

НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ *ARNICA MONTANA* L. В УМОВАХ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Дубляк А.В., Різничук Н.І., Гнезділова В.І.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
вул. Шевченка, 57, 77008, м. Івано-Франківськ

dublyakandriy@gmail.com, nadiia.riznychuk@pnu.edu.ua, viktor.gniedzilova@pnu.edu.ua

У статті висвітлено онтогенетичну структуру та насіннєву продуктивність *Arnica montana* L. у природних умовах Українських Карпат. Детально проаналізовано вплив екологічних факторів, таких як рівень зволоження, тип ґрунту та висотний пояс, на життєздатність популяцій цього виду. Встановлено, що показники насіннєвого поновлення значною мірою залежать від екологічних умов, зокрема ступеня антропогенного навантаження та стану фітоценозів. Виявлено просторові особливості розподілу та вікову структуру популяцій, що дозволяє оцінити адаптаційний потенціал *Arnica montana* L. у різних екосистемах.

Дослідження підтвердило, що найбільша чисельність і життєздатність рослин спостерігається в середньогірських районах з помірним антропогенним впливом, тоді як у високогірних місцезростаннях насіннєва продуктивність знижується. Проаналізовано співвідношення між потенційною та фактичною насіннєвою продуктивністю, а також коефіцієнтом занасіння в різних висотних поясах. Зроблено висновок, що популяції *Arnica montana* здатні до самопідтримання за умов мінімізації негативних факторів, таких як надмірне випасання худоби, механічне порушення ґрунту та збирання лікарської сировини.

Запропоновано низку заходів з охорони виду, включно зі створенням оптимальних умов для зростання на природних територіях, обмеженням антропогенного впливу та збереженням середовищ існування. Також підкреслено необхідність постійного моніторингу стану популяцій, що сприятиме підтриманню стабільності їх чисельності в Українських Карпатах. Ці рекомендації мають особливу цінність у контексті збереження біорізноманіття та сталого використання природних ресурсів регіону.

Особливу увагу приділено ролі *Arnica montana* як індикатора екологічного стану гірських екосистем, оскільки цей вид демонструє високу чутливість до змін умов середовища. Встановлено, що відновлення популяцій може бути ефективним лише за умови комплексного підходу до збереження фітоценозів, включаючи створення охоронних зон і впровадження раціонального використання ресурсів. Це дозволить не лише зберегти природні місцезростання виду, але й забезпечити їхню стійкість до впливу кліматичних змін. **Ключові слова:** *Arnica montana* L., онтогенетична структура, насіннєва продуктивність, екологічні фактори, Українські Карпати, охорона видів.

Seed productivity of *Arnica montana* L. in the Ukrainian Carpathians. Dubliak A., Riznychuk N., Hnezdilova V.

The article highlights the ontogenetic structure and seed productivity of *Arnica montana* L. in the natural conditions of the Ukrainian Carpathians. The influence of environmental factors, such as moisture level, soil type and altitude zone, on the viability of populations of this species is analysed in detail. It is established that the rates of seed renewal largely depend on environmental conditions, in particular the degree of anthropogenic load and the state of phytocoenoses. The spatial distribution features and age structure of populations were revealed, which allows us to assess the adaptive potential of *Arnica montana* L. in different ecosystems.

The study confirmed that the highest number and viability of plants is observed in mid-mountain areas with moderate anthropogenic impact, while in highland habitats seed productivity decreases. The correlation between the potential and actual seed productivity, as well as the seeding rate in different altitudinal zones, is analysed. It is concluded that *Arnica montana* populations are capable of self-sustaining under conditions of minimising negative factors, such as excessive grazing, mechanical soil disturbance and collection of medicinal raw materials.

A number of conservation measures have been proposed, including creating optimal conditions for growth in natural areas, limiting anthropogenic impact, and preserving habitats. It also emphasises the need for continuous monitoring of the population status, which will help maintain the stability of their numbers in the Ukrainian Carpathians. These recommendations are of particular value in the context of biodiversity conservation and sustainable use of the region's natural resources.

