

УДК 631.527.11

ОЦЕНКА АМИНОКИСЛОТНОГО И БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛОДОВ ВИДОВ *ROSA L.* И *RIBES AUREUM PURSH.* В ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЕ*

© А.С. Соломенцева**, А.В. Солонкин, А.И. Беляев

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, пр. Университетский, 97, Волгоград, 400062 (Россия), e-mail: taymiss@yandex.ru

В статье приведены данные исследований биохимического состава и размеры плодов видов шиповника и смородины золотистой, лабораторные исследования которых в условиях г. Волгограда проводились впервые. Особое внимание уделено тому, что исследуемые виды являются одними из самых востребованных и имеют экономическую ценность в биологической, сельскохозяйственной, фармацевтической и косметической промышленности. Установлено, что трудности семенного размножения шиповника в засушливых условиях связаны, прежде всего, с особенностями их физиологии, биохимии и морфологии. Объектами исследований служили следующие виды: *R. rugosa Thunb.* (шиповник морщинистый), *R. cinnatomea L.* (шиповник коричный), *R. spinosissima L.* (шиповник колючейший), *R. canina L.* (шиповник обыкновенный), а также смородина золотистая (*Ribes aureum Pursh.*), произрастающие в коллекционных участках ФНЦ агроэкологии РАН. В статье проанализированы показатели погодных условий. Степень требовательности шиповника и смородины к плодородию почв и свету выявила наиболее малотребовательные виды. Авторами установлено, что в период наблюдений все изучаемые виды отличались хорошим ростом и развитием. Состав аминокислот и биохимия плодов определялась с помощью капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105 М», полученные данные позволили выявить самые полезные и ценные виды среди изучаемых. Анализ биохимической ценности плодов установил, что наибольшим количеством белка, кальция, сырой клетчатки, йода и фосфора отличаются виды *R. cinnatomea* из секции высоковитаминных видов и *R. canina*.

Ключевые слова: шиповник, смородина золотистая, рост, развитие, аминокислотный состав, плодоношение.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 122020100448-6 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

Введение

Биохимические показатели плодов определяют их биологические особенности, вкус, цвет, пищевую пригодность и ценность, способность к хранению и транспортировке, а также возможность биотехнологической переработки и расширенного производства продукции [1–3]. Плоды растений жизненно необходимы как источник витаминов и полезных компонентов для поддержания здоровья [4–10]. Анализ факторов окружающей среды по показателям (физические, химические, биологические, социальные) показал, что изменение ка-

Соломенцева Александра Сергеевна – старший научный сотрудник, e-mail: taymiss@yandex.ru

Солонкин Андрей Валерьевич – заведующий селекционно-семеноводческим центром, e-mail: taymiss@yandex.ru

Беляев Александр Иванович – директор, e-mail: taymiss@yandex.ru

чества среды ведет к ухудшению здоровья населения. Так, рост показателей впервые установленной заболеваемости эндокринологическими болезнями и болезнями желудочно-кишечного тракта у взрослого населения Волгоградской области с 2009 г.

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20230212036s

** Автор, с которым следует вести переписку.

увеличился с 605.5 на 100 тыс. взрослого населения в 2009 г. до 1065.8 на 100 тыс. взрослого населения в 2018 г. на 76.0% [11]. В связи с этим огромное значение приобретает обобщение данных по свойствам плодов хозяйственно-ценных растений для целей хозяйственно-потребительских нужд [12]. Виды рода шиповник играют важную роль в оздоровлении территорий и как виды многоцелевого применения при обустройстве урбо- и агроэкосистем, а также для получения лекарственного сырья [13, 14]. В условиях Волгоградской области смородина золотистая – не новый вид, но она нечасто встречается в защитных насаждениях и на плантациях опытных участков. Она отличается продолжительным периодом покоя и мощным ростом. Отбор перспективных видов смородины золотистой должен быть направлен на выведение урожайных новых сортов и форм с плодами, имеющими хозяйственную и лекарственную ценность.

Плоды видов шиповника и смородины золотистой обладают огромным спектром полезных свойств: поливитаминными, антиоксидантными, тонизирующими, сосудосуживающими, противовоспалительными. В них содержатся полезные элементы, которые могут применяться в пищевых целях, а в сельском хозяйстве и растениеводстве – служить базой для отбора видов по хозяйственно-ценным признакам. За счет увеличения производства биологически активных веществ можно существенно расширить сырьевую биотехнологическую базу и наукоемкие технологии, необходимые для парфюмерных, пищевых медицинских, промышленных нужд. Это заставляет уделять внимание новым нетрадиционным источникам сырья. Исследование полифункциональных свойств шиповников и смородины золотистой позволит улучшить условия окружающей природной среды, а также повысит ресурсный потенциал агроландшафтов, найдет применение в медицине [15] и во многих других отраслях [16, 17]. Возможность контролировать химический состав плодов, обеспечивая их ценность и безопасность, является приоритетной для оценки эколого-хозяйственной пригодности исследуемых растений, что являлось целью исследований.

Материалы и методы

Впервые в условиях г. Волгограда и г. Дубовка изучена пищевая ценность плодов видов шиповника и смородины на основе определения аминокислотного и биохимического состава плодов (в общей сумме свободные и связанные формы). Объектами исследований являлись следующие плодовые растения: *Rosa rugosa* Thunb. (шиповник морщинистый), *R. cinnamomea* L. (шиповник коричный), *R. spinosissima* L. (шиповник колючейший), *R. canina* L. (шиповник обыкновенный ф. крупноплодный, а также смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh.), репродукция которых произрастает на разных типах почва в дендрокolleкциях ФНЦ агроэкологии РАН (табл. 1).

