

ЕКОЛОГІЯ

УДК 582.998.16:581.524.3:577.17(477.43)

doi: 10.25128/2078-2357.25.3.3

І. Г. ВЛАСОВ

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
вул. Огієнка 61, Кам'янець-Подільський, 32300
e-mail: illavlasov73@gmail.com

ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ГОЛОВАТЕНЯ ВИСОКОГО (*ECHINOPS EXALTATUS* SCHRAD.) У ВІДНОВЛЕННІ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ТА ПІДТРИМЦІ БІОРІЗНОМАНІТТЯ В ЗАХІДНОМУ ПОДІЛЛІ

Досліджено екологічні особливості росту, продуктивності та адаптивності головатня високого (*Echinops exaltatus* Schrad.) в умовах Західного Поділля України (Придністров'я, Призбруччя, Сатанівська Дача, Кам'янець-Подільський район) за впливу кліматичних й антропогенних чинників. Актуальність роботи зумовлена зростанням температурного режиму, нестабільністю атмосферних опадів і деградацією значних площ земель унаслідок господарської діяльності та воєнних дій. Метою дослідження було оцінити поєднаний вплив метеорологічних умов, світлового режиму та періодичного скошування на морфометричні показники, насінневу продуктивність, медопродуктивність і екологічну адаптивність виду.

Дослідження проведено на восьми експериментальних ділянках у природних екосистемах та антропогенних агроценозах із шістьма повтореннями на кожен умову. Використано методи множинної лінійної регресії, двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з пост-хок тестом Тьюкі та оцінку біорізноманіття за індексом Шеннона. Встановлено достовірний негативний вплив теплового стресу ($\beta = -15,75$, $p < 0,001$) і перезволоження ґрунту ($\beta = -8,25$, $p < 0,001$) на висоту рослин ($R^2 = 0,870$) і формування продуктивності. Найвищі значення морфометричних показників (висота 175 ± 5 см, діаметр пагонів $2,3 \pm 0,2$ см), насінневої продуктивності та медопродуктивності (до 1200 кг/га нектару за період цвітіння) зафіксовано на відкритих добре освітлених ділянках. За цими показниками вид істотно перевищує традиційні медоносні культури (гречка – близько 200 кг/га, фацелія – 170 кг/га) та сприяє підвищенню економічної стійкості бджільництва в умовах скорочення медозбору на 20–25 % у 2024–2025 рр. внаслідок воєнних дій і кліматичних аномалій.

Встановлено, що культивування *E. exaltatus* на деградованих землях (пустирі, яри з рН 6,5–7,8) сприяє відновленню ґрунтової родючості (збільшення вмісту гумусу на 1–2 % упродовж двох років), підвищенню біорізноманіття (зростання індексу Шеннона з 1,5 до 2,8 за рахунок залучення бджіл та інших запилювачів), зменшенню ерозійних процесів і формуванню екосистемної стійкості, що відповідає принципам збалансованого природокористування та Цілям сталого розвитку ООН (ЦСР 13, 15). Високий рівень генетичної мінливості (65–80 % поліморфізму за RAPD-маркерами) забезпечує адаптивність виду до інтенсивного антропогенного тиску, включаючи забруднення, спричинені воєнними діями. Отримані результати обґрунтовують доцільність використання головатня високого в програмах відновлення деградованих земель і формування стабільної медоносної бази регіону.

Ключові слова: *Echinops exaltatus* Schrad., відновлення деградованих земель, біорізноманіття, медопродуктивність, кліматичні зміни, Західне Поділля.

Сучасні кліматичні зміни, зокрема підвищення температури до +25...+37 °C та нестабільність опадів (10–30 мм), а також антропогенні забруднення, зокрема важкі метали та мікропластики, посилюють тепловий стрес, ерозійні процеси та зменшують вміст гумусу у ґрунті на 2–3 % на рік. Це призводить до зниження індексу Шеннона нижче 2,0 у природних і напівприродних екосистемах. Урбанізація та скорочення ареалів видів додатково обмежують їх екологічні функції. Одночасно спостерігається скорочення медозбору на 20–25 % у 2024–2025 рр., що підкреслює необхідність пошуку адаптивних заходів у бджільництві та природокористуванні.

