

assessment of genetic diversity in local and exotic onion genotypes. *Molecular Biology Reports*, 49(6), 5511–5520. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07431-z>.

9. Abdelsalam, N. R., Hasan, M. E., Javed, T., et al. (2022). Endorsement and phylogenetic analysis of some Fabaceae plants based on DNA barcoding. *Molecular Biology Reports*, 49(6), 5645–5657. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07574-z>.

10. Javed, T., Zhou, J. R., Li, J., et al. (2022). Identification and Expression Profiling of WRKY Family Genes in Sugarcane in Response to Bacterial Pathogen Infection and Nitrogen Implantation Dosage. *Frontiers in Plant Science*, 13, 917953. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.917953>.

11. Shabbir, R., Javed, T., Hussain, S., et al. (2022). Calcium homeostasis and potential roles to combat environmental stresses in plants. *South African Journal of Botany*. 148. 683–693. DOI: 10.1016/j.sajb.2022.05.038.

12. Abbas, A., Shah, A. N., Shah, A. A., et al. (2022). Genome-Wide Analysis of Invertase Gene Family, and Expression Profiling under Abiotic Stress Conditions in Potato. *Biology*, 11(4), 539. <https://doi.org/10.3390/biology11040539>.

13. Kornev, A.V. Immunitet morkovi zavisi ot okraski korneploda / A.V. Kornev, L.M. Sokolova, T.A. Tereshonkova, V.I. Leunov, A.N. Khovrin // *Kartofel i ovoshchi*. – 2015. – No. 2. – S. 37–39.

14. Mata-Nicolás, E., Montero-Pau, J., Gimeno-Paez, E., (2021). Discovery of a Major QTL Controlling Trichome IV Density in Tomato Using K-Seq Genotyping. *Genes*, 12(2), 243. <https://doi.org/10.3390/genes12020243>.

15. Chaitra, K.C., Sarvamangala, C., Manikanta, D.S. et al. (2020). Insights into genetic diversity and population structure of Indian carrot (*Daucus carota* L.) accessions. *J Appl Genetics*. 61, 303–312. <https://doi.org/10.1007/s13353-020-00556-6>.

16. Singh, S.R., Ahmed, N., Srivastva, K.K., et al. (2017). Genetic diversity assessment in European carrot genotypes. *Indian Journal of Horticulture*, 74(1), 56–61. DOI: 10.5958/0974-0112.2017.00014.7.

17. Sokolova, L.M. Sistema kompleksnogo primeneniya selektsionno-immunologicheskikh metodov dlya sozdaniya sortov i gibridov morkovi stolovoy s gruppovoy ustoychivostyu k *Alternaria* sp. i *Fusarium* sp.: metodicheskie rekomendatsii / L.M. Sokolova. – Moskva, 2022. – S. 56.

Работа ведется согласно Государственному заданию по теме: FGGF-2024-0011 «Поиск, идентификация и создание генетических источников и доноров ценных признаков с использованием классических и современных методов».



УДК 631.529:633.88

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-264-10-35-40

Н.С. Зиннер, К.В. Тюлькевич,
А.В. Баранова, В.Ю. Андреева
N.S. Zinner, K.V. Tyulkevich,
A.V. Baranova, V.Yu. Andreeva

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА ПИГМЕНТНЫЙ КОМПЛЕКС И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ *RHODIOLA ROSEA* L. В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ

EFFECT OF SOIL CONDITIONS ON THE PIGMENT COMPLEX AND STRESS RESISTANCE OF *RHODIOLA ROSEA* L. UNDER THE CONDITIONS OF INTRODUCTION

Ключевые слова: *Rhodiola rosea*, влажность почв, электропроводность почв, вегетационные индексы, салидрозид, розавин.

