

# ВЕСЦІ НАЦЫЯНАЛЬнай АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ

---

СЕРЫЯ БІЯЛАГІЧНЫХ НАВУК 2011 № 3

---

# ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

---

СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК 2011 № 3

---

ЗАСНАВАЛЬНІК – НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ

Часопіс выдаецца са студзеня 1956 г.

Выходзіць чатыры разы ў год

# PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

---

BIOLOGICAL SERIES 2011 N 3

---

FOUNDER IS THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

The Journal has been published since January 1956

Issued four times a year

УДК 634.737:581.19:522.4(476)

Ж. А. РУПАСОВА, И. М. ГАРАНОВИЧ, Т. В. ШПИТАЛЬНАЯ, Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ

**НАКОПЛЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ СОРТОВ  
КИЗИЛА НАСТОЯЩЕГО (CORNUS MAS.) УКРАИНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ  
ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**

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

(Поступила в редакцию 23.03.2010)

**Введение.** Среди культур лечебного садоводства Беларуси особое место занимает малоизученный кустарник – кизил настоящий (*Cornus mas.* L.), плоды и вегетативные органы которого издавна используются в пищевых и медицинских целях благодаря значительному содержанию в них ряда физиологически активных веществ, что делает их весьма привлекательными для комплексного практического использования, особенно в постчернобыльской ситуации. Кроме того, кизил является и декоративным растением, что расширяет спектр его возможного использования. В настоящее время в условиях Беларуси успешно интродуцированы 6 таксонов этого весьма перспективного вида, представленных его природной формой, а также 5 сортами украинской селекции – Владимирский, Выдубецкий, Евгения, Лукьяновский и Радость, выведенных в условиях более теплого относительно Беларуси климата с жарким летом и обилием солнечных дней. С целью выявления таксонов *Cornus mas.* L. с наиболее полной реализацией биологического потенциала в районе интродукции и представляющих интерес для районирования и селекции, например, по сравнению с Россией [7, 8, 10], особый научный и практический смысл обретает сравнительное исследование их способности к биосинтезу широкого спектра действующих веществ, в том числе биофлавоноидов, обладающих Р-витаминной физиологической активностью [1, 5]. Для решения данной задачи в 2008–2009 гг. было проведено сравнительное исследование содержания отдельных фракций этих соединений в плодах дикорастущей природной формы кизила настоящего и перечисленных его 5 сортов украинской селекции.

**Объекты и методы исследования.** В высушенных при температуре 65 °С усредненных пробах плодов определяли содержание суммы антоциановых пигментов по методу Т. Swain, W. E. Hillis с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан; антоцианов – по методу Л. О. Шнайдемана и В. С. Афанасьевой; суммы флавонолов – по методу Л. Сарапуу и Х. Мийдла; суммы катехинов – фотометрическим методом с использованием ванилинового реактива [3], дубильных веществ – титрометрическим методом Левенталя [2]. Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Исследования осуществляли на протяжении двух вегетационных сезонов. По данным Белгидромета, вегетационный период в 2008 г. характеризовался более теплыми, чем в 2009 г., июнем и особенно августом, но более прохладными июлем и особенно сентябрем, при соответствующих различиях среднемесячной температуры воздуха в пределах 0,5–2,3 °С. Однако наиболее выразительные межсезонные различия были свойственны режиму выпадения атмосферных осадков. Так, за интересующий нас период в целом в 2009 г. выпало почти вдвое большее их количество, нежели в 2008 г., при крайне неравномерном распределении по месяцам, причем ко-

личество осадков в июне и июле превышало таковое в 2008 г. соответственно в 4,6 и 1,9 раза, тогда как в августе оно уже уступало аналогичному показателю в первый год наблюдений в 1,6 раза, при адекватном их количестве в сентябре. Полагая, что определяющую роль в накоплении полезных веществ в плодах кизила играют погодные условия на заключительном этапе их созревания в августе, следует признать, что во второй год наблюдений они из-за пониженного температурного фона и малого количества атмосферных осадков, оказались более жесткими, чем в первый.