Почвенные пробы отбирали на глубине 140 см при помощи почвенного бура. Средняя масса образца составляла 300 г. При комнатной температуре образцы слегка подсушивали, затем просеивали через сито с диаметром отверстий 3 мм, измельчали на почвенной мельнице, тонким слоем в 0.5 см рассыпали на лист бумаги и шпателем отбирали часть образца для анализа. Водная вытяжка почвы приготавливалась взвешиванием проб массой 30 г, с погрешностью не более 0.1 г. К почвенным пробам в емкостях доливали по 150 см³ дистиллированной воды, затем после 3-минутного перемешивания на мешалке пробы отстаивали 5 мин, полученные данные использовали для определения водорастворимых веществ.

При определении показателя фенологической атипичности использовали следующие данные: Пч₁ – вегетативные почки набухают, Пч₂ – вегетативные почки раскрываются, Л₂ – листья разворачиваются, Рсл₂ – листья приобретают осеннюю окраску, Ол₂ – листья опадают. Урожайность оценивали глазомерно, методом взвешивания и измерения морфометрических показателей плодов.

Аминокислотный и биохимический состав определяли по методике М-04-38-2009 (ГОСТ Р 55569-2013) на системе капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105 М». Специальная версия ее постоянного запоминающего устройства позволяет вести работу при температурах до 70 °С, в ходе электрофореза прикладывать давление и изменять его параметры, а также параметры рабочего напряжения, температуры, времени анализа и длины волны, при этом не останавливая электрофореграмму. Из кислотного гидролизата определялась основная группа до глицина из 14 пиков, лейцин и изолейцин определялись по сумме. Содержание триптофана определяли после щелочного гидролиза. Определение содержания водо- и жирорастворимых витаминов проводилось с использованием жидкостного хроматографа «Хромос ЖХ-301».

В период плодоношения у видов определялась концентрация витамина С, которая может служить индикатором роста и развития.

Для определения содержания аскорбиновой кислоты использовался 2% раствор соляной кислоты, 1% раствор йодида калия (KJ), 0.5% раствор крахмала, 0.001 М раствор иодата калия (KJO₃), 0.1% раствор соли мора, 0.5% раствор сульфата меди.

На технических весах взвешивалось 10 г сырья, затем его измельчали в ступке в течение 10 мин, перенося в мерную колбу вместимостью 100 см³, доводили дистиллированной водой до метки, перемешивали и фильтровали через складчатый бумажный фильтр. В коническую колбу отбирали 20 см³ фильтрата, добавляли 1 см³ 2% раствора соляной кислоты, 0.5 см³ 1% раствора йодистого калия и 2 см³ 0.001 М раствора йодата калия до устойчивого синего окрашивания. Параллельно проводили контрольное титрование, где вместо 20 см³ фильтрата брали такое же количество дистиллированной воды. 1 см³ 0.001 М раствора йодата калия соответствует 0.088 мг аскорбиновой кислоты. Фильтрат сразу же использовался для дальнейшего анализа и не подлежал хранению.

Содержание аскорбиновой кислоты рассчитывали по формуле

$$C = (V_1 - V_2) \times K \times 0.08806 \times \frac{100}{H}, \quad (1)$$

где С – содержание аскорбиновой кислоты в 100 г растительного материала; V₁ – объем раствора йодата калия, затраченный на титрование раствора аскорбиновой кислоты, мл; V₂ – объем раствора йодата калия, затраченный на титрование смеси реактивов, не содержащей аскорбиновой кислоты, мл; К – поправка к титру раствора йодата калия; 0.08806 – коэффициент пересчета мл 0.001 н раствора йодата калия в мг аскорбиновой кислоты; 100 – коэффициент пересчета в мг%; Н – масса растительного материала, соответствующая 10 мл раствора аскорбиновой кислоты, г (учитывая, что общий объем раствора аскорбиновой кислоты 100 мл, а взято для дальнейшего анализа 10 мл, указанная масса составляет десятую часть от исходной навески растительного материала).

Данные обрабатывались на ОС Windows 2000/XP.7 и в программах MS Excel, Statistica.

Результаты и их обсуждение

Так как исследуемые виды произрастают в открытом грунте в питомниках, существенное влияние на их рост и развитие, а также биохимическую и биологическую ценность плодов оказывает климат региона [18] (рис. 1 электронного приложения).

Ощутимое отклонение температур от нормы наблюдалось в 2018 г. (март), в 2019 г. (июнь, декабрь) и в 2020 г. (практически в каждом месяце, исключая сентябрь и ноябрь) [19] (рис. 2 электронного приложения).

Почвы участков в районах региона отличаются по содержанию гумуса и обменных оснований, гранулометрическому составу, что влияет на биометрические и морфофизиологические показатели растений (рис. 3 электронного приложения).

Соответствие ритмических процессов развития видов шиповника и смородины золотистой приводит к определенному состоянию адаптации [20, 21]. Интродукционное изучение и определение их биохимической ценности и пользы невозможно без изучения фенологических особенностей [22–24].

Фенологическая фаза «распускание вегетативных почек» фиксировалась примерно в одно время. Проведенные нами исследования по фенологической адаптации позволяют определить направления практического использования растений (табл. 2).

Наследственные механизмы связаны с экологическими условиями и контролируют динамику роста, связанную с фенологическими особенностями каждого изучаемого вида [25–27]. В условиях сухой степи исследуемые растения характеризуются различными показателями проекции кроны и количеством скелетных ветвей, диаметром цветков и плодов и их окраской (табл. 3).

Биоморфологические признаки и параметры растений позволяют внедрять и привлекать их биологический потенциал для эколого-хозяйственных нужд (табл. 4).

