

МРНТИ 34.29.35

https://doi.org/10.26577/eb.2021.v89.i4.07

С.А. Кубентаев¹ , Ю.А. Котухов² , М.Ж. Жумагул³ ,
К.С. Избастина^{1,4*} , Д.Т. Алибеков¹ , С.К. Мухтубаева¹ 

¹«Астанинский ботанический сад» – филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан, Казахстан, г. Нур-Султан
²РГП на ПХВ «Алтайский ботанический сад» КН МОН РК, Казахстан, г. Риддер
³Казахский национальный университет им аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
⁴Казахский Агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, г. Нур-Султан
 *e-mail: izbastina.k@gmail.com

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *RHODIOLA QUADRIFIDA* В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

В данной работе приводятся результаты изучения биологических особенностей и эколог фитоценотической приуроченности редкого вида растения *Rhodiola quadrifida* в Восточном Казахстане. Исследования проводились на трех высокогорных хребтах Казахского Алтая: Ивановский, Линейский и Коксинский. Изучение ценопопуляций вида проводилось стандартными геоботаническими методами. По результатам проведенных исследований установлено, что растительный покров в местах произрастания *Rh. quadrifida* слабо сформирован или практически отсутствует. Местообитания вида: приурочены к альпийскому и горно-тундровому поясу гор, в высотном пределе 1800–2400 м над ур. м. *Rh. quadrifida* обитает преимущественно на останцах, скалах, по мелко- и крупнообломочным осыпям, мохово-лишайниковым, дриадовым и каменисто-осоковым тундрам. Отмечено высокое вегетативное размножение на участках толстого мохового покрытия. Состояние *Rh. quadrifida* в ЦП3, ЦП4 и ЦП5 нормального типа, способное к самподдержанию семенным и вегетативным способами. В ЦП1 и ЦП2 вид поддерживается за счет неэффективного вегетативного размножения. Вид имеет низкую конкурентоспособность, по мере зарастания участков дерновинным и корневищными злаками популяции родиолы выпадают из состава фитоценозов. *Rh. quadrifida* – крайне редкий вид, интенсивно сокращающийся в численности и площади популяций, считаем необходимым включение вида в следующее издание Красной книги Казахстана.

Ключевые слова: Центральная Азия, Западный Алтай, *Rhodiola quadrifida*, редкий вид, состояние популяций.

S.A. Kubentaev¹, Yu.A. Kotukhov², M.Zh. Zhumagul³,
K.S. Izbastina^{1,4*}, D.T. Alibekov¹, S.K. Mukhtubaeva¹

¹RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology, Geography and Nature Conservation, Kazakhstan, Nur-Sultan

²RSE “Altai Botanical Garden” CS MES RK

³RSE on the REM “Altai Botanical Garden” CS MES RK, Kazakhstan, Ridder

⁴Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

⁴S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Kazakhstan, Nur-Sultan

*e-mail: izbastina.k@gmail.com

Ecological and biological characteristics and phytocenotic structure of *Rhodiola quadrifida* populations in East Kazakhstan

This study presents the results of investigating the biological characteristics and ecological-phyto-cenotic confinement of a rare plant species – *Rhodiola quadrifida* in East Kazakhstan. The research was carried out on three high mountain ranges: Ivanovsky, Lineisky and Koksinsky of Kazakhstan Altai. The study of cenopopulations of the species was done by using standard geobotanical methods. According to the results, it was found that the vegetation cover in the growing places of *Rh. quadrifida* is poorly formed or practically absent. The habitats of the species are confined to the alpine and mountain-tundra belt of mountains, in the altitude limit of 1800–2400 m above sea level. *Rh. quadrifida* grows mainly on outliers, rocks, along fine and coarse talus, moss-lichen, dryad and stony-sedge tundra. High vegetative reproduction is noted in areas of thick moss cover. State of *Rh. quadrifida* in CP3, CP4 and CP5 is normal

and capable for self-sustaining by seed and vegetative manner. The species in CP1 and CP2 is maintained due to ineffective vegetative reproduction. The species has a low competitiveness; as the plots are overgrown with turf and rhizome grasses, the populations of *Rhodiola* drop out of the phytocenoses. *Rh. quadrifida* is an extremely rare species that is rapidly reducing the number and area of populations, we consider it necessary to be included in the next edition of the Red Book of Kazakhstan.

Key words: Central Asia, Western Altai, *Rhodiola quadrifida*, rare species, state of populations.

С.А. Кубентаев¹, Ю.А. Котухов², М.Ж. Жумагул³,
К.С. Избастина^{1,4*}, Д.Т. Алибеков¹, С.К. Мухтубаева¹

¹Қазақстан Республикасы экология, геология және табиғи ресурстар министрлігі
орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника
және фитоинтродукция институты» ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы»,
Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

²ҚР БҒМ ҒМ «Алтай ботаникалық бағы» ШЖҚ РМК, Қазақстан, Риддер қ.

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

⁴С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

*e-mail: izbastina.k@gmail.com

Шығыс Қазақстандағы *Rhodiola quadrifida* популяцияларының экологиялық-биологиялық ерекшеліктері және фитоценотикалық құрылымы

