

**RHODIOLA ROSEA L. В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ:
СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ ПОПУЛЯЦІЙ, ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ
ЗМІН І ЗДАТНІСТЬ ДО ВІДНОВЛЕННЯ**

Р. Дмитрах

*Інститут екології Карпат НАН України
вул. Козельницька, 4, Львів 76026, Україна
e-mail: rostdmytrakh@gmail.com*

Установлено, що рідкісний аркто-альпійський вид *Rhodiola rosea* L. в сучасних умовах високогір'я є вразливим компонентом флори Українських Карпат. Унаслідок впливу чинників зовнішнього середовища відбуваються зміни важливих складових популяцій виду, які забезпечують здатність до відновлення й виживання. Відтак, сфера досліджень охоплює вивчення сучасного стану популяцій *R. rosea* та змін базових параметрів структурної організації, що визначають перспективи їхнього розвитку й адаптації. Вихідними ознаками діагностики стану популяцій є аналіз багаторічних даних щодо чисельності особин, їхньої репродуктивної здатності й характеру прояву динамічних тенденцій у змінених умовах середовища. Зважаючи на еколого-біологічні особливості виду, зокрема, на тяжіння до вологих оселищ із пониженою температурою, важливо дослідити реакцію популяцій на зміну кліматичних умов. На основі тривалих досліджень виявлено, що популяції виду вразливі до стресових ситуацій, а це супроводжується значними порушеннями в їхній структурній організації та, зокрема, у змінах демографічних, статево-просторових і репродуктивних показників. Кліматичні зміни, які проявляються у підвищенні температури повітря, мають безпосередній вплив на популяції виду та їхню здатність до відновлення. Важливе значення для оцінки стану популяцій виду й індикації умов середовища має дослідження генеративних особин і особливостей їхнього функціонування упродовж різних сезонів вегетації. Установлено, що основними ознаками зниження стійкості й деградації популяцій є зменшення чисельності генеративних особин, порушення співвідношення між особинами різної статі, послаблення функцій репродуктивного розвитку, фрагментація та просторова дезінтеграція з невисокою активністю поновлення. Відтак, популяції *R. rosea* чутливо реагують на зміни, що засвідчує невідповідність сучасних кліматичних умов екологічним потребам виду. Водночас негативні тенденції підсилюються механічним руйнуванням природних оселищ популяцій, що значно уповільнює процеси їхньої регенерації. На основі дослідження комплексу демографічних і статево-репродуктивних показників отримано загальну характеристику мінливості індивідуальних базових ознак популяцій виду та їхньої залежності від впливу чинників зовнішнього середовища. Отримані результати є важливими у вирішенні питань, пов'язаних зі збереженням популяцій аркто-альпійських видів, з оцінкою їхнього розвитку й поведінки у сучасних умовах високогір'я.

Ключові слова: кліматичні зміни, демографічні й репродуктивні показники, динамічні тенденції, здатність до відновлення, *Rhodiola rosea* L.

На сучасному етапі досліджень у рослинному покриві високогір'я українських Карпат унаслідок впливу кліматичних чинників відбуваються характерні зміни у структурній і просторовій організації популяцій багатьох рідкісних і ендемічних видів рослин. Проблема збереження їхньої біотичної різноманітності насамперед стосується показників

популяційної організації й аналізу низки диференціальних індивідуальних та інтегральних параметрів [14, 21]. Такі дослідження особливо актуальні в гірських екосистемах, оскільки дають змогу виявити різні можливості популяцій видів до відновлення й виживання [10, 33, 40, 42, 44, 45]. Особливе значення серед гірських видів рослин має вивчення стану популяцій аркто-альпійських видів, до яких належить *R. rosea*. Специфіка розвитку *R. rosea* визначається насамперед її еколого-біологічними особливостями й неоднозначною реакцією на зміни чинників зовнішнього середовища. Попередні дослідження встановили, що найвиразніше кліматичні зміни впливають на вузькоспеціалізовані види, які приурочені до привершинних ділянок високогір'я і є вразливими до потепління [5, 16, 23]. Вплив природно-кліматичних чинників на зміни в популяціях виду підсилюються механічним руйнуванням природних оселищ і відчуженням біомаси особин як лікарської сировини [11, 18, 22]. У минулому *R. rosea* була достатньо поширеним видом у високогірних ценозах Українських Карпат і займала значні площі [2, 31, 32, 47]. На сучасному етапі досліджень популяції виду представлені лише невеликими ізольованими фрагментами з локально розміщеними особинами.

Здатність популяцій до відновлення й функціонування у змінених умовах середовища залежить від їхньої структурної організації [9, 13, 30]. Відтак, реакція популяцій на зміни умов визначається як параметрами зовнішніх чинників, так і внутрішніми поведінковими [29, 37, 38, 46]. Зважаючи на те, що *R. rosea* є дводомним видом, стабільність і динамічна рівновага популяцій залежить від репродуктивної здатності особин і, зокрема, генеративної. Втрата регулярності генеративного поновлення, частка якого є особливо визначальною у змінених умовах середовища, впливає на функціональні особливості популяцій і їхню здатність до відновлення та виживання [7, 14, 21]. Відтак, наявність генеративних особин у популяціях виду є важливою умовою продовження його існування та заселення ним нових територій.

