

УДК 634.738:581.19:581.52(476)

Ж. А. РУПАСОВА, В. Н. РЕШЕТНИКОВ, А. А. ВОЛОТОВИЧ,
Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ, А. П. ЯКОВЛЕВ, Т. В. КУРЛОВИЧ, Ф. С. ПЯТНИЦА

**ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ
БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛОДОВ ИНТРОДУЦЕНТОВ
СЕМ. VACCINIACEAE В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 02.12.2009)

Введение. Важнейшим аспектом интродукционных исследований, связанных с сортоизучением ягодных растений, является комплексная оценка биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений, которая дает представление не только о его генотипических особенностях, но и о степени зависимости от гидротермического режима периода созревания плодов параметров накопления в них широкого спектра полезных веществ, определяющих органолептические свойства ягодной продукции. Рассмотрение данного аспекта ответной реакции интродуцентов на комплексное воздействие метеорологических факторов представляется нам весьма актуальным, поскольку крайне неустойчивый характер погодных условий в период вегетации растений и созревания их плодов, свойственный Белорусскому региону, может заметно повлиять на темпы накопления в них тех или иных соединений и тем самым оказать корректирующее действие на их питательную и витаминную ценность. В последние годы коллекционный фонд Центрального ботанического сада НАН Беларуси пополнился новыми таксонами трех видов сем. *Vacciniaceae* DC ex Perleb: *V. covilleianum* Butkus et Plishka (голубика высокорослая), *V. vitis-idaea* L. (брусника обыкновенная) и *Oxycoccus macrocarpus* Pursh. (клюква крупноплодная), что дает дополнительные возможности для расширения ассортимента сортов, предлагаемых для районирования и селекции на основе выявления наиболее перспективных из них не только по вкусовым свойствам плодов, определяемым особенностями их биохимического состава, но и по степени устойчивости его отдельных компонентов к комплексному воздействию метеорологических факторов в районе интродукции. Вместе с тем логично предположить существование генотипических различий степени проявления данной устойчивости в многолетнем цикле наблюдений, что позволит обозначить сорта интродуцентов, обладающие наибольшим и, соответственно, наименьшим уровнями зависимости качества ягодной продукции от абиотических факторов.

Цель данной работы – установление внутри- и межвидовых различий степени зависимости от гидротермического режима сезона количественных характеристик биохимического состава плодов исследуемых таксонов сем. *Vacciniaceae* на основе сравнения уровней их изменчивости в многолетнем цикле наблюдений.

Объекты и методы исследований. Исследования были выполнены в 2006–2008 гг. на растительном материале, полученном на Ганцевичской научно-экспериментальной базе Центрального ботанического сада НАН Беларуси (Брестская обл.). Погодные условия в самый активный период созревания плодов видов сем. *Vacciniaceae* (июль – сентябрь) в годы наблюдений отличались ярко выраженными внутри- и межсезонными контрастами, что создавало неадекватные предпосылки для формирования их биохимического состава. Наиболее низкий температурный фон в данный период отмечен в 2008 г., наиболее высокий – в 2006 г. При этом все три сезона характеризовались весьма обильным выпадением осадков при крайне неравномерном распреде-

лении по месяцам. Наиболее же объективное интегральное представление о характере погодной ситуации в годы наблюдений, на наш взгляд, можно составить по ежемесячным значениям гидротермического коэффициента [1], определяемого соотношением количества выпавших атмосферных осадков и суммы активных температур выше 10 °С. По нашим оценкам (табл. 1) и в соответствии с предложенной Г. Т. Селяниновым градацией степени увлажнения района исследований, в 2006 г. май и июль характеризовались достаточным увлажнением, июнь и сентябрь – засушливой погодой и лишь август – избыточным увлажнением. В 2007 г. май был отмечен достаточным увлажнением, июнь, август и сентябрь – преимущественно сухой погодой и лишь июль – резко избыточным увлажнением. В 2008 г. для мая, июля и особенно сентября было показано избыточное увлажнение, сочетавшееся с пониженным температурным фоном. Август же отличался достаточным увлажнением, тогда как июнь был весьма засушливым.

Таблица 1. Значения гидротермического коэффициента (ГТК) в период формирования и созревания плодов растений сем. *Vacciniaceae* в районе исследований в годы наблюдений

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
2006	<u>1,8</u> 120,0	<u>1,1</u> 73,3	<u>1,6</u> 100,0	<u>3,0</u> 200,0	<u>0,8</u> 44,4	<u>1,7</u> 106,2
2007	<u>1,4</u> 93,3	<u>1,0</u> 66,7	<u>5,4</u> 337,5	<u>0,4</u> 26,7	<u>0,8</u> 44,4	<u>1,8</u> 112,5
2008	<u>2,3</u> 153,3	<u>0,7</u> 46,7	<u>2,4</u> 150,0	<u>1,3</u> 86,7	<u>3,8</u> 211,1	<u>2,1</u> 131,2
Среднее многолетнее	1,5	1,5	1,6	1,5	1,8	1,6

Примечание. Под чертой приведен процент от нормы.

В качестве объектов исследований использовали зрелые плоды 16 сортов *Vaccinium coveleanum*: из раннеспелых – Bluetta, Northblue, Weymouth, Duke, Reka, Earliblue, Spartan, Puru, Nui; из среднеспелых – Bluecrop, Northland, Patriot, Toro, Jersey; из позднеспелых – Elizabeth и Coville; 10 сортов *V. vitis-idaea* – Koralle, Red Pearl, Рубин, Erntedank, Erntesege, Erntekrone, Ammerland, Masovia, Sanna, Sussi и 4 сортов *Oxycoccus macrocarpus* – Stevens, Ben Lear, McFarlin, Pilgrim.