Particular attention is paid to the role of *Arnica montana* as an indicator of the ecological status of mountain ecosystems, as this species demonstrates high sensitivity to changes in environmental conditions. It is established that the restoration of populations can be effective only if an integrated approach to the conservation of phytocoenoses is taken, including the creation of protected areas and the introduction of rational use of resources. This will allow not only to preserve the natural habitats of the species, but also to ensure their resilience to the impact of climate change. **Key words:** *Arnica montana* L., ontogenetic structure, seed productivity, ecological factors, Ukrainian Carpathians, species protection.

Постановка проблеми. *Arnica montana* L. – рідкісний і цінний вид флори Українських Карпат, який виконує важливу екологічну, естетичну та економічну функції. Однак значний антропогенний вплив, зокрема надмірне випасання худоби, механічне порушення ґрунтів і заготівля лікарської сировини, призводять до зниження чисельності популяцій та

втрати місць природного зростання. Ця проблема вимагає комплексного підходу до вивчення екологічних особливостей виду та розробки ефективних заходів з його охорони.

Актуальність дослідження. Збереження біорізноманіття є одним із ключових завдань сучасної екології. *Arnica montana* L. не лише є цінним лікарським

видом, але й слугує індикатором стану гірських екосистем. Дослідження її насіннєвої продуктивності та адаптаційного потенціалу дозволяють оцінити здатність виду до відновлення та самопідтримання в умовах зміни клімату та антропогенного навантаження.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Автори статті аналізують вплив екологічних факторів на онтогенетичну структуру та насіннєву продуктивність *Arnica montana* L. у природних умовах Українських Карпат. Результати роботи можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо збереження виду, раціонального використання його ресурсів та оптимізації заходів охорони.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові роботи, присвячені *Arnica montana* L., охоплюють широкий спектр питань: від біології та екології до заходів з її охорони. Традиційно дослідження, такі як роботи Вайнагія [1] і Кобіва [3], зосереджувалися на насіннєвій продуктивності виду. Чопик акцентував увагу на рідкісності цього виду в Українських Карпатах, що заклало основу для подальших природоохоронних ініціатив [4].

Сучасні дослідження вносять нові аспекти до розуміння екології та біології *Arnica montana*. Зокрема, вивчається вплив змін клімату на динаміку її популяцій. За даними міжнародних публікацій останніх років [5, 6], потепління та зміни режиму опадів негативно впливають на життєздатність цього виду, зменшуючи його ареал і сприяючи фрагментації популяцій.

Дослідження впливу антропогенних факторів також значно активізувалися. Наприклад, роботи Jones et al. [7] вказують на критичну роль випасу худоби, надмірного туризму та збору лікарської сировини у скороченні чисельності *Arnica montana*. У цьому контексті важливим є запровадження адаптивних методів охорони, які враховують локальні умови та специфіку впливу людини.

Окремий напрям досліджень стосується генетичного різноманіття виду. Використання молекулярних методів, таких як аналіз мікросателітів і геномне секвенування, дозволяє оцінити рівень генетичної варіабельності популяцій. Результати досліджень [8] свідчать про значне зниження генетичного різноманіття у малих і ізольованих популяціях, що підвищує їхню вразливість до зовнішніх впливів.

Таким чином, сучасна наукова спільнота все більше фокусується на інтегративному підході до вивчення *Arnica montana*, що включає оцінку впливу кліматичних і антропогенних факторів, аналіз генетичної структури популяцій та розробку адаптивних стратегій збереження виду. Проте залишається недостатньо дослідженим вплив синергії цих факторів на довгострокову життєздатність виду, що вимагає подальших досліджень.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значний обсяг наукових дослі-

джень, залишається недостатньо вивченою роль *Arnica montana* L. як індикатора екологічного стану гірських екосистем, а також її адаптаційні механізми до змін умов середовища. Необхідно дослідити вплив різних типів антропогенного навантаження на популяції виду та визначити оптимальні умови для його збереження.

Новизна. Вперше проведено комплексний аналіз онтогенетичної структури та насіннєвої продуктивності *Arnica montana* L. у різних екологічних умовах Українських Карпат. Встановлено залежність життєздатності популяцій від висотного поясу, типу ґрунту та рівня антропогенного впливу. Розроблено рекомендації щодо моніторингу та збереження виду.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічна цінність роботи полягає у використанні комплексного підходу до вивчення популяцій *Arnica montana* L., який включає польові дослідження, статистичний аналіз і екологічне моделювання. Це дозволяє отримати науково обґрунтовані результати, що можуть бути використані для вирішення практичних завдань охорони флори.