Для індикації стану популяцій необхідно проаналізувати низку диференціальних та інтегральних параметрів, які демонструють різну реакцію на зміну умов середовища. Вивчення цих процесів у динаміці суттєво доповнює уявлення про репродуктивний потенціал популяцій виду та перспективи їхнього існування [3, 13, 34]. Отже, важливим є отримання даних щодо стану популяцій *R. rosea* та їхньої здатності до відновлення за умов трансформації природних оселищ і загроз існуванню у змінених умовах високогір'я.

Матеріали та методи

Rhodiola rosea L. – рідкісний аркто-альпійський вид, релікт льодовикового періоду, занесений до Червоної книги України [25]. За категорією рідкості є вразливим і загрозеним таксоном, що підлягає індивідуальній охороні [20, 24, 25, 27]. В Українських Карпатах трапляється в ізольованих і локальних оселищах альпійського та субальпійського поясів високогір'я (1550–2030 м н. р. м.). Характерною особливістю популяцій *R. rosea* є входження до складу угруповань різнотравних відкритих скельних комплексів на вершинах гір і крутих кам'яних схилах різної експозиції [19, 26]. Зважаючи на специфіку еколого-біологічних особливостей *R. rosea*, характерною ознакою існування виду є вологі та прохолодні оселища з пониженою температурою, а відтак, вид є холодовитривалим і вузькоспеціалізованим. Трапляється в асоціаціях: *Luzuletum alpino-pilosae* союзу *Festucion pictae*, *Polytricho-Poetum deglii* союзу *Salicion herbaceae*, *Rumici scutati-Rhodiuletum rosea* союзу *Paparero-Thymion pulcherrimi*, які належать до класу *Thlaspietea rotundifolii*. Є компонентом у складі таких видів як *Aster alpinus* L., *Anemona narcissiflora* L., *Alchemilla flabellata* Bus., *Anthoxantum alpinum* A. et D. Löve, *Campanula alpina* Jacq., *C. carpatica* Jacq.,

C. polymorpha Witas., *Cardus kernerii* Simonk., *Carex sempervirens* Vill., *Cerastium lanatum* Lam., *Festuca picta* Kit., *F. supina* Schur, *F. carpatica* F. Dietr., *F. versicolor* Tausch, *Gentiana laciniata* Kit. et Kanitz., *Pulsatilla alba* Reichenb., *Primula elatior* subsp. *poloninensis* (Domin) An. Fed., *Sedum carpaticum* G. Reuss, *Saxifraga paniculata* Mitt., *Rumex carpaticus* Zapał., *Valeriana tripteris* L. та ін. Основні локалітети виду в Українських Карпатах наявні у високогір'ї Чорногірського і Свидовецького масивів. Найбільші локалітети зосереджені на Свидовці (г. Близниця, г. Драгобрат, г. Герешаска та ін.). У Чорногорі представлений окремими локалітетами, які тяжіють до привершинних ділянок гір Говерли, Данцера, Туркула, Шпиць, Бребенескула та ін.

Щоби встановити зміни в популяційній організації *R. rosea* та їхню здатність до відновлення, використано загальноприйняті стаціонарні й маршрутні польові методи досліджень [4, 12]. Динамічні процеси в популяціях і вплив умов середовища на їхню здатність до відновлення й адаптацію проведено на основі аналізу змін індивідуальних і популяційних показників [1, 6]. З цією метою застосовано довготривалі багаторічні спостереження, що передбачає облік основних параметрів і ознак поведінки популяцій на постійних дослідних ділянках [15, 39]. Вихідними ознаками стану популяції виду є аналіз їхніх демографічних і репродуктивних показників та характеру прояву динамічних тенденцій у змінених умовах середовища. Важливе значення для оцінки стану популяцій та індикації умов середовища мають показники їхньої генеративної здатності [7, 8, 28, 41], оскільки популяції *R. rosea* представлені особинами чоловічої та жіночої статі (рис. 1). Відтак, властива їм статева диференціація є особливою формою існування, що має важливе значення в забезпеченні генетичної гетерогенності та їхньої здатності до відновлення в сучасних умовах навколишнього середовища.