Биохимический состав плодов перечисленных таксонов исследовали по 32 показателям, для чего в свежих усредненных пробах растительного материала содержание сухих веществ определяли по ГОСТ 28561–90 [2]; 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 [4], кальция, магния – комплексометрическим методом [3]; глюкозы, фруктозы, сахарозы – резорциновым и анилинфталатным методами бумажной хроматографии по И. Г. Завадской и др. [5]; пектиновых веществ (водорастворимого пектина и протопектина) – карбазольным методом [3]; суммы антоциановых пигментов – по методу Т. Swain, W. E. Hillis [6] с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [7] с применением в расчетах формулы С. С. Танчева [8]; антоцианов – по методу Л. О. Шнайдемана и В. С. Афанасьевой [9]; суммы флавонолов – по методу Л. Сарапуу и Х. Мийдла [10]; суммы катехинов – фотометрическим методом с использованием ванилинового реактива [11]; фенолкарбоновых кислот (в пересчете на хлорогеновую) – методом нисходящей хроматографии на бумаге [12]; дубильных веществ – титрометрическим методом Левенталя [13]; лигнинов – модифицированным методом Класона [3]; бензойной кислоты – по методу М. И. Калёбина и А. А. Колесника [14]; жирных масел – по методу В. А. Сапунова и И. И. Федуняк [15]; тритерпеновых кислот (в пересчете на урсоловую кислоту) – по методу А. В. Симонян и др. [16]. Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности сотрудниками лаборатории химии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» к. б. н. Т. И. Василевской, Р. Н. Рудаковской, Н. П. Варавиной, Н. Б. Криницкой,

к. б. н. В. А. Игнатенко (до 2007 г.). Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Для оценки степени комплексного влияния метеорологических факторов на параметры накопления указанных соединений в плодах исследуемых объектов мы ориентировались на усредненные значения коэффициентов вариации (V) рассматриваемых признаков в многолетнем цикле наблюдений. Сравнительный анализ данных материалов давал возможность установить, какие характеристики биохимического состава плодов интродуцентов более, а какие менее устойчивы к внешним воздействиям, равно как и определить интегральную степень устойчивости к ним в этом плане каждого изучаемого таксона, ведь по общепринятому мнению степень варьирования того или иного признака косвенно указывает на уровень его зависимости от исследуемых факторов (в нашем случае – метеорологических), т. е. чем выше коэффициент вариации, тем сильнее эта зависимость, и наоборот.

Напомним, что по оценкам С. Н. Сеннова и В. Ф. Ковязина [17] изменчивость ряда для биологических объектов считается малой, если находится в пределах 11–30% и большой, если превышает 31%. При рассмотрении же данных, представленных в настоящей работе, мы должны принять во внимание активную реакцию интродуцентов на селекционный процесс и внешние воздействия, позволяющую в определенной мере противостоять им и регулировать биохимический состав генеративных органов в пределах генетически детерминированных диапазонов варьирования каждого признака. Это позволило сузить обозначенные выше границы малой изменчивости ряда для рассматриваемых показателей до 11%, соответственно, ее средний диапазон характеризовался уровнем вариабельности в пределах 11–20%, а максимальный – свыше 20%. Принятая градация уровней изменчивости анализируемых признаков совпадает с рекомендуемой Г. Н. Зайцевым для биологических объектов [18].

Результаты и их обсуждение. В результате исследований были установлены весьма широкие диапазоны изменений в многолетнем цикле наблюдений усредненных для сортовых рядов интродуцентов 32 количественных показателей биохимического состава плодов, что свидетельствовало о существенном влиянии на них абиотических факторов (табл. 2). Вместе с тем несоизмеримость амплитуд данных изменений косвенно указывала на разную степень зависимости анализируемых признаков от гидротермического режима в период созревания плодов. При этом наибольшее число показателей с максимальными значениями для всех исследуемых видов установлено в условиях наиболее жаркого сезона 2006 г., стимулировавшего накопление в плодах большинства полезных веществ – свободных органических кислот, витамина С, растворимых сахаров, биофлавоноидов, пектинов, терпеноидов и соединений фосфора. Наибольшее же число показателей с минимальными значениями выявлено для *V. covilleanum* в 2007 г., тогда как для *V. vitis-idaea* и *Oxycoccus macrocarpus* – в 2008 г., причем общим для всех видов явилась наиболее выраженная в 2007 г. активизация накопления в плодах бензойной и фенолкарбоновых кислот при максимальных значениях сахаро-кислотного индекса, в 2008 г. – флавонолов и большинства макроэлементов.

Анализ данных, приведенных в табл. 3 и 4, выявил весьма широкие диапазоны изменений коэффициентов вариации количественных характеристик биохимического состава плодов исследуемых таксонов видов сем. *Vacciniaceae* в многолетнем цикле наблюдений. Это свидетельствовало о разном уровне их зависимости от гидротермического режима сезона и позволяло обозначить признаки, обладающие наибольшей и, соответственно, наименьшей степенью данной зависимости.

