УДК 581.5:582.998.1:631.52
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.6-69.49

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА МОРФОМЕТРИЧНИХ І РЕПРОДУКТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ *ARNICA MONTANA* L. РІЗНОГО ГЕОГРАФІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ В УМОВАХ EX SITU

Дубляк А.В. (orcid.org/0009-0008-3046-9578),
Різничук Н.І. (orcid.org/0000-0002-4863-6775)
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
вул. Шевченка, 57, 77008, м. Івано-Франківськ
dublyakandriy@gmail.com, nadiia.riznychuk@cnu.edu.ua

У статті проаналізовано трирічну динаміку морфометричних і репродуктивних показників *Arnica montana* L. різного географічного походження в умовах ex situ. Дослідження проведено у 2024–2026 рр. у дендрологічному парку «Дружба» загальнодержавного значення Карпатського національного університету імені Василя Стефаника. До аналізу залучено матеріал восьми походжень: урочище Бабина Яма, полонина Веснарка, урочище Печнівське, полонина Свинянка, полонина Псарівка, полонина Гаджина, полонина Луковиця та локалітет у межах природного заповідника «Горгани». Щороку аналізували по 15 облікових рослин кожного походження (120 спостережень за рік; 360 записів за 2024–2026 рр.). Визначали висоту рослин, діаметр розетки/куртини, довжину і ширину листків, кількість генеративних пагонів і суцвіть та діаметр суцвіття. Безперервні ознаки аналізували у факторній моделі з чинниками «походження», «рік» та їх взаємодією; для лічильних показників застосовано узагальнені лінійні моделі з пуассонівським розподілом. Упродовж 2024–2026 рр. середня висота рослин збільшилася від 29,76±0,49 до 40,17±0,41 см, діаметр розетки/куртини – від 6,74±0,11 до 12,77±0,18 см, кількість генеративних пагонів – від 1,66±0,06 до 4,58±0,12, кількість суцвіть – від 2,27±0,07 до 6,93±0,15, а діаметр суцвіття – від 2,80±0,04 до 3,56±0,03 см. Ефект року був статистично значущим для всіх проаналізованих ознак ($p<0,001$). Для безперервних морфометричних показників ефект походження встановлено для висоти, діаметра розетки/куртини, довжини та ширини листка, тоді як для діаметра суцвіття він не досяг рівня статистичної значущості. Для кількості генеративних пагонів і суцвіть моделі підтвердили виразний ефект року, але не походження та не взаємодії «походження × рік». Отримані результати характеризують спрямовану багаторічну зміну рослин у спільних умовах культивування та формують кількісну основу для ведення ex situ колекції зі збереженням інформації про походження матеріалу. *Ключові слова: Arnica montana* L., ex situ, культивування, географічне походження, морфометричні ознаки, генеративні пагони, суцвіття, багаторічна динаміка.

Long-term dynamics of morphometric and reproductive traits of *Arnica montana* L. of different geographical origin under ex situ conditions. Dubliak A., Riznychuk N.

The paper analyses three-year dynamics of morphometric and reproductive traits of *Arnica montana* L. of different geographical origin under ex situ conditions. The study was conducted in 2024–2026 in the Druzba Dendrological Park of national importance at Vasyl Stefanyk Carpathian National University. Plant material represented eight origins: the Babyna Yama tract, Vesnarka polonyna, Pechnivske tract, Svynianka polonyna, Psarivka polonyna, Hadzhyna polonyna, Lukovytsia polonyna, and a locality within the Gorgany Nature Reserve. Each year, 15 accounting plants per origin were analysed (120 observations per year; 360 records in 2024–2026). Plant height, rosette/clump diameter, leaf length and width, number of generative shoots, number of flower heads, and flower-head diameter were evaluated. Continuous traits were analysed using a factorial model including origin, year and their interaction; count traits were analysed using generalized linear models with a Poisson distribution. Mean plant height increased from 29.76±0.49 cm in 2024 to 40.17±0.41 cm in 2026; rosette/clump diameter increased from 6.74±0.11 to 12.77±0.18 cm. The mean number of generative shoots increased from 1.66±0.06 to 4.58±0.12 and the number of flower heads from 2.27±0.07 to 6.93±0.15. Flower-head diameter increased from 2.80±0.04 to 3.56±0.03 cm. Year had a statistically significant effect on every analysed trait ($p<0.001$). Among continuous morphometric traits, origin significantly affected plant height, rosette/clump diameter, leaf length and leaf width, whereas its effect on flower-head diameter was not significant. Poisson models for the numbers of generative shoots and flower heads confirmed a strong year effect but did not support origin or origin×year effects. The results characterize a consistent multi-year change under common cultivation conditions and provide a quantitative basis for managing ex situ collections while retaining provenance information. *Key words: Arnica montana* L., ex situ conservation, cultivation, geographic origin, morphometric traits, reproductive traits, long-term dynamics.