1

2

Рис. 1. *Rhodiola rosea* L.: 1 – особини чоловічої статі; 2 – особини жіночої статі

Кліматичні зміни дедалі істотніше впливають на популяції високогірних аркто-альпійських видів рослин. Темпи змін клімату випереджають можливості адаптації видів до нових умов [44]. Проведені дослідження впливу кліматичних змін, зокрема, потепління, дають змогу простежити за відхиленнями показників популяцій виду в часовому вимірі й порівняти їх із різними періодами вегетаційних сезонів. З цією метою використано дані сніголавинної метеостанції “Пожижевська” Івано-Франківського центру з гідрометеорології Державної служби з надзвичайних ситуацій у Чорногірському масиві Українських Карпат і

проаналізовано багаторічні метеодані за вегетаційні періоди 1981–2021 рр. Тенденції змін кількісних і біометричних показників у популяціях виду проаналізовано за допомогою методів статистичної оцінки [17] та програмного забезпечення Microsoft Excel. На рис. 3 і 4 інтервал похибок середніх значень показників у популяціях відповідає 90 % достовірності.

Відтак, мета досліджень – встановити зміни у структурній організації популяцій *R. rosea* та загрозу їхньому існуванню внаслідок впливу чинників, які зумовлюють зміни базових параметрів популяцій. Застосування комплексних популяційних досліджень з використанням еколого-демографічних і репродуктивних підходів дає можливість отримати низку інтегральних показників і провести оцінку сучасного стану популяцій *R. rosea* та їхньої здатності до відновлення й виживання за змінених умов середовища існування.

Результати і їхнє обговорення

Багаторічні дослідження, проведені в популяціях *R. rosea* упродовж різних вегетаційних сезонів, показали, що вплив кліматичних чинників зумовлює їхню різну поведінку та здатність до відновлення. Популяції *R. rosea* починають вегетацію ще під покривом снігу, а відтак, тяжіють до перезволожених і прохолодних ділянок після танення сніжників. Тому основними екологічними чинниками, які визначають життєвий ритм виду, є температура й вологість їхніх оселищ. Установлено, що важливими показниками змін у репродуктивній здатності й популяційній організації виду є кількісні та біометричні параметри, які характеризують поведінку і адаптацію до наявних умов. На основі цієї залежності виявлено основні розбіжності в чисельності особин популяцій і в їхній здатності до відновлення упродовж різних періодів вегетації.

Дослідження, які проведені на гірських схилах різної експозиції з різною тривалістю залягання снігового покриву, показали різну залежність розвитку особин від еколого-ценотичних умов. Так, у наскельних угрупованнях північних експозицій із тривалим заляганням снігу на схилах гір Чорногірського масиву (г. Брескул – 1870–1900 м н. р. м., г. Ребра – 1850 м н. р. м., г. Шпиці – 1600 м н. р. м.) чисельність особин становила 4,3 особин/м², а на схилах південних експозицій без тривалого залягання снігу внаслідок швидкого танення снігу (г. Брескул – 1890–1900 м н. р. м., г. Говерла – 1700–1800 м н. р. м., г. П'єтрос – 1700 м н. р. м.) – 2,5 особин/м². Подібною є ситуація в популяціях, які приурочені до улоговин кам'яних осипищ із нетривалим заляганням снігу та браком вологи влітку внаслідок пересихання гірських джерел і потоків. Відтак, розвиток популяцій *R. rosea* є залежним від впливу гідротермічного режиму та змін еколого-ценотичної ситуації в їхніх оселищах.

Аналіз метеоданих показав, що в річних циклах вегетаційного розвитку рослин значно зросла тенденція до підвищення температурних показників повітря, зокрема, середньомісячних і максимальних влітку (рис. 2). Середньомісячна температура повітря за вегетаційні періоди (травень–вересень) у 2010–2021 рр. становила 11,5 °С проти 10,7 °С у 2000–2009 рр. і 9,6 °С у 1981–1999 рр. Істотних змін зазнали середньомісячні максимальні показники температури повітря та максимальні показники липня у 2012–2021 рр. порівняно зі значно нижчими показниками за попередні вегетаційні періоди. Відтак, аналіз метеоданих вказує на виразну тенденцію у високогір'ї до потепління.

Аномально теплі й посушливі вегетаційні періоди, збільшення суми активних температур, малосніжні зими, зменшення кількості атмосферних опадів і брак вологи, зниження рівня ґрунтових вод та інші чинники, безумовно, мають вплив на репродуктивну здатність популяцій *R. rosea* та провокують негативні зміни в їхньому розвитку. Проведені

дослідження показали, що базовими параметрами, які визначають демографічні й репродуктивні особливості популяцій виду впродовж різних сезонів вегетації, є кількісні й біометричні показники. Застосування тривалих багаторічних досліджень дало змогу виявити характерні зміни в чисельності особин і їхню реакцію на зміни умов. Отримані дані показали різні тенденції в чисельності особин і їхніх генеративних структур (рис. 3).

