

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОВ КАЛИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*VIBURNUM OPULUS* L.) В КУЛЬТУРЕ (АЛТАЙСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД)*

Т. А. ВДОВИНА, О. А. ЛАГУС, Ж. Е. АЙМЕНОВА

РГП на ПХВ «Алтайский ботанический сад» КН МНВО РК,
ул. Ермакова, 1, г. Риддер, 071300, Казахстан,
e-mail: lelik_ridder1994@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлены результаты по изучению эколого-биологических особенностей калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) в интродукционной популяции, созданной в 2013 г. трехлетними саженцами. В состав интродукционной популяции входят 28 форм и 71 растение из четырех местообитаний Западного Алтая. Приведено описание морфометрических параметров вегетативной и генеративной сфер. Изучена изменчивость по 25 основным признакам на эндогенном и индивидуальном уровнях. При индивидуальной изменчивости характеризовали только отдельную особь. При эндогенной изменчивости изучение морфологических и хозяйственных признаков проводилось в кроне одной особи. Высокая вариативность характерна для следующих признаков: высота куста, размеры кисти, количество цветков и плодов в кисти, масса плодов. В результате биохимических исследований получены данные по накоплению в плодах витаминов и флавоноидов. На накопление БАВ, флавоноидов влияют как генотип особей, так и природно-климатические условия. Совмещение основных хозяйственно-биологических признаков с оптимальной выраженностью биохимического состава плодов по БАВ и флавоноидам позволило представить для комплексного практического использования формы Штамбовая (45-1) и Жемчужное ожерелье (32-8).

Ключевые слова: биохимический состав, Западный Алтай, интродукционная популяция, калина обыкновенная, плоды, форма.

ВВЕДЕНИЕ

Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.) – лекарственное, пищевое, медоносное, красящее и декоративное растение [1, 2]. Планомерное изучение дикорастущих плодовых и ягодных растений в Алтайском ботаническом саду (АБС) проводится с 1968 г. Этот вид среди 50 видов дикорастущих ягодных растений, произрастающих на территории Восточно-Казахстанской области, интересен в плане изучения изменчивости, отбора перспективных форм по хозяйственно ценным и декоративным признакам, а также биохимического состава плодов и введения в культуру. Испытание калины в культуре проводятся с 2013 г. по настоящее время, в дальнейшем планируется проведение селекционных работ. Первым этапом в изучении калины было обследование природных местообитаний (шесть популяций), в которых проведено описание экологических условий произрастания, морфометрических параметров вегетативной и генеративной сфер 146 форм. Изучена изменчивость по 25 основным признакам на эндогенном, популяционном и межпопуляционном уровнях.

Интродукционная популяция калины обыкновенной включает 28 формо-клонов и 71 растение из четырех ценопопуляций Западного Алтая:

1) тарасовская – находится в предгорье хр. Убинский, долина р. Журавлиха, шириной 450–600 м, на протяжении 2700 м, от Тарасовского ключа до населенного пункта с. Крольчатник (координаты местонахождения: 50.33333 с. ш., 88.18333 в. д., 913 м над ур. м.);

2) черемшанская – расположена на сопках, склонах, юго-западной и северо-западной экспозиций, крутизной 17–31°, в 2,5 км от с. Черемшанка (координаты местонахождения: 50.25755 с. ш., 82.96836 в. д., 447 м над ур. м.);

* Работа выполнена в рамках грантового проекта № AP19675059 «Оценка современного состояния дикорастущих ягодных растений Казахстанского Алтая, сохранение генетического материала *ex-situ*, комплексная селекционная оценка, отбор форм, получение сортов» на 2023–2025 гг. при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

3) хр. Ивановский, бархотинская – в 3 км от с. Ливино в северном направлении, на юго-восточном склоне г. Бархот, крутизна склона – от 18 до 36° (координаты местонахождения: 50.397965 с. ш., 83.614446 в. д., 812 м над ур. м.);

4) ульбастроевская – вблизи пос. Ульбастрой у подножия хр. Ивановский (координаты местонахождения: 50.25670 с. ш., 83.31672 в. д и 50.25212 с. ш., 83.28406 в. д., 792 м над ур. м.) [3].

