

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ *RUBUS BUSCHII* (ROSACEAE), *RIBES*×*NIDIGROLARIA* (GROSSULARIACEAE), *SAMBUCUS NIGRA* (CAPRIFOLIACEAE) И СОДЕРЖАНИЕ КАЛИЯ И НАТРИЯ В РАСТЕНИЯХ И ПОЧВЕ

© 2025 г. А. А. Арутюнянц*, Р. В. Савельев, Ю. В. Лавриненко,
Д. Д. Симеониди, С. В. Скупневский

ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова»,
г. Владикавказ, Россия

*e-mail: arutyunanna@mail.ru

Поступила в редакцию 30.06.2024 г.

После доработки 18.09.2024 г.

Принята к публикации 30.11.2024 г.

Изучен компонентный и элементный состав экстрактов листьев и плодов малины Буша (*Rubus buschii* (Rozanova) Grossh., Rosaceae) (сел. Сурх-Дигора, г. Владикавказ), йошты (*Ribes*×*nidigrolaria* Rud. Bauer et A. Bauer, Grossulariaceae) (г. Владикавказ), бузины черной (*Sambucus nigra* L., Caprifoliaceae) (сел. Тарское), произрастающих на территории Республики Северная Осетия-Алания. В растительном сырье выделены, идентифицированы и количественно определены флавоноиды. Максимальное содержание флавоноидов обнаружено в зеленых частях растений. По суммарному содержанию флавоноидов в фитоматериале (в пересчете на рутин) выявлена следующая закономерность: листья малины (сел. Сурх-Дигора) > листья йошты (г. Владикавказ) > плоды бузины черной (Тарское болото). Исследовано содержание ионов К и Na в почве, а также листьях и плодах исследуемых видов. Показано, что содержание К и Na зависит от местообитания растений и влияет на их ресурсную ценность.

Ключевые слова: *Rubus buschii*, *Ribes*×*nidigrolaria*, *Sambucus nigra*, флавоноиды, антиоксидантная активность, содержание калия и натрия, УФ-спектроскопия, Центральный Кавказ, РСО-Алания

DOI: 10.31857/S0033994625010107, EDN: EFVKWZ

Растения, содержащие в своем составе флавоноидные комплексы с выраженными антиоксидантными свойствами, уже много лет остаются востребованными, поскольку они составляют основу для получения ценных лекарственных препаратов широкого спектра действия. Установлено, что полифенольные соединения (в т. ч. флавоноиды) являются натуральными биологическими модификаторами, способными изменять реакцию организма на внешние факторы — аллергены, вирусы и канцерогены. Об этом свидетельствуют их противовоспалительные, антиаллергические, антивирусные и антиканцерогенные свойства [1–3]. В экспериментах выявлено, что флавоноиды обладают капилляроукрепляющими, желчегонными, радиопротекторными,

противоопухолевыми, иммуномодулирующими, антимикробными и другими ценными лечебными свойствами. По антиоксидантной активности флавоноиды могут превосходить витамины С, Е и каротиноиды [4, 5]. В качестве антиоксидантов флавоноиды проявляют способность нейтрализовать гидроксильные радикалы и защищают организм человека и животных от последствий активации перекисного окисления липидов и посттрансляционной модификации белков активными формами азота и кислорода. Согласно литературным данным наиболее богаты флавоноидами растения семейства пасленовых, бобовых, астровых, розоцветных, гречишных, березовых, рутовых и др. [6, 7]. Исследования последних лет позволяют предположить, что указанные соединения могут участвовать

в процессах экспрессии генов, изменять активность регуляторных белков и модулировать регуляцию клеточного деления. Поскольку антиоксидантное действие флавоноидов лежит в основе купирования процессов свободнорадикального окисления — этиопатогенетической основы множества заболеваний человека, научный интерес к ним на протяжении последних десятилетий сохраняется на высоком уровне [8–10]. В связи с вышеизложенным, изучение факторов, влияющих на биологическую ценность растений, содержащих активные противooksидательные вещества, является актуальным.

