

Ольга Михайловна Савченко^{1✉}, Татьяна Анатольевна Кроль², Андрей Алексович Аксенов³,
Дмитрий Николаевич Балеев⁴

^{1,2,3,4}Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений, Москва, Россия

¹nordfenugreek@yandex.ru

²tatianakroll1@gmail.com

³andrej.a.aksenov@gmail.com

⁴dbaleev@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ РОЗАВИНА В СЫРЬЕ РОДИОЛЫ РОЗОВОЙ (*RHODIOLA ROSEA* L.)

Цель исследования – провести оценку содержания розавина в коллекционных образцах родиолы розовой. В ФГБНУ ВИЛАР в 2020–2023 гг. продолжилось изучение родиолы розовой из разных регионов: культивируемая популяция ВИЛАР (Алтай, 1980), популяция из ботанического сада СГУ им. Питирима Сорокина (Сыктывкар, республика Коми), интродуцированная популяция из Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина (ПАБСИ) Кольского научного центра Российской академии наук (г. Кировск, Мурманская область), популяция ботанического сада Инсбрукского университета (Австрия). Для определения биопродуктивности растения IV года жизни выкапывали осенью или ранней весной, согласно требованиям Фармакопеи. Для определения наиболее перспективного по наличию действующих веществ образца был проведен анализ содержания розавина в исследуемых популяциях с использованием ультраэффективной жидкостной хроматографии. Полученные данные по количественному содержанию розавина показали высокую фитохимическую изменчивость исследованных образцов. Наибольшее содержание розавина выявлено в популяции из Коми, оно составило 24,12 мг/г. В образцах из популяций ПАБСИ и ВИЛАР содержание розавина составило соответственно 13,69 и 12,70 мг/г. В корневищах и корнях популяции из ботанического сада Инсбрукского университета содержание розавина составило 6,40 мг/г. При расчете сбора розавина с 1 м² было выявлено, что популяция из Коми, несмотря на более низкую урожайность, по суммарному выходу розавина превосходит все другие популяции. Она может считаться наиболее ценной, так как при меньших затратах на уборку и переработку сырья обеспечивает самый большой выход целевого вещества.

Ключевые слова: родиола розовая, популяции родиолы розовой, розавин, высокоэффективная жидкостная хроматография

Для цитирования: Содержание розавина в сырье родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) / О.М. Савченко [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 3. С. 45–50. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-3-45-50.

Благодарности: исследования проводятся с использованием биообъектов Уникальной научной установки «Биоколлекции ФГБНУ ВИЛАР». Работа выполнена в рамках госзаданий по темам «Формирование, сохранение и изучение биоколлекций генофонда различного направления с целью сохранения биоразнообразия и использования их в технологиях здоровьесбережения (№ FGUU-2022-0014).

Olga Mikhailovna Savchenko¹✉, Tatyana Anatolyevna Krol², Andrey Aleksovich Aksenov³,
Dmitry Nikolaevich Baleev⁴

^{1,2,3,4}All-Russian Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia

¹nordfenugreek@yandex.ru

²tatianakroll1@gmail.com

³andrej.a.aksenov@gmail.com

⁴dbaleev@gmail.com

ROSAVIN CONTENT IN THE GOLDEN ROOT RAW MATERIAL (*RHODIOLA ROSEA* L.)

The purpose of the study is to assess the content of rosavin in collection samples of Rhodiola rosea. At FSBRI VILAR in 2020–2023 the study of Rhodiola rosea from different regions continued: the cultivated population VILAR (Altai, 1980), the population from the botanical garden of SSU named after Pitirim Sorokin (Syktyvkar, Komi Republic), introduced population from the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute named after N.A. Avrorin (PABSI) of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Kirovsk, Murmansk Region), population of the botanical garden of the University of Innsbruck (Austria). To determine the bioproductivity of plants of the fourth year of life, they were dug up in autumn or early spring, according to the requirements of the Pharmacopoeia. To determine the most promising sample in terms of the presence of active substances, an analysis of the rosavin content in the studied populations was carried out using ultra-performance liquid chromatography. The obtained data on the quantitative content of rosavin showed high phytochemical variability of the studied samples. The highest content of rosavin was found in the population from Komi, it was 24.12 mg/g. In samples from the PABSI and VILAR populations, the rosavin content was 13.69 and 12.70 mg/g, respectively. In the rhizomes and roots of the population from the botanical garden of the University of Innsbruck, the content of rosavine was 6.40 mg/g. When calculating the collection of rosavin from 1 m², it was revealed that the population from Komi, despite the lower yield, surpasses all other populations in terms of the total yield of rosavin. It can be considered the most valuable, since with lower costs for cleaning and processing of raw materials it provides the highest yield of the target substance.