Бұл жұмыста Шығыс Қазақстандағы *Rhodiola quadrifida* сирек кездесетін өсімдік түрінің биологиялық ерекшеліктері мен экологиялық-фитоценотикалық шектелуін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеулер Қазақстан Алтайындағы үш биік Иванов, Линейск және Көксін тау жоталарында жүргізілді. Түрдің ценопопуляцияларын зерттеу стандартты геоботаникалық әдістерді қолдану арқылы жүргізілді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша *Rh. quadrifida* өсу орындарындағы өсімдік жамылғысының әлсіз қалыптасқандығы немесе жоқтың қасы екендігі анықталды. Түрлердің мекен ету ортасы теңіз деңгейінен 1800–2400 м биіктікте орналасқан альпі және таулы-тундра белдемдерімен шектелген, *Rh. quadrifida* негізінен қалдықтарда, жартастарда, ұсақ және ірі түйіршікті шөгінділерде, мүк-қыналы, құрғақ және тасты-шөгінді тундраларда тіршілік етеді. Қалың мүк жамылғысы бар аймақтарда жоғары вегетативті көбею байқалды. *Rh. quadrifida* қалыпты типтегі ЦП3, ЦП4 және ЦП5 күйі тұқыммен және вегетативтік тәсілмен өзімен өзі көбеюге қабілетті. ЦП 1 және ЦП 2-де түрлер тиімсіз вегетативті көбеюге байланысты сақталған. Шымтезек пен тамырлы дөңді дақылдармен бір аймақтарда өскен родиола популяциялары фитоценоздар құрамынан шығып қалуынан, түрдің бәсекеге қабілеттілігі төмен. *Rh. quadrifida* популяция саны мен ауданын қарқынды қысқартатын өте сирек кездесетін түр болғандықтан, Қазақстанның Қызыл кітабының келесі басылымына енгізу қажет деп санаймыз.

Түйін сөздер: Орталық Азия, Батыс Алтай, *Rhodiola quadrifida*, сирек кездесетін түр, популяция жағдайы.

Сокращения и обозначения

ЦП – ценопопуляция

Введение

Многие виды рода *Rhodiola* L. исторически использовались в качестве адаптогенов и традиционных лекарственных средств, которые ценятся за их способность повышать сопротивляемость человека стрессу или усталости и способствовать долголетию [1–8].

Rhodiola quadrifida (Pall.) Fisch. et S.A. Mey. (Родиола четырёхчленная, красная щётка) из семейства Crassulaceae – аркто-альпийский вид, растёт в альпийском поясе гор, щебнистой и мохово-лишайниковой тундре, на скалах, каменистых склонах и осыпях около ледников. В

Казахстане вид встречается только на высокогорных хребтах Казахстанского Алтая и Тарбагатай [9]. Общий ареал: Китай (Синьцзян и плато Цинхай-Тибет), в Восточной Сибири, Монголии (Хэнтий, Хангай, Ховсгол, Ховд и Монгольский Алтай) и России (Алтай, Саяны) [10].

Корни и корневища *Rh. quadrifida* традиционно используются в Азии в качестве тонизирующего, адаптогенного, антидепрессивного и противовоспалительного средства [11–14]. Химический состав эфирных масел *Rh. quadrifida* содержит кислоты – гексадекановую (45,39%), 9,12-октадекадиеновую (33,38%), 9-гексадеценную (3,08%) и др [15].

Эколого-фитоценотическая структура популяций *Rh. quadrifida* изучалась в России (Северный Урал, Забайкалье) [16, 17]. Также есть сведения о современном состоянии популяций вида

в Китае [18]. Однако в Казахстане исследования экотипической приуроченности и биологических особенностей вида в естественных местах произрастания ранее не проводились. Вследствие повышенного спроса на лекарственное сырье корней *Rh. quadrifida* во многих странах вид подвержен сильным антропогенным воздействиям.

Поэтому целью работы является изучение современного состояния популяций *Rh. quadrifida* в Восточном Казахстане, включая биологические особенности вида, семенную продуктивность, эколого-фиоценотическую приуроченность и онтогенетическую структуру.

Материалы и Методы

Казахстанский Алтай представляет собой систему хребтов южной и юго-западной части Алтая, как горной страны, которая простирается с юга на север и с запада на восток почти на 400 км. Он входит в состав юго-западной периферии Алтае-Саянской горной системы, и с присущей ей структурой ландшафтных и высотных зон. Согласно физико-географическим условиям территория Казахстанского Алтая подразделена на три подрайона: Юго-Западный Алтай, Южный Алтай, Калбинское нагорье [19].

Исследования проводились на Западном Алтае (хр. Ивановский, Коксинский и Линейский) казахстанской части Алтайской горной страны. Административно исследуемый регион относится к Восточно-Казахстанской области. Изучение ЦП родиолы проводились стандартными геоботаническими методами [20,21].

Структура каждой конкретной ЦП изучались согласно методикам Т.А. Работного [22] и О.В. Смирновой [23]. Для выяснения жизненного цикла применена методика А.А. Уранова [24]. За основу изучения эколого-биологических особенностей вида в полевых условиях взяты разработанные методические указания М.Ф. Голубевым и Е.Ф. Молчановым [25]. Номенклатурные названия растений приведены согласно WCSP.

Результаты и Обсуждение

1. Биологические особенности *Rh. quadrifida*

Rh. quadrifida в исследуемом регионе встречается единично отдельными особями или группами, не образуя плотных зарослей. Семеношение, как правило, обильное, в среднем по всем популяциям потенциальное семеношение составляет 3288 семян на одну особь, реальное –

1692 шт. Коэффициент семинафикации – 51,4%. Обычно в ценозах генеративные особи имеют по $36,8 \pm 0,32$ генеративных побегов, из них только 55,9% цветет и плодоносит. Соцветия в среднем состоят из 5 цветков, из них 74% (3,7 цветка) образуют плоды (листочки); число семян на один цветок $47,2 \pm 0,36$, из них 38% семян формируют семянки.

Семена вида мелкие, легко разносятся ветром на значительные расстояния. Форма семян продолговато-яйцевидная, слегка изогнутая. Поверхность семян голая, гладкая. Цвет семян коричневый. Длина: 1,85 – 2,75 мм ($2,56 \pm 0,19$ мм), ширина: $0,56 \pm 0,01$ мм. Вес 1000 штук семян – 0,214 г. Большая часть семян попадает в осыпи, курумы, где глубоко проваливаются между обломками камней и погибают. Незначительная часть семян попадает на участки грунта между камней или на отпад около материнских растений.