Целью наших исследований является создание устойчивой интродукционной популяции калины обыкновенной в Алтайском ботаническом саду. Изучение эколого-биологических особенностей, химического состава плодов этого растения. Отбор перспективных форм по хозяйственным, декоративным признакам и биохимическому составу плодов.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований является интродукционная популяция калины обыкновенной в АБС – 28 форм, 71 растение. Годы исследований – 2013–2024 гг. Изучение биологических и морфологических признаков калины обыкновенной проводилось по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», практическому руководству по селекции и семеноводству плодовых культур [4, 5]. Отбор и описание форм в дикорастущих популяциях и в культуре проводили по методике [6]. При определении окраски плодов, листьев, побегов калины были приняты цвета солнечного спектра, плоды описывали как оранжевато-красные, красно-оранжевые, красные, темно-красные, вишневые по шкале цветов [7]. Для оценки степени изменчивости признаков использовали унифицированную шкалу уровней изменчивости, разработанную С. А. Мамаевым [8].

Определение витаминов группы В, РР и С осуществляли на жидкостном хроматографе LC-20 Prominence (Shimadzu), оснащенном спектрофотометрическим детектором SPD-20 А. Качественное и количественное определение флавоноидов (робинина, рутина, апигенина, гиперозида и галловой кислоты) проводили с помощью ВЭЖХ-метода (HPLC) с использованием режима изократического элюирования и диодно-матричного детектора (ДАД). В качестве подвижной фазы использовали ацетонитрил и буферный раствор. Спектральные данные исследованы в спектральном диапазоне от 200 до 400 нм.

Условия хроматографирования: хроматограф – Agilent Technologies 1260. Подвижная фаза (изократический режим) – ацетонитрил – буферный раствор (35 : 75); pH – 2,92; 15–20 мин. Объем инъекции – 5 мкл. Скорость подвижной фазы – 0,75 мл/мин. Колонка – EclipseXDB-C18, 5,0 мкм, 4,6 × 250 мм. Детектор диодно-матричный, длины волн – 254, 320, 381 нм.

Использованы биометрические методы исследования, основанные полностью или частично на статистических или вероятностных закономерностях. Данные, полученные в результате исследований, обработаны с помощью методов вариационной статистики [9, 10] в программах Statistica-Trial, R-studio, R Statistics.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Растения калины обыкновенной, интродуцированные в АБС зелеными черенками, хорошо адаптировались в условиях культуры, имеют высокую зимостойкость, хороший рост и развитие. Посадка трехлетних саженцев в 2017 г. осуществлена по схеме 2 × 4 м. Их состояние оценивается как хорошее и отличное. Габитус кустов, цветение и плодоношение калины обыкновенной в различных местообитаниях раскрыл природу эколого-географических форм в формировании интродукционной популяционной структуры по многим признакам, в том числе и по высоте растений с вариацией от 0,4 до 1,7 м в 10-летнем возрастном состоянии, в 11-летнем – от 0,6 до 2,1 м.

Важным показателем успешной адаптации интродуцированных растений калины в условиях культуры является формирование и развитие генеративной сферы, которое наступило на 10-й год, в генеративную фазу вступили 92 % растений, на 11-й год – все растения. Более половины форм имеют высокий балл цветения – 4–5.

В культуре представлены формы, разные по высоте – от 0,6 до 1,2 м по кроне (шаровидная, пирамидальная), окраске листьев (зеленая, темно-зеленая, бордо, золотистая), форме плодов (шаровидная, округлая, овальная). Важнейшим показателем жизнедеятельности растений калины обыкновенной является рост и развитие. По интенсивности роста, длине однолетнего прироста зафиксированы значения в пределах от 13 до 68 см, в среднем – 19,4 см за вегетационный период. Такая разница по высоте и интенсивности роста объясняется генетическими особенностями природных форм и их экологией. Сдержанным ростом обладают формы К (24-8), К (25-6), Лучистая К (30-6), К (36-5), К (40-1), К (40-7), К (41-2), Штамбовая К (46-1) и др. Высота варьирует на высоком уровне изменчивости, коэффициент вариации – 25 %. Расположение ветвей большинства форм прямостоячее, т. к. количество стволиков пока небольшое (от 3 до 6 шт.), с возрастом оно будет увеличиваться, у нескольких форм – К (24-8), К (25-7), К (30-6), К (39-2), К (40-3), К (42-2), К (42-6), К (43-1), К (44-1), К (45-6), К (46-8) – расположение ветвей широкораскидистое.