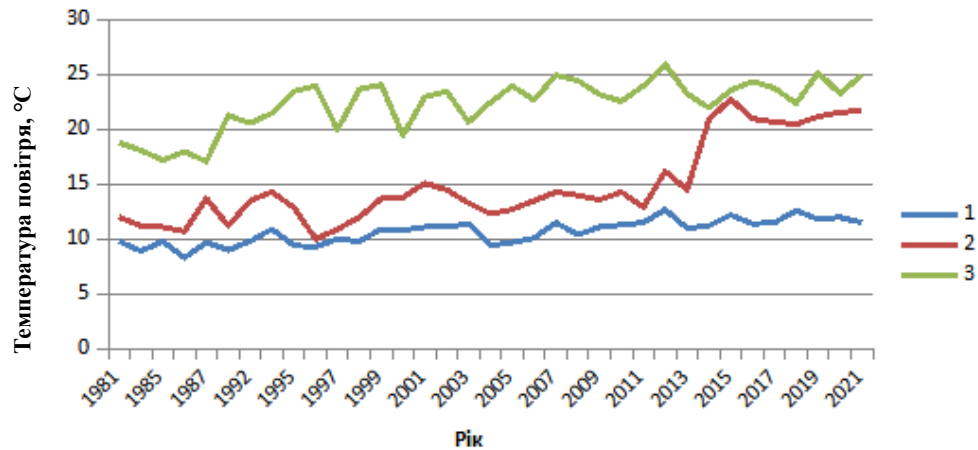


Рис. 2. Температурні показники за вегетаційні періоди (травень–вересень) у 1981–2021 рр.: 1 – середньомісячна температура повітря, °C; 2 – середньомісячна максимальна температура повітря, °C; 3 – максимальна температура липня, °C

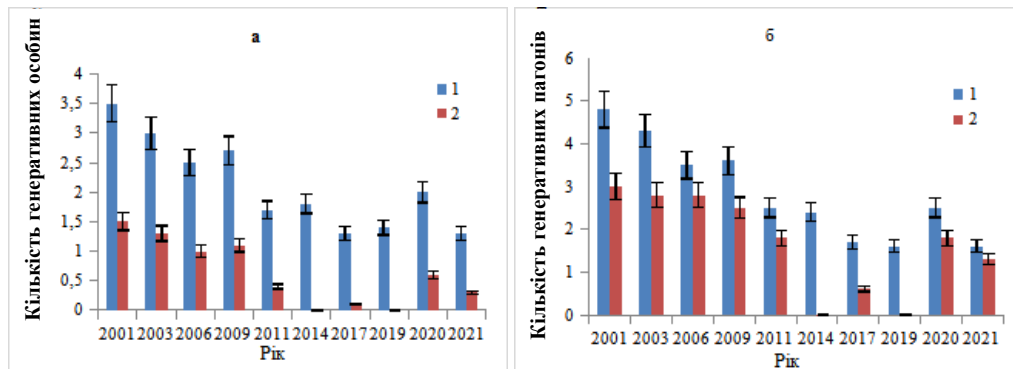


Рис. 3. Зміна кількісних параметрів у популяціях *Rhodiola rosea* L.: 1 – особи чоловічої статі; 2 – особи жіночої статі; а – кількість генеративних особин, м²; б – кількість генеративних пагонів на особині. Інтервал похибок середніх значень параметрів відповідає 90 % достовірності

Найістотніші зміни відбулися в останній період 2011–2021 рр. У популяціях виду впродовж цих років спостерігається значне зменшення кількості генеративних особин як чоловічої, так і жіночої статей. Порівняно з попереднім періодом досліджень (2001–2011 рр.) кількість генеративних особин чоловічої статі зменшилася від 2,9 до 1,6, а особин жіночої статі – від 1,2 до 0,2. Водночас змінилися показники кількості генеративних пагонів на особинах, чисельність яких зменшилась від 4,1 до 2,1 у особин чоловічої статі й від 2,8

до 0,9 у особин жіночої статі. Активність розвитку особин у популяціях *R. rosea* перебуває в прямій залежності від впливу гідрологічних і температурних умов різних періодів сезонної вегетації. Однак загальною тенденцією в динаміці сезонного розвитку популяцій *R. rosea* на сучасному етапі досліджень є значне зменшення чисельності генеративних особин і, зокрема, особин жіночої статі, що кардинально змінює їхню статеву структуру та знижує рівень насінневого поновлення. Виявлені відмінності в кількісному співвідношенні між особинами чоловічої та жіночої статей демонструють їхню реакцію на зміну температурних умов і еколого-ценотичну ситуацію в різні сезони вегетації. Здатність до генеративного розмноження в популяціях виду є визначальною у змінених умовах, оскільки впливає на особливості їхнього функціонування та здатність до відновлення. Негативні тенденції в динаміці популяцій, які зумовлені потеплінням і, як наслідок, зміною еколого-ценотичних умов, показали, що подальше тривале регресування веде до розпаду на окремі локуси та зменшення зайнятих ними площ. Унаслідок порушення структурної цілісності популяцій збільшується кількість подрібнених ізольованих фрагментів, що значно знижує їхню життєвість і здатність до розмноження.