Постановка проблеми. Збереження *Arnica montana* L. потребує поєднання охорони природних популяцій із методами ex situ, здатними забезпечити підтримання життєздатного рослинного матеріалу поза природними місцезростаннями. Для багаторічного клонального виду оцінка успішності культивування не може ґрунтуватися лише на факті приживлення: необхідно простежувати зміну вегетативних і генеративних ознак упродовж кількох років та враховувати можливі відмінності між рослинами різного географічного походження. Попередні експерименти з *A. montana* показали, що спосіб розмно-

© Дубляк А.В., Різничук Н.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

ження, умови вирощування і тривалість культивування впливають на ріст, цвітіння та продуктивність рослин [1, 2]. Водночас генетичні дослідження європейських популяцій засвідчують виражену просторову структурованість виду, що робить походження матеріалу важливим чинником у плануванні природоохоронних заходів [3].

Актуальність дослідження. Актуальність роботи визначається необхідністю отримання кількісних даних про багаторічну поведінку *A. montana* після перенесення до єдиних умов культивування. Такі дані потрібні не лише для оцінювання технологічної придатності виду до ex situ утримання, а й для розмежування ефектів, пов'язаних із походженням рослин, від змін, що формуються в процесі багаторічного вирощування. Для самонесумісного виду з обмеженим потоком генів між частиною популяцій питання збереження різних походжень має безпосереднє значення для подальших програм підсилення та відновлення популяцій [3, 4].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження є складовою комплексного вивчення природних популяцій *A. montana* та можливостей збереження виду шляхом культивування ex situ. Авторський доробок охоплює польове обстеження природних локалітетів, формування колекції рослин різного походження в дендрологічному парку «Дружба» та багаторічний морфометричний моніторинг. Практичне завдання полягає у формуванні доказової бази для утримання рослинного матеріалу різного походження, оцінювання його вегетативного розвитку і генеративної активності та подальшого використання в природоохоронних програмах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У трирічному польовому експерименті Pljevljakušić et al. [1] досліджували різні моделі культивування *Arnica montana* L. та оцінювали діаметр розетки, кількість і висоту квітконосних пагонів, кількість і діаметр кошиків; автори встановили істотний вплив досліджених чинників культивування на морфологічні показники. У шестирічному експерименті Sugier et al. [2] показано, що спосіб розмноження та введення рослин у культуру впливав на вегетативні й репродуктивні ознаки та виживання. Leoni et al. [3], порівнюючи дикорослий і культивований матеріал з Італійських Альп, обґрунтували перспективність культивування з використанням місцевого насіннєвого матеріалу для сталого отримання сировини та природоохоронних цілей. Caprìa et al. [4] за результатами аналізу 40 європейських популяцій виявили виражену географічну структуру генетичної мінливості та обмежений потік генів, що має враховуватися під час планування активних природоохоронних заходів. Kahmen і Poschlod [5] досліджували морфологічні, репродуктивні та генетичні характеристики популяцій *A. montana* різного розміру й показали зв'язок розміру популяції з показниками стану рослин та генетичною варіабельністю. Sugier et al. [6] встановили, що морфологічні характеристики сім'янок і їхня здатність до проростання залежать від положення сім'янки в суплідді та розташування суцвіття на рослині. В Україні Taras et al. [7] оптимізували окремі етапи культивування представників роду *Arnica* in vitro, зокрема введення в асептичну культуру, пророщування насіння, мікроклональне розмноження та індукцію калюсоутворення. У попередній роботі Дубляка, Різничук і Гнєзділової [8] розглянуто умови культивування *A. montana* та фармакологічну цінність виду. Водночас трирічне порівняння матеріалу восьми географічних походжень за єдиною схемою повторних ex situ обліків залишається окремим завданням цього дослідження.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Недостатньо досліджено, якою мірою багаторічна динаміка морфометричних і генеративних показників *A. montana* в однакових умовах ex situ залежить від географічного походження рослин. Для матеріалу з Українських Карпат особливо бракує зіставних трирічних даних, отриманих за єдиною схемою обліку для кількох походжень. Саме цій частині проблеми присвячене дослідження.