Большинству показателей биохимического состава плодов всех сортов *V. covilleanum*, независимо от сроков созревания, были присущи средний ($V = 11–20\%$) и особенно высокий ($V > 20\%$) уровни вариабельности в многолетнем цикле наблюдений (для 16–44 и 44–69% показателей соответственно), и лишь для 9–22% из них – малый ($V < 10\%$). При этом биохимический состав плодов исследуемых таксонов *Oxycoccus macrocarpus* был отмечен сходством с предыдущим видом долевого участия анализируемых признаков в пределах каждого уровня вариабельности: малого – для 12–25%, среднего – для 19–38% и высокого – для 40–63% показателей. Для плодов *V. vitis-idaea* было показано существенное увеличение во временном ряду, по сравне-

нию с предыдущими видами сем. *Vacciniaceae*, относительной доли признаков с малой вариабельностью (до 16–41%), исключительно за счет снижения таковой признаков с высокой вариабельностью (до 35–53%) (см. табл. 3, 4), что свидетельствует о более выраженной, чем у этих видов, устойчивости биохимического состава плодов сортовой брусники к комплексному воздействию абиотических факторов. На наш взгляд, это связано с участием в селекционном процессе данного вида его дикорастущих форм, отобранных на Европейском континенте в лесных массивах Швеции, Финляндии, Голландии, Германии, Польши и других стран, близких по характеру почвенно-климатических условий Беларуси, тогда как *V. covilleanum* и *Oxycoccus macrocarpus* являются выходцами из весьма отдаленного от последней североамериканского континента с существенно отличающимся набором природных факторов [19]. Вполне естественно, что при адаптации растений в условиях интродукции во втором случае ответная реакция растений оказалась более выраженной, чем в первом.

При этом лишь некоторые показатели биохимического состава плодов характеризовались относительной стабильностью уровня изменчивости в пределах сортовых рядов всех трех исследуемых видов сем. *Vacciniaceae*. В большинстве же случаев соответствие уровня вариабельности данных показателей определенной области принятой градации имело место только у отдельных таксонов, и зачастую диапазон изменений уровня вариабельности того или иного признака в пределах сортового ряда охватывал все три области данной градации.

Таблица 2. Диапазоны изменений усредненных для сортовых рядов интродуцентов сем. *Vacciniaceae* количественных показателей биохимического состава плодов (в сухом веществе) в многолетнем цикле наблюдений

Показатель	<i>V. covilleanum</i>	<i>V. vitis-idaea</i>	<i>Oxycoccus macrocarpus</i>
Сухие вещества, %	13,9–14,1	14,9–16,9	10,3–12,5
Свободные органические кислоты, %	3,8–6,7	14,6–19,3	20,6–36,1
Аскорбиновая кислота, мг%	426,6–604,8	304,3–670,8	463,6–495,1
Глюкоза, %	4,49–5,34	5,65–5,95	5,18–6,96
Фруктоза, %	7,26–18,74	6,85–10,54	1,37–6,86
Сахароза, %	0,56–3,19	0,86–2,09	0,36–0,51
Сумма растворимых сахаров, %	12,79–27,25	14,72–18,27	6,91–12,69
Фруктоза/Глюкоза	1,7–3,6	1,2–1,9	0,3–1,3
Монозы/Дисахарид	7,9–22,7	6,5–17,4	24,6–28,1
Сахаро-кислотный индекс	2,5–6,5	0,8–1,3	0,3–0,6
Гидропектин, %	1,98–2,37	2,56–3,03	2,22–2,54
Протопектин, %	2,60–3,45	3,45–3,84	3,56–5,40
Сумма пектиновых веществ, %	4,77–5,71	6,01–6,73	6,10–7,65
Протопектин/Гидропектин	1,2–1,8	1,3–1,5	1,4–2,5
Антоцианы, мг%	2,0–17,1	1,6–3,9	6,7–12,0
Лейкоантоцианы, мг%	12,1–24,1	29,7–32,7	25,1–37,7
Сумма антоциановых пигментов, мг%	14,1–41,2	32,8–36,6	34,8–49,7
Катехины, мг%	570,1–984,3	710,0–1777,8	1067,1–1823,3
Флавонолы, мг%	1626,0–1890,6	1618,9–2227,5	1349,1–3112,9
Флавонолы/Катехины	1,9–3,4	1,1–3,7	1,4–3,0
Сумма биофлавоноидов, мг%	2501,8–2776,0	2970,3–3719,8	2596,0–4227,0
Фенолкарбоновые кислоты, мг%	781,4–800,3	484,9–838,1	486,8–700,5
Бензойная кислота, %	1,11–1,18	1,14–1,65	1,12–1,49
Дубильные вещества, %	1,21–1,83	1,98–2,45	1,76–2,01
Лигнины, %	11,3–11,7	10,7–11,9	10,0–13,2
Жирные масла, %	3,17–3,61	5,16–6,09	4,43–5,35
Тритерпеновые кислоты	2,49–3,22	2,58–3,41	2,09–3,44
N, %	0,76–1,10	1,19–1,24	0,85–1,03
P, %	0,14–0,17	0,14–0,18	0,13–0,16
K, %	0,53–0,76	0,51–0,90	0,58–0,80
Ca, %	0,31–0,42	0,32–0,39	0,24–0,30
Mg, %	0,08–0,11	0,08–0,11	0,08–0,10

Таблица 3. Средние в многолетнем цикле наблюдений (2006–2008 гг.) значения коэффициентов вариации количественных характеристик биохимического состава плодов интродуцированных сортов голубики высокорослой, %