Суттєвою перешкодою в репродуктивному розвитку популяцій *R. rosea* як геліофітного виду є сукцесійно-демутаційні процеси, що зумовлюють ущільнення рослинного покриву та зниження інсоляції в їхніх оселищах унаслідок проникнення чагарників і чагарників із нижніх гіпсометричних рівнів високогір'я (*Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Rhododendron kotschy* Simonk, *Alnus viridis* (Chaix) Opiz, *Pinus mugo* Turra, *Salix silesiaca* Willd., *Juniperus sibirica* Bungs.), а також молодого підросту *Picea abies* (L.) Karst. За таких умов основною причиною послаблення розвитку особин є погіршення умов існування внаслідок негативного впливу заростання та зміни еколого-ценотичних умов у їхніх оселищах.

Іншим важливим показником у сезонному розвитку популяцій є біометричні параметри особин, які впливають на їхній репродуктивний потенціал. Виявлено, що потенціал розвитку популяцій визначається станом особин різної статі, який досягається за рахунок акумуляції в них внутрішніх ресурсів. Залежність впливу на продукцію біомаси особин різної статі підтверджують й інші дослідники [35]. Мінливість морфологічних ознак є характерним показником популяцій виду у змінених умовах [36, 43]. При зменшенні біометричних параметрів (розміру й маси) в особин формується менше генеративних пагонів, а відтак, і плодів. За несприятливих умов сповільнюються процеси репродуктивної здатності особин і знижується потужність розвитку кореневища. Зокрема, це стосується річних приростів на кореневищах, його товщини й активації бруньок відновлення, за рахунок яких підтримується репродуктивний потенціал і здатність до відновлення нових структур (рис. 4). Незважаючи на те, що особини жіночої статі вирізняються більшою масою кореневища (10,2 г), ніж особини чоловічої статі (7,8 г), їхні річні прирости є трохи меншими. Приріст кореневища у особин жіночої статі в середньому становить 0,65 см, а у особин чоловічої статі – 0,75 см. *R. rosea* є гемікриптофітом, оскільки бруньки відновлення містяться на рівні поверхні ґрунту. Відтак, підсихання субстрату, зникнення мохового шару, в якому зазвичай розміщена верхівкова частина кореневища, призводить до втрати щорічних молодих бруньок поновлення, що значно знижує життєвий потенціал особин. Водночас життєва форма особин змінюється на низькорослу з малопотужними вегетативними й генеративними пагонами, а також із незначними річними приростами й товщиною кореневища. Властива для популяцій виду партикуляція особин, що проявляється в розростанні й відособленні молодих особин від материнських, є лише частковою та не забезпечує значного завоювання навколишнього простору.

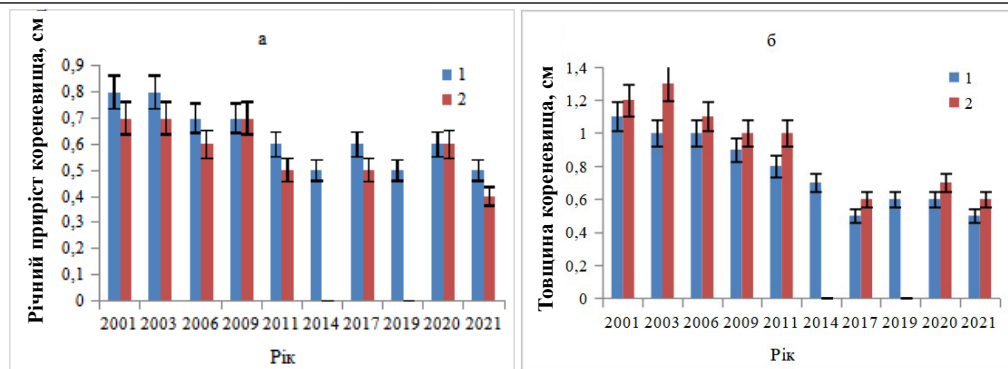


Рис. 4. Зміна біометричних параметрів у популяціях *Rhodiola rosea* L.: 1 – особи чоловічої статі; 2 – особи жіночої статі; а – річний приріст кореневища, см; б – товщина кореневища, см. Інтервал похибок середніх значень параметрів відповідає 90 % достовірності