Новизна. Для сформованої ex situ колекції *A. montana* восьми географічних походжень проведено трирічний порівняльний аналіз вегетативних і генеративних ознак із урахуванням повторного обліку тих самих вихідних рослин. Встановлено спільний виразний часовий тренд для всіх досліджених ознак та водночас показано, що для частини характеристик траєкторія змін залежала від походження. Це дає змогу розглядати часову динаміку й походження не як взаємозамінні пояснення мінливості, а як окремі компоненти формування фенотипу в умовах культивування.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічне значення роботи полягає у поєднанні багаторічного морфометричного моніторингу матеріалу восьми географічних походжень із роздільним аналізом безперервних і лічильних ознак. Для безперервних показників використано факторну модель з оцінюванням ефектів походження, року та їх взаємодії, а для кількості генеративних пагонів і суцвіть – узагальнені лінійні моделі з пуассонівським розподілом. Такий підхід відповідає типу даних і дає змогу не переносити припущення нормального розподілу на лічильні показники.

Виклад основного матеріалу. Дослідження виконано у 2024–2026 рр. у дендрологічному парку «Дружба» загальнодержавного значення Карпатського національного університету імені Василя Стефаника. Проаналізовано матеріал восьми походжень, сформований із природних локалітетів: урочище Бабина Яма, полонина Веснарка, урочище Печнівське, полонина Свинянка, полонина Псарівка, полонина Гаджина, полонина Луковиця та лока-

літет у межах природного заповідника «Горгани». Для кожного походження щороку аналізували по 15 облікових рослин (120 спостережень на рік; 360 записів за три роки). Визначали висоту рослини, діаметр розетки/куртини, довжину та ширину листка, кількість генеративних пагонів, кількість суцвіть і діаметр суцвіття. Результати подано як середнє арифметичне ± стандартна похибка (M±SE). Для безперервних ознак застосовано двофакторну лінійну модель «походження × рік» з оцінюванням головних ефектів та взаємодії за ANOVA II типу. Для кількості генеративних пагонів і суцвіть використано узагальнені лінійні моделі з пуассонівським розподілом і логарифмічною функцією зв'язку. Рівень статистичної значущості приймали $p<0,05$. Розрахунки виконано у середовищі Python із використанням пакетів scipy та statsmodels.

За три роки культивування середня висота *A. montana* збільшилася на 10,41 см, або приблизно на 35,0% від рівня 2024 р. Діаметр розетки/куртини зріс майже в 1,9 раза. Паралельно збільшувалися розміри листків та показники генеративного розвитку. Найвиразнішою була динаміка кількості суцвіть: середнє значення зросло з 2,27±0,07 до 6,93±0,15 на облікову рослину, тобто більш ніж утричі. Кількість генеративних пагонів за той самий період збільшилася приблизно у 2,8 раза (табл. 1, рис. 1).

Статистичний аналіз підтвердив значущий ефект року для всіх семи досліджених ознак ($p<0,001$; табл. 2). Для безперервних ознак ефект походження був значущим для висоти рослин ($p<0,001$), діаметра розетки/куртини ($p=0,041$), довжини листка ($p<0,001$) та ширини листка ($p=0,015$), але не для діаметра суцвіття ($p=0,073$).

Для жодної з п'яти безперервних ознак взаємодія «походження × рік» не досягла рівня статистичної значущості ($p=0,158–0,704$). Для лічильних репродуктивних показників Poisson GLM підтвердив виразний ефект року ($p<0,001$), тоді як ефекти походження та взаємодії «походження × рік» були статистично незначущими. Отже, основною закономірністю для генеративних пагонів і суцвіть була спільна багаторічна спрямованість змін у матеріалу всіх восьми походжень. Динаміку цих показників наведено на рис. 2.