Keywords: *Rhodiola rosea, Rhodiola rosea populations, rosavin, high-performance liquid chromatography*

For citation: Rosavin content in the golden root raw material (*Rhodiola rosea* L.) / O.M. Savchenko [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(3): 45–50 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-3-45-50.

Acknowledgments: research has been carried out using bio-objects of the Unique Scientific Facility "Biocollections of FSBRI VILAR". The work has been carried out within the framework of state orders on the topics "Formation, conservation and study of gene pool biocollections of different directions for the purpose of biodiversity conservation and their use in health-saving technologies" (№ FGUU-2022-0014).

Введение. Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) – двудомное многолетнее травянистое растение. Родиола розовая является редким видом, имеющим ресурсное значение. Корни и корневища данного вида являются фармакопейным сырьем (ФС.2.5.0036.15). Вид занесен в Красную книгу РФ. Ежегодная потребность РФ в сырье родиолы розовой превышает 20 т и продолжает возрастать [1].

В связи с отсутствием достаточной сырьевой базы стало актуальным создание отечественного сорта родиолы розовой с высоким содержанием биологически активных соединений. Вопрос интродукции родиолы и выращивания ее в культуре был поднят еще в середине XX в.

В 1993 г. в Госсортреестр был включен отечественный сорт родиолы розовой Первоуральская, созданный в Екатеринбурге на Свердловской селекционной станции садоводства [2].

В настоящее время в России и за рубежом ведется работа по созданию более высокопродуктивных сортов, предназначенных для выращивания в нехарактерных для родиолы климатических условиях. В ФГБНУ ВИЛАР проведен сравнительный анализ исходного материала четырех популяций родиолы розовой, относящихся к различным эколого-географическим зонам происхождения. Наиболее пригодными для возделывания в полевых условиях Нечерноземной зоны РФ признаны растения из ВИ-

ЛАР и Австрии. В пределах изучаемых популяций имеются резервы для отбора перспективных номеров [3].

Известны сорта родиолы зарубежной селекции (Mattmark и Rosavine) на основе популяции, найденной в Маттмарке вблизи Маттерхорна (Вале, Швейцария). Маттмарк содержит больше розавинов и флавоноидов, чем Розавин. В свою очередь Розавин содержит больше салидрозида [4, 5].

Розавин относится к фенилпропаноидам, является одним из основных биологически активных компонентов родиолы розовой [6], проявляющих ноотропную, противоопухолевую, противовоспалительную и антиоксидантную активность [7].

Родиола розовая характеризуется высокой фитохимической изменчивостью [8]. На содержание розавина при выращивании родиолы розовой в умеренном климате в значительной степени влияет срок сбора сырья [9]. Содержание розавина в корневищах может варьировать от 0,02 до 2,37 % [10]. Так, в растениях, произрастающих в Финляндии, накапливалось порядка 1,55 % розавина [11]. Похожие результаты наблюдались при анализе образцов, собранных в Алтайском крае, – 1,41 % [12]. В популяции, произрастающей на территории Коми, содержание розавина достигало 2,76 % [13].

Цель исследования – определение содержания розавина в сырье коллекционных образцов родиолы розовой из различных регионов.

Материал и методы. В ФГБНУ ВИЛАР в 2020–2023 гг. продолжилось изучение родиолы розовой из разных регионов: культивируемая популяция ВИЛАР (Алтай, 1980), популяция из ботанического сада СГУ им. Питирима Сорокина (Сыктывкар, республика Коми), интродуцированная популяция из Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина (ПАБСИ) Кольского научного центра Российской академии наук (г. Кировск, Мурманская область), популяция ботанического сада Инсбрукского университета (Австрия).

Для определения биопродуктивности растения IV года жизни выкапывали осенью или ранней весной. Подземную часть отмывали от почвы, нарезами на отрезки 2–4 см, сушили в проветриваемом помещении в течение пяти дней при температуре 25 °С, затем при температуре 40 °С [1].

Для определения количественного содержания розавина корневища и корни замораживали при температуре –20 °С и затем лиофилизировали (FreeZone, Labconco, США) в течение 72 ч. Аналитические пробы (около 10,0 г) измельчали до частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 0,25 мм. Навеску 1,0 г (CPA 225D, Sartorius, Германия) измельченного сырья помещали в мерную колбу объемом 100 мл и экстрагировали 70 мл раствора 70 % метанола (ХЧ, «Химмед», Россия) в течение 30 мин на ультразвуковой ванне (ПСБ-2835-05, ПСБ-Галс, Россия), затем охлаждали до комнатной температуры и доводили до метки 70 % метанолом. Раствор помещали в полипропиленовые пробирки и центрифугировали (5427 R Eppendorf, Германия) в течение 10 мин при 14 000 об/мин. Супернатант фильтровали через мембранный нейлоновый фильтр (0,2 мкм) (\approx 10 мг/мл).