Представлены результаты изучения влияния почвенных условий на пигментный комплекс и стрессоустойчивость *Rhodiola rosea* L. в условиях интродукции. *Rhodiola rosea* – ценный фармакопейный адаптоген, нуждающийся в охране. Её интродукция

рассматривается как стратегия сохранения вида. В качестве объекта исследования выступили агропопуляции *Rh. rosea*, интродуцированные на светло-серых лесных оподзоленных и лугово-чернозёмных почвах юга Томской области. Почвенные параметры оценивали с помощью прибора HydraGO, физиологическое состояние растений – посредством портативного флуориметра Dualox Scientific+, что позволило определить абсолютное содержание хлоро-

филла (Chl) и флавонолов (Flav) и рассчитать индекс азотного баланса (NBI). Статистически значимых различий влажности ($25,1 \pm 0,6$ и $25,5 \pm 1,3\%$) и температуры почв ($27,3 \pm 0,4$ и $29,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$) между участками не обнаружено. Общая электропроводность лугово-чернозёмных почв ($0,23 \pm 0,01$ дСм/м) значительно выше, чем светло-серых лесных ($0,12 \pm 0,003$ дСм/м), тогда как электропроводность поровой воды выше на втором типе ($0,73 \pm 0,02$ дСм/м), что индуцирует осмотический стресс. Абсолютное содержание хлорофилла в листьях *Rh. rosea* ($13,67 \pm 1,18$) выше в 2,5 раза относительно *Rh. rosea* на светло-серых лесных оподзоленных почвах ($5,40 \pm 0,66$). Увеличиваются показатели флавонолов ($0,73 \pm 0,05$) и индекса азотного баланса ($18,16 \pm 1,56$), что свидетельствует о высокой фотосинтетической активности и стрессоустойчивости. Содержание розавина в подземных органах достигает $1,47 \pm 0,06\%$. На обеднённых светло-серых лесных оподзоленных почвах с низкой электропроводностью ($0,12 \pm 0,003$ дСм/м) отмечено угнетение физиологических процессов (Chl $5,40 \pm 0,66$, Flav $0,40 \pm 0,04$, NBI $13,16 \pm 0,42$) и накопление салидрозида ($1,94 \pm 0,09\%$), выполняющего адаптогенную функцию при осмотическом стрессе. Результаты применимы для оптимизации агротехники *Rh. rosea* при плантационном культивировании.

Keywords: golden root (*Rhodiola rosea* L.), soil moisture, soil electrical conductivity, vegetation indices, salidroside, rosavin.

The research findings on the effect of soil conditions on the pigment complex and stress resistance of *Rhodiola rosea* L. under introduction conditions are discussed. *Rhodiola rosea* is a valuable pharmacopoeial adaptogen that requires protection; its introduction is

considered a strategy for ex situ conservation of the species. The research targets were agropopulations of *Rhodiola rosea* introduced on light gray forest podzolic soils and meadow chernozem soils in the south of the Tomsk Region. The soil indices were measured using a HydraGO probe, while the physiological state of plants was assessed with a portable Dualex Scientific+ fluorometer which allowed determining the absolute chlorophyll (Chl) and flavonol (Flav) content as well as calculating the nitrogen balance index (NBI). No statistically significant differences in soil moisture ($25.1 \pm 0.6\%$ vs. $25.5 \pm 1.3\%$) or temperature ($27.3 \pm 0.4^\circ\text{C}$ vs. $29.3 \pm 0.8^\circ\text{C}$) were found between the sites. The bulk electrical conductivity of meadow chernozem soils (0.23 ± 0.01 dS m) was significantly higher than that of light gray forest podzolic soils (0.12 ± 0.003 dS m), whereas the pore water electrical conductivity was higher in the latter soil type (0.73 ± 0.02 dS m) inducing osmotic stress. The absolute chlorophyll content in *Rh. rosea* leaves on meadow chernozem soils (13.67 ± 1.18) was 2.5 times higher than that in plants grown on light gray forest podzolic soils (5.40 ± 0.66); flavonol content (0.73 ± 0.05) and nitrogen balance index (18.16 ± 1.56) also increased indicating high photosynthetic activity and stress resistance. The rosavin content in underground organs reached $1.47 \pm 0.06\%$. On nutrient-depleted light gray forest podzolic soils with low electrical conductivity (0.12 ± 0.003 dS m), suppression of physiological processes was observed (Chl 5.40 ± 0.66 , Flav 0.40 ± 0.04 , NBI 13.16 ± 0.42), along with accumulation of salidroside ($1.94 \pm 0.09\%$) which performed an adaptogenic function under osmotic stress. The obtained findings may be used to optimize the growing practices of *Rh. rosea* under plantation conditions.

Зиннер Надежда Сергеевна, к.б.н., доцент, ст. науч. сотр., Сибирский ботанический сад, Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Российская Федерация, e-mail: zinner@inbox.ru.

