

УДК 581.192:634.18:634.74(476)

Ж. А. РУПАСОВА¹, И. М. ГАРАНОВИЧ¹, Т. В. ШПИТАЛЬНАЯ¹, Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ¹,
Н. Б. КРИНИЦКАЯ¹, А. М. БУБНОВА¹, Ю. М. ПИНЧУКОВА²

**БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ КИЗИЛА НАСТОЯЩЕГО,
РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И АРОНИИ МИЧУРИНА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА ПРИ ИХ ИНТРОДУКЦИИ В БЕЛАРУСИ**

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

²Белорусский государственный экономический университет, Минск, Беларусь, e-mail: pinchykova@gmail.com

На основании сравнительного анализа усредненных в двулетнем цикле наблюдений в таксономических рядах кизила настоящего, рябины обыкновенной и аронии Мичурина коэффициентов вариации 15 количественных характеристик биохимического состава плодов наиболее высокий интегральный уровень их генетической детерминированности установлен у аронии черноплодной, у кизила настоящего и рябины обыкновенной он был соответственно в 1,6 и 2,9 раза ниже. У всех трех видов наименьшей изменчивостью в таксономических рядах характеризовалось содержание в плодах сухих и пектиновых веществ, тогда как наибольшей – содержание антоцианов и общее количество биофлавоноидов.

Ключевые слова: биохимический состав, кизил настоящий, рябина обыкновенная, арония Мичурина.

Zh. A. RUPASOVA, I. M. GARANOVICH, T. V. SHPITALNAYA, T. I. VASILEUSKAYA,
N. B. KRINITSKAYA, A. M. BUBNOVA, Yu. M. PINCHUKOVA

**BIOCHEMICAL STRUCTURE OF FRUITS OF A CORNEL OF THE PRESENT,
MOUNTAIN ASH ORDINARY AND MICHURIN'S ARONIYA
DEPENDING ON A GENOTYPE AT THEIR INTRODUCTION IN BELARUS**

¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

²Belarus State Economic University, e-mail: pinchykova@gmail.com

The results of the comparative analysis in the biennial cycle averaged observations coefficients of variation of 15 quantitative characteristics of the biochemical composition of the fruit of the dogwood, mountain ash and chokeberry. It is shown that all three species of lower variability in taxonomic ranks characterized by content of dry fruit and pectin, and most in the content of anthocyanins and total bioflavonoids.

Keywords: biochemical composition, Cornel, mountain ash, chokeberry Michurin.

Введение. Особое место в ряду интродуцентов, являющихся потенциальными объектами лечебного садоводства, занимают кизил настоящий, рябина обыкновенная и арония Мичурина (арония черноплодная), плоды которых издавна используются в пищевых и медицинских целях. По нашим оценкам, сырьевые части этих растений в условиях Беларуси характеризуются значительным накоплением широкого спектра действующих веществ, в том числе свободных органических, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, углеводов и биофлавоноидов, что делает их весьма привлекательными для комплексного практического использования, особенно после аварии на ЧАЭС.

В последние годы коллекция ЦБС НАН Беларуси пополнилась рядом новых сортов и гибридных форм кизила настоящего (*Cornus mas* L.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и аронии Мичурина (*Aronia mitschurini* (A. Skvorts. et Maitulina). Они успешно прошли первичные интродукционные испытания в условиях Беларуси, что свидетельствует о перспективности распространения этих растений на территории республики и о возможности их использования в качестве исходной основы для дальнейшей селекционной работы, являющейся мощным фактором

управления не только ростовыми и биопродукционными параметрами растений, но и биохимическим составом плодов [1]. Вместе с тем в таксономических рядах исследуемых видов плодовых культур были выявлены заметные генотипические различия параметров накопления в плодах отдельных соединений, свидетельствующие о разной степени их генетической детерминированности. Это позволило обозначить признаки с разной степенью предполагаемого наследования в гибридном потомстве данных видов, что можно использовать для направленной регуляции биохимического состава их плодов при селекции.