Описове порівняння середніх за трирічний період показало, що висота рослин різного походження варіювала від 32,50±0,98 см для матеріалу з полонини Веснарка до 36,55±0,96 см для матеріалу з полонини Свинянка. Діаметр розетки/куртини становив від-

Таблиця 1

Динаміка морфометричних і репродуктивних показників *Arnica montana* L. у 2024–2026 рр., M±SE

Показник	2024	2025	2026
Висота, см	29,76±0,49	34,68±0,50	40,17±0,41
Діаметр розетки/куртини, см	6,74±0,11	10,67±0,19	12,77±0,18
Довжина листка, см	8,94±0,15	10,58±0,14	11,90±0,13
Ширина листка, см	1,34±0,03	1,63±0,03	1,92±0,03
Генеративні пагони, шт.	1,66±0,06	2,36±0,08	4,58±0,12
Суцвіття, шт.	2,27±0,07	3,28±0,07	6,93±0,15
Діаметр суцвіття, см	2,80±0,04	3,26±0,04	3,56±0,03

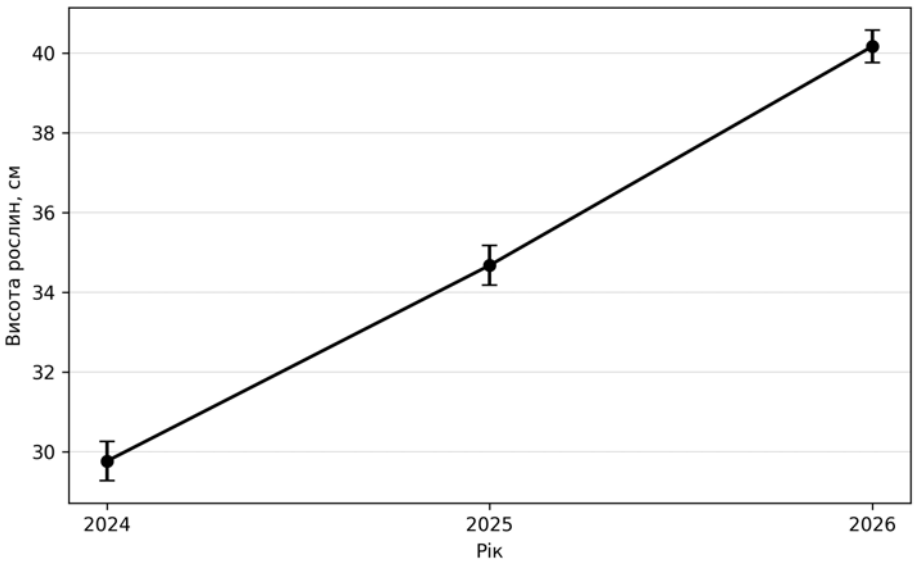

Рис. 1. Динаміка середньої висоти рослин Arnica montana L. в умовах ex situ у 2024–2026 рр. (M±SE)

Таблиця 2

Результати факторного аналізу морфометричних і репродуктивних ознак *Arnica montana* L.

Ознака	**Походження**	**Рік**	**Походження × рік**
Висота, см	F=4,09; p<0,001	F=132,19; p<0,001	F=1,07; p=0,384
Діаметр розетки/куртини, см	F=2,12; p=0,041	F=358,04; p<0,001	F=1,11; p=0,349
Довжина листка, см	F=5,55; p<0,001	F=125,61; p<0,001	F=1,39; p=0,158
Ширина листка, см	F=2,54; p=0,015	F=109,95; p<0,001	F=1,21; p=0,265
Діаметр суцвіття, см	F=1,87; p=0,073	F=112,64; p<0,001	F=0,77; p=0,704
Генеративні пагони	χ^2=1,88; p=0,966	χ^2=35,91; p<0,001	χ^2=6,79; p=0,943
Суцвіття	χ^2=5,48; p=0,602	χ^2=49,48; p<0,001	χ^2=7,85; p=0,897