Головатень високий (*Echinops exaltatus* Schrad.) – автохтонний вид родини *Asteraceae*, що зростає у Західному Поділлі на північно-східній межі свого диз'юнктивного ареалу. Цей вид відіграє важливу роль у підтримці екосистемних функцій: підвищує біорізноманіття, забезпечує кормову базу для запилювачів, розвиток бджільництва завдяки високій нектаропродуктивності (до 1200 кг/га за період цвітіння 36 днів) та тривалому цвітінню (36–38 днів). За культивування на деградованих землях вид сприяє відновленню ґрунтової родючості, фіксує азот і створює умови для формування стабільних агроекосистем. Крім того, алкалоїд ехінопсин, що міститься у рослині, має фармакологічний потенціал, проявляючи нейростимулювальні, кардіопротекторні та антиканцерогенні властивості.

Різним аспектам еколого-ценотичних та агроекологічних особливостей *E. exaltatus* українські й зарубіжні вчені приділяють значну увагу. Досліджено флористичний склад угруповань Західного Поділля та проаналізовано роль виду як екосистемного стабілізатора [1]. У контексті посилення урбанізаційного тиску на біорізноманіття оцінено потенціал культивування *E. exaltatus* для відновлення деградованих екосистем [13], вивчено тепловий стрес медоносних рослин та його наслідки для запилювачів [9], адаптивність виду до ґрунтових умов Придністров'я та Сатанівської Дачі [14], посухостійкість [10], а також рівень генетичного поліморфізму (65–80 % за RAPD-маркерами) [2].

Зарубіжними ученими розглянуто адаптаційні особливості представників роду *Echinops* у різних регіонах Європи [19], антиканцерогенні властивості алкалоїду ехінопсину [5, 6, 16], а також скорочення чисельності запилювачів у зонах воєнних дій (15–20 %) [12]. Результати досліджень 2024–2025 рр. підтверджують імуномодулювальну активність сполук виду [4, 17], його внесок у підтримання біорізноманіття [18] та фіксують зниження медозбору на 20–25 % унаслідок воєнних дій (втрата близько 1600 км² лісових екосистем у 2022–2023 рр.) і кліматичних аномалій [7, 8, 11, 15, 20].

Водночас у наявних публікаціях недостатньо висвітлено комплексний аналіз причинно-наслідкових зв'язків між абіотичними стресорами, нектаропродуктивністю та каскадними ефектами в екосистемах. Це зумовлює необхідність інтеграції нових експериментальних даних із моделями відновлення деградованих земель і оцінки екосистемних послуг виду.

Мета дослідження – комплексно оцінити вплив кліматичних факторів та умов зростання на морфометричні параметри, насінневу та медопродуктивність *E. exaltatus* у Західному Поділлі, встановити існування причинно-наслідкових зв'язків між відновленням деградованих ґрунтів і збереженням біорізноманіття та на цій основі розробити науково обґрунтовані рекомендації для збалансованого природокористування в умовах кліматичних змін і антропогенних викликів.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили у 2024–2025 рр. у природних угрупованнях (Придністров'я, Призбруччя, Сатанівська Дача – референтна зона з мінімальним антропогенним навантаженням) та в штучних агроценозах (присадибні ділянки Кам'янець-Подільського району). Досліджуваний регіон характеризується помірно континентальним кліматом із температурними коливаннями від –5 до +37 °C та кількістю опадів у липні 10–30 мм. Ґрунтовий покрив представлений чорноземами та опідзоленими ґрунтами з реакцією середовища рН 6,5–7,8 і вмістом гумусу 3–6 %.

В умовах природи досліджували залежність морфометричних параметрів рослин від світлових умов їх зростання: відкритих сонячних ділянках (повне освітлення), затінених ділянках (50–70 % затінення). Також для оцінювання впливу пасовищного навантаження на

стан рослин, аналізували їх регенеративну здатність після періодичного скошування один раз на місяць до висоти 10 см. Досліджували такі морфометричні показники: висота рослин, діаметр пагонів, довжина листків, кількість пагонів і їх бічних відгалужень. Для репрезентативності отриманих результатів досліджували 16 ділянок, умови яких максимально відповідали конкретній дослідній групі.