**Результаты и их обсуждение.** Плоды исследуемых таксонов *Cornus mas*. L. в условиях сезона 2008 г. накапливали в своем составе довольно много биофлавоноидов, суммарное количество которых в их сухой массе составляло 3454,2–4032,6 мг%. Доминирующее положение в пуле этих Р-активных соединений принадлежало флавонолам и антоциановым пигментам, долевое участие которых в нем составляло соответственно 44–63 % и 29–46 %. При этом на долю катехинов приходилось не более 8–11 % общего количества биофлавоноидов. Большинство таксонов кизила настоящего характеризовалось довольно близкими параметрами накопления в плодах флавонолов и антоциановых пигментов и лишь для 2 из них – его природной формы и сорта Лукьяновский, обладавших одинаковым, причем наименьшим в ряду исследуемых объектов накоплением в плодах биофлавоноидов, было отмечено примерно 3-кратное превышение в их составе содержания флавонолов относительно такового антоциановых пигментов. В комплексе последних доминирующее положение принадлежало лейкоантоцианам, содержание которых в 1,5–3 раза превышало таковое собственно антоцианов. Плоды исследуемых таксонов *Cornus mas*. L. обладали сравнительно высоким содержанием дубильных веществ, составлявшим в условиях сезона 2008 г. 2,08–3,74 % сухой массы.

Сопоставление основных характеристик биофлавоноидного пула плодов сортового материала данного вида и его природной формы, выбранной в качестве эталона сравнения, показало, что плоды всех сортов украинской селекции, кроме сорта Лукьяновский, характеризовались на 7,1–16,3 % более высоким, чем у нее, общим накоплением данных соединений, при максимальных различиях у сорта Радость (табл. 1). Вместе с тем наиболее выраженной генотипической изменчивостью в биофлавоноидном комплексе плодов кизила настоящего характеризовались параметры накопления в них собственно антоцианов, для которых были показаны наибольшие расхождения с эталонными значениями при относительных размерах их превышения в пределах 18,7–146,8 %. Наиболее высоким и примерно одинаковым содержанием данных соединений отличались плоды сортов Евгения и Радость, наименьшим – плоды сорта Лукьяновский, уступавшие природной форме в их накоплении почти на 19 %.

Т а б л и ц а 1. Степень различий с природной формой содержания фенольных соединений в сухой массе плодов интродуцированных сортов *Cornus mas*. L., % (2008)

Сорт кизила настоящего	Антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы	Сумма биофлавоноидов	Дубильные вещества
Владимирский	+ 96,8	+ 58,5	+ 69,9	+ 11,1	– 16,6	+ 10,7	– 28,5
Выдубецкий	+ 70,3	+ 72,3	+ 71,7	+ 11,1	– 23,2	+ 7,1	+ 7,2
Евгения	+ 146,8	+ 44,3	+ 74,7	+ 40,0	– 21,6	+ 11,2	–
Лукьяновский	–18,7	+ 6,2	–	+ 42,2	– 5,3	–	+ 8,6
Радость	+ 142,1	+ 56,5	+ 81,9	+ 51,1	–18,3	+ 16,3	+ 28,5

П р и м е ч а н и е. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий при  $P < 0,05$ . То же для табл. 2.

Плоды всех сортов *Cornus mas*. L. украинской селекции также превосходили таковые его природной формы в содержании лейкоантоцианов на 6,2–72,3 % при наибольших расхождениях с ней у сорта Выдубецкий и наименьших – опять же у сорта Лукьяновский. Противоположная направленность различий последнего с эталонным объектом содержания в плодах собственно антоцианов и лейкоантоцианов обусловила полное нивелирование различий с ним в общем количестве антоциановых пигментов, тогда как у всех остальных сортов кизила их содержание оказалось выше, чем у дикорастущей формы, на 69,9–81,9 %, при наиболее выраженных различиях у сорта Радость.