Отбор ценных видов можно проводить с учетом интегральной оценки их перспективности применения в условиях Волгоградской области.

Очень важна оценка экологических параметров местообитаний по произрастающим на нем видам растений, так как места сбора плодов населением должны характеризоваться, прежде всего, безопасностью и соответствующими почвенно-растительными условиями. Избирательность видов к условиям среды может использовать это их качество для индикационных целей.

Таблица 1. Характеристика изучаемых видов растениеводческой продукции на опытных участках

Вид	Возраст, лет	Высота, м	Цветение, балл*	Плодоношение, балл**	Жизненность***
<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	26/18	1.5/1.7	4/5	3/5	удовл./ хор.
<i>Rosa canina</i> L.	26/20	2.7/2.8	5/5	4/5	удовл./ хор.
<i>Rosa spinosissima</i> L.	21/16	0.75/0.78	5/5	4/5	хор./ хор.
<i>Rosa cinnamomea</i> L.	20/22	2.6/2.9	5/5	4/5	хор./ хор.
<i>Ribes aureum</i> Pursh.	18/11	2.0/2.2	5/5	5/5	хор./ хор.

Примечание. *Цветение: 4 – 75% цветков или соцветий от полного цветения; **Плодоношение: 3 – 50% полноценных плодов; 4 – 75% полноценных плодов; ***Жизненность: удовл. – удовлетворительная, хор. – хорошая; **Дубовка/Волгоград.

Таблица 2. Сезонное развитие интродуцированных видов (среднее за 10 лет)

Пч ₁	Пч ₂	Л ₂	Рсл ₂	Ол ₂
<i>Шиповник обыкновенный (R. canina L.)</i>				
09.04*	16.04	12.05	28.09	29.10
5.04–12.04	9.04–21.04	14.05–17.05	20.9–31.09	22.10–25.10
08.04**	15.04	11.05	25.09	26.10
3.04–11.04	7.04–20.04	12.05–16.05	17.09–28.09	19.10–21.10
<i>Шиповник колючейший (R. spinosissima L.)</i>				
5.04	9.04	10.05	24.09	17.10
01.04–10.04	4.04–16.04	3.05–17.05	31.09–2.09	11.10–24.10
4.04	7.04	8.05	26.09	16.10
31.04–9.04	3.04–18.04	6.05–18.05	2.09–5.09	9.10–21.10
<i>Шиповник коричный (R. cinnamomea L.)</i>				
07.04	13.04	10.05	30.09	25.10
29.03–10.04	1.04–18.04	11.05–15.05	23.09–29.09	18.10–22.10
6.04	15.04	11.05	28.09	26.10
01.04–11.04	11.04–24.04	13.05–17.05	24.09–31.09	19.10–24.10
<i>Шиповник морщинистый (R. rugosa Thunb.)</i>				
04.04	12.04	10.05	14.10	19.10
26.03–09.04	29.03–04.04	04.05–17.05	9.10–25.10	14.10–31.10
2.04	15.04	08.05	16.10	17.10
29.03–03.04	1.04–3.04	3.05–19.05	11.10–26.10	12.10–28.10
<i>Смородина золотистая (R. aureum Pursh.)</i>				
02.04	10.04	05.05	11.10	16.10
23.03–07.04	25.03–21.04	03.05–10.05	6.10–23.10	12.10–30.10
1.04	7.04	06.05	11.10	13.10
26.03–09.04	22.03–17.04	01.05–08.05	5.10–21.10	10.10–26.10

Примечание: *Волгоград, **Дубовка.

Таблица 3. Таксационные показатели роста исследуемых видов (среднее за период наблюдения)

Виды	Высота, м/см	Проекция кроны, м/см		Количество скелетных ветвей, шт.
		С-Ю	З-В	
<i>R. canina</i>	1.99±0.01*	1.89±0.08	1.95±0.03	72±6.4
	1.81±0.02**	1.74±0.04	1.78±0.03	61±5.1
<i>R. cinnamomea</i>	1.74±0.05	1.40±0.03	1.56±0.01	87±7.4
	1.70±0.03	1.41±0.02	1.49±0.02	98±4.3
<i>R. spinosissima</i>	0.68±0.01	0.61±0.02	0.79±0.03	59±3.9
	0.61±0.02	0.58±0.01	0.84±0.02	61±2.13
<i>R. rugosa</i>	1.42±0.03	1.43±0.02	1.39±0.04	48±5.6
	1.35±0.02	1.41±0.03	1.43±0.01	54±3.3
<i>R. aureum</i>	2.00±0.05	1.48±0.01	1.52±0.02	88±8.1
	2.15±0.06	1.51±0.02	1.57±0.01	76±3.2

Примечание: *Волгоград, **Дубовка.

Изучаемые виды характеризуются различными требованиями к факторам окружающей среды. Низкие требования к плодородию почвы проявляют виды *R. aureum*, *R. cinnamomea*, *R. rugosa* и *R. spinosissima*. Средние – вид *R. canina*.

Самыми светолюбивыми являются виды *R. cinnatomea* и *R. rugosa*. Среднесветолюбивыми – *R. aureum*, *R. canina*, *R. spinosissima*. Наиболее важным качеством для оценки эколого-биологических особенностей растений в условиях Волгограда и области является высокая урожайность, крупноплодность и питательность плодов. Следует вести отбор только из быстрорастущих, высокопродуктивных, обладающих повышенной жизнестойкостью в несвойственных им условиях произрастания, высокой устойчивостью к засухе и морозу видов. Организационные меры на решение селекционных задач сводятся к созданию новых насаждений для удовлетворения потребности региона в семенах, правильному использованию видов на основе научно обоснованного географического и эколого-типологического районирования, размножению отобранных видов растений для создания районированного генофонда.