Відтак, негативними ознаками за таких умов, які впливають на репродуктивну здатність популяцій, є незначна активність і послаблення процесів поновлення особин, зменшення маси кореневища та зниження функцій його розвитку. Внаслідок змін у репродуктивній організації популяцій виду можна прогнозувати зміни таких властивостей як темпи розмноження особин, тривалість генерації та здатність до поновлення нових структур. Загроза порушення структурної цілісності популяцій *R. rosea* підсилюється також інтенсивністю антропогенного впливу, зокрема, руйнуванням природних оселищ з метою видалення кореневищ. До основних ознак деградації популяцій необхідно залучити зменшення загальної чисельності особин, агрегованості їхнього просторового розподілу та сповільнення процесів регенераційної здатності у разі пошкодження їх та елімінації. Установлено, що популяції виду є вразливими до механічних пошкоджень, оскільки на відновлення втрачених структур необхідним є тривалий період. Найбільших втрат зазнають особи жіночої статі, чисельність яких у таких випадках сягає крайніх нижніх меж (7–10 %), що суттєво знижує рівень насінневого поновлення в популяціях. У разі пошкодження й елімінації кореневищ відбувається надмірна стимуляція підземних бруньок поновлення, які перебувають у стані спокою, що значно вичерпує енергетичні ресурси особин. Назагал, важливо враховувати такі репродуктивні особливості виду як сповільнений розвиток і тривалий процес регенерації особин, неусталену динаміку в чисельності особин й зміщенні статевих співвідношень та послаблення функцій їхнього відновлення. Негативні зміни, які спостерігаються в репродуктивній здатності *R. rosea*, належать до основних наслідків деградації й, відповідно, є потенційною загрозою втрати структурної цілісності популяцій.

Таким чином, на підставі проведених досліджень встановлено, що основні зміни в популяціях *R. rosea* зумовлені впливом кліматичних чинників, які визначають їхню здатність до відновлення й виживання. Популяції вразливі до стресових ситуацій, що супроводжується значними змінами в їхній структурній організації та, зокрема, в демографічних, статево-просторових і репродуктивних показниках. Ознаками деградації популяцій є зменшення чисельності особин, послаблення функцій репродуктивного розвитку та втрата їхніх територіальних позицій. Відтак, популяції негативно реагують на кліматичні зміни, зокрема, потепління, що засвідчує невідповідність сучасних кліматичних умов екологічним потребам виду. Екологічна спеціалізована структура популяцій *R. rosea* в разі несприятливих умов існування зазнає суттєвих змін, що призводить до зниження

їхньої стійкості та здатності до відновлення. Отримані показники змін базових параметрів популяцій і їхні динамічні тенденції засвідчують, що багаторічний прес підвищення температури має негативний вплив на їхній розвиток. Негативні тенденції в популяціях підсилюються також антропогенним впливом, зокрема, механічним руйнуванням оселищ і видаленням кореневищ, що значно уповільнює процеси регенерації особин. Відповідно, проблема збереження популяцій *R. rosea* має насамперед стосуватись як демографічних показників, так і показників функціональної активності репродуктивної сфери у відповідь на дію чинників зовнішнього середовища. Будь-які порушення структурної цілісності популяцій виду є загрозою деградації та втрати їхніх природних локалітетів. Назагал, під час досліджень природного стану популяцій виду важливо враховувати еколого-біологічні особливості виду та характер мінливості індивідуальних базових ознак структурної організації популяцій. Отримані результати є важливими у вирішенні проблем, пов'язаних з оцінкою змін у розвитку популяцій аркто-альпійських видів рослин і з прогнозом їхньої поведінки в екологічно змінених умовах високогір'я.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Бигон Н. М., Харпер Дж., Траунсенд К.* Экология. Особи, популяции, сообщества. М.: Мир, 1989. Т. 1. 477 с.
2. *Брадіс С. М., Зап'ятова О. О.* Високогірна рослинність // Рослинність Закарпатської області УРСР. К.: Вид-во АН УРСР, 1954. С. 137–210.
3. Внутрішньопопуляційна різноманітність рідкісних, ендемічних і реліктових видів рослин Українських Карпат / Й. В. Царик, Г. Г. Жилияєв, В. Г. Кияк та ін.; ред. М. Голубець, К. Малиновський. Львів: Поллі, 2004. 198 с.
4. *Грейг-Смит П.* Количественная экология растений. М.: Мир, 1967. 359 с.
5. *Дідух Я. П.* Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії // Вісн. НАН України. 2009. Вип. 2. С. 34–44.
6. Динамика ценопопуляцій трав'янистих растений: сб. науч. тр. / К. А. Малиновский (отв. ред.) и др. К.: Наук. думка, 1987. 128 с.
7. *Дмитрах Р. І.* Генеративне розмноження високогірних видів рослин та особливості насінневого поновлення їх популяцій в Українських Карпатах // Наук. вісн. НЛТУ України. Львів, 2010. Вип. 20. № 9. С. 45–51.
8. *Дмитрах Р. І.* Завдання і методи досліджень статевої диференціації популяцій трав'яних видів рослин // Наук. щорічн. зб. Ін-ту екології Карпат НАН України. Наукові основи збереження біотичної різноманітності. Львів. 2013. Вип. 4 (11). № 1. С. 21–28.
9. *Дмитрах Р. І.* Внутрішньопопуляційна організація та перспективи збереження популяцій різностатевих видів рослин в Українських Карпатах // Біол. студії. 2013. Вип. 7. № 3. С. 21–28.
10. *Дмитрах Р. І.* Вплив кліматичних змін на популяції видів трав'яних рослин в сучасних умовах високогір'я Українських Карпат // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2019. Вип. 81. С. 47–52.
11. Збереження біотичного різноманіття у високогір'ї Українських Карпат: наук. рекомендації / Й. Царик, Г. Жилияєв, В. Кияк та ін.; ред. Й. Царик. Львів: Меркатор, 2009. 52 с.
12. *Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А.* Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Университетская книга, 2013. 49 с.