Приготовление раствора стандартного образца розавина. Около 5,00 мг стандартного образца розавина помещали в мерную колбу объемом 5 мл, растворяли в 70 % метаноле, доводили до метки тем же растворителем (\approx 1 мг/мл). Проводили серию разведений до получения концентраций в диапазоне 9–929 мкг/мл (9, 19, 46, 93, 186, 465, 929 мкг/мл).

Количественное содержание розавина в сырье родиолы розовой оценивали методом ВЭЖХ-УФ на колонке ACQUITY UPLC® BEH Phenyl (100 × 2,1 мм, 1,7 μ m, Waters, Ирландия) в градиенте двух систем: подвижная фаза (А) – 0,1 % муравьиная кислота (Sigma-Aldrich, США) в воде (Direct-Q3, Merck, Германия), подвижная фаза (В) – 100 % ацетонитрил (HPLC grade, MACRON, Польша) по следующей программе: 0,0–1,0 мин, 12 % (В); 1,2 мин, 12 % (В); 11,2 мин, 15 % (В); 13,0 мин, 90 % (В); 15,0 мин, 90 % (В); 16,5 мин, 12 % (В); 19,5 мин, 12 % (В). Скорость потока – 0,25 мл/мин, инжектируемый объем образца – 2 мкл, температура колоночного термостата – 40 °С. Регистрация хроматограмм – при 248 нм.

Для анализа использовали три аналитических и три хроматографических повторности. Расчет содержания розавина проводили методом внешнего стандарта на семи уровнях концентрации. Среднюю площадь пика ($n = 3$) использовали для построения градуировочного графика «площадь пика – концентрация, мкг/мл», рассчитывали уравнение линейной регрессии и находили значение коэффициента детермина-

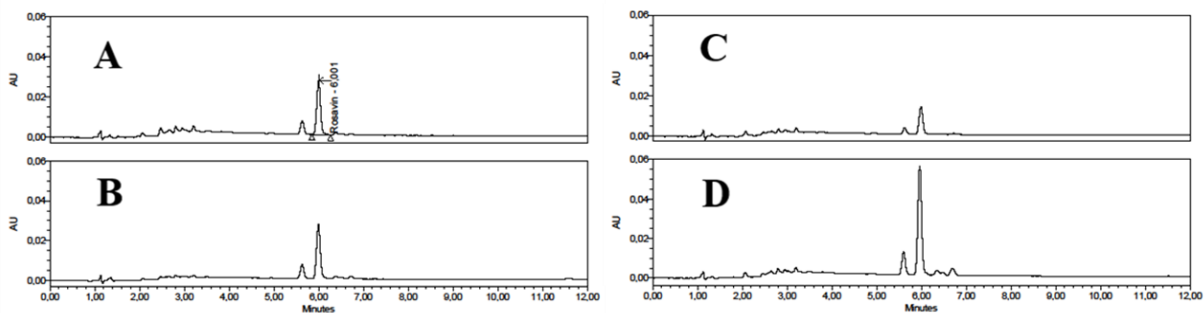
ции. Уравнение линейной регрессии использовали для определения содержания розавина в аналитической пробе.

Проведена статистическая обработка данных с применением программ MS Excel 2010. Сравнение средних значений проведено с использованием t-критерия Стьюдента (на 5 % уровне значимости). В таблице приведены среднеарифметические значения измеряемых величин со средней квадратической ошибкой [14].

Результаты и их обсуждение. В предыдущих исследованиях было установлено, что сроки наступления фенологических фаз и развитие растений родиолы розовой определяются

водно-температурным режимом. Растения исследованных популяций различаются по морфологическим признакам и урожайности сырья: масса подземной части у растений родиолы розовой популяций ВИЛАР и ПАБСИ к четвертому году жизни в среднем составляла 28–29 г; у растений из Инсбрука – 28,7; у растений из Коми – 24 г [3].

Для определения наиболее перспективного по наличию действующих веществ образца был проведен анализ содержания розавина в исследуемых популяциях с использованием ультраэффективной жидкостной хроматографии (рис.).