Тюлькевич Кристина Викторовна, магистрант, Сибирский ботанический сад, Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Российская Федерация, e-mail: kristinatuklevic6@gmail.com.

Баранова Алёна Владимировна, студент, Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Российская Федерация, e-mail: alenabaranova826@gmail.com.

Андреева Валерия Юрьевна, к.б.н., доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Российская Федерация, e-mail: vilival@yandex.ru.

Zinner Nadezhda Sergeevna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Senior Researcher, Siberian Botanical Garden, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation, e-mail: zinner@inbox.ru.

Tyulkevich Kristina Viktorovna, master's degree student, Siberian Botanical Garden, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation, e-mail: kristinatuklevic6@gmail.com.

Baranova Alena Vladimirovna, student, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation, e-mail: alenabaranova826@gmail.com.

Andreeva Valeriya Yurevna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation, e-mail: vilival@yandex.ru.

Введение

Многолетнее травянистое растение *Rhodiola rosea* L. (родиола розовая) относится к числу фармакопейных видов и широко ценится в медицине благодаря адаптогенным и тонизирующим свойствам. Основным лекарственным сырьём служат корни и корневища, в которых содержатся такие биологически активные соединения, как салидрозид и гликозиды коричневого спирта [1-3].

Rhodiola rosea внесена в Красную книгу Российской Федерации и имеет природоохранный статус [4, 5]. Интродукция данного вида квалифицируется исследователями в качестве научно обоснованной стратегии сохранения вида в нативных экосистемах, что подтверждается результатами агрономических испытаний [6]. В рамках интродукционных исследований приоритетной научной задачей выступает выявление адаптационных особенностей растений в условиях их перемещения в несвойственные экологические ниши и воздействия новых абиотических факторов, в особенности эдафических [7].

В основе морфофизиологических адаптаций лежат физиолого-биохимические процессы, поддерживающие оптимальный уровень метаболических реакций в постоянных или изменяющихся условиях среды. Особенности синтеза вторичных метаболитов могут отражать механизм их участия в адаптивной стратегии природных и интродукционных популяций, а активность фотосинтетического аппарата может послужить индикатором продукционного потенциала исследуемой культуры. Неинвазивные методы диагностики являются эффективными инструментами для оценки физиологического статуса и стрессоустойчивости интродуцентов. Некоторые исследователи обнаруживают значительные колебания пигментного состава интродуцентов в зависимости от экологических условий среды. Флавонолы осуществляют иммунные функции и защищают растения от разнообразных неблагоприятных влияний. Показатели пигментного комплекса и индекса NBI напрямую связаны с устойчивостью растительных организмов к стрессу [8].

Цель исследования – оценить влияние почвенных условий (светло-серые лесные оподзоленные и лугово-чернозёмные почвы) на пигментный комплекс и стрессоустойчивость *Rh. rosea* в условиях интродукции.

Задачи: сравнить физиологическое состояние растений на двух типах почв по показателям содержания хлорофилла, флавонолов и индекса азотного баланса; определить содержание салидрозидов и розавина в подземных органах *Rh. rosea* в зависимости от типа почв; выявить взаимосвязь между почвенными условиями, физиологическими показателями и накоплением вторичных метаболитов у *Rh. rosea* при интродукции.

Объекты и методы

Модельные особи агропопуляции *Rhodiola rosea* L., культивируемые на территории Сибирского ботанического сада при Томском государственном университете в течение 3 лет, оценивались на двух типах почв: светло-серых лесных оподзоленных и лугово-чернозёмных.

В ходе исследования проведены измерения физических параметров почвы с использованием портативного прибора HydraGO. Определяли следующие показатели: влажность почвы (%), температуру (°C), общую электропроводность (Bulk EC, дСм/м) и электропроводность поровой воды (EC, дСм/м). Агрохимический анализ почв выполнен в Томской областной агрохимической лаборатории.

Физиологическое состояние растений оценивали с помощью прибора Dualox Scientific + (Force A, Орсе, Франция) по следующим вегетационным индексам: абсолютному содержанию хлорофилла (Chl), эпидермальных флавонолов (Flav) и индексу азотного баланса (NBI). Индекс хлорофилла рассчитывали как отношение пропускания при 710 нм к пропусканию при 850 нм; содержание флавонолов определяли по снижению флуоресценции хлорофилла при возбуждении УФ-излучением (375 нм); индекс NBI оценивали на основе спектральных характеристик. Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2016. Различия считали статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Содержание салидрозидов и розавина в корнях и корневищах определяли в конце вегетационного сезона. В работе руководствовались требованиями фармакопейной статьи «Родиолы розовой корневища и корни» (ФС.2.5.0036.15).

