

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 634.737:581.5:581.522.4(476)

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-4-403-410>

Поступила в редакцию 05.09.2019

Received 05.09.2019

Ж. А. Рупасова<sup>1</sup>, И. М. Гаранович<sup>1</sup>, Т. В. Шпитальная<sup>1</sup>, Н. Б. Павловский<sup>1</sup>, Л. В. Гончарова<sup>1</sup>,  
Т. И. Василевская<sup>1</sup>, Н. Б. Криницкая<sup>1</sup>, А. Г. Павловская<sup>1</sup>, М. Л. Пигуль<sup>2</sup>, Л. В. Фролова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт плодоводства, Минск, Республика Беларусь

## ГЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛОДОВ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВ ERICACEAE И ACTINIDIACEAE В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

**Аннотация.** Приведены результаты сравнительного исследования варибельности 14 количественных характеристик биохимического состава плодов в сортовых рядах 4 видов интродуцентов из сем. Ericaceae (*Oxycoccus macrocarpus*, *Vaccinium corymbosum*) и Actinidiaceae (*Actinidia arguta*, *Actinidia kolomikta*), показавшие их наименьшую зависимость от генотипа у *O. macrocarpus* и наибольшую у *A. arguta* при наличии у исследуемых видов сходства в уровне генетической детерминированности ряда характеристик биохимического состава плодов. Показано, что наименьшей стабильностью в сортовых рядах обоих видов сем. Ericaceae отличались параметры накопления собственно антоцианов и лейкоантоцианов, тогда как наибольшей – аскорбиновой кислоты, отмеченной у обоих видов сем. Actinidiaceae, напротив, высокой варибельностью. У большинства исследуемых видов интродуцентов наименьшая изменчивость в сортовых рядах установлена для содержания в плодах растворимых сахаров и суммарного количества биофлавоноидов, тогда как наибольшая – для показателя сахарокислотного индекса и содержания дубильных веществ. У *V. corymbosum* и *A. arguta* выявлена слабая зависимость от генотипа содержания в плодах флавонолов, тогда как у *V. corymbosum* и *A. kolomikta* – пектиновых веществ при сильной зависимости от него параметров накопления последних у *O. macrocarpus* и *A. arguta*.

**Ключевые слова:** клюква крупноплодная, голубика высокорослая, актинидия аргута, актинидия коломикта, сорта, плоды, биохимический состав, органические кислоты, углеводы, биофлавоноиды, коэффициент вариации

**Для цитирования:** Генотипическая изменчивость биохимического состава плодов интродуцированных видов семейств Ericaceae и Actinidiaceae в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. навук. – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 403–410. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-4-403-410>

Zh. A. Rupasova<sup>1</sup>, I. M. Garanovich<sup>1</sup>, T. V. Shpitalnaya<sup>1</sup>, N. B. Pavlovskiy<sup>1</sup>, L. V. Goncharova<sup>1</sup>, T. I. Vasilevskaya<sup>1</sup>,  
N. B. Krinitskaya<sup>1</sup>, A. G. Pavlovskaya<sup>1</sup>, M. L. Pigul<sup>2</sup>, L. V. Frolova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Institute of Fruit Growing, Minsk, Republic of Belarus

## GENOTYPIC VARIABILITY OF BIOCHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS OF INTRODUCED SPECIES OF ERICACEAE AND ACTINIDIACEAE FAMILIES IN CONDITIONS OF BELARUS

**Abstract.** The article describes results of a comparative study of variability of 14 quantitative characteristics of biochemical composition of fruits in sort rows of 4 species of introduced varieties of Ericaceae (*Oxycoccus macrocarpus*, *Vaccinium corymbosum*) and Actinidiaceae (*Actinidia arguta*, *Actinidia kolomikta*) families, which has shown its lowest dependence on genotype in *O. macrocarpus* and the greatest dependence in *A. arguta* while the species studied have similarities in the level of genetic determinancy of a number of characteristics of fruits biochemical composition. It has been shown that the lowest stability in sort rows of both species of Ericaceae fam. is typical of parameters of accumulating anthocyanins proper and leucoanthocyanins while the greatest stability – that of ascorbic acid, which is characterized by high variability in both species of Actinidiaceae family.

Most species of introduced plants studied have the lowest variability in sort rows in content of soluble sugars and total amount of bioflavonoids in fruits, while the greatest one – in sugar-acid index and tannins content. It has been found out that *V. corymbosum* and *A. arguta* have little dependence of flavonols content in fruits on genotype while *V. corymbosum* and *A. kolomikta* – that of pectin substances with a strong dependence of parameters of accumulating the latter in *O. macrocarpus* and *A. arguta*.