Грунтовая всхожесть в природе достаточно высока – 75%, о чем свидетельствует значительное количество проростков. Однако, ввиду суровых условий обитания вида, после первой перезимовки погибает почти 85% сеянцев. До генеративного состояния доживают единицы.

Растения формируют мощные подушкообразные дернины (рисунок 1), нередко до 35 см в поперечнике, состоящие из плотного каудекса, одетого остатками жестких стеблей прошлых лет, где накапливается отпад, прикрывая толстым слоем почки возобновления.

Почки возобновления зимуют погружаясь в субстрат или располагаются ближе поверхности грунта. Побеги плотно покрыты чешуями, которые предохраняют их от повреждений морозами и способствуют накоплению снега в зимний период. В подушке у основания побега могут образовываться укороченные корни 8–12 см дл, на основании которых в виде кисточек образуются придаточные корни второго и третьего порядка. Побег под чешуями покрыт толстым слоем лупящейся коры темно-бурой окраски.

Корневая система стержневого типа до 130 см дл. в верхней части до 17-25 см, от середины разветвлены на 2-3 корня первого порядка. В среднем образуются 3–5 ответвлений первого порядка. Как правило главный корень размещается вверх по склону с заглуплением на 35-40 см. Корни первого порядка от середины расстилаются в стороны на уровне главного корня до 45 см. Вес сырого многолетнего корня с каудексом 25–20 см составляет $263 \pm 5,6$ гр. Каудекс внутри заполнен мелкоземом и продуктами разложения прошлых лет, а также прогнивши-

ми чешуями. Длина ветвей каудекса различная в зависимости от направления света, с северо-восточной стороны ветви более длинные и толстые, с юго-западной более укороченные и утонченные. У старых особей в результате некроза ветвей каудекса первого порядка от основания окореняются и теряют связь с материнской особью. Активное разрушение каудекса

наблюдается с хорошо освещенной обдуваемой стороны. Корни, пораженные некрозом со временем разделяются на лентовидные доли или уплотняются, принимая лентовидную форму. Предзимнее состояние почек округлые, на верхушке плоские, покрыты светло-рыжеватыми чешуями в три слоя, с хорошо сформулированными побегами 9–10 мм дл.



Рисунок 1 – Популяция *Rh. quadrifida* на хребте Ивановский Восточно-Казахстанской области

У растений родиолы произрастающих на участках толстого мохового покрытия отмечается относительно высокое вегетативное возобновление. Особи имеют сравнительно рыхлую подушку с удлинненными ветвями корневища 8–12 см дл. Обычно особи слабо разветвлены или не ветвятся, нарастание побега происходит из верхушечной почки. На каждой ветви корне-

вища размещено 7–11 спящих почек из которых могут развиваться побеги корневища. Зачастую из спящих почек развиваются тонкие длинные столонovidные побеги с верхушечной почкой до 15 см дл. Уходящих в сторону от материнской особи. При старении ветви с корнями отчлениются от головки корневища имея свою корневую систему. Ветви, отчлененные от корневища и не

несущие корни, отмирают. Они очень медленно разлагаются. Пространства между клонами заполняются органикой и зарастают мхами. Образуются группа клоновых особей, слабо изолированных друг от друга.

Эколого-фитоценотическая характеристика ценопопуляций

Rh. quadrifida в Восточном Казахстане встречается в пределах хребтов Южного и Западного Алтая, популяции вида представлены изолированными микрофитоценозами площадью 200–500 м² (рисунок 2).

Вследствие горного характера рельефа, в биоценозах складывается сходный специфический световой и температурный режим. Поверхностные горизонты мест обитания в зимнее время, в результате действия сильных юго-восточных и юго-западных ветров, оголяются, что

приводит к выхолаживанию почвы до –30–40°C. Оттаивание происходит интенсивнее, чем в зарослях кустарников (*Betula fruticosa*, *Salix lanata*, *S. vestita*). Из мхов отмечены *Polytrichastrum alpinum*, *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*.

В результате растения в конце апреля – начале мая испытывают резкие суточные перепады температур. Температура корнеобитаемого слоя прогревается до +5°C только в конце первой декады мая. Максимум тепла накапливается к концу июня. Влажность почвы невысока и постоянно находится на определенном уровне – 10–15% от массы почвы. Это обусловлено механическим составом почвенного слоя, что влияет на особенности роста и развития вида.

Ниже приводится описание состояния популяций *Rh. quadrifida* на разных хребтах Западного Алтая. Количественные и морфологические характеристики вида в разных ценопопуляциях приведены в таблице 1.