Результаты исследований и их обсуждение.

В результате исследования выявлены взаимосвязи между почвенными условиями, физиологическим состоянием и биохимическим составом *Rhodiola rosea* L. при культивировании на светло-серых лесных оподзоленных и лугово-черноземных почвах.

Светло-серые лесные оподзоленные почвы характеризовались низким плодородием. Содержание гумуса составило 2,5%, отмечены высокая гидролитическая кислотность, бесструктурный механический состав и низкое содержание питательных веществ (P_2O_5 – 207 мг/кг, K_2O – 74 мг/кг). Почвы характеризуются низкой степенью насыщенности основаниями и невысокой суммой обменных оснований кальция и магния. Лугово-черноземные почвы, напротив, отличались более высоким содержанием гумуса (5,0%) и повышенной обеспеченностью фосфором (P_2O_5 – 235 мг/кг) и калием (K_2O – 180 мг/кг).

При измерении почвенных показателей с использованием прибора HydraGO сравнивали светло-серые лесные оподзоленные и лугово-черноземные почвы: по влажности статистически значимых различий не обнаружено ($25,1 \pm 0,6$ и $25,5 \pm 1,3\%$ соответственно), как и по температуре ($27,3 \pm 0,4$ и $29,3 \pm 0,8^\circ C$ соответственно).

Полевые замеры, проведенные прибором HydraGO, показали дифференцированную картину: при отсутствии значимых различий влажности и температурного режима почв между опытными участками значение электропроводности продемонстрировало статистически значимые различия. Данный факт указывает на избирательную чувствительность исследуемых агропопуляций к солевому составу почвенного раствора, тогда как термовлажностные условия оставались сопоставимыми. Общая электропроводность значительно выше у лугово-черно-

земных почв ($0,23 \pm 0,01$ дСм/м), что указывает на более высокое содержание солей и питательных веществ в этих почвах. У светло-серых лесных оподзоленных почв данный показатель составил $0,12 \pm 0,003$ дСм/м. Электропроводность поровой воды существенно выше у светло-серых лесных почв ($0,73 \pm 0,02$ дСм/м), что может свидетельствовать о повышенной концентрации солей в почвенном растворе, индуцирующей осмотический стресс растений. Дополнительным стрессовым фактором выступает тяжелый гранулометрический состав, нарушающий водно-воздушный режим и ограничивающий развитие корневой системы. У лугово-черноземных почв данный показатель составил $0,12 \pm 0,02$ дСм/м.

Лугово-черноземные почвы создают благоприятные условия для роста и развития растений. Высокая общая электропроводность, коррелирующая с содержанием элементов минерального питания, положительно сказалась на физиологических показателях *Rh. rosea*. Абсолютное содержание хлорофилла в листьях *Rh. rosea*, культивируемой на лугово-черноземных почвах, в 2,5 раза выше, чем в *Rh. rosea*, культивируемой на светло-серых лесных оподзоленных почвах ($13,67 \pm 1,18$ и $5,40 \pm 0,66$ соответственно), что свидетельствует о повышенной фотосинтетической активности и продукционном потенциале *Rh. rosea* (табл. 1). Улучшенное азотное питание *Rh. rosea*, культивируемой на лугово-черноземных почвах, подтверждается более высокими значениями индекса азотного баланса ($18,16 \pm 1,56$), а более высокое содержание флавонолов ($0,73 \pm 0,05$), обладающих УФ-протекторными и антиоксидантными свойствами, свидетельствует о повышенной стрессоустойчивости растений.

Таблица 1

Оптические показатели пигментного комплекса и азотного баланса *Rh.rosea*

Вегетационные индексы	Типы почв	
	светло-серые лесные оподзоленные почвы	лугово-черноземные почвы
Абсолютное содержание хлорофилла (Chl)	$5,40 \pm 0,66$	$13,67 \pm 1,18$
Содержание флавонолов (Flav)	$0,40 \pm 0,04$	$0,73 \pm 0,05$
Индекс азотного баланса (NBI)	$13,16 \pm 0,42$	$18,16 \pm 1,56$

В листьях *Rh. rosea*, культивируемой на светло-серых лесных оподзоленных почвах, характеризующихся низким плодородием, кислой реакцией среды и дефицитом питательных веществ, отмечены минимальные показатели абсолютного содержания хлорофилла ($5,40 \pm 0,66$), флавонолов ($0,40 \pm 0,04$) и индекса азотного баланса ($13,16 \pm 0,42$), что свидетельствует об угнетении физиологических процессов.