Подобно антоциановым пигментам, для катехинов также было показано большее, чем у природной формы *Cornus mas*. L., накопление в плодах сортового материала, на что указывало превышение эталонного уровня содержания данных соединений у всех тестируемых сортов на 11,1–51,1 %, при наибольшем превышении у сорта Радость и наименьшем – у сортов Владимирский и Выдубецкий (см. табл. 1). В отличие от рассмотренных выше фракций биофлавоноидов, для флавонолов, напротив, было показано менее активное накопление в плодах тестируемых сортов *Cornus mas*. L. по сравнению с его природной формой, что проявилось в заметном (на 5,3–23,2 %) отставании параметров их накопления от эталонного уровня, при наименьших различиях у сорта Лукьяновский и наибольших – у сортов Выдубецкий и Евгения.

Нетрудно убедиться в том, что селекционный процесс оказал стимулирующее влияние на накопление в плодах тестируемых сортов кизила настоящего антоциановых пигментов и катехинов и ингибирующее – на биосинтез флавонолов. Что касается дубильных веществ, то однозначной ответной реакции исследуемого вида в этом плане выявить не удалось, поскольку у части сортов (Выдубецкий, Лукьяновский и Радость) отмечено превышение эталонного уровня их накопления на 7,2–28,5 %, тогда как у сорта Владимирский – напротив, отставание от него на 28,5 %, а у сорта Евгения – вовсе отсутствие достоверных различий по данному признаку (см. табл. 1).

Ответная реакция исследуемых таксонов *Cornus mas*. L. на иной, нежели годом ранее, характер погодных условий в плане накопления в их плодах фенольных соединений оказалась весьма неоднозначной. Так, у его дикорастущей формы, а также у сортов Владимирский и Выдубецкий наблюдалось увеличение в них на 24–36 % общего содержания биофлавоноидов по сравнению с предыдущим сезоном, тогда как у остальных тестируемых сортов, напротив – его снижение на 11–33 %, что обусловило существенное расширение диапазона изменения суммарного количества в них данных соединений в таксономическом ряду до 2711,7–5200,5 мг% сухой массы.

В отличие от предыдущего сезона, во второй год наблюдений доминирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса плодов всех таксонов кизила перешло к антоциановым пигментам, суммарное содержание которых в 1,3–3,3 раза превышало таковое флавонолов и в 4,8–15,1 раза таковое катехинов при наибольших различиях у дикорастущей формы, а также у сортов Владимирский и Выдубецкий. Отмеченные сдвиги в биофлавоноидном комплексе плодов кизила во второй год наблюдений были обусловлены существенной активизацией накопления в них антоциановых пигментов на фоне ингибирования биосинтеза катехинов и флавонолов. Так, у большинства исследуемых таксонов *Cornus mas*. L. суммарное содержание в плодах антоциановых пигментов возросло по сравнению с предыдущим сезоном на 64–173 %, в том числе собственно антоцианов – на 164–331 %, а лейкоантоцианов – на 32–106 %, при наиболее выраженных межсезонных различиях у его дикорастущей формы. Лишь в плодах сорта Евгения содержание данных соединений осталось неизменным, а в плодах сорта Радость отмечено даже его снижение на 26 %.

Столь выраженная активизация биосинтеза антоциановых пигментов у большинства таксонов кизила во второй год наблюдений, на наш взгляд, обусловлена преобладанием пасмурной и весьма прохладной погоды в период созревания плодов. Это согласуется с известным положением о стимулирующем влиянии на данный процесс пониженного температурного фона и с наблюдениями ряда исследователей за подобными изменениями в содержании антоцианов в условиях похолодания у некоторых растительных объектов [4–6, 9, 11]. Вместе с тем неадекватная степень усиления биосинтеза антоциановых пигментов в плодах сравниваемых таксонов кизила свидетельствует о различиях приспособительной реакции их фенольного метаболизма к изменению условий среды. Очевидно, дикорастущая форма данного вида, а также его сорта Владимирский и Выдубецкий с их наиболее выраженной в таксономическом ряду активизацией во втором сезоне накопления антоциановых пигментов обладают наиболее гибким механизмом данной реакции, тогда как сорта Евгения и Радость, напротив, более консервативны в этом плане.