**Keywords:** marsh cranberry, tall bilberry, actinidia arguta, actinidia kolomikta, sorts, fruits, biochemical composition, organic acids, carbohydrates, bioflavonoids, variation quotient

**For citation:** Rupasova Zh. A., Garanovich I. M., Shpitalnaya T. V., Pavlovskiy N. B., Goncharova L. V., Vasilevskaya T. I., Krinitskaya N. B., Pavlovskaya A. G., Pigul M. L., Frolova L. V. Genotypic variability of biochemical composition of fruits of introduced species of Ericaceae and Actinidiaceae families in conditions of Belarus. *Vesti Natsyyanal'nai akademii nauk Belarusi. Seriya biyagichnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2019, vol. 64, no. 4, pp. 403–410 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-4-403-410>

**Введение.** В результате сравнительного исследования биохимического состава плодов интродуцированных в Беларуси новых высоковитаминных видов сем. Ericaceae и Actinidiaceae – *Oxycoccus macrocarpus* Ait. Pers, *Vaccinium corymbosum* L., *Actinidia arguta* Siebold et Zucc. Planch, ex Miq. и *Actinidia kolomikta* Maxim. & Rupr. установлена выраженная видо- и сорто-специфичность параметров накопления в них действующих веществ разной химической природы [1, 2]. При этом выявлены отчетливые генотипические различия анализируемых признаков, косвенно свидетельствовавшие о разной степени их генетической детерминированности и возможности наследования при выведении новых сортов, что особенно актуально для селекционного процесса.

С целью установления степени зависимости от генотипа количественных характеристик биохимического состава плодов вышеуказанных видов интродуцентов проведено сравнение уровней их изменчивости в соответствующих таксономических рядах в двулетнем цикле наблюдений. При этом мы ориентировались на значения коэффициентов вариации ( $V$ ) рассматриваемых признаков, указывающие на уровень их зависимости от генотипа (т. е. чем выше коэффициент вариации, тем сильнее эта зависимость, а следовательно, ниже уровень генетической детерминированности признака, и наоборот).

**Материалы и методы исследования.** Исследования выполнены в контрастные по погодным условиям сезоны 2016 и 2017 гг. на экспериментальном участке лаборатории интродукции и технологии ягодных растений ЦБС НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.), находящемся на территории центральной агроклиматической зоны Беларуси в районе распространения легких песчаных дерново-подзолистых почв и осушенных верховых торфяников. Вегетационный период первого сезона в целом характеризовался сравнительно жаркой погодой при достаточном и временами избыточном выпадении атмосферных осадков, тогда как на протяжении второго сезона имели место резкие перепады температуры воздуха при дефиците влаги, что свидетельствовало о менее благоприятном характере погодных условий для созревания плодов интродуцентов.

В качестве объектов исследования были использованы плоды 6 сортов *O. macrocarpus* – *Stevens*, *Bain Favorit*, *Hiliston*, *Holistar Red*, *Stankovich*, *WSU 108*; 9 сортов *V. corymbosum* – *Bluecrop (st)*, *Bluejay*, *Nui*, *Puru*, *Spartan*, *Sunrise*, *Toro*, *Brigitta Blue*, *Elliott*; 5 сортов и природной формы *A. arguta* – *Киевская крупноплодная*, *Киевская гибридная*, *Ласунка*, *Пурпурная садовая* и *Сентябрьская*, а также 8 сортов и природной формы *A. kolomikta* – *Превосходная*, *Ароматная*, *Достойная*, *Однодомная*, *Сентябрьская*, *ВИР-1*, *Вафельная* и *Ботаническая*.

Сравнительную оценку их биохимического состава осуществляли по широкому спектру показателей, относящихся к разным классам действующих веществ. В свежих усредненных пробах зрелых плодов определяли содержание: сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [3]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [4]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [4]. В высушенных при температуре 60 °С пробах растительного материала определяли содержание: гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [5]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [6]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [4]; суммы антоциановых пигментов – по методу Т. Swain, W. E. Hillis [7] (с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [8]); собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [4, 9]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [4]; дубильных веществ – титрометрическим методом Левенталя [10]. Все аналитические определения выполнены в трехкратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

**Результаты и их обсуждение.** В результате выполненных исследований обозначены диапазоны изменений основных характеристик биохимического состава плодов в таксономических рядах представителей сем. Ericaceae и Actinidiaceae (табл. 1). Сравнение данных диапазонов у исследуемых видов интродуцентов показало, что плоды *O. macrocarpus* отличались наиболее высоким содержанием свободных органических кислот, лейкоантоцианов, катехинов и дубиль-