Калина – растение перекрестноопыляемое, анемофильное, в наших условиях цветет в конце мая – начале июня в течение двух недель. Растения из черемшанской популяции цветут в начале июня, из бархотинской – немного позднее. Разница в сроках цветения составила 3–4 дня. Размах сроков цветения ранних и поздних форм отмечен в 8 дней. У ранних форм К (24-6), К (24-7), К (28-5), К (29-5), К (30-5), К (36-2), Штамбовая К (45-1), К (46-1) – 1–8 июня, у поздних – К (22-6), Лучистая К (28-6), К (38-1), К (41-1), Неженка К (42-1), К (43-1), К (44-1) – 9–15 июня. Белые и нежно-лимонные цветки собраны в крупные соцветия – зонтиковидные щитки диаметром от 3,8 до 11,2 см, количество цветков – от 54 до 210 шт., по краям соцветия находятся более крупные (16–27 мм) стерильные цветки с белыми, плоскими лепестками, их количество – от 13 до 29 шт. на кисти. Они в 4–5 раз крупнее внутренних. Срединные цветки гетероморфные, с двойным околоцветником, собраны в плоские зонтиковидные 6–8-лучевые метелки, цветки, сидячие или почти сидячие, белые или розовато-белые, короткоколокольчатые, около 5 мм в диаметре. Результаты изучения внутривидовой изменчивости показали, что уровень изменчивости количества цветков от среднего – 13,8 % до очень высокого – 41,6 %.

Во время цветения и плодоношения многим формам присвоили условное название. У формы Невеста ложные цветки очень крупные – до 30 мм в диаметре, расположены в два ряда, на 50 % перекрывающие друг друга. Форма Орбита с изящными мелкими – до 7 мм, ложными цветками, количество которых 12 шт. У формы Лучистая кисть округлая и как лучики расходятся метелки. Эффектно смотрится форма, у которой срединные цветки находятся ниже уровня ложных, кисть вогнутая.

Отмечается разнообразие форм калины обыкновенной в интродукционной популяции по окраске, размерам и количеству плодов в кисти. Плод калины – ярко-красная шаровидная костянка 0,63–1,05 см длиной и примерно таким же диаметром, с одной крупной плоской косточкой внутри, созревает в сентябре – начале октября, в зависимости от погодных условий. Окраска плодов определяется сложным сочетанием красящих пигментов – хлорофилла, каротиноидов, антоцианов и других пигментов фенольного ряда, а также генотипом особей. По цветовой гамме произрастают формы калины с различными оттенками оранжевого, красного и вишневого цветов. Значительный интерес представляют вариации по красной, темно-красной, вишневой окраске плодов. В культуре 20,1 % особей с вишневыми (К (28-6), К (39-1), К (46-7)); 42,8 % с красными (К (30-5), К (31-5)) и темно-красными (К (42-1)) плодами, остальные – с оранжевыми. По созреванию плодов выделены две группы: ранние – К (37-5), К (38-1), К (40-2), К (40-3), К (42-1) и поздние – К (32-8), Дыхание осени К (23-6). Ниже приведена характеристика хозяйственных и морфологических признаков отборных форм калины обыкновенной в интродукционной популяции (табл. 1).

По размерам кисти выделяются Дыхание осени, Бусинка, К (22-6), Лучистая, Бархотинская, Бордо, Невеста, Золотистая, по количеству плодов в кисти – К (22-6), Невеста, Золотистая, по массе плодов – Бусинка, Золотистая, Блестящая.

Изучение изменчивости хозяйственных и морфологических признаков калины обыкновенной в интродукционной популяции показало, что эндогенная изменчивость по массе плодов и их

размерам низкая, коэффициент вариации – 6,2–8,0 %; по количеству плодов – средняя, коэффициент вариации – 13,5–17,7 %. Индивидуальная изменчивость по высоте растения, урожайности, длине плодов и количеству плодов в кисти варьирует на среднем уровне, коэффициент вариации – 14,5–19,8 %. По остальным признакам уровень изменчивости низкий.

Таблица 1. Характеристика хозяйственных и морфологических признаков отборных форм калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) в АБС (2023–2024 гг.)