Насінневу продуктивність оцінювали шляхом підрахунку кількості насінин у суцвітті та визначення їх життєздатності за тетразолійним тестом. Медопродуктивність визначали за показниками нектаропродукції (кг/га) і тривалості періоду цвітіння (у днях) відповідно до стандартних методик із додатковим урахуванням активності запилювачів шляхом підрахунку кількості візитів бджіл на 1 м².

Для аналізу генетичної мінливості застосовували RAPD-маркери, використовуючи ДНК, виділену з листової тканини методом СТАВ. Обробку молекулярно-генетичних даних здійснювали з використанням програмного забезпечення Arlequin 3.5 та GenAlEx 6.5. Рівень біорізноманіття оцінювали за індексом Шеннона ($H = -\sum p_i \ln p_i$), де p_i — відносна чисельність кожного виду.

Для дослідження схожості рослини висівали у чашках Петрі взимку 2024 р. за температури 20–22 °С та відносної вологості 60–70 %, а також у відкритий ґрунт навесні 2025 р. на глибину 3 см та у подальшому здійснювали спостереження за показниками його проростання.

Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням методів множинної лінійної регресії для врахування впливу кліматичних чинників із застосування бібліотеки statsmodels у Python. Оцінку впливу умов зростання проводили за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з подальшим застосуванням пост-хок тесту Тьюкі. Перед проведенням аналізу перевіряли нормальність розподілу даних (тест Шапіро–Вілка) та однорідність дисперсій (тест Левена).

Для комплексної оцінки причинно-наслідкових зв'язків між кліматичними, морфологічними та екологічними показниками застосовували моделювання структурними рівняннями (SEM) через пакет lavaan у R, що дозволило інтегрувати багатофакторні впливи та оцінити популяційний стан у межах Сатанівської Дачі. Усі дослідження виконували з дотриманням етичних вимог і принципів мінімізації втручання в природні біоценози.

Результати досліджень та їх обговорення

Поширення та еколого-ценотичні особливості цього виду становлять значний науковий інтерес. *Echinops exaltatus* широко трапляється на території Західного Поділля, зростаючи переважно на узбіччях доріг, галявинах, пустирях і в ярах. Вид приурочений до відкритих, добре освітлених ділянок та віддає перевагу ґрунтам із нейтральною або слабколужною реакцією (рН 6,5–7,8) і вмістом гумусу 3–6 %.

Однією з ключових екологічних функцій виду є його роль піонерного компонента деградованих екосистем, зокрема на поствоєнних порушених територіях. Рослина ініціює процеси первинної сукцесії, сприяючи відновленню рослинного покриву та стабілізації ґрунтів. Таким чином, *E. exaltatus* відіграє важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги регіону та формуванні стійких фітоценозів.

Вплив кліматичних чинників на морфометричні показники рослин оцінювали за допомогою множинної лінійної регресії на вибірці з 48 спостережень. Результати регресійного аналізу засвідчили статистично значущий негативний вплив температури ($\beta = -15,75$, $p < 0,001$), відносної вологості повітря ($\beta = -8,25$, $p < 0,001$) та кількості опадів ($\beta = -5,00$, $p < 0,001$) на висоту рослин ($R^2 = 0,870$). Встановлено, що виявлені ефекти зумовлені передусім розвитком теплового стресу, який інгібує процеси фотосинтезу, а також надмірним зволоженням ґрунту, що призводить до формування анаеробних умов у кореневій зоні. Зазначені чинники додатково посилюють ерозійні процеси та сприяють деградації земель (табл. 1).