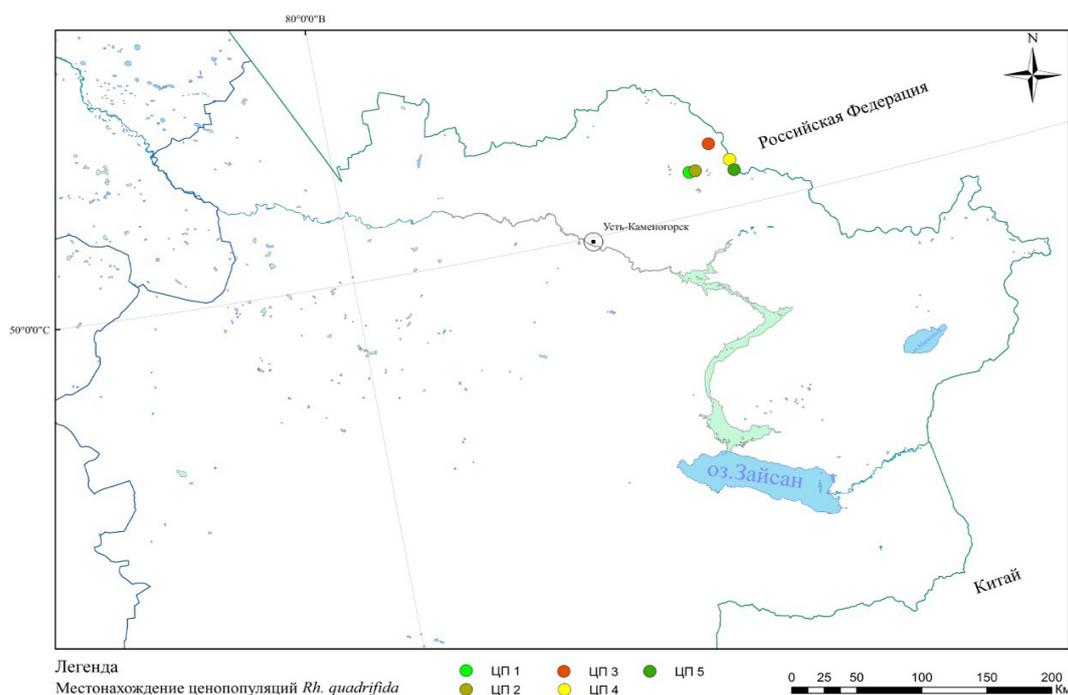


Рисунок 2 – Карта местонахождений ценопопуляций *Rh. quadrifida* в Восточном Казахстане

Ивановская популяция. Популяция находится на северо-западном склоне хр. Ивановский в высотном пределе 1900–2400 м над ур. м., входит в состав дриадово-осоковых ассоциаций на каменистых и щебнистых склонах.

ЦП1 родиолово–дриадово–осоковая (*Carex capillaris*–*Dryas oxodonta*–*Rh. quadrifida*) размещена на северо-западном склоне хр. Ивановский в высотном пределе 1900–2000 м над ур. м. Площадь ценопопуляции около 150 м². Ко-

ординаты: 50°18'41.1»N 83°47'19.0»E. Участок размещен на вершине древней морены, где в зимний период почти отсутствует снежный покров, что ведет к вымерзанию почек возобновления *Rh. quadrifida*. Общее проективное покрытие

6%. Обычно в группах ежегодно накапливается значительный отпад, перепревая, формируются локальные микроучастки почвы, где обычно поселяются пионерные виды, в том числе и родиола.

Таблица 1 – Морфолого-количественные характеристики изученных ЦП *Rh. quadrifida*

Морфолого-количественные параметры	Ивановская популяция		Коксинская популяция	Линейская популяция	
	ЦП1	ЦП2	ЦП3	ЦП4	ЦП5
	М±м	М±м	М±м	М±м	М±м
Высота растения	6,2±0,31	10,33±0,81	9,6±0,61	9,6±0,42	7,86±0,47
Диаметр куста	12,6±0,77	22,6±1,32	15,13±1,29	12,3±1,01	22,3±2,00
Число побегов на куст	36,23±3,21	55,2±4,71	45,1±2,91	26,6±1,82	22,2±1,33
Диаметр соцветия	1,7±0,17	2,3±0,21	2,0±0,32	1,8±0,21	1,6±0,17
Число цветков в соцветии	3,2±0,32	6,1±0,52	6,9±0,46	4,5±0,59	5,3±0,45
Примечание: * p<0,001					

Растительность в пределах фитоценоза сплошного покрова не образует, размещается в виде пятен. Общее проективное покрытие 3,5%. Видовой состав, слагающий фитоценоз относительно беден в видовом отношении. В сообществе доминируют *Dryas oxydontha* и *Carex capillaris*, часто встречаются *Carex rupestris*, *Viola biflora*, *Thermopsis alpina*, *Silene graminifolia*, *Koenigia alpina* очень редко отмечаются *Minuartia verna*, *Patrinia sibirica*.

Rh. quadrifida в сообществе встречается в виде не больших изолированных друг от друга микроценозов. Растения находятся в угнетенном состоянии, цветение единичное. В основном кусты стареющие, легко распадаются на отдельные клоны. На долю проективного покрытия родиолы четырехчленной приходится не более 3–5 % от общего. Зимующие почки не крупные, одеты в два слоя темно-бурыми пленчатыми чешуями. Корень слабо развит, одет толстым слоем черной коры до 3 мм толщины, легко отслаивающийся продольными пластинами. Растения рано окрашиваются в темно-бордово-красный цвет. Из боковых почек возобновления развиваются мелкие вегетативные побеги. Боковая почка глубоко расположена в субстрате. Отсутствие травостоя способствует сильному размыву субстрата и оголению основных почек возобновления, что приводит к их вымерзанию. Ценопопуляция стареющая, поддерживается за счет неэффективного вегетативного размножения, возрастной состав нарушен.

ЦП2 родиолового–осоковая (*Carex capitata*+*Rh. quadrifida*) размещена на скальном массиве, в верховьях реки Большая Поперечка, на северо-восточном крутом склоне. Координаты 50°18'47.1»N 83°51'18.1»E в высотном пределе 2000–2300 м над ур. м. Вид обитает по частично заросшим уступам, трещинам скал и между обломками древней морены. Субстрат глинисто-щебнистый где преобладают плоские щебни. Напочвенный покров развит с покрытием до 100 %, который образован в основном мхами толщиной до 5 см и лишайниками.

Растительный покров сообщества с участием *Rh. quadrifida* сформирован, общее проективное покрытие составляет 10–15 %. В сообществе часто встречаются *Anemonastrum crinitum*, *Bistorta elliptica*, *Dracocephalum grandiflorum*, *Pachypleurum alpinum*, *Bergenia crassifolia*, *Gentiana algida*, *G. grandiflora*, *Oxytropis alpina*, *Hedysarum austrosibiricum*, *Festuca borissii*, *F. kryloviana*, *Thermopsis alpina*, *Dryas oxydonta*, редко отмечаются *Patrinia sibirica*, *Huperzia selago*, *Woodsia heterophylla*, *Valeriana capitata*, *Dracocephalum imberbe*. Верхняя граница ЦП занята плотными зарослями *Betula fruticosa*.