Репрезентативные хроматограммы метанольных экстрактов корневищ с корнями родиолы розовой (248 нм): А – ВИЛАР; В – ПАБСИ; С – Инсбрук; D – Коми

Полученные нами данные по количественному содержанию розавина также подтверждают ранее проведенные другими авторами ис-

следования. В результате анализа наибольшее содержание розавина выявлено в популяции из Коми, оно составило 24,12 мг/г (табл.).

Содержание розавина в образцах корневищ с корнями четырех популяций родиолы розовой

Популяция	Воздушно-сухая масса корневищ и корней, г/м ²	Содержание розавина, мг/г	Стандартное отклонение (SD)	Относительное стандартное отклонение (RSD)	Выход розавина, г/м ²
ВИЛАР	297,16	13,69	0,044	0,32	4,06
Коми	234,32	24,12	0,016	0,07	5,40
ПАБСИ	280,18	12,70	0,167	1,31	3,55
Инсбрук	287,21	6,40	0,071	1,10	1,83

В образцах из популяций ПАБСИ и ВИЛАР содержание розавина было почти в два раза ниже по сравнению с образцами из популяции Коми. В корневищах и корнях популяции из ботанического сада Инсбрукского университета накапливалось в 3,8 раза меньше розавина, его содержание составило 6,40 мг/г.

При расчете сбора розавина с 1 м² было выявлено, что популяция из Коми, несмотря на более низкую урожайность, по суммарному выходу розавина превосходит все другие популяции. Она может считаться наиболее ценной, так как при меньших затратах на уборку и переработку сырья обеспечивает самый большой выход целевого вещества.

Заключение

Согласно результатам исследования, наибольшее содержание розавина выявлено в популяции из Коми, оно составило 24,12 мг/г, наименьшее в популяции из Инсбрука – 6,40 мг/г. В связи с тем, что сырье из Коми содержит значительное количество розавина, а это является приоритетным для селекционной работы, в дальнейшем рекомендуется провести опыты по усовершенствованию технологии возделывания для данной популяции с целью повышения коэффициента прироста подземной части.

Список источников

1. Атлас лекарственных растений России / под ред. Н.И. Сидельникова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 2021. С. 446–449.
2. Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. URL: <https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos> (дата обращения: 22.05.2023).
3. Савченко О.М., Цыбулько Н. С., Саматадзе Т.Е. Сравнительное изучение представителей различных популяций вида *Sedum roseum* (L.) Scop. при возделывании в культуре // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 2. С. 21–32. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-21-32.
4. *Rhodiola rosea* «Mattmark», the first synthetic cultivar is launched in Switzerland / J.F. Vouillamoz [et al.] // Acta Hort. 2012. № 955. P. 185–189. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.955.26.
5. Kunčič A., Bucar F., Možina S. *Smole*. *Rhodiola rosea* reduces intercellular signaling in *Campylobacter jejuni* // Antibiotics. 2022. № 11 (9). P. 1–220. DOI: 10.3390/antibiotics11091220.
6. Biosynthesis of a rosavin natural product in *Escherichia coli* by glycosyltransferase rational design and artificial pathway construction / H. Bi [et al.] // Metabolic Engineering. 2022. V. 69. P. 15–25. DOI: 10.1016/j.ymben.2021.10.010.
7. Wang Protective effects of Rosavin on bleomycin-induced pulmonary fibrosis via suppressing fibrotic and inflammatory signaling pathways in mice / Xin X. Yao [et al.] // Bio-

8. medicine & Pharmacotherapy. 2019. V. 115. P. 108870. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.108870.
8. Phytochemical variations of *Rhodiola rosea* L. wild-grown in Bulgaria / A.S. Marchev [et al.] // Phytochemistry Letters. 2017. № 20. P. 386–390. DOI: 10.1016/j.phytol.2016.12.030.
9. Age and harvest season affect the phenylpropanoid content in cultivated European *Rhodiola rosea* L. / W. Peschel [et al.] // Industrial Crops and Products. 2016. № 83. P. 787–802. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.10.037.
10. Glycoside content in *Rhodiola rosea* L.: dynamics and expression pattern of genes involved in the synthesis of rosavins / I. Mirmazloum [et al.] // International Symposium on Medicinal Plants and Natural Products. 2013. № 1098. P. 81–89. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1098.7.
11. Galambosi B., Slacanin I. Comparison of natural and cultivated roseroot (*Rhodiola rosea* L.) roots in Finland // Z. Arznei-Gewurzpfla. 2007. V. 12. № 3. P. 141–147.
12. Kurkin V.A., Ryazanova T.K. Current Aspects of Standardization of *Rhodiola rosea* L. Rhizomes and Roots // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2021. V. 55. P. 793–797. DOI: 10.1007/s11094-021-02496-9.
13. Importance and quality of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) growing in the European North / B. Galambosi [et al.] // Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen. 2010. V. 15. № 4. P. 160–169.
14. Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. М.: Наука, 1991. 184 с.