С целью установления степени зависимости от генотипа количественных характеристик биохимического состава плодов вышеуказанных видов в 2013–2014 гг. было проведено сравнение уровней их изменчивости в таксономических рядах данных плодовых культур.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования были использованы 8 таксонов кизила настоящего – природная форма, распространенная в Беларуси, 3 новых интродуцированных сорта украинской селекции – *Нежный*, *Крупноплодный* и *Гренадер* из коллекции ЦБС НАН Беларуси и 4 гибрида – *K-1*, *K-3*, *K-6* и *K-7* из коллекции Института плодоводства, 8 таксонов рябины обыкновенной – природная форма, распространенная в Беларуси, 4 сорта – *Алая крупноплодная*, *Десертная*, *Лукерная* и *Sorbus hostii* из коллекции Института плодоводства и 4 сорта – *Десертная Мичурина*, *Бурка*, *Гранатная* и *Розина* из коллекции ЦБС НАН Беларуси, 3 таксона аронии Мичурина – природная форма, принятая за эталон сравнения, а также 2 сорта – *Венисса* и *Надежда* из коллекции Института плодоводства НАН Беларуси.

Комплексная оценка биохимического состава плодов исследуемых видов осуществлялась по широкому спектру показателей. При этом в свежих усредненных пробах зрелых плодов определяли содержание: сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [2]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [3]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [3]. В высушенных при температуре 50–60 °С усредненных пробах плодов определяли суммарное содержание растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [4]; общее количество пектиновых веществ – кальций-пектатным методом [5]; суммы антоциановых пигментов – по методу T. Swain, W. E. Hillis [6]; собственно антоцианов, суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) [7] и суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – фотоколориметрическим методом [3]; гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [8]; дубильных веществ – титриметрическим методом Левентала [9]. Все аналитические определения выполнены в трехкратной биологической повторности. Статистическая обработка данных осуществлена с помощью программы Excel.

При определении уровня генетической детерминированности анализируемых признаков ориентировались на значения коэффициентов вариации (V) в таксономических рядах интродуцентов, указывающие на уровень их зависимости от генотипа растений, т. е. чем выше коэффициент вариации, тем сильнее эта зависимость, а следовательно, ниже уровень генетической детерминированности признака, и наоборот. Для оценки уровня изменчивости исследуемых показателей использовали шкалу Г. Н. Зайцева (аналог традиционно используемой для сельскохозяйственных культур шкалы Б. А. Доспехова) [10], предусматривающую их разделение на 5 групп: с очень низким уровнем изменчивости (< 7 %), низким (8–12 %), средним (13–20 %), повышенным (21–40%) и очень высоким (> 41 %).

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ усредненных в двулетнем цикле наблюдений в таксономических рядах кизила настоящего, рябины обыкновенной и аронии Мичурина коэффициентов вариации 15 количественных характеристик биохимического состава плодов, приведенных в табл. 1, выявил весьма широкий диапазон их изменений, что косвенно свидетельствовало о разном уровне генетической детерминированности исследуемых показателей и позволяло обозначить признаки, обладающие как наибольшей, так и наименьшей степенью зависимости от генотипа растений.

Как следует из табл. 2, распределение показателей биохимического состава плодов кизила настоящего в соответствии с 5 градациями уровня варибельности было сравнительно равномерным, причем его низкими и очень низкими значениями характеризовались 33 % признаков.

Таблица 1. Усредненные в таксономических рядах кизила настоящего, рябины обыкновенной и аронии Мичурина значения коэффициентов вариации (V, %) количественных характеристик биохимического состава плодов (по двухлетним данным)

Показатель	Кизил настоящий	Рябина обыкновенная	Арония черноплодная	Позиция показателя в ряду снижения уровня генетической детерминированности		
				Кизил настоящий	Рябина обыкновенная	Арония черноплодная
Сухие вещества	10,3	15,6	4,6	4	2	4
Свободные органические кислоты	10,2	36,6	5,9	3	10	5
Аскорбиновая кислота	15,1	32,8	21,8	7	9	13
Гидроксикоричные кислоты	15,2	21,0	3,6	8	6	2
Сумма растворимых сахаров	4,3	16,9	13,1	1	3	9
Сахарокислотный индекс	12,6	53,3	12,5	5	14	8
Сумма пектиновых веществ	7,8	2,2	3,2	2	1	1
Антоцианы	55,8	141,7	27,0	15	15	15
Лейкоантоцианы	46,7	29,3	6,5	13	8	6
Сумма антоциановых пигментов	49,9	39,7	17,1	14	12	12
Катехины	14,0	47,7	15,9	6	13	11
Флавонолы	15,4	20,5	4,3	9	5	3
Флавонолы/катехины	26,2	19,1	24,7	11	4	14
Сумма биофлавоноидов	34,2	37,7	15,0	12	11	10
Дубильные вещества	23,6	24,9	8,8	10	7	7
V _{ср}	22,8	35,9	12,3			