Показатель	Раннеспелые сорта										Среднеспелые сорта					Позднеспелые сорта	
	Bluetta	Northblue	Weymouth	Duke	Reka	Earliblue	Spartan	Puru	Nui	Bluecrop	Northland	Patriot	Toro	Jersey	Elizabeth	Coville	
Сухие вещества	8,7	9,7	7,6	7,4	9,2	16,6	8,5	3,6	3,8	8,1	6,3	14,6	10,4	9,9	3,4	3,0	
Свободные органические кислоты	28,9	20,5	16,0	19,3	39,6	61,3	54,5	39,3	9,3	24,9	13,1	43,2	33,8	63,2	55,3	52,1	
Аскорбиновая кислота	36,0	45,5	54,2	46,7	15,1	36,3	5,4	8,0	15,9	15,5	42,5	26,4	17,2	32,1	25,9	6,4	
Глюкоза	19,1	17,9	18,3	17,9	15,3	32,6	17,9	13,5	12,6	4,7	10,4	10,1	11,5	14,6	18,5	16,9	
Фруктоза	45,2	37,4	40,0	34,5	31,7	46,8	32,0	36,4	41,6	51,9	40,5	54,4	50,3	49,5	51,3	54,3	
Сахароза	64,9	68,8	69,5	62,8	65,1	66,9	74,6	54,5	64,2	73,1	69,8	68,7	82,0	80,8	64,9	63,6	
Сумма растворимых сахаров	38,8	35,6	36,6	33,2	30,8	32,4	32,8	33,3	37,8	40,7	33,1	38,7	36,7	40,0	36,5	36,5	
Фруктоза/Глюкоза	39,6	23,1	32,1	16,9	18,9	60,1	15,4	25,1	29,3	48,1	38,7	52,5	53,4	48,3	58,9	61,6	
Монозы/Дисахарид	57,4	61,0	72,7	67,4	56,0	40,3	87,7	43,8	54,5	53,4	65,8	43,3	74,0	83,5	57,8	55,1	
Сахаро-кислотный индекс	51,1	32,8	26,1	31,8	53,2	26,8	70,7	53,9	47,0	50,0	44,9	60,7	51,3	66,7	74,5	67,8	
Гидропектин	20,8	5,4	19,0	21,6	8,5	23,8	29,0	6,5	13,9	6,8	31,8	26,1	8,2	32,7	21,8	30,4	
Протопектин	35,6	37,0	29,6	18,5	32,8	25,6	20,6	22,7	26,3	23,5	17,7	14,9	15,7	22,3	5,2	24,3	
Сумма пектиновых веществ	27,8	22,1	14,3	18,8	22,4	14,9	14,5	14,4	19,1	11,1	23,4	19,9	12,0	26,1	13,0	21,6	
Протопектин/Гидропектин	28,4	32,9	49,9	11,4	25,5	45,5	47,1	20,0	18,2	32,2	13,6	14,4	6,0	19,5	18,7	31,9	
Антоцианы	91,7	112,6	47,3	62,9	81,7	62,1	88,1	119,0	118,3	90,9	109,8	73,5	124,1	102,3	101,6	72,2	
Лейкоантоцианы	26,2	34,8	46,6	41,3	33,1	50,7	15,2	16,2	17,0	34,6	45,7	37,1	68,6	55,0	46,3	27,1	
Сумма антоциановых пигментов	45,9	62,8	45,4	46,7	38,7	39,8	41,4	44,9	55,0	42,8	65,7	48,8	85,7	68,3	67,2	40,2	
Катехины	30,3	31,2	36,4	35,6	43,6	14,6	25,9	37,3	21,3	26,2	46,6	17,7	34,1	43,7	39,8	44,8	
Флавонолы	11,7	18,9	17,0	13,4	7,7	5,8	16,1	15,2	5,8	14,8	7,3	9,1	9,1	3,7	10,5	8,2	
Флавонолы/Катехины	39,3	42,7	52,2	56,8	52,6	17,9	37,4	50,7	26,6	22,3	48,0	19,6	50,7	58,5	53,4	55,9	
Сумма биофлавоноидов	7,1	14,4	3,6	7,5	8,8	2,3	7,9	4,3	4,7	15,2	18,2	8,4	9,2	11,7	8,4	19,1	
Фенолкарбоновые кислоты	11,5	28,6	10,9	19,4	21,3	12,8	23,6	12,2	12,4	12,2	9,6	16,9	11,8	27,8	3,0	27,8	
Бензойная кислота	6,7	5,9	18,8	21,9	5,5	11,2	15,5	13,3	21,7	15,6	16,3	7,6	13,1	7,9	11,4	7,5	
Дубильные вещества	10,6	20,7	32,6	30,1	12,2	23,3	38,8	31,9	31,9	33,4	15,0	17,7	21,8	37,8	27,6	16,6	
Лигнины	18,7	27,3	12,4	13,4	16,5	4,1	7,9	24,7	9,4	7,4	13,2	15,2	7,3	2,5	1,6	13,8	
Жирные масла	24,9	38,2	14,4	20,7	34,0	38,7	25,0	12,9	20,0	23,7	20,3	15,0	31,9	11,2	21,6	18,0	
Триглицеридные кислоты	19,5	27,3	24,3	14,9	21,5	14,0	6,2	11,5	8,9	6,4	16,9	24,4	23,4	9,4	20,2	20,6	
N	26,7	24,3	16,8	8,4	12,3	19,1	31,4	31,9	23,7	21,1	28,4	13,9	19,5	12,0	15,3	17,8	
P	5,6	9,9	8,7	13,1	8,1	10,0	16,4	9,4	7,4	13,3	30,2	22,7	31,2	30,6	10,4	24,7	
K	23,5	22,4	23,5	12,1	10,4	13,8	18,2	15,4	25,8	7,5	21,8	14,4	25,5	20,6	32,5	32,8	
Ca	6,8	5,4	10,2	17,3	15,9	9,4	11,8	19,7	15,0	26,5	18,9	16,4	18,7	11,8	19,5	21,5	
Mg	17,6	12,4	22,2	11,2	15,8	26,0	15,8	23,9	11,1	16,4	13,3	19,2	12,5	19,2	18,3	16,4	
V среднее	28,9	30,9	29,0	26,7	27,0	28,3	29,8	27,2	25,9	27,3	31,2	27,7	33,1	35,1	31,7	31,6	