Форма	Размеры кисти, см		Среднее количество плодов в кисти, шт.	Средний вес плодов, г	Размер плодов, см	
	длина	ширина			длина	диаметр
Бархотинская К (30-5)	5,68 ± 0,90	7,23 ± 0,74	31,7 ± 8,6	0,56 ± 0,05	0,75 ± 0,01	0,76 ± 0,01
Блестящая К (48-9)	5,02 ± 0,72	5,95 ± 0,76	24,9 ± 7,7	0,63 ± 0,03	0,90 ± 0,02	0,89 ± 0,01
Бордо К (30-8)	6,38 ± 1,32	6,66 ± 1,13	35,7 ± 7,8	0,51 ± 0,05	0,76 ± 0,01	0,79 ± 0,01
Бусинка К (24-7)	6,22 ± 0,73	6,69 ± 0,66	27,4 ± 7,1	0,61 ± 0,06	0,90 ± 0,01	0,89 ± 0,02
Дыхание осени К (23-6)	6,38 ± 1,32	6,66 ± 1,13	35,7 ± 12,8	0,57 ± 0,05	0,74 ± 0,02	0,80 ± 0,01
Жемчужное ожерелье К (33-7)	4,47 ± 0,47	5,71 ± 0,35	25,8 ± 4,6	0,55 ± 0,03	0,82 ± 0,02	0,80 ± 0,01
Золотистая К (45-7)	7,45 ± 0,50	7,34 ± 0,50	40,7 ± 6,9	0,60 ± 0,03	0,87 ± 0,02	0,87 ± 0,01
Кармен К (31-2)	4,47 ± 0,47	5,71 ± 0,35	25,8 ± 4,6	0,49 ± 0,03	0,80 ± 0,02	0,73 ± 0,01
Лучистая К (28-6)	6,38 ± 1,32	6,66 ± 1,13	35,7 ± 8,8	0,57 ± 0,04	0,79 ± 0,02	0,80 ± 0,01
Мелколистная К (45-2)	5,01 ± 0,75	6,01 ± 0,73	21,7 ± 5,2	0,57 ± 0,05	0,84 ± 0,02	0,81 ± 0,01
Невеста К (36-7)	6,24 ± 0,69	7,01 ± 0,68	36,3 ± 6,9	0,51 ± 0,04	0,86 ± 0,02	0,84 ± 0,01
Штамбовая К (45-1)	6,00 ± 0,66	7,11 ± 0,49	31,1 ± 5,4	0,50 ± 0,03	0,80 ± 0,02	0,82 ± 0,01
К (25-7)	4,18 ± 0,56	5,16 ± 0,48	21,2 ± 4,8	0,43 ± 0,05	0,84 ± 0,02	0,85 ± 0,01
К (25-8)	5,68 ± 0,90	7,23 ± 0,74	31,7 ± 6,6	0,55 ± 0,07	0,73 ± 0,02	0,74 ± 0,01
К (36-2)	4,00 ± 0,71	5,09 ± 0,86	15,6 ± 4,2	0,58 ± 0,03	0,82 ± 0,01	0,83 ± 0,01
К (22-6)	7,43 ± 0,50	7,55 ± 0,50	46,7 ± 9,9	0,49 ± 0,02	0,77 ± 0,02	0,79 ± 0,02
К (29-5)	5,13 ± 0,84	5,68 ± 0,74	24,9 ± 5,9	0,52 ± 0,05	0,84 ± 0,02	0,86 ± 0,01
К (36-2)	4,68 ± 0,96	5,54 ± 0,90	24,1 ± 5,6	0,42 ± 0,06	0,69 ± 0,01	0,70 ± 0,02
К (38-1)	5,37 ± 0,63	6,82 ± 0,07	25,6 ± 6,6	0,58 ± 0,06	0,76 ± 0,02	0,78 ± 0,01
К (41-1)	6,38 ± 1,32	6,66 ± 1,13	35,7 ± 7,8	0,57 ± 0,05	0,81 ± 0,02	0,80 ± 0,02
К (42-1)	4,47 ± 0,47	5,71 ± 0,35	25,8 ± 4,6	0,57 ± 0,03	0,80 ± 0,01	0,79 ± 0,01
К (43-1)	5,68 ± 0,90	7,23 ± 0,74	31,7 ± 8,6	0,54 ± 0,07	0,78 ± 0,02	0,77 ± 0,01
К (44-1)	5,68 ± 0,90	7,23 ± 0,74	34,1 ± 6,6	0,55 ± 0,06	0,46 ± 0,02	0,75 ± 0,01
К (43-3)	4,18 ± 0,56	5,16 ± 0,48	21,2 ± 4,8	0,43 ± 0,05	0,68 ± 0,01	0,67 ± 0,01
К (46-1)	6,31 ± 0,66	7,12 ± 0,49	30,8 ± 5,4	0,51 ± 0,03	0,82 ± 0,02	0,82 ± 0,01

