [и др.]. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 430 с.
9. Запрометов, М.Н. Биохимия катехинов / М.Н. Запрометов. – М., 1964. – 325 с.
10. Рябинина, Е.И. Новый подход в оценке антиоксидантной активности растительного сырья при исследовании процесса аутоокисления адреналина / Е.И. Рябинина, Е.Е. Зотова, Е.Н. Ветрова, Н.И. Пономарева, Т.Н. Илюшина // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 117–121.
11. Вольнец, А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений / А.П. Вольнец. – Минск: Беларуская навука, 2013. – 283 с.
12. Злобин, А.А. Антиоксидантная и антимикробная активность пектинов ряда растений Европейского Севера России / А.А. Злобин, Е.А. Мартисон, Ю.С. Оводов // Изв. Коми научно-го центра УрО РАН. – 2011. – Вып. 3(7). – С. 33–37.

Поступила в редакцию 29.08.2013. Принята в печать 21.10.2013

Адрес для корреспонденции: e-mail: [J.Rupasova@cbg.org.by](mailto:J.Rupasova@cbg.org.by) – Рупасова Ж.А.