Цель исследования — изучить антиоксидантный потенциал малины Буша (*Rubus buschii* (Rozenova) Grossh., Rosaceae), йошты (*Ribes × nidigrolaria* Rud. Bauer et A. Bauer, Grossulariaceae), бузины черной (*Sambucus nigra* L., Caprifoliaceae) и содержание Na и K в тканях растений и в почве.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования были листья и плоды малины Буша, йошты и бузины черной, произрастающих на территории Республики Северная Осетия-Алания (РСО-Алания). Листья и плоды малины Буша собирали в окрестностях села Сурх-Дигора (43° 5'343" 5'30.22" с. ш., 43° 49'15.93" в. д.), расположенного на высоте 600 м над ур. м. в лесостепном поясе растительности и в окрестностях г. Владикавказ (43° 1'19.65" с. ш., 44° 40'13.59" в. д.) на высоте 800 м над ур. м. в нижне-горном лесном поясе. Листья и плоды йошты собирали в окрестностях г. Владикавказ. В местах сбора образцов в г. Владикавказе распространены выщелоченные черноземы на тяжелых суглинках (зона избыточного увлажнения), в окрестностях села Сурх-Дигора — серые лесные карбонатные глинистые почвы.

Листья и плоды бузины черной были собраны в Тарской межгорной котловине (сел. Тарское, 42° 57'44.62" с. ш., 44° 43'46.33" в. д.) на высоте 800 м над ур. м. на склоне небольшой возвышенности, окружающей Тарское сфагново-осоковое болото, в монодоминантных зарослях малины лесной. Почвы на этой территории горные бурые лесные кислые грубогумусные.

Сбор растительного сырья проводили по мере созревания плодов. Каждый образец (почва, листья, плоды) состоял из 5 частных образцов, отобранных на участках площадью

50 × 50 м. Образцы почв брали непосредственно под исследуемым растением с корней и с глубины 10–20 см в зависимости от грунта. Листья (15 г) и плоды (25 г) собирали только со здоровых, хорошо развитых, не поврежденных насекомыми или микроорганизмами растений. Все образцы упаковывали в полиэтиленовые пакеты. Для сбора каждого образца использовали отдельный набор одноразовых полиэтиленовых перчаток. Части растений очищали от видимой грязи и промывали сначала проточной, а затем дистиллированной водой, высушивали на полиэтиленовой пленке в сухом проветриваемом помещении и хранили в полиэтиленовых пакетах. Образцы почвы высушивали в сухом помещении при комнатной температуре и просеивали через сито с размером ячеек 0.4 см². Пробы исследуемых образцов растений и почв разделяли методом квартования и подготавливали согласно принятой методике [11]. Получали водно-спиртовые экстракты из растительного сырья.

Идентификацию и количественное определение индивидуальных компонентов проводили методом тонкослойной хроматографии (ТСХ). На пластинку «Сорбфил» [12] наносили образцы водно-спиртовых экстрактов минимальными порциями для получения пятен диаметром 1–2 мм. Раствор сравнения — государственные стандартные образцы (ГСО) рутина и кверцетина. Пластинки помещали в герметичную камеру, соответствующую по размеру используемой пластинке, предварительно насыщенную в течение 1 часа системой растворителей (*n*-бутанол — уксусная кислота — этанол 60 : 15 : 25 по объему) для вертикального элюирования. Первичную детекцию полифенольных соединений осуществляли в ультрафиолетовой части спектра при длине волны 365 нм, вторичную — после обработки хроматограмм 2%-ным спиртовым раствором треххлористого алюминия [13]. Используемая в работе система растворителей позволила качественно разделить компоненты растительного сырья и выделить в них до 5 индивидуальных веществ. Оценку общего антиоксидантного потенциала проводили по методике, описанной в работе Р. В. Савельева с соавторами [14] при помощи окислителя — 0.05%-ного раствора перманганата калия. Титрование вели в кислой среде (H₂SO₄) до появления слабой розовой окраски, устойчивой в течение 20 сек. Расчет перманганатной окисляемости проводили по формуле:

$$ПО = \frac{N(KMnO_4) \times V(KMnO_4) \times 1000}{V(\text{экстракта})} \times 8,$$

где N — нормальность перманганата калия; $V_{(KMnO_4)}$ — объем перманганата, затраченный на титрование; $V_{(\text{экстракта})}$ — объем титруемого экстракта.