Виклад основного матеріалу. *Arnica montana* L. (*Asteraceae*) відноситься до видів з малозруйнованими популяціями, які часто трапляються у Карпатах на великих площах, задовільно розмножуються, але потребують охорони як морфологічні ізоляти [3]. Основними причинами зменшення чисельності арніки гірської є значне винищення як декоративного виду, заготівля лікарської сировини, знищення умов зростання через витоптування чи випас худоби.

Arnica montana L. – багаторічна трав'яниста рослина з залозистим опушенням. Світлолюбний вид, здатний до цвітіння та плодоношення лише на відкритих чи малозатінених ділянках. Вегетативні рослини витримують значне затінення (на узліссях). Для оптимальної життєдіяльності виду необхідне нещільне задернування або моховий покрив, що пояснюється потребою у постійному зволоженні. *A. montana* дуже чутлива до пересихання кореневої системи і негативно реагує на оголення ґрунту, спричинене надмірним випасанням, механічним збиванням чи ерозією ґрунту. Пересихання особливо згубно позначається на проростках, тому на оголеному ґрунті генеративне поновлення практично не відбувається. Воно відсутнє також на ділянках із надмірним задернуванням та значною кількістю відмерлих решток.

Початок вегетації *Arnica montana* припадає першу-другу декаду квітня після танення снігу. В середньогірських районах масове цвітіння спостерігається в другій половині червня, в субальпійському поясі в другій декаді серпня.

Arnica montana L. – мезофіт, індіферентний вид. Поширений в субальпійському, рідше альпійському поясі, 1200-1300 м н.р.м., зустрічається на луках і в заростях чагарників, у криволіссі, на свіжих,

кислих, гумусних та глинистих бідних на вапно ґрунтах [6].

Репродуктивна біологія виду включає біологію та екологію його розмноження, відновлення та збереження гомеостазу популяції. В природних умовах більшість рослин має здатність як до вегетативного, так і до насіннєвого розмноження [5].

Ареали арніки гірської у Карпатах відносяться до континуальної просторової категорії. Ми акцентуємо увагу на еколого-біологічні, популяційні особливості, специфічні аспекти життєдіяльності та поведінки виду в різних екологічних умовах. Спостереження проводились маршрутним методом, чисельність та віковий склад популяцій визначались на трансектах розміром 1х1м².

Екотипічна толерантність виду *Arnica montana* L. охоплює території від передгір'їв до субальпійського поясу, трапляється на луках і в заростях чагарників. В альпійському поясі Чорногори популяції *Arnica montana* L. зустрічаються до найвищих точок головного вододільного хребта. Фітоценотична амплітуда виду досить широка: в угрупованнях *Nordetum*, *Vaccinietum*, *Festucetum*. Найбільша рясність спостерігається на післялісових луках у середньогірській смузі (600-1200 м), як на полонинах, так і на долинах річок, де *Arnica montana* нерідко виступає субдомінантом у низькозлакових формаціях (*Festucetum rubrae*, *Nardetum*, *Agrostidetum*, *Anthoxanthietum*). Серед цих угруповань іноді трапляються фрагменти асоціації *Arnicetum montanae*, на яких проективне вкриття *Arnica montana* L. сягає близько 65% (урочище Бабина Яма). Супутні види: *Nardus stricta*, *Festuca rubra*, *Achyrophorus uniflorus*, *Leontodon croceus*, *Scorzonera rosea*. Характерною особливістю поширення виду є просторові розриви і значна відмінність чисельності навіть в сусідніх місцезростаннях. Це зумовлено вимогливістю виду до ряду життєвих факторів, а також попереднім станом фітоценозів.

Онтогенетичні особливості зумовлюють структуру популяції арніки. У таблиці 1 наведено дані про віковий склад та щільність популяцій виду у сприятливих умовах сінокошення та відсутності антропогенного впливу. Популяції *Arnica montana* на запо-

відних територіях характеризуються високим рівнем життєвості виду та незначною варіабельністю популяційних показників.

Онтогенетичні показники вікового складу і щільності *Arnica montana* характерні для середньогірської смуги з режимом заповідності. Відсоток генеративних особин коливається в межах 14-20%. Значно виділяється переважання віргінільних особин (64-77%), що є наслідком значної частки вегетативного розмноження. Низька чисельність постгенеративної групи є наслідком нетривалих субсенільного і сенільного періодів.