Таблица 4. Средние в многолетнем цикле наблюдений (2006–2008 гг.) значения коэффициентов вариации количественных характеристик биохимического состава плодов интродуцированных сортов *V. vitis-idaea* и *Oxycoccus macrocarpus*, %

Показатель	<i>V. vitis-idaea</i>											<i>Oxycoccus macrocarpus</i>				
	Koralle	Red Pear	Рубин	Erntedank	Erntesegen	Erntekrone	Ammerland	Masovia	Sanna	Sussi	Stevens	Ben Lear	McFarlin	Pilgrim		
Сухие вещества	14,6	5,3	3,7	7,8	8,4	11,3	5,1	11,9	10,2	1,7	13,0	2,0	6,2	15,6		
Свободные органические кислоты	19,1	22,0	15,2	20,2	16,6	39,8	9,0	7,5	6,8	12,5	35,1	18,7	17,2	25,0		
Аскорбиновая кислота	42,7	28,9	33,9	57,3	45,7	62,0	4,7	29,6	31,2	21,7	8,8	5,3	1,6	7,9		
Глюкоза	11,4	6,1	6,0	7,0	6,6	8,7	4,6	5,1	9,7	6,4	17,1	16,4	19,3	16,4		
Фруктоза	20,9	28,0	21,1	27,2	23,4	24,6	17,9	32,6	2,4	1,7	60,4	72,0	67,6	53,8		
Сахароза	45,7	23,4	36,6	28,4	48,0	48,4	50,2	47,2	78,7	64,1	19,7	6,1	26,2	59,2		
Сумма растворимых сахаров	11,6	14,7	13,8	17,6	13,0	13,2	13,4	20,2	5,2	4,8	27,5	29,7	33,0	32,4		
Фруктоза/Глюкоза	29,0	28,8	16,2	23,1	30,4	31,2	18,0	30,7	12,0	8,1	75,4	103,7	87,0	61,1		
Монозы/Дисахарид	41,8	30,5	48,7	38,1	60,6	69,3	64,3	63,4	80,5	65,0	42,8	25,5	24,4	51,4		
Сахаро-кислотный индекс	19,3	40,6	30,7	35,3	22,1	41,7	4,9	27,7	12,0	7,7	43,3	25,0	44,6	58,1		
Гидропектин	4,8	6,4	10,6	7,5	12,1	7,5	9,4	22,7	6,7	2,4	28,2	11,0	1,4	6,1		
Протопектин	4,9	12,5	21,5	11,2	17,8	10,5	10,3	18,6	1,5	23,0	29,5	28,1	23,2	7,6		
Сумма пектиновых веществ	1,4	8,0	16,3	9,6	8,5	2,7	9,3	13,6	2,5	15,3	15,7	17,7	15,0	6,6		
Протопектин/Гидропектин	39,5	13,3	16,5	4,3	26,2	18,2	8,3	31,5	6,7	21,4	51,7	33,1	21,5	7,4		
Антоцианы	88,4	40,9	27,3	86,9	117,5	139,1	46,9	86,6	4,3	141,4	52,5	23,2	49,8	22,3		
Лейкоантоцианы	13,4	38,7	33,8	3,0	63,6	39,6	11,7	49,5	51,3	13,0	40,2	11,4	26,6	17,3		
Сумма антоциановых пигментов	18,5	38,3	33,0	7,3	65,9	46,3	9,8	50,1	100,4	86,9	40,8	5,7	30,3	17,4		
Катехины	32,5	9,1	35,7	67,1	48,1	97,0	50,3	55,7	97,1	54,8	46,1	24,8	36,7	32,8		
Флавонолы	25,1	16,6	15,8	22,5	11,0	13,0	16,3	7,5	23,4	28,6	48,5	57,7	56,6	37,0		
Флавонолы/Катехины	51,2	27,3	55,5	96,3	45,8	83,1	81,1	51,5	108,5	76,1	79,6	53,9	66,3	63,5		
Сумма биофлавоноидов	13,1	5,2	6,7	21,0	18,7	38,2	12,5	24,4	36,7	1,1	30,5	32,0	25,9	11,1		
Фенолкарбоновые кислоты	9,6	31,4	40,6	28,3	27,8	10,5	36,4	30,6	33,1	19,1	22,1	10,5	24,3	24,1		
Бензойная кислота	5,6	15,1	22,0	20,2	6,9	26,1	16,9	28,0	27,1	46,8	20,0	21,6	9,8	15,0		
Дубильные вещества	9,0	42,9	9,9	16,2	8,7	46,9	14,0	40,1	21,9	8,7	20,0	8,4	10,6	2,7		
Лигнины	12,9	2,4	2,1	18,5	4,6	5,5	4,8	4,9	26,7	5,2	31,3	19,5	10,0	1,7		
Жирные масла	11,0	6,8	4,4	7,7	16,5	16,9	14,4	23,1	3,9	11,2	7,8	8,3	9,8	14,5		
Триглицеридные кислоты	9,8	11,9	15,8	12,6	13,0	13,6	23,7	15,8	14,4	20,7	32,5	12,6	32,8	26,3		
N	4,8	7,0	6,6	3,6	7,6	9,3	2,0	8,6	12,6	4,8	6,7	14,8	11,4	12,2		
P	7,4	19,7	7,4	16,5	17,6	3,7	19,5	22,5	4,9	5,7	0	6,3	17,6	16,4		
K	24,5	30,5	30,1	30,1	32,8	39,5	40,2	32,5	22,0	25,5	21,4	18,6	17,9	15,5		
Ca	14,8	14,7	12,9	4,4	12,7	11,5	15,2	13,6	3,7	7,6	12,3	13,4	9,0	18,4		
Mg	18,3	16,4	16,4	16,4	10,0	16,4	11,1	19,2	14,1	22,3	18,3	18,3	22,2	13,3		
V среднее	21,1	20,1	20,8	24,2	27,1	33,6	20,5	29,0	27,3	26,1	31,2	23,6	26,7	24,1		

На наш взгляд, наиболее объективное представление о степени изменчивости количественных показателей биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений, свидетельствующей об их устойчивости к атмосферным воздействиям, могут дать усредненные в сортовых рядах интродуцентов значения коэффициентов вариации, приведенные в табл. 5.