13. Зміни структури популяцій рідкісних видів високогір'я Українських Карпат і проблеми їх збереження / В. Кияк, Ю. Кобів, Г. Жилиєв та ін.; ред. В. Кияк. Львів: Вид-во ННВК "АТБ", 2018. 280 с.
14. Життєздатність популяцій рослин високогір'я українських Карпат / Й. Царик, Г. Жилиєв, В. Кияк та ін.; ред. Й. Царик. Львів: Меркатор, 2009. 172 с.
15. Клейн Р. М., Клейн Д. Г. Методы исследований растений. М.: Колос, 1974. С. 190–192.
16. Кобів Ю. Й. Глобальні кліматичні зміни як загроза видовій біорізноманітності високогір'я Українських Карпат // Укр. ботан. журнал. 2009. Т. 60. № 4. С. 451–465.
17. Лакін Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 325 с.
18. Ловеліус О. Л., Стойко С. М. *Rhodiola rosea* L. в Українських Карпатах // Укр. ботан. журнал. 1990. Т. 47. № 1. С. 90–93.
19. Малиновський К. А. Рослинність високогір'я Українських Карпат. К.: Наук. думка, 1980. 279 с.
20. Малиновський К., Царик Й., Кияк В., Нестерук Ю. Рідкісні, ендемічні, реліктові та погранично-ареальні види рослин Українських Карпат. Львів: Ліга-Прес, 2002. 76 с.
21. Механізми самовідновлення популяцій / В. М. Білонога, Л. В. Гинда, І. М. Данилик, Р. І. Дмитрах та ін.; ред. Й. В. Царик. Львів: СПОЛОМ, 2014. 216 с.
22. Романюк В. В. *Rhodiola rosea* L. в Українських Карпатах (еколого-ценотичні особливості, охорона та раціональне використання): автореф. дис. ... канд. біол. наук. К.: Нац. ботан. сад ім. М. М. Гришка НАН України, 2002. 19 с.
23. Стойко С. М. Вплив глобальних змін клімату на динамічні тенденції вегетаційних ступенів Українських Карпат // Укр. ботан. журнал. 2012. Т. 69 (1). С. 3–16.
24. Тасенкевич Л. О. Рідкісні й зникаючі види рослин, що підлягають індивідуальній охороні // Природа Карпатського національного парку. К.: Наук. думка, 1993. С. 57–62.
25. Червона книга України. Рослинний світ / ред. Я. Дідух. К.: Глобалконсалтинг, 2009. С. 145.
26. Чолик В. І. Високогірна флора Українських Карпат. К.: Наук. думка, 1976. 270 с.
27. Чолик В. І. Растения // Редкие растения и животные Украины: справочник. К.: Наук. думка, 1988. С. 19–114.
28. Царик Й., Кияк В., Дмитрах Р., Білонога В. Генеративне розмноження популяцій рослин високогір'я Карпат як ознака їх життєздатності // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2004. Вип. 36. С. 50–56.
29. Baeten L., De Frenne P., Verheyen K. et al. Forest herbs in the face of global change: a single-species-threats approach for *Anemone nemorosa* // Plant Ecol. Evol. 2010. Vol. 143. N 1. P. 19–30.
30. Böhm C., Derchotold S., Keim D. Searching in high-dimensional spaces: index structures for improving the performance of multimedia databases // ACM Computing Surveys. 2001. Vol. 33. N 3. P. 322–373.
31. Deyl M. Locality zajímavějších roslin na Podkarpatské Rusi // Věda přírodní. 1935. Vol. 16. S. 165.
32. Domin K. Vrcholová Květena Velke Bliznice ve Svidovci // Věda přírodní. 1930. Vol. 11. S. 180–190.
33. Choler P. Winter soil temperature dependence of alpine plant distribution: Implication for anticipating vegetation changes under a warming climate. In Anthelme F., Laverge S. (red.). Perspectives in Plant Evolution and Systematics. 2018. Vol. 30. P. 6–15.
34. Freckleton R., Watkinson A. Large-scale spatial dynamics of plants: metapopulation regional ensembles and patchy populations // Journ. of Ecology. 2002. Vol. 90. P. 419–434.