Как было показано выше, в условиях сезона 2009 г. в плодах *Cornus mas*. L. отмечено снижение на 12–44 % параметров накопления и катехинов, и флавонолов, наиболее выразительно проявившееся у его природной дикорастущей формы, а также у сортов Лукьяновский и Радость.

Что касается дубильных веществ, содержание которых в сухой массе плодов исследуемых таксонов кизила изменялось в диапазоне значений от 3,41 до 5,18 %, то условия сезона 2009 г. способствовали заметной активизации их накопления относительно первого года наблюдений (на 8–111 %), при наиболее существенных межсезонных различиях у сортов Выдубецкий, Евгения и особенно Владимирский.

Погодные условия вегетационного периода 2009 г. определили заметные сдвиги в направленности и степени различий тестируемых сортов с его дикорастущей формой по содержанию в плодах основных фракций фенольных соединений. Так, если годом ранее в плодах большинства сортов антоциановых пигментов накапливалось больше, чем у природной формы, то во втором сезоне из-за активного обогащения плодов эталонного объекта этими соединениями данная тенденция, проявившаяся намного слабее, сохранилась лишь у двух сортов – Владимирского и Выдубецкого, превосходивших эталонный уровень их накопления лишь на 22 и 34 % соответственно (табл. 2). У остальных же тестируемых сортов кизила наблюдалось отставание от его природной формы в содержании антоциановых пигментов на 34–51 %, при наиболее значительном расхождении с ней у сорта Радость.

Т а б л и ц а 2. Степень различий с природной формой содержания фенольных соединений в сухой массе плодов интродуцированных сортов *Cornus mas. L.*, % (2009)

Сорт кизила настоящего	Антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы	Сумма биофлавоноидов	Дубильные вещества
Владимирский	+ 20,5	+ 24,0	+ 22,4	+ 8,7	+ 21,8	+ 21,4	+ 16,8
Выдубецкий	+ 42,9	+ 27,1	+ 34,5	–	– 13,5	+ 18,1	+ 37,8
Евгения	– 41,0	– 27,3	– 33,7	+ 30,4	–	– 20,2	+ 27,1
Лукьяновский	– 50,3	– 31,9	– 40,5	– 8,7	– 9,0	– 29,2	– 9,3

Как и годом ранее, содержание катехинов в плодах ряда сортов кизила превышало эталонный уровень на 9–30 % при наибольшем размере данного превышения у сорта Евгения. У сорта Выдубецкий во втором сезоне в отличие от первого не было выявлено различий с природной формой по этому признаку, а у сорта Лукьяновский подобные расхождения обрели отрицательную направленность. У большинства тестируемых сортов кизила настоящего подтвердилось установленное годом ранее отставание от дикорастущей формы в содержании в плодах флавонолов на 9–17 %. Сорт же Владимирский оказался богаче ее данными соединениями на 22 % при отсутствии различий с ней у сорта Евгения (см. табл. 2).

В отличие от предыдущего сезона, во второй год наблюдений лишь два сорта кизила настоящего (Владимирский и Выдубецкий) характеризовались на 21 и 18 % соответственно более высоким, чем у его природной формы, общим накоплением в плодах биофлавоноидов, тогда как остальные сорта отставали от нее по данному признаку на 20–37 %. Вместе с тем в условиях сезона 2009 г. более четко, чем годом ранее, проявились различия сортового материала в содержании в плодах дубильных веществ, составившие 19–38 %, и лишь в единичном случае – у сорта Лукьяновский параметры их накопления уступали эталонному уровню на 9 % (см. табл. 2).