Таблица 5. Усредненные в многолетнем цикле наблюдений для совокупности сортов сем. *Vacciniaceae* значения коэффициентов вариации количественных характеристик биохимического состава плодов, %

Показатель	<i>V. coveleanum</i>	<i>V. vitis-idaea</i>	<i>Oxycoccus macrocarpus</i>
Сухие вещества	8,2	8,0	9,2
Свободные органические кислоты	35,9	16,8	24,0
Аскорбиновая кислота	26,8	35,8	5,9
Глюкоза	15,7	7,2	17,3
Фруктоза	43,6	20,0	63,4
Сахароза	68,4	47,1	27,8
Сумма растворимых сахаров	35,8	12,8	30,6
Фруктоза/Глюкоза	38,9	22,8	81,8
Монозы/Дисахарид	60,9	56,2	36,0
Сахаро-кислотный индекс	50,6	24,2	42,8
Гидропектин	19,1	9,0	11,7
Протопектин	23,3	13,2	22,1
Сумма пектиновых веществ	18,5	8,7	13,8
Протопектин/Гидропектин	26,0	18,6	28,4
Антоцианы	91,1	77,9	37,0
Лейкоантоцианы	37,2	31,8	23,9
Сумма антоциановых пигментов	52,5	45,6	23,6
Катехины	33,1	54,7	35,1
Флавонолы	10,9	18,0	50,0
Флавонолы/Катехины	42,8	67,6	65,8
Сумма биофлавоноидов	9,4	17,8	24,9
Фенолкарбоновые кислоты	16,4	29,7	20,2
Бензойная кислота	12,5	21,5	16,6
Дубильные вещества	25,1	21,8	10,4
Лигнины	12,2	8,8	15,6
Жирные масла	23,2	11,6	10,1
Тритерпеновые кислоты	16,8	15,1	26,0
N	20,2	6,7	11,3
P	15,7	12,5	10,1
K	20,0	30,8	18,4
Ca	15,3	11,1	13,3
Mg	17,0	16,1	18,0

В этом случае анализируемые признаки, в соответствии с уровнем изменчивости, можно условно разделить на три группы:

I – с малой изменчивостью ($V = 8,2-10,9\%$ у голубики; $V = 6,7-9,0\%$ у брусники; $V = 5,9-10,4\%$ у клюквы);

II – со средней изменчивостью ($V = 12,2-20,0\%$ у голубики; $V = 11,1-20,0\%$ у брусники; $V = 11,3-18,4\%$ у клюквы);

III – с высокой изменчивостью ($V = 20,9-75,9\%$ у голубики; $V = 20,1-48,6\%$ у брусники; $V = 20,4-40,3\%$ у клюквы).

Анализ данных табл. 5 позволил выявить в ряде случаев сходство параметров изменчивости анализируемых признаков, характеризующих степень межсезонных различий в многолетнем цикле наблюдений, у всех исследуемых видов сем. *Vacciniaceae*. Так, наименее выразительными (в пределах малой изменчивости) они оказались лишь в единичном случае – для содержания в плодах сухих веществ. Общностью среднего уровня данных различий отмечены параметры

накопления в них кальция и магния. Для значительно большего набора показателей у всех видов сем. *Vacciniaceae* – содержания сахарозы, антоциановых пигментов, катехинов, а также соотношений фракций растворимых сахаров, биофлавоноидов и значений сахаро-кислотного индекса – был установлен высокий уровень изменчивости во временном ряду.

Вместе с тем каждому виду сем. *Vacciniaceae* были присущи индивидуальные особенности данной изменчивости даже в пределах конкретной области ее градации. Для выявления последовательности анализируемых признаков в порядке возрастания уровня их изменчивости в многолетнем цикле наблюдений, указывающего на усиление межсезонных различий, были определены позиции каждого из них в соответствии с увеличением значений коэффициентов вариации. Из данных табл. 6 следует, что наименее выразительные межсезонные различия у *V. covilleanum* установлены для содержания в плодах сухих веществ, флавонолов и общего количества биофлавоноидов, лигнинов и бензойной кислоты, тогда как наиболее выразительные – для содержания в них собственно антоцианов и общего количества антоциановых пигментов, сахарозы, соотношения моноз и дисахарида, а также значений сахаро-кислотного индекса. Наименее выраженные межсезонные различия у *V. vitis-idaea* установлены для содержания в плодах азота, глюкозы, сухих и пектиновых веществ, а также лигнинов, тогда как наиболее выраженные – для содержания в них собственно антоцианов, катехинов, сахарозы, соотношений фракций биофлавоноидов, а также моноз и дисахарида. Наименее значительные межсезонные различия у *Oxycoccus macrocarpus* установлены для содержания в плодах витамина С, жирных масел, фосфора, сухих и дубильных веществ, тогда как наиболее значительные – для содержания в них фруктозы, флавонолов, соотношений моноз и фракций биофлавоноидов, а также значений сахаро-кислотного индекса.