ных веществ при наименьшем, сопоставимом с таковым у обоих видов актинидии, содержании растворимых сахаров, а также самом низком показателе сахарокислотного индекса и наименьшем количестве сухих и пектиновых веществ. У плодов *V. corymbosum*, характеризовавшихся максимальным значением сахарокислотного индекса, установлено наиболее активное накопление гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, собственно антоцианов, флавонолов и биофлавоноидов в целом при наименьшем содержании дубильных веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот. Плоды *A. arguta*, как и плоды *A. kolomikta*, в ряду исследуемых видов оказались наиболее богаты сухими и пектиновыми веществами, но вместе с тем отличались отсутствием в составе Р-витаминного комплекса собственно антоцианов при наименьшем содержании в них растворимых сахаров и дубильных веществ. Наряду с этим плоды *A. arguta* характеризовались минимальным накоплением гидроксикоричных кислот и флавонолов. В отличие от *A. arguta*, *A. kolomikta* занимала лидирующее положение в содержании в плодах аскорбиновой кислоты, которое в несколько раз превосходило таковое у остальных видов интродуцентов, но при этом для нее было показано наименьшее содержание лейкоантоцианов, катехинов и биофлавоноидов.

Т а б л и ц а 1. Диапазоны изменений в таксономических рядах интродуцентов сем. Ericaceae и Actinidiaceae количественных показателей биохимического состава плодов (в сухом веществе) в годы исследований

Table 1. Ranges of changes in taxonomic rows of *Oxycoccus macrocarpus* family introduced species of quantitative indexes of fruits biochemical composition (in dry matter) in the years of the study

Показатель	Год	<i>Oxycoccus macrocarpus</i>	<i>Vaccinium corymbosum</i>	<i>Actinidia arguta</i>	<i>Actinidia kolomikta</i>
Сухие вещества, %	2016	11,8–13,7	13,4–17,0	17,4–24,5	16,5–23,4
	2017	11,6–13,0	12,5–17,2	15,2–21,9	15,5–23,5
Свободные органические кислоты, %	2016	21,6–27,4	3,5–11,6	4,0–12,2	11,1–13,6
	2017	26,9–29,9	5,4–10,5	9,6–12,8	11,8–18,4
Аскорбиновая кислота, мг%	2016	461,2–533,0	248,7–357,9	200,0–536,3	1894,3–3280,5
	2017	387,3–423,7	335,2–448,1	164,4–722,3	2421,3–4070,4
Гидроксикоричные кислоты, мг%	2016	565,8–823,7	733,7–1141,8	177,4–333,9	298,5–679,6
	2017	601,2–678,2	676,2–920,2	156,3–205,0	322,0–632,2
Растворимые сахара, %	2016	34,7–41,0	45,3–59,3	26,0–40,3	25,0–40,3
	2017	23,0–34,7	51,0–60,0	29,0–37,0	32,7–39,7
Сахарокислотный индекс	2016	1,4–1,7	4,5–15,1	2,3–10,0	1,8–3,6
	2017	0,8–1,2	5,1–11,1	2,4–3,9	1,8–3,4
Пектиновые вещества, %	2016	3,5–6,3	4,2–6,4	6,2–12,6	8,1–13,0
	2017	5,7–7,2	8,4–9,6	7,6–12,0	7,9–9,9
Собственно антоцианы, мг%	2016	1913,3–2765,0	4506,7–9150,0	0	0
	2017	1700,0–3216,0	2706,7–5775,0	0	0
Лейкоантоцианы, мг%	2016	3482,5–4244,3	2670,7–5104,5	2366,0–2825,3	910,0–1378,0
	2017	3934,0–6672,0	2298,3–4326,0	2366,0–3891,3	884,0–1291,3
Сумма антоциановых пигментов, мг%	2016	5960,5–7007,0	7297,3–14254,5	2366,0–2825,3	910,0–1378,0
	2017	7098,0–8372,0	5005,0–10101,0	2366,0–3891,3	884,0–1291,3
Катехины, мг%	2016	1342,3–2062,7	797,3–1126,7	593,7–1100,7	478,1–702,0
	2017	1046,5–2626,0	705,3–1054,1	624,0–775,7	524,3–606,7
Флавонолы, мг%	2016	1238,0–1635,3	1510,9–2014,1	864,6–1017,4	869,0–1471,6
	2017	982,5–1329,7	1360,2–1818,7	633,2–864,6	755,4–1213,9
Сумма биофлавоноидов, мг%	2016	8769,7–10378,9	9840,1–17185,1	3863,3–4856,8	2367,5–3395,6
	2017	9526,2–12026,4	7373,8–12625,0	3854,6–5422,4	2280,9–3029,6
Дубильные вещества, %	2016	2,33–2,87	1,77–2,58	1,39–3,10	2,08–3,51
	2017	2,35–4,15	1,70–2,60	1,70–2,40	1,70–2,40