Все изучаемые виды являются пригодными для работ в селекционном направлении, так как обладают всеми необходимыми качествами плодов и характеристиками роста и развития в засушливых условиях (рис., табл. 5).

Для оценки эколого-биологических свойств в процессе лабораторных исследований была определена массовая доля аминокислот в плодах, а также хозяйственная и лекарственная ценность плодов видов шиповника и смородины в 2018, 2019 и 2020 гг.

Результаты показали, что наибольшим количеством белка, кальция, сырой клетчатки, йода и фосфора отличается вид *R. cinnatomea* (коричный шиповник из секции высоковитаминных видов), влаги и сырого жира – *R. rugosa* (шиповник морщинистый с дальневосточным ареалом), фосфора и сырой золы – *R. canina* (шиповник обыкновенный, форма крупноплодная) (табл. 6).

Таблица 4. Биоморфологические признаки и параметры видов шиповника и смородины

Название признака	Виды				
	<i>R. canina</i>	<i>R. rugosa</i>	<i>R. cinnatomea</i>	<i>R. spinosissima</i>	<i>R. aureum</i>
Форма плода	окр.	шар.	шар.	окр.	окр.
Окраска плода	красная	ярко-красная	оранжевая	черноватая	оранжевая/черноватая
Длительность, дни:					
вегетации	198	202	194	193	170
цветения	7–10	90	10–12	7–12	13–17
роста побегов	58	72	57	54	46
Балл*:					
Шипы	1	3	2	3	–
Устойчивость к морозам	1	1.5	1.4	1	1
Устойчивость к засухе	1	1	1	1	1
Плодоношение	5	4	5	4	5

Примечание: * шиповатость: 1 – слабая (10–40 шт.), 2 – средняя (40–80 шт.), 3 – сильная (80 и более), – шипы отсутствуют; зимостойкость: 1 – вид не обмерзает, 2 – обмерзает не более 50% длины однолетних побегов; засухоустойчивость: 1 – вид не реагирует на засушливые условия, 2 – тургор листьев пониженный, прирост снижен; плодоношение: 4 – хорошее плодоношение, 5 – полное плодоношение.



Плодоношение шиповников и смородины в опытной коллекции

Таблица 5. Показатели плодоношения видов шиповника и смородины в годы исследований

Показатель	<i>R. rugosa</i> *	<i>R. canina</i> *	<i>R. spinosissima</i> *	<i>R. cinnamomea</i> *	<i>R. aureum</i> **
2018 год					
Плоды, L, см	1.94±0.01	2.14±0.03	1.11±0.02	1.71±0.02	–
D, см	1.53±0.02	1.82±0.02	1.12±0.01	1.44±0.03	–
Вес плода, г	1.56±0.03	2.19±0.02	1.39±0.02	1.42±0.02	–
Семян в плоде, шт.	64	55	41	50	–
Семена, L, мм	0.2±0.01	0.3±0.01	0.2±0.01	0.2±0.01	–
D, мм	0.2±0.01	0.2±0.02	0.1±0.02	0.1±0.01	–
Вес семян, г	0.3	0.2	0.2	0.3	–
Плодов на кусте, кг	3.78	3.12	1.79	3.25	–
2019 год					
Плоды, L, см	2.09±0.01	2.20±0.02	1.17±0.01	1.78±0.01	–
D, см	1.70±0.01	2.22±0.01	1.19±0.01	1.49±0.02	–
Вес плода, г	1.66±0.02	2.39±0.02	1.48±0.03	1.38±0.01	–
Семян в плоде, шт.	68	71	55	61	–
Семена, L, мм	0.2±0.01	0.2±0.01	0.2±0.01	0.2±0.01	–
D, мм	0.1±0.01	0.3±0.01	0.2±0.01	0.1±0.01	–
Вес семян, г	0.1	0.2	0.3	0.2	–
Плодов на кусте, кг	4.02	3.31	2.56	3.45	–
2020 год					
Плоды, L, см	1.04±0.03	2.01±0.01	1.36±0.02	1.86±0.02	1.04±0.01
D, см	1.58±0.01	1.79±0.02	1.24±0.03	1.88±0.01	0.80±0.02
Вес плода, г	1.49±0.01	2.14±0.01	1.67±0.02	1.43±0.01	0.59±0.01
Семян в плоде, шт.	79	68	70	58	24
Семена, L, мм	0.1±0.01	0.2±0.01	0.1±0.02	0.1±0.01	0.01±0.01
D, мм	0.1±0.02	0.2±0.01	0.1±0.02	0.1±0.02	0.01±0.02
Вес семян, г	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Плодов на кусте, кг	4.21	4.10	3.56	3.95	5.4

Примечание: *Волгоград, **Дубовка.

Таблица 6. Биохимический состав плодов *Rosa* L.

Показатель/вид	Значение, %			
	<i>R. canina</i>	<i>R. cinnamomea</i>	<i>R. rugosa</i>	<i>R. spinosissima</i>
Белок	5.33	7.30	1.95	2.14
Влага	9.83	8.00	48.61	44.88
Сырой жир	1.29±0.43	1.00±0.42	1.39±0.44	1.28±0.43
Фосфор	0.08±0.02	0.07±0.02	0.03±0.01	0.14±0.03
Сырая зола	3.8±0.2	3.8±0.2	2.5±0.1	3.2±0.2
Кальций	0.88±0.11	0.50±0.08	0.27±0.06	0.98±0.12
Сырая клетчатка	8.93±1.37	11.44±1.49	5.32±1.19	6.13±1.23
Иод*	0.29±0.13	0.18±0.08	0.18±0.08	0.21±0.10

Примечание: * – мг/кг.