Популяция родиолы неполночленная с преобладанием взрослых особей, семенное возобновление низкое. Размножаются в основном вегетативно, центральная часть дернины по мере старения разрушается, распадаясь на мелкие клоны, которые переносятся сходом снега или осыпью на другие участки. В дернинки зачастую

внедряются побеги *Carex rupestris*, *Viola biflora*, *Patrinia sibirica*. Соцветия сильно повреждены заморозками (около 35%). Растения, произрастающие в пределах юго-западных опушек кедрача, практически не цветут, однако образуют массу вегетативных побегов или имеют два три недоразвитых цветка усыхающих на ранних этапах развития. Почки крупные одеты светло-рыжеватыми наружными чешуями и темными внутренними расходящимися по верхушке.

Коксинская популяция. Популяция размещена на юго-западном склоне хр. Коксинский в районе скальника Саугин-Камень в высотном пределе 1950–2000 м над ур. м. Вид входит в состав разнотравно-пионерного фитоценоза. Координаты: 50°28'53.5»N 84°03'49.8»E. Здесь выделена одна ценопопуляция родиолы.

ЦПЗ родиолово–овсяницево–осоковая (*Carex capituliformis*+*Festuca borissii*+*Rh. quadrifida*) размещена на юго-западном склоне частично зарастающей горной морене. Площадь популяции составляет около 150 м². *Rh. quadrifida* растет по трещинам скал и углублениями между обломками материнской породы. Растительность представлена пионерными видами, постепенно заселяющими каменистые склоны гор. Популяция молодая, возникшая от заноса семян извне. Образование плодов слабое, до 12% цветков образуют листовки. Основное количество соцветий подсыхает, по всей видимости бутоны повреждаются заморозками на ранней стадии развития. *Rh. quadrifida* встречается по периферии частично закрытых древних морен, с доминированием осоки *Carex capituliformis*. Общее проективное покрытие 35%. Родиола встречается полидоминантными группами около обломков пород. Плодоношение особей не более 5%. Дернины размещаются с юго-западной, подветренной стороны выступающих глыб и их периферии осыпей. Напочвенный покров хорошо развит из мхов и лишайников с покрытием до 90%.

В сообществе часто встречаются *Hierochloa odorata*, *Silene graminifolia*, *Hedysarum austrosibiricum*, *Dryas oxyodonta*, реже отмечаются *Trisetum spicatum*, *Koeleria ledebourii*, *Gentiana algida*, *Bistorta vivipara*, *Thermopsis alpina*, *Pedicularis oederi*, *Chulzia crinita*, *Patrinia sibirica*, *Pachypleurum alpinum*, *Allium pumilum*, *Eremogone formosa*, *Lloydia serotina*. Данная ценопопуляция *Rh. quadrifida* нормального типа, способная к самоподдержанию путем семенного и вегетативного размножения, условия обитания для вида можно считать близкими к оптимальному.

Линейская популяция. Находится на северо-восточном склоне хр. Линейский. Примыкает на северо-западе к границе Западно-Алтайского государственного природного заповедника: северо-восточная граница популяции проходит по вершине хр. Коксинский; юго-западная – по речке Латуниха. Популяция ориентирована с юго-востока на северо-запад. Высотный предел 1830–2200 м над ур. м. Рельеф – сложный, изрезан глубокими ущельями, долинами рек и ручьев, скалистыми гривами. Морена до 40 м выс, склон крутой сложен крупными обломками горной породы, частично закрытый до 30 % растительностью в виде пятен различных конфигураций между крупными глыбами породы. Склон сильно продуваем южными и юго-восточными ветрами. Снег хорошо задерживается между глыбами. Растительный покров пятен плотный с проективным покрытием до 70 %. Почвенный слой почти не выражен. Из кустарников редко встречаются низкорослые особи (20-35 см) *Berberis sibirica*.

ЦП4 родиолово–овсяницево (*Festuca borissii*, *F. kryloviana*, *Rh. quadrifida*) размещена на северо-восточном склоне выступа скальника. Юго-западный микросклон зарастающей морены. Общее проективное покрытие 50 %. Рельеф неоднородный, образован выступающими глыбами горной породы различных размеров. Площадь, занимаемая ценопопуляцией, не превышает 700 м². Координаты популяции: 50°20'18.4»N 84°14'46.1»E. Почвенный слой до 15 см, основная масса корней родиолы размещена по глубоким трещинам.

Растительный покров представлен незначительным числом видов (не более 20 видов). Часто встречаемые виды: *Aster alpinus*, *Poa attenuata*, *Bergenia crassifolia*, *Bupleurum longiinvolutum*, *Epilobium lactiflorum*, *Patrinia sibirica* реже встречаются *Allium lineare*, *Ligularia glauca*, *Aconitum anthoroideum*, *Sedum ewersii*, *Bistorta elliptica*. Напочвенный покров хорошо развит, с покрытием до 95%. Условия произрастания экстремальные, растения низкорослые не более 11 см. Семеношение слабое только под прикрытием глыб.

В данной ЦП проростки, хотя и многочисленные, но судя по числу ювенильных и генеративных растений, выживаемость их невелика. Популяция полночленная, нормального типа. Почки крупные, одетые несколькими слоями плотных кожистых пленок, предохраняющие зачатки органов от воздействия неблагоприятных факторов.

ЦП 5 Патриниево-родиолово-осоковая (*Carex stenocarpa*, *Rh. quadrifida*, *Patrinia sibirica*) размещена на верхней гряде каменистого и щебнистого крутого склона. Координаты 50°15'33.8»N, 84°15'59.7»E, высота 2139 м над ур. м. Рельеф участка сложен крупными обломками породы. Почвы рыхлые, богато гумусированы, с значительным включением щебня. Почвенный горизонт 30–40 см. Напочвенный покров слабо развит, покрытие не превышает 30%, составлен в основном из мхов и лишайников.