Обращает на себя внимание несопоставимость диапазонов варьирования в таксономических рядах исследуемых видов количественных характеристик биохимического состава их плодов. На наш взгляд, это обусловлено генотипическими различиями параметров накопления в них отдельных химических соединений и косвенно свидетельствовало о разной степени их генетической детерминированности, что необходимо учитывать в селекционном процессе при выведении новых сортов интродуцентов.

С целью установления степени зависимости от генотипа количественных характеристик биохимического состава плодов последних проведено сравнение уровней их изменчивости в соответствующих таксономических рядах в годы наблюдений. Для оценки уровня изменчивости анализируемых признаков мы ориентировались на шкалу Г.Н. Зайцева [11], предусматривающую их распределение на 5 групп: с очень низким уровнем изменчивости ( $V < 7\%$ ), низким ( $V = 8–12\%$ ), средним ( $V = 13–20\%$ ), повышенным ( $V = 21–40\%$ ) и очень высоким ( $V > 41\%$ ).

Анализ данных, приведенных в табл. 2, выявил весьма широкий диапазон изменений коэффициентов вариации 14 количественных характеристик биохимического состава плодов в таксономических рядах интродуцентов как в отдельные годы, так и в среднем за период наблюдений. Это свидетельствовало о разном уровне их генетической детерминированности и позволяло обозначить признаки, обладающие наибольшей и, соответственно, наименьшей степенью внутри- и межвидовой изменчивости. Как следует из табл. 3, у всех видов интродуцентов существенное влияние на доленое участие в биохимическом составе плодов показателей с тем или иным уровнем изменчивости в таксономических рядах оказывал гидротермический режим сезона, в связи с чем представлялось целесообразным при анализе этих данных ориентироваться на усредненные значения исследуемого параметра.

Единственным видом в ряду интродуцентов со значительным количеством биохимических характеристик с очень низким уровнем изменчивости (36 %) являлась *O. macrocarpus*, у которой достаточно высокой (28 %) была также доля показателей с низким уровнем изменчивости, тогда как на долю признаков со средним ее уровнем приходилось 29 %. Наряду с этим в качественном составе плодов клюквы крупноплодной установлена минимальная среди исследуемых видов относительная доля показателей с повышенным уровнем изменчивости (не более 7 %), при отсут-

Т а б л и ц а 2. Средние для таксономических рядов интродуцентов сем. Ericaceae и Actinidiaceae значения коэффициентов вариации количественных показателей биохимического состава плодов в годы исследований, %

Table 2. Average for taxonomic series of introducers of the family Ericaceae and Actinidiaceae values of the coefficients of variation of quantitative indicators of the biochemical composition of the fruit in the years of research, %

Показатель	<i>Oxycoccus macrocarpus</i>			<i>Vaccinium corymbosum</i>			<i>Actinidia arguta</i>			<i>Actinidia kolomikta</i>		
	2016	2017	средн.	2016	2017	Средн. знач.	2016	2017	Средн. знач.	2016	2017	Средн. знач.
Сухие вещества, %	5,3	4,4	4,9	8,4	10,9	9,7	11,9	16,5	14,2	11,8	13,1	12,5
Свободные органические кислоты, %	8,4	3,9	6,2	42,6	20,9	31,8	33,5	11,6	22,6	16,2	15,5	15,9
Аскорбиновая кислота, мг%	5,3	3,5	4,4	10,5	11,4	11,0	27,3	60,9	44,1	20,4	18,7	19,6
Гидроксикоричные кислоты, мг%	14,5	4,5	9,5	13,6	10,4	12,0	21,4	11,0	16,2	25,1	25,4	25,3
Растворимые сахара, %	7,1	14,2	10,7	9,1	6,2	7,7	15,5	9,8	12,7	12,9	7,5	10,2
Сахарокислотный индекс	8,9	15,6	12,3	36,4	24,2	30,3	65,2	21,0	43,1	22,8	20,6	21,7
Пектиновые вещества, %	20,9	9,9	15,4	12,9	4,2	8,6	25,7	20,4	23,1	14,4	8,1	11,3
Собственно антоцианы, мг%	12,5	22,5	17,5	23,9	22,6	23,3	0	0	0	0	0	0
Лейкоантоцианы, мг%	7,3	18,9	13,1	22,7	18,0	20,4	7,3	17,8	12,6	14,5	16,1	15,3
Сумма антоциановых пигментов, мг%	7,3	6,6	7,0	22,8	20,1	21,5	7,3	17,8	12,6	14,5	16,1	15,3
Катехины, мг%	14,4	34,2	24,3	10,8	13,8	12,3	23,9	9,8	16,9	12,7	5,5	9,1
Флавонолы, мг%	10,2	10,8	10,5	9,2	12,0	10,6	5,5	10,9	8,2	18,4	19,1	18,8
Сумма биофлавоноидов, мг%	6,7	8,6	7,7	19,0	15,8	17,4	8,8	12,8	10,8	11,5	11,1	11,3
Дубильные вещества, %	7,3	21,2	14,3	14,0	13,7	13,9	26,2	14,9	20,6	21,1	13,7	17,4
Средневзвешенное значение $V$ , %	9,7	12,8	11,3	18,3	14,6	16,5	21,5	18,1	19,8	16,6	14,7	15,7