**Заключение.** В результате сравнительного исследования в 2008–2009 гг. содержания фенольных соединений в плодах природной дикорастущей формы *Cornus mas. L.* и интродуцированных в условиях Беларуси 5 его сортов украинской селекции (Владимирский, Выдубецкий, Евгения, Лукьяновский и Радость) были установлены отчетливые генотипические различия параметров их накопления, в значительной степени определявшиеся характером погодных условий в период вегетации растений и подтверждаемые следующими диапазонами изменения в таксономическом ряду усредненных в двухлетнем цикле наблюдений содержания биофлавоноидов – 3243,5–4519,3 мг%, в том числе собственно антоцианов – 441,4–1174,4 мг%, лейкоантоцианов – 872,6–1536,2 мг%, катехинов – 256,1–347,1 мг%, флавонолов – 1401,6–1743,1 мг%, дубильных веществ – 3,24–4,15 %. При этом наиболее высоким содержанием в плодах антоциановых пигментов характеризовались сорта Владимирский и Выдубецкий, наименьшим – сорт Лукьяновский. Наибольшим содержанием флавонолов отмечены плоды природной формы кизила и сорта



Владимирский, наименьшим – сортов Выдубецкий и Радость. Наиболее высокое содержание катехинов установлено в плодах сортов Евгения и Радость, наименьшее – в таковых природной формы кизила. При этом наибольшим содержанием дубильных веществ обладали сорта Выдубецкий и Радость.

Большинство интродуцированных сортов кизила, особенно в первый год наблюдений, превосходило его природную форму в содержании в плодах антоциановых пигментов, катехинов и дубильных веществ, но уступало ей в накоплении флавонолов. Условия пониженного температурного фона способствовали активизации накопления в плодах кизила антоциановых пигментов, в том числе собственно антоцианов и лейкоантоцианов, а также дубильных веществ, но вместе с тем ингибировали накопление в них катехинов и флавонолов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б08–057).

### Литература

1. Барабой В. А. Биологическое действие растительных фенольных соединений. Киев, 1976.
2. Государственная фармакопея СССР: Вып.1. Общие методы анализа. М., 1987. С. 286–287.
3. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. и др. Методы биохимического исследования растений. М., 1987.
4. Жибедов П. М., Костюк В. И., Кашулин П. А. // Проблемы адаптации растений в Субарктике. Апатиты, 1997. С. 7–18, 89.
5. Карбанов И. А. Флавоноиды в мире растений. Мн., 1981.
6. Минаева В. Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск, 1978.
7. Некрасов В. И. // Бюл. гл. ботан. сада АН СССР. 1967. Вып. 64. С. 98–101.
8. Плотникова Л. С., Фурст Г. Г. // Интродукция древесных растений. М., 1980. С. 155–163.
9. Рупасова Ж. А., Решетников В. Н., Рубан Н. Н. и др. Голубика высокорослая: оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси. Мн., 2007.
10. Рябов И. Н., Рябова А. Н. // Вопросы опыления и оплодотворения плодовых деревьев: Тр. Никитского бот. сада. 1970. Т. 45, вып. 4. С. 53–153.
11. Ballinger W. E., Mannes Eleanor P., Galletta G. J., Kushman L. J. // J. Americ. Soc. Hortic. Sci. 1972. Vol. 97, N 3. P. 381–384.

*Zh. A. RUPASOVA, I. M. GARANOVICH, T. M. SHPITALNAYA, T. I. VASILEVSKAYA*

### THE ACCUMULATION OF PHENOLIC COMPOUNDS IN FRUITS OF CORNUS MAS. SORTS OF UKRAINIAN SELECTION INTRODUCED IN CONDITIONS OF BELARUS

#### Summary

The article describes results of a comparative study in a two-year cycle of observation of the content of solids, free organic, ascorbic, benzoic and phenol carboxylic acids as well as triterpene acids and fatty oils in fruits of the natural wild form of *Cornus mas. L.* and its 5 sorts of Ukrainian selection introduced in conditions of Belarus (Vladimirsky, Vyubetsky, Eugenia, Lukianovsky, Radost). There have been determined distinct intraspecific differences in parameters of their accumulation, which have to a great extent depended on weather conditions during the plants vegetation period. There have been singled out *Cornus mas. L.* taxons with the highest ability to biosynthesis of the given compounds in their fruits. Lukianovsky sort takes the leading position in accumulation of the most valuable of the compounds – phenol carboxylic, ascorbic and triterpene acids.