В проведении селекционных работ по калине обыкновенной особую значимость обретает оценка питательной и витаминной ценности плодов, обладающих многосторонним физиологическим действием на организм человека. В качестве объектов исследований на БАВ было изучено 15 форм, по флавоноидному составу – 13 (табл. 2, 3).

Таблица 2. Биохимические показатели плодов перспективных форм *Viburnum opulus* L.

Форма	Витамин С, мг/%	Общий сахар, %	Титруемая кислотность, %	СКИ	Растворимые сухие вещества, %	Витамин В ₉ , мг/100 г	Витамин В ₂ , мг/100 г	Витамин В ₁₂ , мг/100 г
Блестящая (45-7)	—	9,4	1,88	5,00	17,2	122,48	—	—
Бусинка (24-7)	139,40	8,1	2,43	3,33	15,0	88,50	1,15	10,72
Лучистая (28-6)	211,53	7,8	2,04	3,82	14,4	110,07	1,29	6,89
Неженка (42-1)	137,87	9,6	2,17	4,42	18,0	120,94	1,60	5,90
Штамбовая (45-1)	346,85	9,6	2,77	3,47	17,7	193,24	1,13	11,52
К (34-5)	205,31	8,1	2,46	3,29	15,1	84,32	0,26	7,77
К (31-4)	116,18	7,7	2,21	3,48	14,4	75,72	1,43	8,44
К (27-4)	209,64	8,7	1,89	4,60	16,1	118,00	1,00	6,00
К (45-2)	145,85	7,7	2,14	3,60	14,3	64,96	1,68	5,06
К (28-2)	209,14	8,2	2,16	3,80	15,2	73,96	1,20	9,84
К (22-5)	215,17	7,4	1,87	3,96	13,7	114,50	1,30	9,00

Форма	Витамин С, мг/%	Общий сахар, %	Титруемая кислотность, %	СКИ	Растворимые су- хие вещества, %	Витамин В ₉ , мг/100 г	Витамин В ₂ , мг/100 г	Витамин В ₁₂ , мг/100 г
К (23-6)	127,90	8,7	1,99	4,37	16,1	82,03	1,29	8,74
К (27-5)	140,87	7,7	1,76	4,38	13,9	116,78	1,37	6,90
К (23-8)	146,68	8,7	2,23	3,90	16,1	105,41	0,99	8,43
К (35-4)	243,47	7,9	2,34	3,38	14,5	194,16	1,26	6,75
Среднее значение	185,42	8,3	2,16	3,92	15,4	111,00	1,26	7,99

Таблица 3. Флавоноидный состав плодов *Viburnum opulus* L.

Форма	Содержание флавоноидов (мг/100 г)					
	Гиполаэтин	Рутин	Апигенин	Гиперозид	Галловая кис- лота	Робинин
Бархотинская (30-5)	0,226	19,321	0	0,143	0,419	4,171
Дыхание осени (23-6)	0,227	4,298	0	0	0,182	4,124
Жемчужное ожерелье (32-8)	0,252	18,478	0	0,225	1,254	9,874
Лучистая (28-6)	0,476	8,581	0	0	0	3,393
Неженка (42-1)	0,441	5,326	0,246	0,075	0,241	6,334
Штамбовая (45-1)	0,334	15,852	0	0	0,508	8,524
К (31-6)	0	5,244	0	0	0,183	0,918
К (38-7)	0,369	19,421	0	0	0,191	5,429
К (39-1)	0,357	7,124	0	0	0,249	7,854
К (46-8)	0,334	8,374	0	0	0,266	2,443
К (28-6)	0	1,957	0	0,251	0,652	5,421
К (46-1)	0,148	17,759	0,135	0	1,137	10,215
К (37-2)	0	7,985	0,087	0	0,119	9,867
Среднее значение	0,316	10,748	0,156	0,174	0,450	6,044