Т а б л и ц а 3. Относительная доля показателей биохимического состава плодов интродуцентов сем. Ericaceae и Actinidiaceae с разным уровнем изменчивости в двухлетнем цикле наблюдений, %  
 T a b l e 3. Relative share of characteristics of fruits biochemical composition of introduced species of Ericaceae and Actinidiaceae families with a different variability level in a two-year observation cycle, %

Уровень изменчивости, %	<i>Oxycoccus macrocarpus</i>			<i>Vaccinium corymbosum</i>			<i>Actinidia arguta</i>			<i>Actinidia kolomikta</i>		
	2016	2017	Средн. знач.	2016	2017	Средн. знач.	2016	2017	Средн. знач.	2016	2017	Средн. знач.
Очень низкий (< 7)	50	36	36	0	14	0	23	0	0	0	8	0
Низкий (8–12)	29	21	28	36	29	50	15	38	15	15	23	31
Средний (13–20)	14	21	29	28	36	21	8	46	46	62	54	54
Повышенный (21–40)	7	22	7	29	21	29	46	8	23	23	15	15
Очень высокий (>41)	0	0	0	7	0	0	8	8	16	0	0	0

ствии признаков с ее очень высоким уровнем. Для *V. corymbosum* была показана в целом более высокая, чем у *O. macrocarpus*, вариабельность характеристик биохимического состава плодов в пределах таксономического ряда, что подтверждалось полным отсутствием в нем доли признаков с очень низким уровнем изменчивости при существенном возрастании (до 29 %) таковой с ее повышенным уровнем. При этом доминирующее положение в биохимическом составе плодов голубики занимали признаки с низким уровнем изменчивости (50 %) на фоне снижения до 21 % доли признаков с ее средним уровнем.

В отличие от представителей сем. Ericaceae, биохимический состав плодов обоих видов сем. Actinidiaceae в двухлетнем цикле наблюдений характеризовался более выраженной генотипической изменчивостью. Наиболее отчетливо это проявилось у *A. arguta*, характеризовавшейся не только отсутствием в нем признаков с очень низким уровнем изменчивости при самом незначительном (15 %) количестве таковых с ее низким уровнем, но и появлением признаков с очень высоким уровнем изменчивости, относительная доля которых достигала 16 %, на фоне весьма значительного количества признаков с ее повышенным уровнем. Вместе с тем для обоих видов сем. Actinidiaceae, особенно для *A. kolomikta*, показано более высокое, нежели у представителей сем. Ericaceae, количество признаков со средним уровнем изменчивости (46–54 % против 21–29 %) (табл. 3). Заметим, что биохимический состав плодов *A. kolomikta* в целом характеризовался меньшим уровнем изменчивости в таксономическом ряду по сравнению с таковым у плодов *A. arguta*. Это подтверждалось не только отсутствием в нем признаков с ее очень высоким уровнем при снижении доли таковых с повышенным уровнем, но и увеличением вдвое количества признаков с низким уровнем изменчивости при заметном увеличении доли таковых с ее средним уровнем.

Результаты данных исследований позволили расположить исследуемые виды интродуцентов в порядке ослабления зависимости от генотипа совокупности количественных характеристик биохимического состава плодов в следующей последовательности: *A. arguta* > *A. kolomikta* > *V. corymbosum* > *O. macrocarpus*.