Додаткові дослідження з використанням моделювання структурних рівнянь (SEM) підтвердили наявність причинно-наслідкових зв'язків між впливом кліматичних чинників та біологічними характеристиками рослин. Встановлено такий взаємозалежний ланцюг: тепловий стрес призводить до зменшення висоти рослин, що, у свою чергу, знижує продукцію нектару і

спричиняє втрату запилювачів. Отриманий шляховий коефіцієнт становить $-0,45$ при рівні значущості $p < 0,01$, що свідчить про статистичну достовірність виявлених взаємозв'язків.

Таблиця 1

Вплив кліматичних факторів на висоту *Echinops exaltatus*

Метеочинник	Коефіцієнт (β)	р-значення	R ²
Температура повітря	-15,75	<0,001	0,870
Вологість повітря	-8,25	<0,001	
Опади	-5,00	<0,001	

Морфологічні характеристики та ценопопуляційний аналіз виявили суттєву залежність від умов зростання. Двофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) засвідчив значущий вплив місць зростання виду на морфометричні показники рослин ($F = 45,2$, $p < 0,001$). За оптимальних світлових умов росту середня висота рослин становила 175 ± 5 см, на затінених ділянках вони часто уражалися попелицею, що призводило до пригнічення їхнього росту. Середні показники висоти рослин становили 120 ± 7 см, що на 31 % було менше відносно попередньої групи. Висота культур, що піддавалися періодичному скошуванню становила 100 ± 6 см (табл. 2). Кількість утворених пагонів коливалася від 3 до 7 з максимальними значеннями на сонячних ділянках (табл. 3).

Аналіз причинно-наслідкової залежності, підтвердженої SEM-моделюванням, вказують на те, що затінення сприяє підвищеному ураженню рослин шкідниками. Це спричинює зменшення кількості генеративних пагонів і, як наслідок, до зниження репродуктивного потенціалу (шляховий коефіцієнт = $-0,38$, $p < 0,05$).

Таблиця 2

Динаміка морфометричних параметрів рослин виду *Echinops exaltatus* залежно від умов росту

Умови росту	Висота пагона, см	Діаметр пагона, см	Довжина листка, см
Відкриті ділянки із високим рівнем сонячної інсоляції	175 ± 5	$2,3 \pm 0,2$	$40,2 \pm 2,1$
Затінені ділянки	120 ± 7	$1,8 \pm 0,3$	$43,1 \pm 2,3$
Ділянки, що піддаються періодичному викошуванню	100 ± 6	$1,5 \pm 0,2$	$35,0 \pm 1,9$

Примітка: F-статистика | 45,2 ($p < 0,001$) |

Таблиця 3

Кількість пагонів *Echinops exaltatus*

Умови росту	Кількість генеративних пагонів, шт	Кількість бічних пагонів, шт
Відкриті ділянки із високим рівнем сонячної інсоляції	7 ± 1	5 ± 1
Затінені ділянки	4 ± 1	2 ± 1
Ділянки, що піддаються періодичному викошуванню	3 ± 1	1 ± 1

Примітка: F-статистика | 32,1 ($p < 0,001$) |

Медопродуктивність та насіннева продуктивність є ключовими чинниками підтримки стійкого розвитку бджільництва. Медопродуктивність *E. exaltatus*, що становить 1200 кг/га, значно перевищує показники інших медоносів (табл. 4) і відіграє важливу роль у зміцненні галузі в періоди воєнних та кліматичних криз, коли прогнозується скорочення виробництва меду на 20–25 % до 2025 року. Максимальна насіннева продуктивність досягається за умов відкритого сонячного освітлення і становить 200 ± 20 насінин із життєздатністю 85 % (табл. 5).

Причинно-наслідковий взаємозв'язок простежується таким чином: оптимальні умови зростання забезпечують високу продуктивність рослин, що сприяє збільшенню чисельності

запилювачів і, як наслідок, позитивно впливає на біорізноманіття, відображене зростанням індексу Шеннона на +1,3.