Содержание витамина С в плодах перспективных форм этого вида варьирует в очень широких пределах – от 116,18 мг/% у формы К (31-4) до 346,85 мг/% у формы Штамбовая К (45-1), что позволило распределить исследуемые формы по трем классам: с низкими значениями, средними и высокими. Среднее значение равно 185,42 мг/%. Коэффициент вариации – 33,44 %.

Содержание сахара между формами варьирует незначительно – от 7,4 до 9,6 %. Среднее значение по этому показателю у анализируемых форм равно 8,3 %. Это вещество варьирует у изученных форм на низком уровне изменчивости, коэффициент вариации равен 8,71 %. Повышенное содержание общего сахара (от 8,5 %) зафиксировано у шести форм: Блестящая (45-7), Штамбовая (45-1), К (27-4), Неженка (42-1), К (23-6), К (23-8).

Основное внимание при отборе форм *Viburnum opulus* L. направлено на поиск форм с пониженным содержанием в плодах титруемых кислот – ниже 2,25 %, при повышенном содержании растворимых сахаров – больше 8,5 %. Кислотность варьирует на среднем уровне изменчивости, коэффициент вариации – 13,48 %. Вариации составляют 1,76–2,77 %. Среднее значение равно 2,16 %. Интерес по этому веществу представляют девять форм, у которых кислотность от 1,76 до 2,26 %.

Для улучшения вкуса немаловажную роль играет СКИ, его высокие значения наблюдаются у пяти форм: Блестящая (45-7), К (27-4), Неженка (42-1), К (23-6), К (27-5). Среднее значение по формам составляет 3,92. СКИ варьирует на среднем уровне изменчивости, коэффициент вариации равен 13,38 %.

Известно, что повышенное содержание растворимых сухих веществ (РСВ) в плодах уменьшает расход сырья на единицу произведенной продукции. Принято считать, что чем выше содержание РСВ в плодах, тем выше качество выпускаемых продуктов переработки [8]. По сухим веществам вариации незначительны – от 13,7 % у формы К (22-5) до 18,0 % у формы Неженка (42-1). Среднее значение по анализируемому признаку равно 15,4 %, коэффициент вариации – 8,85 % – соответствует низкому уровню изменчивости. При сравнении табличных данных по биохими-

ческому составу плодов калины лучшей формой по шести позициям признана Штамбовая (45-1), по пяти – К (23-6), по четырем – Неженка (42-1) и К (23-8).

Водорастворимый витамин В₉ (фолиевая кислота) играет большую роль в клеточном метаболизме, необходим для роста и развития кровеносной и иммунной систем человека. Значительно высокое накопление витамина В₉ отмечено у форм Штамбовая К (45-1) – 193,24 мг/100 г и К (35-4) – 194,16 мг/100 г. Его варьирование – от 64,96 мг/100 г у формы К (45-2) до 194,16 мг/100 г у формы К (35-4). Среднее значение равно 111,00 мг/100 г. Коэффициент вариации – 34,75 %. Низкое содержание этого витамина (64,9–107,9 мг/100 г) отмечено у 40,0 % форм, среднее (108,0–150,9 мг/100 г) – у 46,6 %.

Витамин В₂ (рибофлавин) – один из наиболее важных водорастворимых коферментов многих биохимических процессов. По его накоплению значительных различий нет, вариативность – в пределах 0,26–1,68 мг/100 г. Среднее значение равно 1,26 мг/100 г. Коэффициент вариации – 17,03 %. По этому витамину распределение форм проведено на два класса: с высокими значениями (1,37 мг/100 г и выше) – четыре формы и невысокими (1,36 мг/100 г и ниже) – десять.

Наиболее высокое содержание витамина В₁₂ отмечено у форм Штамбовая (45-1) – 11,52 мг/100 г и Бусинка (24-7) – 10,72 мг/100 г. По этому витамину диапазон варьирования составил 5,06–11,52 мг/100 г. Среднее значение равно 7,99 мг/100 г. Коэффициент вариации – 23,58 %. По витамину В₁₂ отмечено почти равномерное распределение форм на два класса: с высокими значениями (8,32 мг/100 г и выше) – семь форм и невысокими (8,31 мг/100 г и ниже) – семь.