Таблица 2. Относительная доля показателей биохимического состава плодов с разным уровнем изменчивости в таксономических рядах сортов кизила настоящего, рябины обыкновенной и аронии Мичурина, %

Уровень изменчивости	Кизил настоящий	Рябина обыкновенная	Арония черноплодная
Очень низкий (<7 %)	13	6	40
Низкий (8–12 %)	20	0	13
Средний (13–20 %)	27	27	27
Повышенный (21–40 %)	20	47	20
Очень высокий (>41 %)	20	20	0

Среди трех исследуемых видов плодовых культур наибольшей изменчивостью в таксономическом ряду характеризовались количественные характеристики биохимического состава плодов рябины обыкновенной, у которой минимальные ее значения были отмечены лишь у 6 % анализируемых признаков, тогда как почти у половины из них наблюдался ее повышенный уровень, а у 20 % от их общего количества, как и у кизила настоящего, – очень высокий уровень изменчивости. Наименее же вариабельными оказались количественные характеристики биохимического состава плодов аронии Мичурина, что в определенной степени может быть обусловлено малым объемом выборки, представленной всего тремя таксонами. Тем не менее свыше половины анализируемых признаков характеризовались низким и в большей степени очень низким уровнями генотипической изменчивости, тогда как относительная доля признаков с ее повышенным уровнем, как и у кизила настоящего, не превышала 20 %. При этом лишь у аронии Мичурина не было выявлено признаков, обладающих очень высоким уровнем данной изменчивости. Обращает на себя внимание абсолютное сходство у всех трех видов плодовых культур относительной доли показателей (27 %) с ее средним уровнем.

Как следует из табл. 1, имеются существенные межвидовые различия генотипической изменчивости количественных характеристик биохимического состава плодов исследуемых объектов, подтверждаемые несоизмеримостью «средневзвешенных» в их таксономических рядах значений коэффициентов вариации, рассчитанных для всего анализируемого набора признаков. Так, если у рябины обыкновенной величина данного показателя составляла 35,9 %, то у кизила настоящего

и аронии Мичурина она оказалась соответственно в 1,6 и 2,9 раза меньшей, что свидетельствовало о наименее выраженной зависимости от генотипа количественных характеристик биохимического состава плодов аронии и о наибольшей – рябины обыкновенной при промежуточном положении кизила настоящего.

При анализе изменчивости в таксономических рядах исследуемых культур отдельных показателей биохимического состава плодов были установлены как заметные межвидовые различия, подтверждаемые преимущественным несовпадением их позиций в рядах снижения уровня генетической детерминированности, так и определенные черты сходства. К примеру, у всех трех культур наиболее высокими его значениями (первые 5 позиций) характеризовались наименее изменчивые в таксономических рядах показатели накопления в плодах сухих и пектиновых веществ, у кизила и рябины – растворимых сахаров, у кизила и аронии – свободных органических кислот, а у рябины и аронии – флавонолов. При этом для кизила был показан весьма низкий уровень зависимости от генотипа сахарокислотного индекса плодов, у рябины – соотношения количеств флавонолов и катехинов, а у аронии – содержания гидроксикоричных кислот. Соответственно, наиболее выраженной зависимостью от генотипа характеризовались показатели, занимавшие в данных рядах последние 5 позиций. У всех трех исследуемых культур к ним следовало отнести содержание в плодах собственно антоцианов и суммарное количество антоциановых пигментов, у рябины и аронии – содержание катехинов, у кизила и аронии – соотношение количеств флавонолов и катехинов, у кизила и рябины – суммарное содержание биофлавоноидов. Вместе с тем для аронии был показан чрезвычайно высокий уровень зависимости от генотипа содержания в плодах аскорбиновой кислоты, для рябины – показатель сахарокислотного индекса, для кизила – содержание лейкоантоцианов.