Количественное содержание флавоноидов определено по величине светопоглощения в режиме дифференциальной спектрофотометрии. С целью выбора аналитической длины волны и изучения влияния матрицы на характер электронных спектров поглощения предварительно были получены и изучены УФ-спектры водно-спиртовых растворов исследуемых экстрактов, а также стандартных образцов рутина и кверцетина в индивидуальном состоянии и с добавлением хлорида алюминия, вступающего в реакции комплексообразования с исследуемыми соединениями [17].

Дифференциальные спектрофотометрические измерения проводили на спектрофотометре модели UV-VISIBLE SPECTROPHOTOMETER (SHIMADZU), используя методику, принятую Государственной фармакопеей Российской Федерации XIII издания (2015 г.). Качественную идентификацию осуществляли по максимуму в электронных спектрах поглощения (ЭСП), которые регистрировали в режиме дифференциальной спектрофотометрии с толщиной оптического слоя 1 см. На ЭСП максимум светопоглощения исследуемых образцов из листьев и плодов малины, листьев и плодов йошты и плодов бузины соответствовал максимуму поглощения ГСО рутина и составлял 410–412 нм [15]. Количественное содержание определяли на основании измеренной оптической плотности и соотношения ее с ГСО.

Определение концентрации ионов щелочных металлов в почве и растениях проводили методом эмиссионного спектрального анализа, основанного на получении спектров эмиссии атомов анализируемого вещества, возбужденных нагреванием вещества в пламени, с помощью пламенного спектрофотометра ФПА-01. Пламенно-фотометрический метод предполагает использование жидких проб, поэтому анализу почв и растений предшествовала подготовка проб, заключающаяся в переведении пробы в раствор. Пробы почв готовили методом водной вытяжки, пробы растений разлагали методом кислотной минерализации с использованием лабораторной микроволновой установки «MARS 6» [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно результатам качественного анализа, выполненного с помощью метода тонкослойной хроматографии, все исследуемые виды содержали в своем составе рутин и кверцетин, либо их структурные аналоги (к их числу могут принадлежать выделенные из растений: мангаслин — кверцетин-3-О-(2'',6''-ди-О-рамнозил) глюкозид, изокверцитрин — кверцетин-3-О-глюкозид, кверцитрин — кверцетин-3-О-рамнозид, кверцетин-3-О-(6''-О-глюкозил) глюкозид и др., что подтверждалось наличием доминирующих пятен с величинами $R_f = 0.72$ – 0.78 (рутин), $R_f = 0.98$ (кверцетин).

На пластинках регистрировали также дополнительные пятна. В частности, для листьев малины пятна с $R_f = 0.63$, $R_f = 0.87$ (структурный аналог рутина, который может содержать группы, влияющие на подвижность веществ в выбранной системе элюента), $R_f = 0.98$ (кверцетин). Для листьев йошты зарегистрированы пятна с величинами $R_f = 0.79$ (рутин), $R_f = 0.98$, что может соответствовать кверцетину (табл. 1).

УФ-спектры поглощения комплексов флавоноидов представлены на рис. 1. Анализ данных показывает, что максимумы спектров

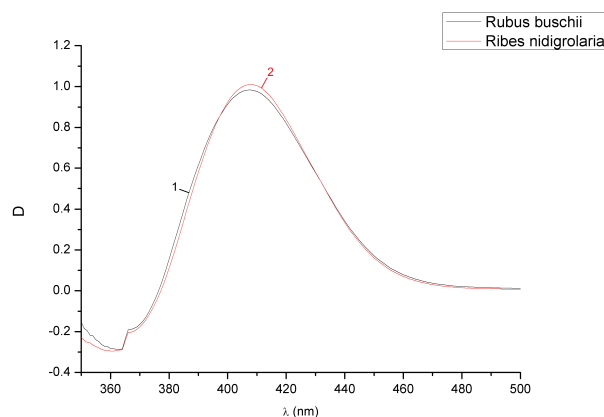


Рис. 1. УФ-спектры поглощения комплексов флавоноидов с хлоридом алюминия (раствор сравнения — водно-спиртовой раствор хлорида алюминия): 1 — экстракт листьев *Rubus buschii* (сел. Сурх-Дигора); 2 — экстракт листьев *Ribes× nidigrolaria* Rud. Bauer et A. Bauer (г. Владикавказ); $C_R = 25$ мкг/г.