Таблица 6. Позиции характеристик биохимического состава плодов интродуцентов сем. *Vacciniaceae* в ряду усиления межсезонных различий параметров их накопления

Показатель	<i>V. covilleanum</i>	<i>V. vitis-idaea</i>	<i>Oxycoccus macrocarpus</i>
Сухие вещества	1	3	2
Свободные органические кислоты	23	14	19
Аскорбиновая кислота	20	26	1
Глюкоза	7	2	12
Фруктоза	27	18	30
Сахароза	31	28	22
Сумма растворимых сахаров	22	10	24
Фруктоза/Глюкоза	25	21	32
Монозы/Дисахарид	30	30	26
Сахаро-кислотный индекс	28	22	28
Гидропектин	13	6	7
Протопектин	17	11	16
Сумма пектиновых веществ	12	4	9
Протопектин/Гидропектин	19	17	23
Антоцианы	32	32	27
Лейкоантоцианы	24	25	18
Сумма антоциановых пигментов	29	27	17
Катехины	21	29	25
Флавонолы	3	16	29
Флавонолы/Катехины	26	31	31
Сумма биофлавоноидов	2	15	20
Фенолкарбоновые кислоты	9	23	15
Бензойная кислота	5	19	11
Дубильные вещества	18	20	5
Лигнины	4	5	10
Жирные масла	16	8	3
Тритерпеновые кислоты	10	12	21
N	15	1	6
P	8	9	4
K	14	24	14
Ca	6	7	8
Mg	11	13	13

Вместе с тем многолетний характер исследований позволял также выявить таксоны исследуемых видов сем. *Vacciniaceae*, обладающие наибольшей и наименьшей устойчивостью биохимического состава плодов к внешним воздействиям. В этой связи для всех сортов каждого вида были определены средние для совокупности анализируемых признаков значения коэффициентов вариации, которые дают интегральное представление о степени изменчивости в многолетнем цикле наблюдений биохимического состава плодов в целом.

Как следует из данных табл. 3 и 4, значения указанных коэффициентов в спектре сортов изучаемых видов располагались в сходных диапазонах, составлявших у голубики 25,9–35,1%, у брусники – 20,1–33,6%, у клюквы – 23,6–31,2%. В соответствии с увеличением значений данных коэффициентов были определены следующие позиции каждого таксона в нижеприведенных рядах снижения степени устойчивости биохимического состава его плодов к атмосферным воздействиям в многолетнем цикле наблюдений.

V. covilleianum: Nui > Duke > Reka = Puru = Bluecrop > Patriot > Earliblue > Bluetta = Weymouth > Spartan > Northblue = Northland > Coville = Elizabeth > Toro > Jersey.

V. vitis-idaea: Red Pearl > Ammerland > Рубин > Koralle > Erntedank > Sussi > Erntesegen = Sanna > Masovia > Erntekrone.

Oxycoccus macrocarpus: Ben Lear > Pilgrim > McFarlin > Stevens.

Как видим, большинство раннеспелых сортов голубики обнаружили более высокую, чем у средне- и особенно позднеспелых сортов, устойчивость биохимического состава плодов к гидротермическому режиму сезона. При этом наиболее устойчивым оказался биохимический состав плодов четырех ранних сортов – Reka, Puru, но особенно Nui и Duke, превосходивших по данному признаку районированный сорт Bluetta, наименее устойчивым – таковой сортов Spartan и Northblue. Вместе с тем среди среднеспелых сортов данного вида наименьшей зависимостью от погодных факторов характеризовался районированный сорт Bluecrop, практически не уступавший в этом плане наиболее устойчивым раннеспелым сортам. Среди остальных среднеспелых сортов голубики наиболее выраженной стабильностью биохимического состава плодов отличался сорт Patriot, наименьшей – сорта Toro и Jersey, уступавшие по данному признаку даже наименее устойчивым двум позднеспелым сортам Coville и Elizabeth.

В сортовом ряду брусники обыкновенной наибольшей стабильностью биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений отличались сорта Ammerland, Рубин, но особенно Red Pearl, превосходившие по данному признаку районированный сорт Koralle, наименьшей же его стабильностью характеризовались сорта Masovia и Erntekrone.

Среди таксонов клюквы крупноплодной наиболее устойчивым к внешним воздействиям оказался биохимический состав плодов сорта Ben Lear, наименее устойчивым – районированного сорта Stevens.

Заключение. В результате сравнительного исследования уровней вариабельности 32 количественных характеристик биохимического состава плодов 30 таксонов интродуцированных в Беларусь трех видов сем. *Vacciniaceae* (*V. covilleianum*, *V. vitis-idaea* и *Oxycoccus macrocarpus*) в многолетнем цикле наблюдений установлено, что наиболее выраженной устойчивостью биохимического состава плодов к комплексному воздействию абиотических факторов характеризуется брусника обыкновенная.

Показано, что наименее выразительные межсезонные различия в биохимическом составе плодов голубики высокорослой установлены для содержания в них сухих веществ, флавонолов и общего количества биофлавоноидов, лигнинов и бензойной кислоты, тогда как наиболее выразительные – для содержания собственно антоцианов, общего количества антоциановых пигментов, сахарозы, соотношения моноз и дисахарида, а также значений сахаро-кислотного индекса.

Наименее выраженные межсезонные различия в биохимическом составе плодов брусники обыкновенной установлены для содержания в них азота, глюкозы, лигнинов, сухих и пектиновых веществ, тогда как наиболее выраженные – для содержания собственно антоцианов, катехинов, сахарозы, соотношений фракций биофлавоноидов, а также моноз и дисахарида.

Наименее значительные межсезонные различия в биохимическом составе плодов клюквы крупноплодной установлены для содержания в них витамина С, жирных масел, фосфора, сухих

и дубильных веществ, тогда как наиболее значительные – для содержания в них фруктозы, флавонолов, соотношений моноз и фракций биофлавоноидов, а также значений сахаро-кислотного индекса.