Как следует из табл. 2, у всех исследуемых видов интродуцентов далеко не во всех случаях соответствие уровня генотипической изменчивости конкретного признака той или иной области принятой градации сохранялось на протяжении двухлетнего периода наблюдений, что однозначно свидетельствовало о выраженной его зависимости от гидротермического режима сезона в период формирования плодов. При этом каждому виду интродуцентов были присущи индивидуальные особенности генотипической изменчивости количественных характеристик биохимического состава плодов. Для выявления последовательности анализируемых признаков (14 у представителей сем. Ericaceae и 12 у сем. Actinidiaceae) в порядке снижения уровня генетической детерминированности, указывающего на усиление сортовых различий, были определены позиции каждого из них в соответствии с увеличением коэффициентов вариации, усредненных в двухлетнем цикле наблюдений (табл. 4).

Если исходить из посыла, что первые 5 позиций в приведенных рядах занимают признаки, обладающие наибольшим, а последние 5 – признаки с наименьшим уровнем генетической детерминированности, то из табл. 4 следует, что у всех исследуемых видов интродуцентов наименее выраженные сортовые различия были установлены для содержания в плодах сухих веществ. При этом подобные различия у *O. macrocarpus* были выявлены также для содержания в них аскорбиновой

Таблица 4. Позиции характеристик биохимического состава плодов интродуцентов сем. Ericaceae и Actinidiaceae в рядах снижения уровня генетической детерминированности в двулетнем цикле наблюдений

Table 4. Positions of characteristics of biochemical structure of fruits of introduced species fam. Ericaceae and Actinidiaceae in the ranks of decrease in level of genetic determinancy in a biannual cycle of observations

Показатель	<i>O. macrocarpus</i>	<i>V. corymbosum</i>	<i>A. arguta</i>	<i>A. kolomikta</i>
Сухие вещества	2	3	5	5
Свободные органические кислоты	3	14	9	7
Аскорбиновая кислота	1	5	12	10
Гидроксикоричные кислоты	6	6	6	12
Растворимые сахара	8	1	4	2
Сахарокислотный индекс	9	13	11	11
Пектиновые вещества	12	2	10	4
Собственно антоцианы	13	12	0	0
Лейкоантоцианы	10	10	3	6
Сумма антоциановых пигментов	4	11	3	6
Катехины	14	7	7	1
Флавонолы	7	4	1	9
Сумма биофлавоноидов	5	9	2	3
Дубильные вещества	11	8	8	8

сходства в уровне генетической детерминированности ряда характеристик биохимического состава плодов. Так, наименьшей стабильностью в сортовых рядах обоих видов сем. Ericaceae характеризовались параметры накопления в них собственно антоцианов и лейкоантоцианов, тогда как наибольшей – аскорбиновой кислоты, отмеченной у обоих видов сем. Actinidiaceae, напротив, высоким уровнем вариабельности. У большинства видов наименьшая изменчивость в сортовых рядах установлена для содержания в плодах растворимых сахаров и суммы биофлавоноидов (за исключением *O. macrocarpus* в первом случае и *V. corymbosum* во втором), тогда как наибольшая – для показателя сахарокислотного индекса и содержания дубильных веществ (за исключением *O. macrocarpus* в первом случае и *V. corymbosum* во втором). У *V. corymbosum* и *A. arguta* выявлена слабая зависимость от генотипа содержания в плодах флавонолов, тогда как у *V. corymbosum* и *A. kolomikta* – пектиновых веществ при сильной зависимости от него параметров накопления последних у *O. macrocarpus* и *A. arguta*. В наших более ранних исследованиях при оценке изменчивости биохимического состава плодов в таксономических рядах других представителей родов *Vaccinium* и *Oxycoccus* были получены близкие приведенным выше результаты [12], что свидетельствует об общности характера выявленных закономерностей для сем. Ericaceae.

Полученные данные о генотипической изменчивости количественных характеристик биохимического состава плодов исследуемых интродуцентов имеют чрезвычайно важное значение для селекционного процесса, поскольку при создании новых сортов эта информация позволит прогнозировать возможные изменения в качестве плодов преимущественно за счет направленной регуляции содержания органических соединений с наиболее выраженной лабильностью в таксономических рядах.

**Заключение.** В результате сравнительного исследования вариабельности 14 количественных характеристик биохимического состава плодов в сортовых рядах 4 видов интродуцентов из сем. Ericaceae и Actinidiaceae – *O. macrocarpus*, *V. corymbosum*, *A. arguta* и *A. kolomikta* установлена ее наименьшая зависимость от генотипа у *O. macrocarpus* и наибольшая у *A. arguta* при