Растительность слабо выражена отмечается пятнами или полосами по направлению ветра с юго-востока на северо-запад, общее проектив-

ное покрытие до 5–7 %. В ценопопуляции часто встречаются *Bupleurum longiinvolutratum*, *Gentiana algida*, *G. grandiflora*, *Crepis chrysantha*, *Schulzia crinita* *Pedicularis amoena*, *P. oederi*, *Huperzia selago*, *Dracocephalum grandiflorum* реже *Silene graminifolia*, *Dracocephalum imberbe*, *Pachypleurum alpinum*, *Bergenia crassifolia*. Родиола растет диффузно по всей площади куртины и по ее периферии. Родиола селится с юго-запада выступающих глыб с подветренной стороны. Общая площадь участка около 1500 м². Корни родиолы направлены в верх по склону. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Rh. quadrifida* показана в таблице 2.

Таблица 2 – Возрастная структура ценопопуляций *Rh. quadrifida*

Возрастные состояния (%)	Ивановская популяция		Коксинская популяция	Линейская популяция	
	ЦП1	ЦП2	ЦП 3	ЦП4	ЦП5
Проростки	-	3,8±0,27	0,3±0,01	8,9±0,52	3,2±0,28
Ювенильные	-	-	-	1,3±0,45	2,8±0,44
Иматурные	-	0,8±0,03	1,5±0,10	-	0,4±0,07
Виргинильные	2,5±0,32	0,2±0,01	1,8±0,21	0,67±0,23	-
Генеративные	0,3±0,08	0,4±0,06	0,8±0,12	1,33±0,24	1,6±0,19
Сенильные	0,9±0,02	-	0,8±0,06	0,4±0,09	1,1±0,29

Примечание: * p<0,001

Заключение, выводы

По результатам проведенных исследований установлено что растительный покров в местах обитания *Rh. quadrifida* относительно беден в видовом отношении или практически отсутствует. Местообитания вида приурочены к альпийскому и горно-тундровому поясу в высотном пределе 1800–2400 м над ур. м. *Rh. quadrifida* обитает преимущественно на останцах, скалах, по мелко и крупнообломочным осыпям, мохово-лишайниковым, дриадовым и каменисто-осоковым тундрам. Вид чаще всего встречается в сообществах с участием *Carex capituliformis*, *C. capillaris*, *C. rupestris*, *Dryas oxyodonta*, *Bergenia crassifolia*, *Aster alpinus*, *Patrinia sibirica*, *Saxifraga sibirica*, *Astragalus alpinus*, *Festuca kryloviana*, *F. borissii*, *Viola biflora*, *Schulzia crinita*, *Hedysarum austrosibiricum*, *Thermopsis alpina*, *Gentiana grandiflora*.

Во всех обследованных сообществах преобладает вегетативное возобновление вида. В среднем по всем популяциям потенциальное

семеношение составляет 3288 семян на одну особь, реальное – 1692 шт. Коэффициент семинификации – 51,4%. Грунтовая всхожесть вида в природе составляет 75%. В следствии суровых условий обитания семенное размножение низкое, после первой перезимовки погибает почти 85% семян.

Отмечено высокое вегетативное размножение на участках толстого мохового покрытия. Состояние *Rh. quadrifida* в ЦП3, ЦП4 и ЦП5 нормального типа способное к самподдержанию семенным и вегетативным способом. В ЦП1 и ЦП2 вид поддерживается за счет неэффективного вегетативного размножения, возрастной состав в данных ЦП нарушен. Вид обитает по слабозаросшим участкам, имеет низкую конкурентоспособность, по мере зарастания участков дерновинным и корневищными злаками популяции родиолы выпадают из состава фитоценозов. Вид крайне редкий, интенсивно сокращающий численность и площади популяций, считаем обязательным включение в следующее издание Красной книги Казахстана.

Источник финансирования. Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант № AP09561639), и Программой Развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) (договор № 2021-066s/a)