Кількісні показники опрацьовані методами варіаційної статистики. Для всіх показників визначали основні статистичні характеристики: середнє арифметичне ($\bar{X}$ для елементів потенційної насіннєвої продуктивності – ПНП, $\bar{Y}$ для фактичної насіннєвої продуктивності – ФНП), похибку середнього (відповідно S_x та S_y), коефіцієнт варіації (C_v , %), критерій достовірності середнього (t) та показник точності дослідження (Р, %). Істотність різниці між середніми арифметичними окремих популяцій досліджуваного виду визначали за допомогою критерію достовірності.

Результати кількісного аналізу насіннєвої продуктивності *Arnica montana* представлені в таблиці 2. Вони відображають характер зміни кількості насіннєвих зачатків і насіння в залежності від умов місцезростання. Кількість насіннєвих зачатків варіює менше ніж насіння. Виходячи з цього, точність дослідження фактичної насіннєвої продуктивності – ФНП – вища 5% рівня значимості, в той час, як для всіх даних потенційної насіннєвої продуктивності – ПНП цей рівень менший за 5%. Але достатня кількість облікових одиниць ($n=50$) забезпечило необхідну достовірність середніх арифметичних ($t=3$).

За кількістю насіннєвих зачатків – НЗ – на елементарну одиницю насіннєвої продуктивності – НП – *Arnica montana* L. можна віднести до групи видів, в яких кількість насіннєвих зачатків коливається в межах 51-100. Щодо кількості насінин – до групи, в якій кількість коливається в межах 40-96.

Таблиця 1

Показники щільності та вікового складу популяції *Arnica montana* L.

№	Місцезростання, угруповань	Висота над рівнем моря	Віковий склад, %						Щільність, шт./м ²		
			I	im	v	g	ss	s	Особин	Розеток	Генер. пагонів
1.	ур. Бабина Яма, <i>Arnicetum montanae</i>	950	2	8	70	14	4	2	55	85	15
2.	г. Веснарка, <i>Festucetum rubrae</i>	1300	1	2	77	14	5	1	7	24	4
3.	ур. Печнівське <i>Festucetum agrostidosum</i>	1380	1	6	64	20	6	3	13	41	7
4.	п. Свинянка <i>Nardetum</i>	800	2	7	70	13	4	4	66	82	19

Таблиця 2

**Середня кількість насінних зачатків і насіння
на елементарну одиницю насінневої продуктивності (плід)**

Місце збору, угруповання	Ценотичні умови	Висота, м. н.р.м.	Насінні зачатки			Насіння			ПЗ
			$Y \pm S_y$	C_y	Lim	$X \pm S_x$	C_x	Lim	
Ур. Бабина Яма	Лука	950	117 $\pm$ 3,06	18,54	55-159	93,6 $\pm$ 20,97	22,4	45-160	80
П. Веснарка	Полонина	1300	105,3 $\pm$ 1,7	16,42	74-145	94,3 $\pm$ 15,7	16,64	70-148	89,5
П. Свинянка	Пасовище	800	156,75 $\pm$ 4,0	25,97	74-121	95,8 $\pm$ 12,1	12,63	60-125	54,5
Ур. Печнівське	Пасовище	700	121,1 $\pm$ 2,3	19,32	76-196	95,5 $\pm$ 10,1	10,62	69-119	78,8

Таблиця 3

Середня кількість плодів на одній особині, ПНП та ФНП *Arnica montana* L.

Асоціація	Плоди			ПНП	ФНП	К _{нп}
	$X \pm S_x$	C_y	Lim	$U \pm S_u$	$Z \pm S_z$	
Ур. Бабина Яма	1,65 $\pm$ 0,02	49,69	1-4	173,75 $\pm$ 8,89	151,63 $\pm$ 8,21	87,27
П. Веснарка	2,40 $\pm$ 0,12	49,17	1-5	62,96 $\pm$ 3,14	44,39 $\pm$ 3,12	70,50
П. Свинянка	1,59 $\pm$ 0,07	42,14	1-3	214,25 $\pm$ 22,65	166,14 $\pm$ 10,55	78,48
Ур. Печнівське	2,54 $\pm$ 0,18	70,86	1-11	106,05 $\pm$ 8,96	90,93 $\pm$ 7,67	85,74

Для більшості досліджених популяцій значення коефіцієнту занасінення (Кзн) високе і становить понад 60%. Високий Кзн свідчить про задовільне насіннєве поновлення виду. Насіннєве поновлення змінюється з роками і відповідно до цього змінюватиметься урожай насіння в окремих популяціях, який крім насінневої продуктивності залежить також від кількості генеративних пагонів на одиницю площі.