Гиполаэтин из исследованных 13 форм плодов *Viburnum opulus* L. обнаружен в следовых количествах 0,148–0,476 мг/100 г у десяти форм, отсутствует в трех. Максимальное накопление (выше 0,29 мг/100 г) отмечено у шести форм. Большим содержанием этого вещества (0,476 мг/100 г) отличается форма Лучистая К (28-6). Среднее значение по формам равно 0,316 мг/100 г.

Среди изученных компонентов биофлавоноидного комплекса доминирующее положение занимает рутин, вариации – от 1,957 до 19,421 мг/100 г. Среднее значение равно 10,748 мг/100 г.

Этот флавоноид варьирует на высоком уровне изменчивости, коэффициент вариации – 42,42 %. По этому химическому веществу, как и для всех флавоноидов, распределение форм проведено на два класса: с высокими значениями (9,69 мг/100 г и выше) – пять форм и невысокими (9,68 мг/100 г и ниже) – восемь. Максимальное накопление (15,852–19,421 мг/100 г) отмечено у форм К (38-7) – 19,421 мг/100 г, Бархотинская (30-5) – 19,321, Жемчужное ожерелье (32-8) – 18,478, К (46-1) – 17,759, Штамбовая К (45-1) – 15,852 мг/100 г.

Апигенин присутствует в незначительном количестве у трех форм Неженка К (42-1) – 0,246 мг/100 г, К (46-1) – 0,135, К (37-2) – 0,087 мг/100 г.

Гиперозид обнаружен в следовых количествах только у третьей части образцов: К (28-6) – 0,251 мг/100 г, Жемчужное ожерелье (32-8) – 0,225, Бархотинская (30-5) – 0,143, Неженка (42-1) – 0,075 мг/100 г. Кемпферол у калины не обнаружен.

Галловая кислота в исследуемых образцах *Viburnum opulus* L. представлена в следовых количествах, вариации – от 0,119 мг/100 г у формы К (37-2) до 1,254 мг/100 г у формы Жемчужное ожерелье (32-8). Несмотря на совсем малый разброс изменчивость этого флавоноида высокая, коэффициент вариации – 41,0 %. Среднее значение по формам составляет 0,450 мг/100 г. У формы Лучистая (28-6) ее нет. Высокое содержание этой кислоты (выше 0,65 мг/100 г) отмечено у трех форм: Жемчужное ожерелье (32-8) – 1,254 мг/100 г; К (28-6) – 0,652; К (46-1) – 1,137 мг/100 г.

Робинин в исследуемых образцах также варьирует значительно – от 0,918 мг/100 г у формы К (31-6) до 10,215 мг/100 г у формы К (46-1). Среднее значение по анализируемым формам равно 6,044 мг/100 г. Изменчивость высокая, коэффициент вариации – 41,34 %. Высокое содержание (выше 5,56 мг/100 г) отмечено почти у половины форм: Неженка К (42-1) – 6,334 мг/100 г, К (39-1) – 7,854 мг/100 г, Штамбовая (45-1) – 8,524, К (37-2) – 9,867, Жемчужное ожерелье (32-8) – 9,874, К (46-1) – 10,215 мг/100 г.

Анализируя данные по флавоноидному составу плодов лучшими признаны Жемчужное ожерелье (32-8) по пяти веществам, Неженка (42-1), К (28-6), К (46-1) – по трем. В форме Жемчужное

ожерелье К (32-8) среди изученных компонентов биофлавоноидного комплекса доминирующее положение занимают рутин – 18,478 мг/100 г и робинин – 9,874 мг/100 г. В незначительных количествах представлены галловая кислота – 1,254 мг/100 г, гиперозид – 0,225 мг/100 г, гиполаэтин – 0,252 мг/100 г. По качественному составу флавоноидов у форм *Viburnum opulus* L. выделены вещества по шести позициям. По количественному составу получены следующие данные: высоким количеством рутина отличаются пять форм – К (38-7), Бархотинская (30-5), Жемчужное ожерелье (32-8), Штамбовая (45-1), К (46-1); робинина – семь – Неженка К (42-1), К (39-1), Жемчужное ожерелье (32-8), Штамбовая (45-1), К (28-6), К (46-1), К (37-2); галловой кислоты – три – Жемчужное ожерелье (32-8), К (28-6), К (46-1); гиполаэтина – семь – К (38-7), Неженка К (42-1), Лучистая (28-6), К (39-1), К (46-8), Жемчужное ожерелье (32-8), Штамбовая (45-1); гиперозида – две – Жемчужное ожерелье (32-8) и К (28-6); апигенина – одна – Неженка К (42-1).