Содержание розавина значительно выше в подземных органах *Rh. rosea*, культивируемой на лугово-чернозёмных почвах ($1,47\%$) вместе с

высокими значениями Chl и NBI, подтверждая, что оптимальное азотное питание и общее благополучие растения стимулируют накопление данного гликозида в растении (табл. 2). Содержание салидрозидов выше в *Rh. rosea*, культивируемой на светло-серых лесных оподзоленных почвах ($1,94\%$), что может быть результатом стрессовой индукции. В данном случае салидрозид может выполнять адаптогенную функцию, помогая растению переносить неблагоприятные факторы [9].

Таблица 2

Содержание салидрозидов и розавина в сырье *Rh. rosea*

Содержание веществ в пересчёте на абс. сух. сырье, %	Типы почв	
	светло-серые лесные оподзоленные почвы	лугово-чернозёмные почвы
Содержание салидрозидов	$1,94 \pm 0,09$	$1,76 \pm 0,09$
Содержание розавина	$0,74 \pm 0,07$	$1,47 \pm 0,06$

Заключение

В результате исследования отмечено влияние почвенных условий (светло-серые лесные оподзоленные и лугово-чернозёмные почвы) на пигментный комплекс и стрессоустойчивость интродуцированных растений *Rhodiola rosea* L. в условиях культивирования на юге Томской области.

Установлены наибольшие значения абсолютного содержания хлорофилла, флавонолов и индекса азотного баланса в листьях *Rh. rosea*, культивируемой на лугово-чернозёмных почвах, относительно показателей *Rh. rosea*, культивируемой на светло-серых лесных почвах. Повышенное содержание флавонолов отражает реализацию протекторных механизмов в условиях интенсивного метаболизма. Одновременно тенденция к увеличению содержания салидрозидов (до $1,94\%$) в подземных органах растений, культивируемых на светло-серых лесных почвах, подтверждает его роль как адаптогена, индуцируемого в ответ на неблагоприятные эдафические факторы. На лугово-чернозёмных почвах отмечено наибольшее содержание розавина ($1,47\%$), синтез которого стимулируется хорошим азотным питанием. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации агротехники *Rh. rosea* при плантационном культивировании.

Библиографический список

1. Государственная фармакопея Российской Федерации ФС.2.5.0036.15 Родиолы розовой корневища и корни / Министерство здравоохранения Российской Федерации. – URL: <https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0036-15-rodiole-roszovoj-kornevishha-i-korni/>. – Текст: электронный.
2. Panossian, A. G., Efferth, T., Shikov, A. N., et al. (2021). Evolution of the adaptogenic concept from traditional use to medical systems: Pharmacology of stress- and aging-related diseases. *Medicinal Research Reviews*, 41(1), 630–703. <https://doi.org/10.1002/med.21743>.
3. Биотехнологические способы получения биологически активных соединений родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) (обзор) / Д. А. Жданов, Т. К. Рязанова, В. А. Куркин [и др.]. – DOI 10.14258/jcprm.20230312550. – Текст: непосредственный // Химия растительного сырья. – 2023. – № 3. – С. 5-25.
4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 23.05.2023 № 320 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации». – 2023. – 27 с. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307210008?ysclid=mtv7kcon24832484252/> – Текст: электронный.

5. Репродуктивная биология *Rhodiola rosea* в природных условиях Горного Алтая / А. С. Прокопьев, М. С. Ямбуров, Т. Н. Катаева [и др.]. – DOI 10.17223/19988591/64/3. – Текст: непосредственный // Вестник Томского государственного университета. Серия: Биология. – 2023. – № 64. – С. 52-80.

6. Абрамчук, А. В. Морфологические признаки родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) в зависимости от плотности посадки / А. В. Абрамчук, Н. И. Шингарева. – Текст: непосредственный // Вестник Биотехнологии. – 2018. – № 2 (16). – С. 1.