Следует отметить, что у всех трех видов плодовых культур, как и у изучавшихся нами ранее шиповника и калины обыкновенной, хеномелеса Маулея, жимолости съедобной, голубики высокорослой, наиболее высоким уровнем генетической детерминированности характеризовалось содержание в плодах сухих и пектиновых веществ, тогда как наиболее низким – содержание антоцианов и биофлавоноидов, что однозначно свидетельствует об общебиологической природе данного явления [11–14].

Заключение. На основании сравнительного анализа усредненных в двухлетнем цикле наблюдений (2013–2014 гг.) в таксономических рядах кизила настоящего, рябины обыкновенной и аронии Мичурина коэффициентов вариации 15 количественных характеристик биохимического состава плодов наиболее высокий интегральный уровень их генетической детерминированности установлен у аронии черноплодной и в 1,6 и 2,9 раза более низкий у кизила настоящего и рябины обыкновенной. У всех трех культур наименьшей изменчивостью в таксономических рядах характеризовались показатели накопления в плодах сухих и пектиновых веществ, у кизила и рябины – растворимых сахаров, у кизила и аронии – свободных органических кислот, а у рябины и аронии – флавонолов. При этом для кизила был показан весьма низкий уровень зависимости от генотипа сахарокислотного индекса плодов, у рябины – соотношения количеств флавонолов и катехинов, а у аронии – содержания гидроксикоричных кислот. Соответственно, наиболее выраженной зависимостью от генотипа у всех трех культур характеризовались показатели накопления в плодах собственно антоцианов и антоциановых пигментов в целом, у рябины и аронии – содержание катехинов, у кизила и аронии – соотношение количеств флавонолов и катехинов, у кизила и рябины – суммарное содержание биофлавоноидов. При этом для аронии черноплодной был показан чрезвычайно высокий уровень зависимости от генотипа содержания в плодах аскорбиновой кислоты, для рябины – показатель их сахарокислотного индекса, для кизила – содержание лейкоантоцианов.

Показано, что у всех исследованных видов, как и у ранее изучавшихся шиповника, калины обыкновенной, хеномелеса Маулея, жимолости съедобной, голубики высокорослой, наиболее высоким уровнем генетической детерминированности характеризовалось содержание в плодах сухих и пектиновых веществ, тогда как наиболее низким – содержание антоцианов и общее количество биофлавоноидов, что однозначно свидетельствует об общебиологической природе данного явления.

Список использованной литературы

1. *Гаранович, И. М.* Биохимический состав малораспространенных культур садоводства в условиях Беларуси / И. М. Гаранович, Ж. А. Рупасова, В. А. Игнатенко. – Минск: Право и экономика, 2007. – 136 с.
2. ГОСТ 28561-90 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ и влаги. – Введ. 01.07.91. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.
3. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков [и др.]; под общ. ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 430 с.
4. *Плешков, Б. П.* Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. – М.: Колос, 1985. – С. 110–112.
5. *Марх, А. Т.* Технохимический контроль консервного производства / А. Т. Марх, Т. Ф. Зыкина, В. Н. Голубев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 304 с.
6. *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.
7. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреева [и др.] // *Фармация.* – 2013. – № 3. – С. 19–21.
8. *Мжаванадзе, В. В.* Количественное определение хлорогеновой кислоты в листьях черники кавказской (*V. arctostaphylos* L.) / В. В. Мжаванадзе, И. Л. Таргамадзе, Л. И. Драник // *Сообщ. АН Груз. ССР.* – 1971. – Т. 63, вып. 1. – С. 205–210.
9. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – Вып. 1. Общие методы анализа. – М.: Медицина, 1987. – С. 286–287.
10. *Зайцев, Г. Н.* Методика биометрических расчетов / Г. Н. Зайцев // *Математическая статистика в экспериментальной ботанике.* – М.: Наука, 1973. – 256 с.
11. Биохимический состав плодов малораспространенных культур садоводства в Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2014. – 315 с.
12. Голубика высокорослая: оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Беларус. навука, 2007. – 442 с.
13. Прогнозирование изменений биохимического состава малораспространенных плодовых культур в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // *Докл. НАН Беларуси.* – 2013. – Т. 57, № 1. – С. 88–92.
14. Сортовые особенности биохимического состава плодов жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn) / Ж. А. Рупасова [и др.] // *Плодоводство: сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства».* – 2007. – Т. 19. – С. 201–208.

Поступила в редакцию 15.07.2015