Для большинства раннеспелых сортов голубики высокорослой характерна более высокая, чем у средне- и особенно позднеспелых сортов, устойчивость биохимического состава плодов к гидротермическому режиму сезона. При этом в наибольшей степени она проявилась у сортов Reka, Puru, Nui и Duke, превосходивших по данному признаку районированный сорт Bluetta, в наименьшей степени – у сортов Spartan и Northblue. Среди среднеспелых сортов данного вида наименьшей зависимостью от погодных факторов характеризовались районированный сорт Bluecrop и Patriot, наименьшей – сорта Toro и Jersey, уступавшие по данному признаку даже наименее устойчивым позднеспелым сортам Coville и Elizabeth.

В сортовом ряду брусники обыкновенной наибольшей стабильностью биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений отличались сорта Ammerland, Рубин, но особенно Red Pearl, превосходившие по данному признаку районированный сорт Koralle, наименьшей – сорта Masovia и Erntekrone.

Среди таксонов клюквы крупноплодной наиболее устойчивым к внешним воздействиям оказался биохимический состав плодов сорта Ben Lear, наименее устойчивым – районированного сорта Stevens.

Литература

1. С е л я н и н о в, Г. Т. Климатическое районирование СССР для сельскохозяйственных целей / Г. Т. Селянинов // Памяти академика Л. С. Берга. – М.; Л., 1955. – С. 187–225.
2. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги: ГОСТ 28561-90. – Введ. 01.07.91. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.
3. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков [и др.]. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 430 с.
4. Ф о м е н к о, К. П. Методика определения азота, фосфора и калия в растениях из одной навески / К. П. Фоменко, Н. Н. Нестеров // Химия в сельском хозяйстве. – 1971. – № 10. – С. 72–74.
5. З а в а д с к а я, И. Г. Количественное определение углеводов резорциновым и анилинфталатным методами с помощью бумажной хроматографии / И. Г. Завадская, Г. И. Горбачева, Н. С. Мамушина // Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 17–26.
6. S w a n, T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swan, W. Hillis // J. Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10. – N 1. – P. 63–68.
7. С к о р и к о в а, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Тр. III Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
8. Т а н ч е в, С. С. Антоцианы в плодах и овощах. / С. С. Танчев. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 304 с.
9. Ш н а й д м а н, Л. О. Методика определения антоциановых веществ / Л. О. Шнайман, В. С. Афанасьева // 9-й Менделеевский съезд по общ. и прикл. химии: реф. докл. и сообщ. – № 8. – М., 1965. – С. 79–80.
10. С а р а п у у, Л. П. Фенольные соединения яблони / Л. П. Сарапуу, Х. Мийдла // Уч. Зап. Тарт. гос. ун-та. – 1971. – Вып. 256. – С. 111–113.
11. З а п р о м е т о в, М. Н. Биохимия катехинов / М. Н. Запрометов. – М.: Наука, 1964. – 325 с.
12. М ж а в а н а д з е, В. В. Количественное определение хлорогеновой кислоты в листьях черники кавказской (*V. arctostaphylos* L.) / В. В. Мжаванадзе, И. Л. Таргамадзе, Л. И. Драник // Сообщ. АН ГрузССР. – 1971. – Т. 63, вып. 1. – С. 205–210.
13. Государственная фармакопея СССР. – Вып. 1. Общие методы анализа. – М.: Медицина, 1987. – С. 286–287.
14. К а л е б и н, М. И. Исследование свежих плодов, овощей и продуктов их переработки / М. И. Калевин, А. А. Колесник // Исследование пищевых продуктов. – М.: Госторгиздат, 1949. – С. 218–245.
15. С а п у н о в, В. А. Методы оценки кормов и зоотехнический анализ. / В. А. Сапунов, И. И. Федуняк. – Минск, 1958. – 90 с.
16. С и м о н я н, А. В. Количественное определение тритерпеноидов в растениях рода *Thymus* / А. В. Симонян, А. Л. Шинкаренко, Э. Т. Оганесян // Химия природных соединений. – 1972. – № 3. – С. 293–295.
17. С е н н о в, С. Н. Лесоводство: учеб. пособие / С. Н. Сеннов, В. Ф. Ковязин. – Л.: ЛТА, 1990. – 191 с.
18. З а й ц е в, Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. И. Зайцев. – М.: Наука, 1973. – 276 с.
19. К у р л о в и ч, Т. В. Клюква, голубика, брусника: пособие для садоводов-любителей / Т. В. Курлович. – М.: Ниола-Пресс, 2007. – 200 с.

Zh. A. RUPASOVA, V. N. RESHETNIKOV, A. A. VOLOTOVICH,
T. I. VASILEVSKAYA, A. P. YAKOVLEV, T. V. KURLOVICH, F. S. PYATNITSA

**GENOTYPE DIFFERENCES IN THE VARIABILITY OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION
OF FRUITS OF INTRODUCENTS OF SEEDS VACCINIACEAE DEPENDING
ON THE ABIOTIC FACTORS IN THE CONDITIONS OF BELARUS**

Summary

As a result of research of quantitative characteristics of biochemical structure of fruits of 30 taxons of 3 *Vacciniaceae* DC ex Perleb species (such as *V. covilleatum* Butkus et Plishka (a highbush blueberry), *V. vitis-idaea* L. (red whortleberry) and *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers. (large cranberry)), the interspecific distinctions of the degree of stability of its separate components to the complex influence of meteorological factors are revealed by 32 parameters (traits) describing the contents in fruits of some organic acids, carbohydrates, phenolic compounds, terpenoids and major mineral elements. The cultivars possessing the greatest and, accordingly, smallest levels of the dependence on abiotic factors are designated.