По горизонтали — длина волны, нм; по вертикали — оптическая плотность.

Fig. 1. UV absorption spectra of flavonoid complexes with aluminum chloride (reference solution — aqueous alcoholic solution of aluminum chloride): 1 — *Rubus buschii* (Surkh-Digora village) leaves extract; 2 — *Ribes× nidigrolaria* Rud. Bauer et A. Bauer (Vladikavkaz) leaves extract; $C_R = 25$ mg/g. X-axis — wavelength, nm; y-axis — optical density.

Таблица 1. Результаты фитохимического анализа растительных экстрактов *Rubus buschii*, *Sambucus nigra*, *Ribes × nidigrolaria***Table 1.** Results of phytochemical analysis of *Rubus buschii*, *Sambucus nigra*, and *Ribes × nidigrolaria* extracts

Виды, Место сбора Species, Collection point	Сырье Raw material	Показатели Indicators		
		R _f	ПО*, г О ₂ /л PO, g O ₂ /l	Суммарное содержание флавоноидов, мг/г Total flavonoid content, mg/g
<i>Rubus buschii</i> сел. Сурх-Дигора Surkh-Digora village	Листья Leaves	0.63 0.72 0.78 0.98	0.4	31.9
	Плоды Fruit	—	0.06	—
<i>Sambucus nigra</i> Тарское болото Tarskoe Swamp	Плоды Fruit	—	0.2	1.5
<i>Ribes × nidigrolaria</i> г. Владикавказ Vladikavkaz	Листья Leaves	0.78 0.98 0.79 0.98	0.3	30.6
	Плоды Fruit	0.72	0.05	—
<i>Rubus buschii</i> г. Владикавказ Vladikavkaz	Листья Leaves	0.63 0.72 0.78 0.98	2.4	1.5
	Плоды Fruit	—	0.6	—

Примечание. * ПО — перманганатная окисляемость. Прочерк означает отсутствие данных.

Note. *PO — permanganate oxidizability. Dash means no data.

поглощения комплексов флавоноидов с Al (III) из водно-спиртовых экстрактов находятся при 413 нм для листьев малины Буша (сел. Сурх-Дигора) и при 408 нм — для листьев йошты (г. Владикавказ).

Результаты оценки общего антиоксидантного потенциала и содержания флавоноидов представлены в табл. 1. На основании полученных результатов выявлена следующая закономерность по суммарному содержанию флавоноидов в фитоматериале (в пересчете на рутин): лист малины Буша (сел. Сурх-Дигора) > лист йошты (г. Владикавказ) > плоды бузины черной (Тарское болото). Максимальное суммарное содержание флавоноидов наблюдается в зеленых частях растений. Причем суммарное содержание флавоноидов в листьях малины Буша, собранных в лесолугово-степном поясе в сел. Сурх-Дигора (31.9 мг/г), на 26% выше, чем в листьях того же вида, собранных в г. Владикавказе в нижнегорном лесном поясе (23.6 мг/г) [18].

Интересно проследить миграцию подвижных (обменных) форм калия и натрия в системе: почва — зеленая часть растений — плоды.

Поскольку калий и натрий относятся к числу важнейших макроэлементов, участвующих в реализации широкого круга метаболических процессов, таких как, работа Na⁺/K⁺-насосов, транспорт веществ в клетку и др. [19], особенности их транслокации из почвы в растения и перераспределения по тканям могут выступать в качестве регулирующих механизмов в обмене вторичных метаболитов — флавоноидов.