Анализ содержания аминокислот в плодах шиповников показал, что в 2019 году произошло повышение содержания аланина в растениях *R. canina* и *R. cinnamomea*, что говорит о влиянии количества осадков и холодного периода года на ткани растения и создании дефицита влаги, замедлении синтеза хлорофилла, уменьшении засухоустойчивости.

Аргинин влияет на транспорт азота по растению, его содержание увеличилось по сравнению с 2018 г. у видов *R. rugosa* и *R. spinosissima*, уменьшив преодоление солевого стресса и развитие корневой системы.

Накопление пролина способствует эффективному поглощению воды в условиях дефицита влаги и препятствует обезвоживанию растения, повышая показатели его водного режима. Содержание пролина в 2019 г. повысилось у видов *R. canina* и *R. cinnamomea*.

Увеличение концентрации тирозина повысило устойчивость к солевому стрессу, толерантность к жаркой погоде и прорастание пыльцы у *R. canina*.

Валин также отвечает за устойчивость растения к жаркой погоде, прорастание семян, процессы опыления, его содержание повышено у видов *R. canina*, *R. spinosissima*.

Метионин отвечает за стимуляцию ростовых показателей, регулирование работы листовых устьиц для оптимизации водного обмена, его уровень повышен у вида *R. cinnamomea*. Смородина золотистая исследовалась первый год и также показала очень хорошие результаты (табл. 7).

Таблица 7. Аминокислотный состав плодов шиповников и смородины золотистой в годы исследований

Показатель	Значение, мг%*						
	<i>canina</i>	<i>cinnamomea</i>	<i>rugosa</i>	<i>spinosissima</i>	<i>ribes**</i>		
Алифатические аминокислоты							
<i>Ala</i>	119/68	100/77	66/91	30/103	48	73	
<i>Val</i>	110/93	19/23	21/24	59/88	21	65	
<i>Gly</i>	179/108	150/119	77/137	67/150	72	109	
<i>Leu + Ile</i>	269/158	207/219	152/181	111/222	136	166	
Оксимоноаминомонокарбоновые кислоты							
<i>Tre</i>	93/–	72/70	33/62	–/75	42	64	
<i>Ser</i>	114/68	105/68	68/98	41/100	43	68	
Диаминомонокарбоновые кислоты							
<i>Arg</i>	252/88	123/194	75/222	28/230	113	162	
<i>Lys</i>	50/24	59/71	39/55	24/45	45	79	
Серосодержащие кислоты							
<i>Met</i>	80/98	151/88	54/135	28/47	49	30	
Ароматические и гетероциклические аминокислоты							
<i>Tyr</i>	77/38	42/48	27/39	27/59	30	42	
<i>Phe</i>	123/52	98/85	41/87	41/89	53	65	
<i>His</i>	57/53	17/49	49/14	17/41	42	33	
<i>Trp</i>	85/73	143/146	60/77	57/70	75	59	
Иминокислоты (пирролидинсодержащие кислоты)							
<i>Pro</i>	154/65	159/101	72/147	37/126	64	95	

Примечание: *2018/2019 гг.; **Дубовка/Волгоград (2020–2022 гг.).

Изолейцин и лейцин – это осмотические протектанты, повышающие толерантность к жаркой и засушливой погоде, солевому стрессу, увеличивающие прорастание пыльцы – их уровень повышен у видов *R. canina* и *Ribes aureum*. Также, у вида *R. canina* повышен уровень фенилаланина, лизина, триптофана и серина, отвечающих за синтез гуминовых кислот, укрепление стенок клеток, синтез гормональных веществ ауксинового типа.

Состав аминокислот оказывает полезное влияние на организм человека. Аланин регулирует уровень сахара в крови, валин является источником энергии, глицин улучшает интеллектуальные способности, лейцин и изолейцин способствуют образованию гемоглобина и регулирует иммунную систему, серин и треонин снижают активность токсинов и химикатов, аргинин является основной важной аминокислотой и отвечает за выработку гормонов, антител и уровень инсулина. Лизин и метионин играют основную роль в формировании мышц и костей, тирозин, триптофан и фенилаланин придают организму бодрость и участвуют в выработке дофамина, гистидин регулирует процессы обмена веществ, пролин влияет на выработку коллагена и является основной аминокислотой, защищающей организм человека от атеросклероза (табл. 8).

Для сравнения, по данным электронного ресурса ФармаМед, суточная доза витамина С для взрослого человека составляет 50–100 мг [28], на сайте Регистра лекарственных средств Российской Федерации суточная доза для взрослых составляет 70–100 мг, детей – 30–70 мг [29], на сайте Википедии суточная доза для взрослого человека составляет 60 мг по старым рекомендациям и 90 мг – по новым [30]. Согласно Л.А. Николаевой [31], суточная потребность в аскорбиновой кислоте составляет 90 мг.

Исходя из сравнительного анализа содержания аминокислот в плодах растений в годы исследований, можно предположить, что наиболее ценным видом является *R. canina*, крупноплодная форма.

Таблица 8. Содержание аскорбиновой кислоты в растительных образцах (мг/100 г), среднее за 2 года

Вид (название)	Содержание витамина С, мг/100 г**	Min суточная доза, мг*	Доза взрослого человека, мг*	Доза ребенка, мг*	Доза при простуде, мг*
<i>Rosa cinnamomea</i> L.	1470/1518	30	90	30–90	200
<i>Ribes aureum</i> Pursh.	300/358				
<i>Malus sylvestris</i> Mill.	210/309				
<i>Viburnum opulus</i> L.	80/118				
<i>Berberis vulgaris</i> L.	30/98				
<i>Pyrus communis</i> L.	23/44				

Примечание: *по данным Роспотребнадзора; **Дубовка/Волгоград (2020–2022 гг.).