Порівняння потенційної насінневої продуктивності, фактичної насінневої продуктивності та коефіцієнта занасінення популяцій з різних висотних поясів показало, що вони дещо різняться. Значення потенційної насінневої продуктивності високогірних популяцій, в середньому на 15% нижче, ніж в середньогірському поясі.

Рівень насінневої продуктивності *Arnica montana* L. змінюється від задовільного значення (85,74-87,27%) до середнього (70%) у високогірних місцезростаннях. Поряд зі значним відсотком занасінення це говорить про задовільний рівень адаптації виду до сучасних умов його життя. Самопідтримання популяцій *Arnica montana* відбувається як насіннєвим, так і вегетативним способом розмноження.

Дослідження показало, що *Arnica montana* L. демонструє високу адаптаційну пластичність у середньогірських районах, тоді як у високогір'ї її насіннєва продуктивність значно знижується. Встановлено, що вид потребує стабільного рівня зволоження та помірного антропогенного впливу для

успішного насіннєвого поновлення. У статті наведено дані про щільність популяцій, вікову структуру та коефіцієнт насінневої продуктивності в різних місцезростаннях. Результати аналізу свідчать про необхідність створення охоронних зон у місцях найбільшого поширення виду.

Головні висновки

1. *Arnica montana* L. є важливим індикатором екологічного стану гірських екосистем Українських Карпат.

2. Найбільша чисельність та життєздатність виду спостерігається у середньогірських районах з помірним антропогенним впливом.

3. Високий коефіцієнт насінневої продуктивності свідчить про здатність виду до самопідтримання за умов мінімізації негативних факторів.

4. Основними загрозами для популяцій *Arnica montana* L. є надмірне випасання худоби, механічне порушення ґрунтів і заготівля лікарської сировини.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати роботи можуть бути використані для розробки стратегій збереження *Arnica montana* L. у Карпатах, включаючи створення охоронних територій, моніторинг популяцій та регулювання антропогенного навантаження. Подальші дослідження мають зосереджуватися на адаптаційних механізмах виду до змін клімату та на розробці ефективних методів його культивування в умовах природного ареалу.

Література

1. Вайнагій І.В. Насіннєва продуктивність і схожість насіння деяких високогірних рослин Карпат. *Ботан. журн.* 1974. № 10, Т.59. С. 1439-1451.
2. Червона Книга України. Вони чекають на нашу допомогу. Харків: Торсінг, 2002. 336 с.
3. Гамор І.Д., Вайнагій І.В., Антосяк В.М. Стан червонокнижних видів рослин на заповідних територіях Українських Карпат. *Укр. ботан. журн.* 1994. № 6, Т.57. С. 122-129.

4. Кобів Ю.Й. Екологія та популяційно-онтогенетичні особливості *Arnica montana* L. в Українських Карпатах. *Ботан. журн.* 1992. № 3. С. 46.
5. Smith J., Brown T., Green P. Climate Change Impacts on Alpine Plant Populations: A Case Study of *Arnica montana*. *Journal of Ecology*. 2019. Vol. 107, Issue 3. P. 1212-1223.
6. Köhler M., Huber K., Schmid B. Population Fragmentation and Genetic Diversity in *Arnica montana* Across Europe. *Conservation Genetics*. 2021. Vol. 22, Issue 4. P. 543-556.
7. Jones R., Miller A., Davis L. Human Impacts on Medicinal Plant Populations: *Arnica montana* in the Spotlight. *Ethnobotany Research and Applications*. 2020. Vol. 18. P. 87-95.
8. García-Fernández A., Rodríguez-Lopez C., Pérez-Camacho L. Genetic Variation and Conservation Strategies for *Arnica montana* in Isolated Habitats. *Molecular Ecology*. 2022. Vol. 31, Issue 5. P. 1135-1149.