Исследование образцов почвы показывает, что валовое содержание подвижных форм калия достаточно велико не только в городских почвах, но и в условиях высокогорных районов РСО-А и составляет соответственно 0.02 г/кг и 0.05 г/кг. Эти величины вполне соответствуют тем, которые рекомендованы для возделывания травянистых и древесно-кустарниковых растений [20]. Для натрия выявлена иная закономерность: его содержание повышается по мере снижения высоты над уровнем моря (0.007 г/кг в сел. Сурх-Дигора и 0.02 г/кг в г. Владикавказ). В болотистой местности выявили минимальное содержание натрия и калия (0.004 и 0.02 г/кг, соответственно), по сравнению с другими изученными местообитаниями.

Таблица 2. Содержание натрия и калия (г/кг) в образцах почв (водная вытяжка), листьях и плодах растений (кислотное разложение)**Table 2.** Sodium and potassium content (g/kg) in soil samples (water extract), and leaves and fruits of plants (acid decomposition)

Анализируемый материал Analyzed material	Вид, место сбора Species, collection point							
	<i>Ribes × nidigrolaria</i> г. Владикавказ Vladikavkaz		<i>Sambucus nigra</i> Тарское болото Tarskoe Swamp		<i>Rubus buschii</i>			
					сел. Сурх-Дигора Surkh-Digora village		г. Владикавказ Vladikavkaz	
	Na	K	Na	K	Na	K	Na	K
Почва Soil	0.021 ¹ ± 0.004	0.024 ± 0.002	0.004 ± 0.001	0.022 ± 0.004	0.007 ± 0.003	0.051 ± 0.009	0.024 ± 0.004	0.020 ± 0.002
Листья Leaves	0.005 ± 0.001	4.900 ± 0.604	0.022 ± 0.006	2.730 ± 0.694	0.012* ± 0.003	3.240* ± 0.316	0.013* ± 0.001	2.431 ± 0.604
Плоды Fruit	0.083 ± 0.011	2.200* ± 0.404	0.032 ± 0.008	6.605* ± 0.769	0.011 ± 0.003	2.901* ± 0.002	0.002 ± 0.011	2.390* ± 0.404

Примечание. ¹ среднее значение и ошибка; * достоверная связь ($p < 0.05$) с содержанием в почве.Note. ¹ mean value and error; * significant correlation ($p < 0.05$) with content in soil.

Коэффициент корреляции (по Пирсону) между показателями содержания натрия в образцах почвы и в листьях растений составил -0.67 , что свидетельствует о низкой миграционной активности элемента из почвы в растения. В то же время для калия установлена обратная закономерность ($r = 0.89$): повышение его содержания в почве положительно влияет на содержание биогенного элемента в тканях растений, что в свою очередь, может сказываться на их фармакогностической ценности. Обогащение почвообразующих пород калием — это региональная особенность почв Северной Осетии, вследствие чего недостаток этого элемента проявляется редко.

Выявленные взаимосвязи имеют научно-практический интерес и показывают перспективность продолжения исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучен компонентный и элементный состав экстрактов листьев и плодов малины Буша

Rubus buschii (Rozanova) Grossh. (Rosaceae), йошты *Ribes × nidigrolaria* Rud. Bauer et A. Bauer (Grossulariaceae), бузины черной *Sambucus nigra* L. (Caprifoliaceae), произрастающих на территории РСО-Алания. Установлено что:

По суммарному содержанию флавоноидов (в пересчете на рутин) исследованные объекты образуют следующий ряд: листья малины (сел. Сурх-Дигора) > листья йошты (г. Владикавказ) > плоды бузины черной (Тарское болото). Суммарное содержание флавоноидов в листьях *Rubus buschii* и *Ribes × nidigrolaria* выше, чем в плодах.

Высокое содержание флавоноидов в листьях малины позволяет рекомендовать их как ценный источник биологически активных веществ с антиоксидантным действием.