7. Иванова, Н. С. Интродукция *Rhodiola rosea* L. в Центральной Якутии / Н. С. Иванова. – Текст: непосредственный // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 537-546.

8. Турбина, И. Н. Адаптационные возможности интродуцентов различного происхождения в условиях ботанического сада г. Сургута / И. Н. Турбина, Г. М. Кукуричкин. – Текст: непосредственный // Вестник Нижневартского государственного университета. – 2020. – № 2. – С. 60-67.

9. Индивидуальная изменчивость содержания некоторых групп вторичных метаболитов в корневищах у *Rhodiola rosea* (Crassulaceae) в горах Южной Сибири / Е. В. Жмудь, О. В. Котсупий, И. Н. Кубан [и др.]. – Текст: непосредственный // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: труды VIII Международной научной конференции, посвященной 140-летию Гербария имени П. Н. Крылова, 145-летию Сибирского ботанического сада и 175-летию со дня рождения П. Н. Крылова, Томск, 24-27 сентября 2025 года. – Томск, 2025. – С. 79-83.

References

1. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii FS.2.5.0036.15 Rodioly rozovoy kornevishcha i korni. / Ministerstvo zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii. URL: <https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0036-15-rodiole-rozovoy-kornevishcha-i-korni/>.

2. Panossian, A. G., Efferth, T., Shikov, A. N., et al. (2021). Evolution of the adaptogenic concept from traditional use to medical systems: Pharmacology of stress- and aging-related diseases. *Me-*

dicinal Research Reviews, 41(1), 630–703. <https://doi.org/10.1002/med.21743>.

3. Zhdanov, D.A. Biotehnologicheskie sposoby polucheniya biologicheskii aktivnykh soedineniy rodioly rozovoy (*Rhodiola rosea* L.) (obzor) / D.A. Zhdanov, T.K. Ryazanova, V.A. Kurkin, A.V. Kurkina, V.B. Braslavskiy // *Khimiya rastitelnogo syrya*. – 2023. – No. 3. DOI: 10.14258/jcprm.20230312550.

4. Prikaz Ministerstva prirodnikh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 23.05.2023 No. 320 "Ob utverzhdenii Perechnya ob"ektov rastitelnogo mira, zanesennykh v Krasnuyu knigu Rossiyskoy Federatsii". – 2023. – 27 s.

5. Prokopev, A.S. Reproductivnaya biologiya *Rhodiola rosea* v prirodnikh usloviyakh Gornogo Altaya / A.S. Prokopev, M.S. Yamburov, T.N. Kataeva, O.D. Chernova, E.S. Prokopeva // *Vestn. Tom. gos. un-ta. Biologiya*. – 2023. – No. 64. DOI: 10.17223/19988591/64/3.

6. Abramchuk, A.V. Morfologicheskie priznaki rodioly rozovoy (*Rhodiola rosea* L.) v zavisimosti ot plotnosti posadki / A.V. Abramchuk, N.I. Shingareva // *Vestnik biotekhnologii: Izd-vo Uralskiy gosudarstvennyy universitet*. – 2018. – No. 2 (16). – S. 1.

7. Ivanova, N.S. Introduktsiya *Rhodiola rosea* L. v Tsentralnoy Yakutii // *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. – 2015. – No. 114.

8. Turbina, I.N. Adaptatsionnye vozmozhnosti introdutsentov razlichnogo proiskhozhdeniya v usloviyakh botanicheskogo sada g. Surguta / I.N. Turbina, G.M. Kukurichkin // *Vestnik NVGU*. – 2020. – No. 2. – С. 60–67.

9. Zhmud, E.V. Individualnaya izmenchivost soderzhaniya nekotorykh grupp vtorichnykh metabolitov v kornevishchakh u *Rhodiola rosea* (Crassulaceae) v gorakh Yuzhnoy Sibiri / E.V. Zhmud, O.V. Kotsupiy, I.N. Kuban [i dr.] // *Problemy izucheniya rastitelnogo pokrova Sibiri: trudy VIII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 140-letiyu Gerbariya imeni P. N. Krylova, 145-letiyu Sibirskogo botanicheskogo sada i 175-letiyu so dnya rozhdeniya P. N. Krylova (Tomsk, 24-27 sentyabrya 2025 g.)*. – Tomsk, 2025. – S. 79-83.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