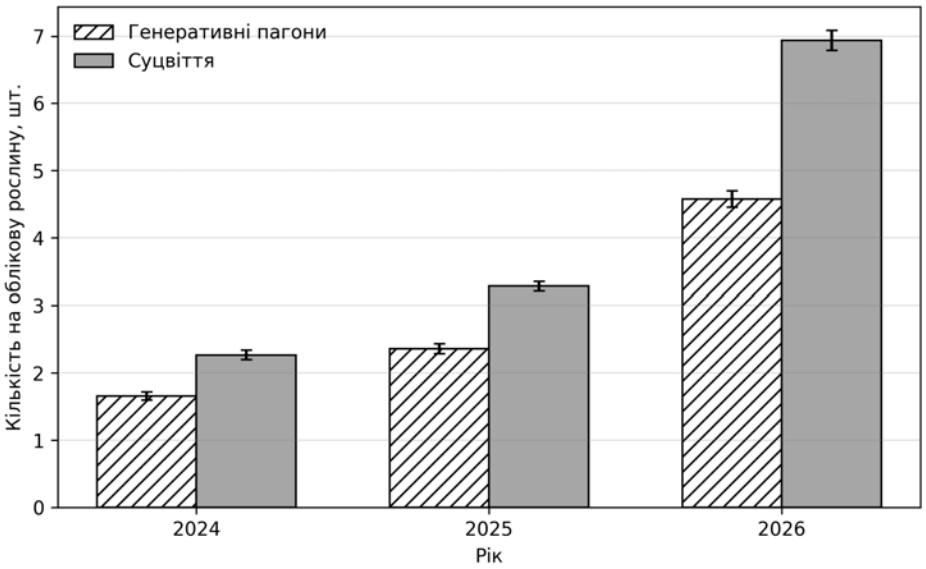

Рис. 2. Динаміка кількості генеративних пагонів і суцвіть Arnica montana L. в умовах ex situ у 2024–2026 рр. (M±SE)

повідно від 9,54±0,42 до 10,72±0,50 см. Найбільше середнє значення довжини листка встановлено для матеріалу з урочища Бабина Яма – 11,32±0,26 см; близьке значення отримано для полонини Свинянка – 11,20±0,23 см. Ці описові відмінності узгоджуються зі статистично значущим, але порівняно слабшим за ефект року впливом походження на частину морфометричних ознак. Варіювання середньої висоти залежно від походження показано на рис. 3.

Отримана багаторічна динаміка узгоджується з культиваційними дослідженнями, у яких морфологічні та репродуктивні характеристики *A. montana* змінювалися з тривалістю вирощування та залежали від способу введення в культуру [1, 2]. Позитивні результати вирощування локального матеріалу в Альпах також свідчать про перспективність культивування із збереженням походження рослин [3]. Водночас відмінності між походженнями не можна автоматично трактувати як генетично детерміновані: спільні умови ex situ зменшують частину середовищної неоднорідності, але не усувають материнських ефектів, відмінностей стартового стану, вікових змін та фенотипової пластичності. Встановлена для

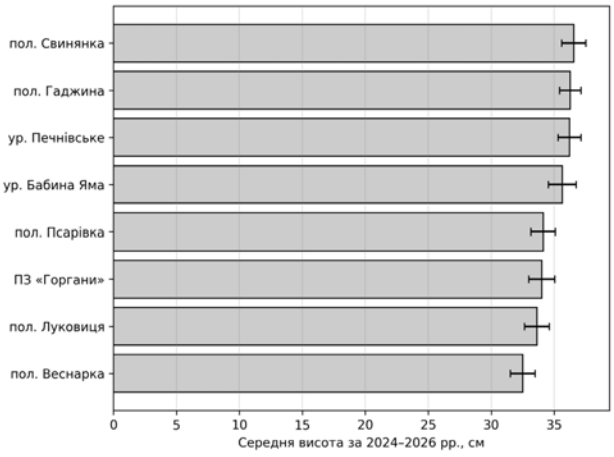

Рис. 3. Середня висота Arnica montana L. різного географічного походження за 2024–2026 рр. (M±SE)

європейських популяцій генетична структурованість [4] додатково обґрунтовує необхідність паспортизації походження колекційного матеріалу. У нашому дослідженні найстійкішою статистичною закономір-

ністю був ефект року, тоді як походження пояснювало лише частину морфометричної мінливості. Це підкреслює необхідність багаторічного моніторингу перед використанням ex situ матеріалу у природоохоронних програмах.

Головні висновки.