Содержание макроэлементов калия и натрия в образцах почв влияет на их накопление в листьях и плодах исследованных видов и их биологическую ценность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валиулина Д. Ф., Макарова Н. В. 2018. Сравнительное исследование антиоксидантной активности популярных марок чая из торговых сетей. — Вестник ВГУИТ. 80(3): 104–110. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-104-110>
2. Ullah A., Munir S., Badshah S. L., Khan N., Ghani L., Poulson B. G., Emwas A. H., Jaremko M. 2020. Important flavonoids and their role as a therapeutic agent. — Molecules. 25(22): 5243. <http://doi.org/10.3390/molecules25225243>
3. Dias M. C., Pinto D. C. G.A., Silva A. M. S. 2021. Plant flavonoids: chemical characteristics and biological activity. — Molecules. 26(17): 5377. <http://doi.org/10.3390/molecules26175377>

4. Li Z., Zhang M., Haenen G. R. M.M., Vervoort L., Moalin M. 2021. Flavonoids seen through the energy perspective. — Int. J. Mol. Sci. 23(1): 187.
<http://doi.org/10.3390/ijms23010187>
5. Цюпко Т. Г., Бриленок Н. С., Гуцаева К. С., Вершинин В. И. 2019. Определение суммарного содержания фенольных антиоксидантов в чае с применением разных вариантов метода FRAP. — Аналитика и контроль. 23(1): 143–151.
<http://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.1.011>
6. Сагарадзе В. А., Бабаева Е. Ю., Уфимов Р. А., Загурская Ю. В., Трусов Н. А., Коротких И. Н., Маркин В. И., Пещанская Е. В., Можяева Г. Ф., Каленикова Е. И. 2018. Содержание флавоноидов в цветках с листьями боярышников (*Crataegus*). — Химия растит. сырья. 4: 95–104.
<http://doi.org/10.14258/jcprpm.2018044039>
7. Aryal S., Baniya M. K., Danekhu K., Kunwar P., Gurung R., Koirala N. 2019. Total phenolic content, flavonoid content and antioxidant potential of wild vegetables from Western Nepal. — Plants. 8(4): 96.
<https://doi.org/10.3390/plants8040096>
8. Fatima N., Baqri S. S. R., Bhattacharya A., Koney N. K., Husain K., Abbas A., Ansari R. A. 2021. Role of flavonoids as epigenetic modulators in cancer prevention and therapy. — Front. Genet. 12: 758733.
<http://doi.org/10.3389/fgene.2021.758733>
9. Kerimi A., Williamson G. 2018. Differential impact of flavonoids on redox modulation, bioenergetics, and cell signaling in normal and tumor cells: a comprehensive review. — Antioxid. Redox. Signal. 29(16): 1633–1659.
<http://doi.org/10.1089/ars.2017.7086>
10. Яшин Я. И., Рыжнев В. Ю., Яшин А. Я., Черноусова Н. И. 2009. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и их влияние на здоровье и старение человека. М. 212 с.
11. *Herba Hyperici. Трава зверобоя* [фармакоп. статья]. 1990. Государственная фармакопея СССР: в 2 вып. Вып. 2: Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. 11-е изд. М.С. 323.
12. Зенкевич И. Г., Косман В. М. 1999. Методы количественного хроматографического анализа лекарственных веществ: пособие для фармацевтических работников. СПб. 81 с.
13. Шаршунова М., Шварц В., Михалец Ч. 1980. Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии. Часть. 1, 2. Перевод со словацкого. М. 620 с.
14. Савельев Р. В., Бартенева А. Р., Арутюнянц А. А., Лавриненко Ю. В. 2022. Физико-химический состав и микробиологическая активность *Hypericum perforatum*, *Rubus buschii*, *Hippophae hamnoides*. — Дни науки СОГУ-2022. Сборник материалов конференции молодых исследователей. Текстовое электронное издание. Владикавказ. С. 404–411.
<https://elibrary.ru/fjixby>
15. Санникова Е. Г., Попова О. И., Фролова О. О., Айрапетова А. Ю. 2016. Изучение флавоноидов ивы трехтычинковой (*Salix triandra* L.), произрастающей на Северном Кавказе. — Фармация и фармакология. 4(3(16)): 56–67.
<https://doi.org/10.19163/2307-9266-2016-4-3-56-67>
16. ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. Срок действия с 01.01.86 до 01.01.96* Ограничение срока действия снято по протоколу N 5-94 Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС N 11-12, 1994 год).
17. Бекетов Е. В., Абрамов А. А., Нестерова О. В., Кондрашев С. В. 2005. Идентификация и количественная оценка флавоноидов в плодах черемухи обыкновенной. — Вестн. Моск. ун-та. Химия. 46(4): 259–262.
<https://www.chem.msu.su/rus/vmgu/054/259.pdf>
18. Hartley T. N., Thomas A. S., Maathuis F. J. M. 2020. A role for the OsHKT 2; 1 sodium transporter in potassium use efficiency in rice. — J. Exp. Bot. 71(2): 699–706.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erz113>
19. Ragel P., Raddatz N., Leidi E. O., Quintero F. J., Pardo J. M. 2019. Regulation of K⁺ nutrition in plants. — Front. Plant Sci. 10: 281.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00281>
20. Kleiber T., Krzyżaniak M., Świerk D., Haenel A., Gałęcka S. 2019. How does the content of nutrients in soil affect the health status of trees in city parks? — PLoS One. 14(9): e0221514.
<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0221514>