и свободных органических кислот, суммы антоциановых пигментов и общего количества биофлавоноидов, у *V. corymbosum* – для содержания аскорбиновой кислоты, растворимых сахаров, пектиновых веществ и флавонолов, у *A. arguta* – для параметров накопления растворимых сахаров, лейкоантоцианов, флавонолов и общего количества биофлавоноидов, у *A. kolomikta* – для содержания растворимых сахаров, пектиновых веществ, катехинов и суммарного количества биофлавоноидов. Соответственно, наиболее выраженные сортовые различия были установлены у *O. macrocarpus* для содержания в плодах пектиновых и дубильных веществ, собственно антоцианов, лейкоантоцианов и катехинов, у *V. corymbosum* – для такового свободных органических кислот, собственно антоцианов, лейкоантоцианов и показателя сахарокислотного индекса, у *A. arguta* – для параметров накопления аскорбиновой и свободных органических кислот, пектиновых и дубильных веществ, а также для показателя сахарокислотного индекса, у *A. kolomikta* – для содержания аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, флавонолов, дубильных веществ и показателя сахарокислотного индекса.

Нетрудно убедиться в наличии у исследуемых видов интродуцентов определенного

наличии у исследуемых видов сходства в уровне генетической детерминированности ряда характеристик биохимического состава плодов. Показано, что наименьшей стабильностью в сортовых рядах обоих видов сем. Ericaceae характеризовались параметры накопления собственно антоцианов и лейкоантоцианов, тогда как наибольшей – аскорбиновой кислоты, которая у обоих видов сем. Actinidiaceae отличалась, напротив, высокой вариабельностью. У большинства исследуемых видов интродуцентов наименьшая изменчивость в сортовых рядах установлена для содержания в плодах растворимых сахаров и суммарного количества биофлавоноидов, тогда как наибольшая – для показателя сахарокислотного индекса и содержания дубильных веществ. У *V. corymbosum* и *A. arguta* выявлена слабая зависимость от генотипа содержания в плодах флавонолов, тогда как у *V. corymbosum* и *A. kolomikta* – пектиновых веществ при сильной зависимости от него параметров накопления последних у *O. macrocarpus* и *A. arguta*.

### Список использованных источников

1. Сравнительная оценка биохимического состава плодов новых интродуцированных сортов клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers.) в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вест. НАН Беларуси. Сер. биол. наук. – 2017. – № 1. – С. 16–24.
2. Биохимический состав плодов интродуцированных сортов актинидии аргута (*Actinidia arguta* Siebold et Zucc.) Planch, ex Miq.) в Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Актуальные вопросы инновационного развития генетики, селекции и интродукции садовых культур : материалы Всерос. дистанц. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Москва, 1–31 марта 2017 г. – М., 2017. – С. 274–278.
3. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2-82. – Введ. 01.01.1983. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
4. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
5. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники : дис. ... канд. фарм. наук / Н. Г. Марсов. – Пермь, 2006. – 200 с.
6. Плешков, Б. П. Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. – 3-е изд., доп. и перераб. – М. : Колос, 1985. – 255 с.
7. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J. Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10, N 1. – P. 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
8. Скорикова, 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 (27–30 сент. 1966 г.) / М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР ; Урал. лесотехн. ин-т. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
9. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреева [и др.] // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
10. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М., 1987. – Вып. 1 : Общие методы анализа. – С. 286–287.
11. Зайцев, Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М. : Наука, 1974. – 424 с.
12. Формирование биохимического состава плодов видов семейства Ericaceae (Вересковые) при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. акад. В. И. Парфенова. – Минск : Беларус. навука. – 2011. – 307 с.

### References

1. Rupasova Zh. A., Pavlovskii N. B., Vasilevskaya T. I., Krinickaya N. B., Tishkovskaya E. V., Pavlovskaya A. G., Titok V. V., Reshetnikov V. N., Pinchukova Ju. M., Lishtvan I. I. Comparative evaluation of the biochemical composition of the fruits of the new introduced large-fruited cranberry varieties (*Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers.) in the conditions of Belarus. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2017, no. 1, pp. 16–24 (in Russian).
2. Rupasova Zh. A., Garanovich I. M., Shpital'naya T. V., Vasilevskaya T. I., Krinickaya N. B., Frolova L. V. Biochemical composition of fruits of introduced varieties of actinidia arguta (*Actinidia arguta* Siebold et Zucc.) Planch, ex Miq.) in Belarus. *Aktual'nyye voprosy innovatsionnogo razvitiya genetiki, seleksii i introduksii sadovykh kul'tur: materialy Vserossiiskoi distantsionnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem* [Topical issues of innovative development of genetics, plant breeding and introduction of horticultural crops: materials of the All-Russian distance scientific-practical conference with international participation]. Moscow, 2017, pp. 274–278 (in Russian).
3. *Methods for determination of dry substances: GOST 8756.2-82*. Vved. 01.01.1983. Moscow, Standards Publishing, 1982. 5 p. (in Russian).
4. Ermakov A. I. (ed.). *Methods of biochemical research of plants. 3rd ed.* Leningrad, Agropromizdat Publ., 1987. 430 p. (in Russian).
5. Marsov N. G. *Phytochemical study and biological activity of cranberries, cranberries and blueberries*. Ph. D. Thesis. Perm', 2006. 200 p. (in Russian).
6. Pleshkov B. P. *Practical work on plant biochemistry. 3rd ed.* Moscow, Kolos Publ., 1985. 255 p. (in Russian).
7. Swain T., Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1959, vol. 10, no. 1, pp. 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>