ВЫВОДЫ

Изучены эколого-биологические особенности, изменчивость вегетативной и генеративной сфер у 28 форм калины обыкновенной в культуре, получены данные об их высокой адаптационной способности. По хозяйственным, декоративным признакам и биохимическим показателям отобрано 9 форм калины: Лучистая (28-6), Жемчужное ожерелье (33-7), Блестящая (48-9), Штамбовая (45-1), Мелколистная (45-2), Орбита (42-1), Невеста (36-7), Золотистая (45-7), Бордо (30-8).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биохимический состав плодов форм *Viburnum opulus* L., произрастающих в Полесье и Лесостепи Украины / Д. К. Шапиро, И. Р. Кисилевский, П. А. Мороз [и др.] // Растительные ресурсы. – 1992. – № 28 (2). – С. 54–63.
2. Lipid composition of viburnum and barberry fruits / G. N. Dubtsova, A. A. Lomakin, E. M. Azimkova [et al.] // IOP conference series: earth and environmental science. – 2021. – Vol. 640. – № 4. – С. 042002.
3. Эколого-биологические и морфологические особенности калины обыкновенной (*Viburnum opulus*) в Западном Алтае / Т. А. Вдовина, А. Н. Данилова, О. А. Лагус [и др.] // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2024. – Т. 23. – № 2. – С. 30–35.
4. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / М-во сел. хоз-ва СССР, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина; редкол.: Г. А. Лобанов [и др.]; под общ. ред. Г. А. Лобанова. – Мичуринск: ВНИИС, 1980. – 531 с.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.]; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
6. Vdovina, T. A. To the methodology for the study of intraspecific variability and selection of wild forms of *Viburnum opulus* L. / T. A. Vdovina, O. A. Lagus // Вестник КарГУ. Серия «Биология. Медицина. География». – 2023. – № 4 (112)/2023. – С. 138–145. – DOI: 10.31489/2023BMG4/138–145.
7. Бондарцев, А. С. Шкала цветов (пособие для биологов при научных и научно-прикладных исследованиях) / А. С. Бондарцев. – М. – Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1954. – 28 с.
8. Мамаев, С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С. А. Мамаев. – М.: Наука, 1973. – 284 с.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 412 с.
10. Зайцев, Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1973. – 256 с.

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF FRUITS OF THE EUROPEAN CRANBERRYBUSH – *VIBURNUM OPULUS* L. IN CULTIVATION (ALTAY BOTANICAL GARDEN)

T. A. VDOVINA, O. A. LAGUS, ZH. E. AYMENOVA

Abstract

This article presents the results of a study on the ecological and biological characteristics of the European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) in an introduction population established in 2013 using three-year-old seedlings. The introduction population comprises 28 forms and 71 plants from four habitats of the Western Altai. Morphometric parameters of vegetative and

generative structures are described. Variability was studied across 25 key traits at both the endogenous and individual levels. Individual variability was assessed in separate specimens, while endogenous variability involved analyzing morphological and agronomic traits within the crown of a single plant. High variability was observed in the following traits: shrub height, cluster size, number of flowers and fruits per cluster, and fruit weight. Biochemical analyses revealed data on the accumulation of vitamins and flavonoids in the fruits. The accumulation of biologically active compounds (BACs) and flavonoids was influenced by both genotype and environmental conditions. Combining key agronomic and biological traits with optimal biochemical composition of the fruits (in terms of BACs and flavonoids) allowed the selection of the forms Shtamovaya (45-1) and Zhemchuzhnoye Ozherele (32-8) for comprehensive practical use.

Keywords: biochemical composition, Western Altai, introduction population, European cranberrybush, fruits, form.

Поступила в редакцию 06.03.2025