References

1. Atlas lekarstvennyh rastenij Rossii / pod red. N.I. Sidel'nikova. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Nauka, 2021. S. 446–449.
2. Gosudarstvennaya komissiya Rossijskoj Federacii po ispytaniyu i ohrane selekcionnyh dostizhenij. URL: <https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos> (data obrascheniya: 22.05.2023).
3. Savchenko O.M., Cybul'ko N. S., Samatadze T.E. Sravnitel'noe izuchenie predstavitelej razlichnyh populyacij vida *Sedum roseum* (L.) Scop. pri vozdelevanii v kul'ture // Yug Rossii: `ekologiya, razvitie. 2023. T. 18, № 2. С. 21–32. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-21-32.
4. *Rhodiola rosea* «Mattmark», the first synthetic cultivar is launched in Switzerland / J.F. Vouillamoz [et al.] // Acta Hort. 2012. № 955.

- P. 185-189. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.955.26.
5. Kunčić A., Bucar F., Možina S. *Smole. Rhodiola rosea* reduces intercellular signaling in *Campylobacter jejuni* // *Antibiotics*. 2022. № 11 (9). P. 1-220. DOI: 10.3390/antibiotics11091220.
 6. Biosynthesis of a rosavin natural product in *Escherichia coli* by glycosyltransferase rational design and artificial pathway construction / H. Bi [et al.] // *Metabolic Engineering*. 2022. V. 69. P. 15–25. DOI: 10.1016/j.ymben.2021.10.010.
 7. Wang Protective effects of Rosavin on bleomycin-induced pulmonary fibrosis via suppressing fibrotic and inflammatory signaling pathways in mice / Xin X. Yao [et al.] // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019. V. 115. P. 108870. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.108870.
 8. Phytochemical variations of *Rhodiola rosea* L. wild-grown in Bulgaria / A.S. Marchev [et al.] // *Phytochemistry Letters*. 2017. № 20. P. 386–390. DOI: 10.1016/j.phytol.2016.12.030.
 9. Age and harvest season affect the phenylpropanoid content in cultivated European *Rhodiola rosea* L. / W. Peschel [et al.] // *Industrial Crops and Products*. 2016. № 83. P. 787–802. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.10.037.
 10. Glycoside content in *Rhodiola rosea* L.: dynamics and expression pattern of genes involved in the synthesis of rosavins / I. Mirmazloum [et al.] // *International Symposium on Medicinal Plants and Natural Products*. 2013. № 1098. P. 81–89. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1098.7.
 11. Galambosi B., Slacanin I. Comparison of natural and cultivated roseroot (*Rhodiola rosea* L.) roots in Finland // *Z. Arznei-Gewurzpfla.* 2007. V. 12. № 3. P. 141–147.
 12. Kurkin V.A., Ryazanova T.K. Current Aspects of Standardization of *Rhodiola rosea* L. Rhizomes and Roots // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2021. V. 55. P. 793–797. DOI: 10.1007/s11094-021-02496-9.
 13. Importance and quality of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) growing in the European North / B. Galambosi [et al.] // *Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen*. 2010. V. 15. № 4. P. 160–169.
 14. Zajcev G.N. *Matematicheskij analiz biologicheskikh dannyh*. M.: Nauka, 1991. 184 s.

Статья принята к публикации 25.01.2024 / The article accepted for publication 25.01.2024.

Информация об авторах:

Ольга Михайловна Савченко¹, ведущий научный сотрудник лаборатории агробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

Татьяна Анатольевна Кроль², ведущий научный сотрудник лаборатории атомарно-молекулярной биорегуляции и селекции, кандидат сельскохозяйственных наук

Андрей Алексович Аксенов³, научный сотрудник лаборатории атомарно-молекулярной биорегуляции и селекции

Дмитрий Николаевич Балеев⁴, ведущий научный сотрудник лаборатории атомарно-молекулярной биорегуляции и селекции, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Olga Mikhailovna Savchenko¹, Leading Researcher at the Laboratory of Agrobiology, Candidate of Agricultural Sciences

Tatyana Anatolyevna Krol², Leading Researcher at the Laboratory of Atomic-Molecular Bioregulation and Selection, Candidate of Agricultural Sciences

Andrey Aleksovich Aksenov³, Researcher, Laboratory of Atomic-Molecular Bioregulation and Selection

Dmitry Nikolaevich Baleev⁴, Leading Researcher at the Laboratory of Atomic-Molecular Bioregulation and Selection, Candidate of Agricultural Sciences