35. Galambosi B., Galambosi Zs., Uusitalo M., Heinonen A. Effects of plant sex on the biomass production and secondary metabolines in roseroot (*Rhodiola rosea* L.) from the aspect of cultivation // *Journal of Medicinal and Spice Plants*. 2009. Vol. 4 (3). P. 114–121.
36. Gyorgy L., Ladnyi M., Redryc A. Genetic survey of *Rhodiola rosea* L. populations from the Swiss Alps based on SSR markers. *Biochemical, Systematics and Ecology*. 2014. Vol. 54. P. 137–143.
37. Grabherr G., Gottfried M., Pauli H. Climate effects on mountain plants // *Nature*. 1994. Vol. 369. P. 443–448.
38. Grime J. P. *Plant strategies and vegetation processes*. N.Y., 1979. 222 p.
39. Harper J. L. *Population biology of plants*. L.; N. Y.: Acad. Press, 1977. 892 p.
40. Körner C. *Alpine plant life: functional ecology of high mountain ecosystems*. 2nd ed. Berlin, Heidelberg, 2003. 344 p.
41. Кyyak V., Bilonoga, V., Dmytrakh R. et al. Trends in plant population pattern changes under natural and man-induced ecosystem transformations of the high-mountain zone in the Ukrainian Carpathians // *Studia Biologica*. 2015. Vol. 9. N 2. P. 169–180.
42. Кyyak V., Kobiv Y., Zhilyaev G. et al. Changes in population structure of rare species in the high-mountain zone in the Ukrainian Carpathians and problems of their conservations // *Acta Biologica Universitatis Daugavpilisensis*. 2019. Vol. 19 (1). P. 77–85.
43. Ohba H. *Rhodiola*. Illustrated handbook of succulent plants: Crassulaceae. Berlin, Heidelberg; New York: Springer, 2005. P. 210–227.
44. Pauli H., Gottfried M., Reiter K. et al. Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) in the Gloria master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology*. 2007. Vol. 13 (1). P. 147–156.
45. Ramming A., Jonas T., Zimmermann N. E., Rixen C. Changes in alpine plant growth under future climate condition. *Biogeosc. Discussions*. 2009. Vol. 6. P. 817–847.
46. Walther G.-R., Beibner S., Burga C. F. Trends in the upward shift of alpine plants // *Journal of Vegetation Sciences*. 2005. Vol. 16 (5). P. 541–548.
47. Zapalowicz H. *Roślinna szata gór Pokucko-Marmaroskich* // *Sprawozd. Kom. Fizjogr.* – Kraków, 1889. T. 24. 390 s.

Стаття надійшла до редакції 23.09.22

доопрацьована 05.12.22

прийнята до друку 16.01.23

***RHODIOLA ROSEA* L. IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS:
STRUCTURAL ORGANIZATION OF POPULATIONS, MAIN TRENDS
OF CHANGES AND ABILITY TO RECOVER**

R. Dmytrakh

*Institute of Ecology of the Carpathians, NAS of Ukraine
4, Kozelnytska St., Lviv 79026, Ukraine
e-mail: rostdmytrakh@gmail.com*

It has been established that the rare arctic-alpine species *Rhodiola rosea* L. constitutes a vulnerable component of the flora of the Ukrainian Carpathians in modern conditions of the high-mountain areas. Under the influence of climate factors changes are taking place in important components of the species populations to ensure its ability to recover and survive. Hence, the field of research covers the study of the modern state of populations *Rhodiola rosea* and changes in the basic parameters of structure organization, which determine the prospects for their development and adaptation. Input characteristics of the population status diagnostics is analysis of perennial data on the number of species individuals, reproductive ability and the nature of manifestation of dynamics trends due to the influence of environmental factors. Taking into account the ecological and biological features of the species and, in particular, the attraction to wet and cool habitats with low temperatures, the ambiguous response of populations to changes in climatic conditions is followed. It was found that populations of the species are sensitive to stress situations which lead to considerable violations in the structural organization and, in particular, in changes in demographic, sexual, spatial and reproductive indicators. Of importance for assessing the status of the species populations and for indicating the environmental conditions must be availability of generative individuals and their functional relations with the environment. Population degrading is manifested through reduced number of individuals, disruption of the correlation between different-sex, weakening of reproductive development functions, fragmentation and spatial disintegration of individuals with low renewal activity. Hence, *Rhodiola rosea* populations are sensitive to environmental changes, in particular, warming, which fact testifies to non-correspondence of current climatic conditions to the ecological needs of the species. At the same time, negative trends are also strengthened by the mechanical destruction of the natural habitats of populations, which significantly slows down the processes of their regeneration ability. Therefore, changes occurring in populations *Rhodiola rosea* actively affect their structural organization and ability to recover. Based on the application of complex ecological-demographic and reproductive approaches, a number of indicators of the structural organization of populations, their changes during different periods of vegetation and the ability to recover in changed environmental conditions were obtained. The obtained results are important in solving issues related to the preservation of populations of arcto-alpine species, assessment of their development and behavior in modern high-mountain conditions.

Keywords: climate changes, demographic and reproductive parameters, dynamic trends, ability to recover, *Rhodiola rosea* L.