8. Skorikova Yu. G., Shaftan E. A. Method for the determination of anthocyanins in fruits and berries. *Trudy III Vsesoyuznogo seminar po biologicheski aktivnym (lechebnym) veshchestvam plodov i yagod (27–30 sentyabrya 1966 goda)* [Proceedings of the III All-Union seminar on biologically active (medicinal) substances of fruits and berries (September 27–30, 1966)]. Sverdlovsk, 1968, pp. 451–461 (in Russian).

9. Andreeva V. Yu., Kalinkina, G. I., Kolomiets N. E., Isaikina N. V. Method for the determination of anthocyanins in the fruit of chokeberry aronia. *Farmatsiya* [Pharmacy], 2013, no. 3, pp. 19–21 (in Russian).

10. Determination of the content of tannins in medicinal plant raw materials. *State Pharmacopoeia of the USSR. Issue 1. General analysis methods*. Moscow, 1987, pp. 286–287 (in Russian).

11. Zaitsev G. N. *Mathematical statistics in experimental botany*. Moscow, Nauka Publ., 1974. 424 p. (in Russian).

12. Rupasova Zh. A., Reshetnikov V. N., Vasilevskaya T. I., Yakovlev A. P., Pavlovskii N. B. *Formation of the biochemical composition of the fruits of the Ericaceae family (Heathers) when introduced in Belarus*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2011. 307 p. (in Russian).

### Информация об авторах

*Рупасова Жанна Александровна* – член-корреспондент, д-р биол. наук, профессор, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

*Гаранович Игорь Михайлович* – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: I.Garanovich@cbg.org.by

*Шпитальная Тамара Васильевна* – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: bel.dendr@gmail.com

*Павловский Николай Болеславович* – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: pavlovskiy@tut.by

*Гончарова Людмила Владимировна* – канд. биол. наук, уч. секретарь. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: L.Goncharova@cbg.org.by

*Василевская Тамара Ивановна* – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: T.Vasileuskaya@cbg.org.by

*Криницкая Наталья Болеславовна* – науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

*Павловская Алла Генриховна* – науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: pavlovskiy@tut.by

*Пигуль Марина Леоновна* – науч. сотрудник. Институт плодородства (ул. Ковалева, 2, 223013, аг. Самохваловичи, Минский район, Минская область, Республика Беларусь).

*Фролова Людмила Владимировна* – канд. с.-х. наук, заведующий лабораторией. Институт плодородства (ул. Ковалева, 2, 223013, аг. Самохваловичи, Минский район, Минская область, Республика Беларусь).

### Information about the authors

*Zhanna A. Rupasova* – Corresponding Member, D. Sc. (Biol.), Professor, Head of the Laboratory. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Sarganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

*Igor M. Garanovich* – Ph. D. (Biol.), Leading researcher. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Sarganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: I.Garanovich@cbg.org.by

*Tamara V. Shpitalnaya* – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Sarganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bel.dendr@gmail.com

*Nikolay B. Pavlovskiy* – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Sarganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pavlovskiy@tut.by

*Ljudmila V. Goncharova* – Ph. D. (Biol.), Scientific Secretary. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Sarganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: L.Goncharova@cbg.org.by

*Tamara I. Vasilevskaya* – Ph. D. (Biol.), Senior researcher. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Sarganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: T.Vasileuskaya@cbg.org.by

*Natalia B. Krinitskaya* – Researcher. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Sarganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus).

*Alla G. Pavlovskaya* – Researcher. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Sarganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pavlovskiy@tut.by

*Marina L. Pigul* – Researcher. Institute of Fruit Growing (Kovalev Str., 2, 223013, ag. Samokhvalovichy, Minsk District, Minsk Region, Republic of Belarus).

*Ljudmila V. Frolova* – Ph. D. (Agric.), Head of the Laboratory. Institute of Fruit Growing (Kovalev Str., 2, 223013, ag. Samokhvalovichy, Minsk District, Minsk Region, Republic of Belarus).