Antioxidant Activity of *Rubus Buschii* (Rosaceae), *Ribes* × *Nidigrolaria* (Grossulariaceae) and *Sambucus Nigra* (Caprifoliaceae) and Potassium and Sodium Content in Plants and Soil

© 2025. A. A. Arutyunants*, R. V. Saveliev, Yu. V. Lavrinenko, D. D. Simeonidi, S. V. Skupnevskiy

Kosta Levanovich Khetagurov North Ossetia State University, Vladikavkaz, Russia

*e-mail: arutyunanna@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study of the component and element composition of extracts from leaves and fruits of red raspberry (*Rubus buschii* (Rozanova) Grossh., Rosaceae) (village of Surkh-Digora, city of Vladikavkaz), jostaberry (*Ribes* × *nidigrolaria* Rud. Bauer et A. Bauer, Grossulariaceae) (city of Vladikavkaz), and black elderberry (*Sambucus nigra* L., Caprifoliaceae) (village Tarskoye) growing in the Republic of North Ossetia-Alania in the highlands, midlands and foothills of the Central Caucasus. Flavonoids were isolated, identified and quantified in plant raw materials. It was highest content of flavonoids was found in green parts of plants. For the total content of flavonoids in the plant material (in terms of rutin) the following pattern was revealed: raspberry leaf (Surkh-Digora village) > jostaberry leaf (Vladikavkaz) > black elderberry fruits (Tara swamp). The content of K⁺ and Na⁺ in the soil, green parts and fruits of the studied samples depends on the habitat and determines the biological value of the studied species.

Keywords: *Rubus buschii*, *Ribes* × *nidigrolaria*, *Sambucus nigra*, antioxidant activity, K⁺, Na⁺, flavonoids

REFERENCES

1. Valiulina D. F., Makarova N. V. 2018. Comparative study of the antioxidant activity of popular brands of tea from trade market. — Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 80(3): 104–110. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-104-110> (In Russian)
2. Ullah A., Munir S., Badshah S. L., Khan N., Ghani L., Poulson B. G., Emwas A. H., Jaremkov M. 2020. Important flavonoids and their role as a therapeutic agent. — Molecules. 25(22): 5243. <http://doi.org/10.3390/molecules25225243>
3. Dias M. C., Pinto D. C. G. A., Silva A. M. S. 2021. Plant flavonoids: chemical characteristics and biological activity. — Molecules. 26(17): 5377. <http://doi.org/10.3390/molecules26175377>
4. Li Z., Zhang M., Haenen G. R. M. M., Vervoort L., Moalin M. 2021. Flavonoids seen through the energy perspective. — Int. J. Mol. Sci. 23(1): 187. <http://doi.org/10.3390/ijms23010187>
5. Tsyupko T. G., Brilenok N. S., Gushchaeva K. S., Vershinin V. I. 2019. Determination of the total phenol antioxidants content in tea samples using different variations of the FRAP assay. — Analytics and Control. 23(1): 143–151. <http://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.1.011> (In Russian)
6. Sagaradze V. A., Babaeva E. Yu., Ufimov R. A., Zagurskaya Yu. V., Trusov N. A., Korotkikh I. N., Markin V. I., Peschanskaya E. V., Mozhaeva G. F., Kalenikova E. I. 2018. Total flavonoids in *Crataegus* “Flowers and leaves” raw material of Russian flora. — Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya. 4: 95–104. <http://doi.org/10.14258/jcprm.2018044039> (In Russian)
7. Aryal S., Baniya M. K., Danekhu K., Kunwar P., Gurung R., Koirala N. 2019. Total phenolic content, flavonoid content and antioxidant potential of wild vegetables from Western Nepal. — Plants. 8(4): 96. <https://doi.org/10.3390/plants8040096>
8. Fatima N., Baqri S. S. R., Bhattacharya A., Koney N. K., Husain K., Abbas A., Ansari R. A. 2021. Role of flavonoids as epigenetic modulators in cancer prevention and therapy. — Front. Genet. 12: 758733. <http://doi.org/10.3389/fgene.2021.758733>
9. Kerimi A., Williamson G. 2018. Differential impact of flavonoids on redox modulation, bioenergetics, and cell signaling in normal and tumor cells: a comprehensive review. — Antioxid. Redox. Signal. 29(16): 1633–1659. <http://doi.org/10.1089/ars.2017.7086>
10. Yashin Ya. I., Ryzhnev V. Yu., Yashin A. Ya., Chernousova N. I. 2009. [Natural antioxidants. Content in food products and their effect on human health and aging]. Moscow. 212 p. (In Russian)