1. Упродовж 2024–2026 рр. у матеріалу *A. montana* восьми географічних походжень встановлено виразну багаторічну зміну вегетативних і генеративних показників: середня висота зросла на 35,0%, діаметр розетки/куртини – на 89,4%, кількість генеративних пагонів – приблизно у 2,8 раза, кількість суцвіть – у 3,1 раза.

2. Фактор року був статистично значущим для всіх досліджених ознак ($p<0,001$), що визначає багаторічну динаміку як основну закономірність у спільних умовах культивування.

3. Географічне походження було статистично значущим чинником для висоти, діаметра розетки/куртини, довжини та ширини листка, але не для діаметра суцвіття.

4. Для кількості генеративних пагонів і суцвіть Poisson GLM підтвердив ефект року ($p<0,001$), тоді як ефекти походження та взаємодії «походження × рік» не були статистично значущими.

5. Для ведення ex situ колекції *A. montana* доцільно зберігати паспортизацію походження та оцінювати матеріал у багаторічній динаміці; отримані результати є основою для подальших експериментів із розмноження та природоохоронного використання.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення протоколів довготривалого культивування *A. montana* ex situ, ведення паспортів походження колекційного матеріалу та планування експериментів із розмноження. Перспективним є зіставлення ex situ динаміки з характеристиками відповідних природних популяцій, перевірка репродуктивної спроможності отриманого матеріалу та оцінювання його придатності до експериментального відновлення популяцій за наявності необхідних природоохоронних дозволів. Окремим напрямом має бути генетична характеристика матеріалу різного походження, що дасть змогу відокремити фенотипову пластичність від генетично зумовленої компоненти мінливості.

Література

1. Pljevljakušić D., Janković T., Jelačić S., Novaković M., Menković N., Beatović D., Dajić-Stevanović Z. Morphological and chemical characterization of *Arnica montana* L. under different cultivation models. Industrial Crops and Products. 2014. Vol. 52. P. 233–244. DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.10.035.
2. Sugier D., Sugier P., Gawlik-Dziki U. Propagation and Introduction of *Arnica montana* L. into Cultivation: A Step to Reduce the Pressure on Endangered and High-Valued Medicinal Plant Species. The Scientific World Journal. 2013. Vol. 2013. Article 414363. DOI: 10.1155/2013/414363.
3. Leoni V., Borgonovo G., Giupponi L., Bassoli A., Pedrali D., Zuccolo M., Rodari A., Giorgi A. Comparing Wild and Cultivated *Arnica montana* L. from the Italian Alps to Explore the Possibility of Sustainable Production Using Local Seeds. Sustainability. 2021. Vol. 13, No. 6. Article 3382. DOI: 10.3390/su13063382.
4. Capria L., Liepelt S., Eimert K., Leyer I., Mosner E. Neutral genetic diversity follows a latitudinal gradient in the endangered plant *Arnica montana* L.: a range-wide study. Conservation Genetics. 2024. Vol. 25. P. 87–100. DOI: 10.1007/s10592-023-01559-6.
5. Kahmen S., Poschlod P. Population size, plant performance, and genetic variation in the rare plant *Arnica montana* L. in the Rhön, Germany. Basic and Applied Ecology. 2000. Vol. 1, No. 1. P. 43–51. DOI: 10.1078/1439-1791-00007.
6. Sugier P., Rysiak A., Sugier D., Winiarczyk K., Wołkowycki D., Kołos A. Differentiation and Propagation Potential of *Arnica montana* L. Achenes as a Consequence of the Morphological Diversity of Flowers and the Position of Flower Heads on the Plant. Plants. 2022. Vol. 11, No. 24. Article 3424. DOI: 10.3390/plants11243424.
7. Taras Yu. M., Soroka O. V., Prokopiak M. Z., Hrytsak L. R., Drobyk N. M. Peculiarities of in vitro cultivation of species of the genus Arnica L. in the flora of Ukraine. Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series Biology. 2025. Vol. 85, No. 4. DOI: 10.25128/2078-2357.25.4.1.
8. Дубляк А. В., Різничук Н. І., Гнєзділова В. І. Оптимізація умов культивування та фармакологічна ефективність *Arnica montana* L. Екологічні науки. 2025. Вип. 6 (63). С. 239–241. DOI: 10.32846/2306-9716/2025.eco.6-63.37.

Дата першого надходження статті до видання: 30.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.11.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.11.2026