Литература

- 1 Mattioli L., Titomanlio F., Perfumi M. Effects of a *Rhodiola rosea* L. extract on the acquisition, expression, extinction, and reinstatement of morphine-induced conditioned place preference in mice // *Psychopharmacology*. – 2012. – Vol. 221. – P. 183–193.
- 2 Mattioli L., Funari C., Perfumi M. Effects of *Rhodiola rosea* L. extract on behavioural and physiological alterations induced by chronic mild stress in female rats // *J Psychopharmacol*. – 2009. – Vol. 23. – P. 130-142.
- 3 Tolonen A., Hohtola A., Jalonen J. Comparison of electrospray ionization and atmospheric pressure chemical ionization techniques in the analysis of the main constituents from *Rhodiola rosea* extracts by liquid chromatography/mass spectrometry // *J Mass Spectrom*. – 2003. – Vol. 38. – P. 845-853.
- 4 Leia Y., Nana P., Tsering T., Baia Z., Tiana C., Zhonga Y. Chemical composition of the essential oils of two *Rhodiola* species from Tibet // *Z Naturforsch C J Biosci*. – 2003. – Vol. 58(3-4). – P. 161-164.
- 5 Du M., and Xie J.-M. Studies on the chemical constituents of *Rhodiola crenulata* // *Acta Chim. Sin.* – 1994. – Vol. 52. – P. 927-931.
- 6 Rohloff J. Volatiles from rhizomes of *Rhodiola rosea* L. // *Phytochemistry*. – 2002. – Vol. 59. – P. 655–661.
- 7 Zhumagul M.Zh. GC-MS analysis of the lipophilic compounds of medicinal plant *Rhodiola rosea* L. // *International Journal of Biology and Chemistry*. – 2019. – №1. – P. 103-111.
- 8 Yoshikawa M., Shimada H., Shimoda H., Murakami N., Yamahara J., Matsuda H. Bioactive Constituents of Chinese Natural Medicines. II. *Rhodiola* Radix. (1). Chemical Structures and Antiallergic Activity of Rhodiocyanosides A and B from the Underground Part of *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et Mey. (Crassulaceae) // *Chem Pharm Bull (Tokyo)*. – 1996. – Vol. 44(11). – P. 2086-2091.
- 9 Флора Казахстана. Васильева А.Н. – Алма-ата: Изд. АН КазССР, 1961. – Т. IV. – 547 с.
- 10 Skopińska-Różewska E., Bychawska M.A., Sommer E., Siwicki A.K. The in vivo effect of *Rhodiola quadrifida* extracts on the metabolic activity of blood granulocytes in mice. *Cent. Eur. J. Immunol.* – 2008. – Vol. 33. – P. 179-181.
- 11 Skopińska-Różewska E., Malinowski M., Wasiutyński A., Sommer E., Furmanowa M., Mazurkiewicz M., Siwicki A.K. The influence of *Rhodiola quadrifida* 50% hydro-alcoholic extract and salidroside on tumor-induced angiogenesis in mice // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. – 2008. – Vol. 11 (2). – P. 97-104.
- 12 Skopińska-Różewska E., Wójcik R., Siwicki A.K., Sommer E., Wasiutyński A., Furmanowa M., Malinowski M., Mazurkiewicz M. The effect of *Rhodiola quadrifida* extracts on cellular immunity in mice and rats // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. – 2008. – Vol. 11 (2). – P. 105-111
- 13 Wójcik R., Siwicki A.K., Skopińska-Różewska E., Mścisz A., Mielcarek S., Furmanowa M., Mrozikiewicz P.M. The in vitro influence of *Rhodiola quadrifida* extracts on non-specific cellular immunity in pigs // *Central-European Journal of Immunology*. – 2008. – Vol. 33 (4). – P. 193-196.
- 14 Кубентаев С.А. Этноботанические исследования лекарственных растений Казахского Алтая, используемых в народной медицине // *Традиционная медицина*. Изд-во: ООО "Фастинфосервис". – М., 2016. – С. 53-57.
- 15 Bai Z., Nan P. Zhong Y. Chemical Composition of the Essential Oil of *Rhodiola quadrifida* from Xinjiang, China // *Chemistry of Natural Compounds*. – 2005. – Vol. 41. – P. 418-419.
- 16 Валуйских О.Е., Дубровский Ю.А., Кулюгина Е.Е., Канев В.А. Редкие растения окрестностей г. Хальмерсале (северный урал): эколого-фитоценологическая приуроченность, структура популяций, охрана // *Вестник Томского государственного университета*. Биология. – 2017. – № 40. – С. 66-87.
- 17 Попова О.А., Лесков А.П., Чашина Н.А., Щеглова С.Н., Андриевская Е.А. Редкие виды сосудистых растений национального парка "Чикой" (Забайкальский край) // *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. – 2020. – № 19-1. – С. 162-165.
- 18 Zhao R., Zhang H., An L. Anthropogenic disturbances affect population size and biomass allocation of two alpine species from the headwater area of the urumqi river, China // *Pakistan Journal of Botany*. – 2018. – Т. 50, № 1. – С. 199-209.
- 19 Егорина А.В., Зинченко Ю.К., Зинченко Е.С. Физическая география Восточного Казахстана. – Усть-Каменогорск: Альфа-Пресс, 2003. – 187 с.
- 20 Быков Б.А. Геоботаника. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1957. – 287 с.
- 21 Быков Б.А. Введение в фитоценологию. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1970. – 226 с.
- 22 Работнов Т.А. Определение возрастного состава популяций видов в сообществе // *Полевая геоботаника*. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1964. – С. 132-145.
- 23 Смирнова О.В. Объем счетной единицы при изучении ценопопуляций растений различных биоморф // *Ценопопуляция растений: Основные понятия и структура*. 1976. – С. 72–80.
- 24 Уранов А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // *Бюллетень МОИП. Отделение биологии*. – 1969. – Т. 1, № 1. – С. 141–149.
- 25 Голубев В.Н., Молчанов Е.Ф. Методические указания к популяционно-количественному и эколого-биологическому изучению редких, исчезающих и эндемичных растений Крыма. Ялта: ВАСХНИЛ, Гос. Никит. ботан. сад, 1978. – 41 с.
- 26 Wcsp.science.kew.org.