11. *Herba Hyperici*: [Pharmacop. monogr.]. 1990. [State Pharmacopoeia of the USSR. 11th edition. Iss. 2: General methods of analysis. Medicinal plant raw materials]. Moscow. P. 323. (In Russian)
12. *Zenkevich I. G., Kosman V. M.* 1999. [Methods for quantitative chromatographic analysis of medicinal substances: a manual for pharmacists]. St. Petersburg. 81 p. (In Russian)
13. *Šaršúnová M., Schwarz V., Michalec Č.* 1980. Chromatografia na tenkých vrstvách vo farmácii a v klinickej biochémii [Thin-layer chromatography in pharmacy and clinical biochemistry]. Part. 1, 2. Transl. from Slovakian. Moscow. 620 P. (In Russian)
14. *Savelyev R. V., Barteneva A. R., Arutyunyan A. A., Lavrinenko Yu. V.* 2022. [Physico-chemical composition and microbiological activity of *Hypericum perforatum*, *Rubus buschii*, *Hippophae hamnoides*. — In: [NOSU Science Days – 2022. Proceedings of the conference of young researchers. Text electronic edition]. Vladikavkaz. P. 404–411. <https://elibrary.ru/fjixby> (In Russian)
15. *Sannikova E. G., Popova O. I., Frolova O. O., Ayrapetova A. Yu.* 2016. Determination of flavonoids of willow triandra (*Salix triandra* L.), growing in the North Caucasus. — Pharmacy and Pharmacology. 4(3(16)): 56–67. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2016-4-3-56-67> (In Russian)
16. [GOST 26427-85. Soils. Method for determining sodium and potassium in aqueous extract. Validity period from 01.01.86 to 01.01.96*. The validity restrictions were lifted according to Protocol N 5-94 of the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (IUS N 11-12, 1994)]. (In Russian)
17. *Beketov E. V., Abramov A. A., Nesterova O. V., Kondrashev S. V.* 2005. Identification and quantification of flavonoids in bird cherry fruits. — Vestnik Mosk. Gos. Univ., Ser. 2, Chemistry. 46(4): 259–262. <https://www.chem.msu.su/rus/vmgu/054/259.pdf> (In Russian)
18. *Hartley T. N., Thomas A. S., Maathuis F. J. M.* 2020. A role for the OsHKT 2; 1 sodium transporter in potassium use efficiency in rice. — J. Exp. Bot. 71(2): 699–706. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz113>
19. *Ragel P., Raddatz N., Leidi E. O., Quintero F. J., Pardo J. M.* 2019. Regulation of K⁺ nutrition in plants. — Front. Plant Sci. 10: 281. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00281>
20. *Kleiber T., Krzyżaniak M., Świerk D., Haenel A., Gałęcka S.* 2019. How does the content of nutrients in soil affect the health status of trees in city parks? — PLoS One. 14(9): e0221514. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221514>