В 2020 г. под влиянием погодных условий увеличилось содержание некоторых аминокислот, что указывает на взаимосвязь факторов внешней среды и биохимического состава плодов.

Отбор видов по ценным признакам позволит улучшить здоровье населения и может быть использован в медицине, промышленной структуре, биотехнологии, организации лесосеменных плантаций.

Заключение

Возраст, погодные и почвенно-экологические условия оказывают прямое влияние на рост и развитие исследуемых видов растений, а также на содержание в их плодах аминокислот, белка, влаги, клетчатки и других полезных элементов. Так, более молодые растения Дубовского питомника обладают меньшим размером кроны и таксационными показателями, интенсивным плодоношением и, как следствие, наибольшим содержанием аминокислот. Раннее наступление весны и повышение температуры воздуха в летний период 2019 г. спровоцировало повышение аминокислотного состава в плодах смородины золотистой и видов шиповника. Особо чувствительным к высоким летним температурам оказался шиповник морщинистый, у данного вида наблюдалась высокая разница в содержании аминокислот в сравнении с 2018 г. Содержание в почве гумуса, оксида фосфора, калия, кальция, магния и натрия не влияет на состав аминокислот в плодах, но влияет на содержание аскорбиновой кислоты – ее уровень значительно повышается у растений из питомника в г. Волгограде, почвы которого содержат высокую концентрацию данных элементов.

Полученные данные и использование их в практической деятельности будут способствовать повышению хозяйственного потенциала, созданию комфортных условий проживания и в целом рационализации природопользования и оценки эколого-хозяйственного потенциала видов в условиях деградации и опустынивания земель Волгоградской области.

Список литературы

1. Canli F.A., Kazaz S. Biotechnology of Roses: progress and future prospects // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2009. Vol. 66. Pp. 167–183.
2. Wilde H.D., Gandhi K.J.K., Colson G. State of the science and challenges of breeding landscape plants with ecological function // *Horticulture Research*. 2015. Vol. 2. Pp. 1–8. DOI: 10.1038/hortres.2014.69.
3. Raymond O., Gouzy J. The *Rosa* genome provides new insights into the domestication of modern rose // *Nature Genetics*. 2018. Vol. 50. Pp. 772–777. DOI: 10.1038/s41588-018-0110-3.
4. Сырвая А.О., Шаповал Л.Г. Аминокислоты глазами химиков, фармацевтов, биологов. Харьков, 2014. 228 с.
5. Oyedemi S.O., Oyedemi B.O., Prieto J.M., Coopoosamy R.M., Stapleton P., Gibbons S. In vitro assessment of antibiotic-resistance reversal of a methanol extract from *Rosa canina* L. // *South African Journal of Botany*. 2016. Vol. 105. Pp. 337–342. DOI: 10.1016/j.sajb.2016.03.013.
6. Longhi S., Giongo L., Buti M., Surbanovski N., Viola R., Velasco R., Ward J.A., Sargent D.J. Molecular genetics and genomics of the *Rosoideae*: state of the art and future perspectives // *Horticulture Research*. 2014. Vol. 1. Pp. 1–18. DOI: 10.1038/hortres.2014.1.
7. Andersson U., Berger K. et al. Effects of rose hip intake on risk markers of type 2 diabetes and cardiovascular disease: a randomized, double-blind, cross-over investigation in obese persons // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2012. Vol. 66. Pp. 585–590. DOI: 10.1038/ejcn.2011.203.
8. Nagatomo A., Oguri M., Nishida N. Evaluation of genotoxicity and subchronic toxicity of standardized rose hip extract // *Human & Experimental Toxicology*. 2018. Vol. 37. Pp. 725–741. DOI: 10.1177/0960327117730881.
9. Venkatesh R.P., Ramaesh K., Browne B. Rose-hip keratitis // *Eye*. 2005. Vol. 19. Pp. 595–596. DOI: 10.1038/sj.eye.6701536.
10. Fattahi A., Niyazi F. et al. Antidiabetic Mechanisms of *Rosa canina* fruits // *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*. 2016. Pp. 127–133. DOI: 10.1177/2156587216655263.
11. Сазонов В.Е. и др. Доклад «О состоянии окружающей и природной среды Волгоградской области в 2018 году». Ижевск, 2019. 300 с.
12. Викторов В.П., Черняева Е.В. Интродукция растений. М., 2014. 152 с.
13. Callaway R.M., Ridenour W.M., Laboski T., Weir T., Vivanco J.M. Natural selection for resistance to the allelopathic effects of invasive plant // *Ecology*. 2005. Vol. 93. Pp. 576–583. DOI: 10.1111 / j.1365-2745.2005.00994.x.
14. Семенютина А.В., Соломенцева А.С. Рост и фенологическое развитие интродуцированных видов шиповников (*Rosa* L.) в условиях Волгоградской области // *Известия высших учебных заведений: Лесной журнал*. 2018. №5. С. 105–115.
15. Шевелуха В.С. Сельскохозяйственная биотехнология. М., 2008. 712 с.
16. Соломенцева А.С. Внутривидовой полиморфизм шиповников в условиях засушливой зоны как фактор повышения биоразнообразия урбанизированных территорий // *Наука. Мысль: электронный периодический журнал*. 2016. №7-1. С. 117–127.
17. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». СПб., 2006. 212 с.
18. Гордеев А.В., Клещенко А.Д. Биоклиматический потенциал России: теория и практика. М., 2006. 512 с.