References

- 1 Bai Z., Nan P. Zhong Y. (2005) Chemical Composition of the Essential Oil of *Rhodiola quadrifida* from Xinjiang, China. *Chemistry of Natural Compounds*. vol. 41, pp. 418-419.
- 2 Bykov B.A. (1957) *Geobotanika*[Geobotany]. Alma-Ata: Publishing house of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, – P. 287.
- 3 Bykov B.A. (1970) *Vvedenie v fitoczenologiyu* [Introduction to phytocenology]. Alma-Ata: Publishing house of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, – P. 226.
- 4 Du M., and Xie J.-M. (1994) Studies on the chemical constituents of *Rhodiola crenulata*. *Acta Chim. Sin.* vol. 52, pp. 927- 931.
- 5 Egorina A.V., Zinchenko Yu.K., Zinchenko E.S. (2003) *Fizicheskaya geografiya Vostochnogo Kazakhstana* [Physical geography of East Kazakhstan]. Ust-Kamenogorsk: Alfa-Pres, – P. 187.
- 6 Flora Kazakhstana (1961) [Flora of Kazakhstan]. Alma-ata: Ed. Academy of Sciences of the Kazakh SSR, t. 4, – P. 547.
- 7 Golubev V.N., Molchanov E.F. (1978) *Metodicheskie ukazaniya k populyacionno-kolichestvennomu i e'kologo-biologicheskomu izucheniyu redkikh, ischezayushhikh i e'ndemichny'kh rastenij Kry'ma* [Methodical instructions for population-quantitative and ecological-biological study of rare, endangered and endemic plants of Crimea], Yalta: VASKHNIL, State, – P. 41.
- 8 Kubentaev S.A. (2016) *E'tnobotanicheskie issledovaniya lekarstvenny'kh rastenij Kazakhstanskogo Altaya, ispol'zuemy'kh v narodnoj mediczine*[Ethnobotanical studies of medicinal plants of the Kazakhstan Altai used in folk medicine]. *Traditional medicine*. pp. 53-57.
- 9 Leia Y., Nana P., Tsering T., Baia Z., Tiana C., Zhonga Y. (2003) Chemical composition of the essential oils of two *Rhodiola* species from Tibet. *Z Naturforsch C J Biosci.* vol. 58(3-4), pp. 161-164.
- 10 Mattioli L., Funari C., Perfumi M. (2009) Effects of *Rhodiola rosea* L. extract on behavioural and physiological alterations induced by chronic mild stress in female rats. *J Psychopharmacol*, vol. 23, pp. 130-142.
- 11 Mattioli L., Titomanlio F., Perfumi M. (2012) Effects of a *Rhodiola rosea* L. extract on the acquisition, expression, extinction, and reinstatement of morphine-induced conditioned place preference in mice. *Psychopharmacology*. vol. 221, pp. 183 – 193.
- 12 Popova O.A., Leskov A.P., Chashchina N.A., Shcheglova S.N., Andrievskaya E.A. (2020) *Redkie vidy' sosudisty'kh rastenij naczional'nogo parka "Chikoj" (Zabajkal'skij kraj)* [Redkie vidy' sosudisty'kh rastenij naczional'nogo parka "Chikoj" (Zabajkal'skij kraj)]. *Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia*, № 19-1., pp. 162-165.
- 13 Rabortnov T.A. (1964) *Opreделение vozrastnogo sostava populyaczij vidov v soobshhestve* [Determination of the age composition of species populations in a community] *Field geobotany*. – M.; L.: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, pp. 132–145.
- 14 Rohloff J. Volatiles from rhizomes of *Rhodiola rosea* L. (2002) *Phytochemistry*. vol.59, pp. 655 – 661.
- 15 Skopińska-Różewska E., Malinowski M., Wasiutyński A., Sommer E., Furmanowa M., Mazurkiewicz M., Siwicki A.K. (2008) The influence of *Rhodiola quadrifida* 50% hydro-alcoholic extract and salidroside on tumor-induced angiogenesis in mice. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. vol. 11 (2), pp. 97-104.
- 16 Skopińska-Różewska E., Wójcik R., Siwicki A.K., Sommer E., Wasiutyński A., Furmanowa M., Malinowski M., Mazurkiewicz M. (2008) The effect of *Rhodiola quadrifida* extracts on cellular immunity in mice and rats. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. vol. 11 (2), pp. 105-111.
- 17 Skopińska-Różewska E., Bychawska M.A., Sommer E., Siwicki A.K. (2008) The in vivo effect of *Rhodiola quadrifida* extracts on the metabolic activity of blood granulocytes in mice. *Cent. Eur. J. Immunol.* vol. 33, pp. 179-181.
- 18 Smirnova O.V.(1976) *Ob'em schetnoj edinicy' pri izuchenii czenopopulyaczij rastenij razlichny'kh biomorf* [The volume of the counting unit in the study of plant cenopopulations various biomorphs] *Plant cenopopulation: Basic concepts and structure*, pp. 72–80.
- 19 Tolonen A., Hohtola A., Jalonen J. (2003) Comparison of electrospray ionization and atmospheric pressure chemical ionization techniques in the analysis of the main constituents from *Rhodiola rosea* extracts by liquid chromatography/mass spectrometry. *J Mass Spectrom.* vol. 38, pp. 845-853.
- 20 Uranov A.A.(1969) *Zhiznennoe sostoyanie vida v rastitel'nom soobshhestve* [The vital state of the species in the plant community] *Bulletin MOIP. Department of Biology*, vol.1, pp. 141–149.
- 21 Valuiskikh O.E., Dubrovsky Yu.A., Kulyugina E.E., Kanev V.A. (2017) *Redkie rasteniya okrestnostej g. Khal'mersale (severnij ural): e'kologo-fitoczenoticheskaya priurochennost', struktura populyaczij, okhrana* [Rare plants in the vicinity of Halmersale (northern Urals): ecological and phytocenotic confinement, population structure, protection] *Bulletin of Tomsk State University. Biology*. vol. 40, pp. 66-87.
- 22 Wcsp. science.keew.org.
- 23 Wójcik R., Siwicki A.K., Skopińska-Różewska E., Mścisz A., Mielcarek S., Furmanowa M., Mrozikiewicz P.M. (2008) The in vitro influence of *Rhodiola quadrifida* extracts on non-specific cellular immunity in pigs. *Central-European Journal of Immunology*. vol. 33 (4), pp. 193-196.
- 24 Yoshikawa M., Shimada H., Shimoda H., Murakami N., Yamahara J., Matsuda H. (1996) *Bioactive Constituents of Chinese Natural Medicines. II. Rhodiolae Radix*. (1). Chemical Structures and Antiallergic Activity of Rhodiocyanosides A and B from the Underground Part of *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et Mey. (Crassulaceae). *Chem Pharm Bull (Tokyo)*. vol. 44(11), pp. 2086- 2091.
- 25 Zhao R., Zhang H., An L. (2018) Anthropogenic disturbances affect population size and biomass allocation of two alpine species from the headwater area of the urumqi river, China. *Pakistan Journal of Botany*. T. 50, № 1. pp. 199-209.
- 26 Zhumagul M.Zh.(2019) *GC-MS analysis of the lipophilic compounds of medicinal plant Rhodila rosea L.* *International Journal of Biology and Chemistry*, vol.1, pp. 103-111.