19. Климатический монитор. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=34560>.
20. Kollmann J., Banuelos M.J. Latitudinal trends in growth and phenology of the invasive alien plant *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae) // *Divers Distrib.* 2004. Vol. 10(5-6). Pp. 377–385. DOI: 10.1111/j.1366-9516.2004.00126.x.
21. Kollmann J., Frederiksen L. et al. Limiting factors for seedling emergence and establishment of the invasive non-native *Rosa rugosa* in a coastal dune system // *Biol. Invasions.* 2007. Vol. 9(1). Pp. 31–42. DOI: 10.1007/s10530-006-9003-y.
22. Маштаков Д.А., Филатов В.Н. Методы исследований в агролесомелиорации и озеленении населенных пунктов: краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 35.06.02 Лесное хозяйство. Саратов, 2014. 55 с.
23. Артаев О.Н., Башмаков Д.И., Безина О.В. Методы полевых экологических исследований. Саранск, 2014. 412 с.
24. Yu Q., Jia D.-R., Tian B., Yang Y.-Ping, Duan Y.-W. Changes of flowering phenology and flower size in rosaceous plants from a biodiversity hotspot in the past century // *Scientific Reports.* 2016. Vol. 6. Pp. 1–4. DOI: 10.1038/srep28302.
25. Alpert P., Bone E., Holzapfel C. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants // *Perspect Plant Ecol. Evol. Syst.* 2000. Vol. 3. Pp. 52–66. DOI: 10.1078/1433-8319-00004.
26. Isermann M. Expansion of *Rosa rugosa* and *Hippophae rhamnoides* in coastal grey dunes: Effects at different spatial scales // *Flora.* 2008. Vol. 203(4). Pp. 273–280.
27. Kiralan M., Yildirim G. Rosehip (*Rosa canina* L.). Oil, Fruit Oils // *Chemistry and Functionality.* 2019. Pp. 803–814. DOI: 10.1007/978-3-030-12473-1_43.
28. Суточные дозы потребления витаминов [Электронный ресурс]. URL: https://www.pharmamed.ru/library_148.htm.
29. Витамины, минеральные вещества и микроэлементы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rlsnet.ru/library/books/rls-pacient-2003/251-3.12.1.-vitaminy-mineralnye-veshhestva-i-mikroehlementy>.
30. Reference Daily Intake [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Reference_Daily_Intake.
31. Николаева Л.А., Ненахова Е.В. Биологическая роль витаминов в организме. Методы оценки витаминной обеспеченности организма человека. Методы определения витамина С: учебно-методическое пособие. Иркутск, 2014. 71 с.

Поступила в редакцию 26 октября 2022 г.

После переработки 5 декабря 2022 г.

Принята к публикации 6 декабря 2022 г.

Для цитирования: Соломенцева А.С., Солонкин А.В., Беляев А.И. Оценка аминокислотного и биохимического состава плодов видов *Rosa* L. и *Ribes aureum* Pursh. в засушливой зоне // *Химия растительного сырья.* 2023. №2. С. 123–132. DOI: 10.14258/jcrpm.20230212036.

*Solomentseva A.S.**, *Solonkin A.V.*, *Belyaev A.I.* EVALUATION OF THE AMINO ACID AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS OF *ROSA* L. AND *RIBES AUREUM* PURSH. SPECIES IN ARID ZONE

Federal Research Centre for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation, RAS, Universitetsky pr., 97, Volgograd, 400062, (Russia), e-mail: taymiss@yandex.ru

The article presents the data of the biochemical composition of the fruits of wild roses species, laboratory studies of which were conducted for the first time in Volgograd. Special attention is paid to the fact that wild roses is the one of the most important genera in the world and has an economic value in the biological, floriculture, pharmaceutical and cosmetic industries. It has been established that the difficulties of seed propagation of wild roses in arid conditions are primarily related to the peculiarities of their physiology, biochemistry and morphology. The objects of research were species with different areas of natural distribution: *R. rugosa* Thunb., *R. cinnamomea* L., *R. spinosissima* L., *R. canina* L., *Ribes aureum* Pursh., growing in collection areas of the Federal Research Centre for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation. The article analyzes the indicators of weather conditions. The degree of demand for soil fertility and light revealed the most low-demand species: *R. aureum*, *R. cinnamomea*, *R. rugosa* and *R. spinosissima*. The authors found that all the studied species had good growth and development during the observation period. The amino acid composition of wild roses and currant fruits was determined using the capillary electrophoresis system "Drops" at a wavelength of 250 nm and allowed us to identify the most valuable species in terms of their biochemical composition. Analysis of the biochemical value of fruits found that the highest amount of protein, calcium, raw fiber, iodine and phosphorus differs type *R. cinnamomea* from the section of high-vitamin species and *R. canina*.

Keywords: wild roses, golden currant, growth, development, amino acid composition, fruiting.

* Corresponding author.

References

1. Canli F.A., Kazaz S. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2009, vol. 66, pp. 167–183.
2. Wilde H.D., Gandhi K.J.K., Colson G. *Horticulture Research*, 2015, vol. 2, pp. 1–8. DOI: 10.1038/hortres.2014.69.
3. Raymond O., Gouzy J. *Nature Genetics*, 2018, vol. 50, pp. 772–777. DOI: 10.1038/s41588-018-0110-3.
4. Syrovaya A.O., Shapoval L.G. *Aminokisloty glazami khimikov, farmatsevtov, biologov*. [Amino acids through the eyes of chemists, pharmacists, biologists]. Kharkiv, 2014, 228 p. (in Russ.).
5. Oyedemi S.O., Oyedemi B.O., Prieto J.M., Coopoosamy R.M., Stapleton P., Gibbons S. *South African Journal of Botany*, 2016, vol. 105, pp. 337–342. DOI: 10.1016/j.sajb.2016.03.013.
6. Longhi S., Giongo L., Buti M., Surbanovski N., Viola R., Velasco R., Ward J.A., Sargent D.J. *Horticulture Research*, 2014, vol. 1, pp. 1–18. DOI: 10.1038/hortres.2014.1.
7. Andersson U., Berger K. et al. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2012, vol. 66, pp. 585–590. DOI: 10.1038/ejcn.2011.203.
8. Nagatomo A., Oguri M., Nishida N. *Human & Experimental Toxicology*, 2018, vol. 37, pp. 725–741. DOI: 10.1177/0960327117730881.
9. Venkatesh R.P., Ramaesh K., Browne B. *Eye*, 2005, vol. 19, pp. 595–596. DOI: 10.1038/sj.eye.6701536.
10. Fattahi A., Niyazi F. et al. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 2016, pp. 127–133. DOI: 10.1177/2156587216655263.
11. Sazonov V.Ye. i dr. *Doklad «O sostoyanii okruzhayushchey i prirodnoy sredy Volgogradskoy oblasti v 2018 godu»*. [Report "On the state of the environment and the natural environment of the Volgograd region in 2018"]. Izhevsk, 2019, 300 p. (in Russ.).
12. Viktorov V.P., Chernyayeva Ye.V. *Introduktsiya rasteniy*. [Plant introduction]. Moscow, 2014, 152 p. (in Russ.).
13. Callaway R.M., Ridenour W.M., Laboski T., Weir T., Vivanco J.M. *Ecology*, 2005, vol. 93, pp. 576–583. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2005.00994.x.
14. Semenyutina A.V., Solomentseva A.S. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy: Lesnoy zhurnal*, 2018, no. 5, pp. 105–115. (in Russ.).
15. Shevelukha V.S. *Sel'skokhozyaystvennaya biotekhnologiya*. [Agricultural biotechnology]. Moscow, 2008, 712 p. (in Russ.).
16. Solomentseva A.S. *Nauka. Mysl': elektronnyy periodicheskiy zhurnal*, 2016, no. 7-1, pp. 117–127. (in Russ.).
17. Komarova N.V., Kamentsev Ya.S. *Prakticheskoye rukovodstvo po ispol'zovaniyu sistem kapillyarnogo elektroforeza «Kapel'»*. [A practical guide to the use of Capillary capillary electrophoresis systems]. St. Petersburg, 2006, 212 p. (in Russ.).
18. Gordeyev A.V., Kleshchenko A.D. *Bioklimaticheskii potentsial Rossii: teoriya i praktika*. [Bioclimatic potential of Russia: theory and practice]. Moscow, 2006, 512 p. (in Russ.).
19. *Klimaticheskii monitor*. [Climate monitor]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=34560>. (in Russ.).
20. Kollmann J., Banuelos M.J. *Divers Distrib.*, 2004, vol. 10(5-6), pp. 377–385. DOI: 10.1111/j.1366-9516.2004.00126.x.
21. Kollmann J., Frederiksen L. et al. *Biol. Invasions*, 2007, vol. 9(1), pp. 31–42. DOI: 10.1007/s10530-006-9003-y.
22. Mashtakov D.A., Filatov V.N. *Metody issledovaniy v agrolesomeliatsii i ozelenenii naseleennykh punktov: kratkiy kurs lektsiy dlya aspirantov napravleniya podgotovki 35.06.02 Lesnoye khozyaystvo*. [Research methods in agroforestry and planting of greenery in settlements: a short course of lectures for graduate students in the field of study 35.06.02 Forestry]. Saratov, 2014, 55 p. (in Russ.).
23. Artayev O.N., Bashmakov D.I., Bezina O.V. *Metody polevykh ekologicheskikh issledovaniy*. [Methods of field ecological researches]. Saransk, 2014, 412 p. (in Russ.).
24. Yu Q., Jia D.-R., Tian B., Yang Y.-Ping, Duan Y.-W. *Scientific Reports*, 2016, vol. 6, pp. 1–4. DOI: 10.1038/srep28302.
25. Alpert P., Bone E., Holzapfel C. *Perspect Plant Ecol. Evol. Syst.*, 2000, vol. 3, pp. 52–66. DOI: 10.1078/1433-8319-00004.
26. Isermann M. *Flora*, 2008, vol. 203(4), pp. 273–280.
27. Kiralan M., Yildirim G. *Chemistry and Functionality*, 2019, pp. 803–814. DOI: 10.1007/978-3-030-12473-1_43.
28. *Sutochnyye dozy potrebleniya vitaminov* [Daily intake of vitamins]. URL: https://www.pharmamed.ru/library_148.htm. (in Russ.).
29. *Vitaminy, mineral'nyye veshchestva i mikroelementy* [Vitamins, minerals and trace elements]. URL: <https://www.rls-net.ru/library/books/rls-pacient-2003/251-3.12.1.-vitaminy-mineralnye-veshchestva-i-mikroehlementy>. (in Russ.).
30. *Reference Daily Intake*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Reference_Daily_Intake.
31. Nikolayeva L.A., Nenakhova Ye.V. *Biologicheskaya rol' vitaminov v organizme. Metody otsenki vitaminnoy obespechennosti organizma cheloveka. Metody opredeleniya vitamina S: uchebno-metodicheskoye posobiye* [The biological role of vitamins in the body. Methods for assessing the vitamin supply of the human body. Methods for determining vitamin C: a teaching aid]. Irkutsk, 2014, 71 p. (in Russ.).

Received October 26, 2022

Revised December 5, 2022

Accepted December 6, 2022

For citing: Solomentseva A.S., Solonkin A.V., Belyaev A.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 2, pp. 123–132. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230212036.