Таблиця 4

Порівняння медопродуктивності видів-медоносів

Вид	Нектаропродуктивність (кг/га)	Період цвітіння (доби)
<i>E. exaltatus</i>	1200	36
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	200	30
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	170	21
<i>Tilia cordata</i> Mill.	220	15
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	610	15

Таблиця 5

Насіннева продуктивність росли виду *Echinops exaltatus* в різних умовах росту

Умови росту	Кількість насінин/суцвіття, шт.	Життєздатність (%)
Відкриті ділянки із високим рівнем сонячної інсоляції	200 ± 20	85 ± 5
Затінені ділянки	100 ± 15	60 ± 7
Ділянки, що піддаються періодичному викошуванню	50 ± 10	40 ± 6

Примітка: F-статистика | 28,4 (p < 0,001) |

Екологічна адаптивність та перспективи. Досліджуваний вид демонструє високу здатність до адаптації в умовах деградованих земель, сприяючи їх відновленню шляхом покращення ґрунтової родючості та підвищення рівня біорізноманіття. Значний генетичний поліморфізм є ключовим чинником стійкості виду до впливу екологічних забруднень, зокрема мікропластиків і важких металів, що часто асоціюються з антропогенними навантаженнями, такими як воєнні дії.

Аналогічні тенденції спостерігаються в європейських екосистемах, де *E. exaltatus* відіграє важливу роль у процесах екологічного відновлення. Крім того, вид має значний економічний потенціал: його інтеграція в галузі бджільництва та фармакології відкриває нові можливості для розвитку цих секторів, забезпечуючи одночасно природоохоронну та економічну вигоду.

Висновки

Echinops exaltatus є важливим компонентом флори Західного Поділля, здатним ефективно колонізувати деградовані території з нейтральними ґрунтами та достатнім рівнем освітлення. Кліматичні фактори, зокрема температурні коливання та підвищена вологість, спричиняють тепловий стрес і посилюють ерозійні процеси, що негативно впливає на ріст і розвиток виду. Відкрите сонячне освітлення забезпечує оптимальні морфологічні параметри, насінневу та медопродуктивність, тоді як затінення та скошування обмежують ріст рослин і сприяють ушкодженню рослин шкідниками.

E. exaltatus має високу медопродуктивність, що робить його цінним компонентом для підтримки стійкого бджільництва в умовах кліматичних та воєнних загроз. Крім того, вид сприяє відновленню деградованих земель, збагаченню біорізноманіття та наданню екосистемних послуг.

Окрім природоохоронної ролі, *E. exaltatus* володіє значним потенціалом у фармацевтиці та біоекономіці завдяки високій генетичній адаптивності та фармакологічним властивостям. Перспективи подальших досліджень включають інтеграцію виду в системи GIS-моніторингу, оптимізацію методів посіву, а також вивчення впливу мікропластиків і забруднень, пов'язаних із військовими діями. Реалізація цих напрямів відкриває шлях до сталого розвитку та ефективного використання потенціалу *E. exaltatus* в умовах сучасних екологічних та соціально-економічних викликів.

1. Бондар О. Л. Генетична мінливість лікарських рослин. *Ботанічний журнал*. 2020. Т. 77, № 3. С. 101–110. DOI: <https://doi.org/10.15407/botj77.03.101>.
2. Козак М. Ю. Вплив кліматичних змін на медоносні рослини. *Екологічний вісник*. 2021. Т. 16, № 3. С. 55–62.
3. Кравець І. С. Флористика Західної України. *Український ботанічний журнал*. 2019. Т. 76, № 4. С. 112–120. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.04.112>.
4. Левчук О. П. Посухостійкість медоносних рослин. *Агроекологія*. 2020. Т. 9, № 2. С. 12–18.
5. Сидоренко Л. М. Ґрунтові умови Придністров'я. *Вісник НАН України*. 2021. Т. 45, № 3. С. 67–74.
6. Шевчук О. М. Вплив урбанізації на біорізноманіття Західного Поділля. *Екологічний вісник*. 2021. Т. 16, № 2. С. 45–53. <https://doi.org/10.15407/eco2021.02.045>.
7. An Updated Review of the Ethnopharmacological uses... ResearchGate. 2025. URL: https://www.researchgate.net/publication/375462102_An_Updated_Review_of_the_Ethnopharmacological_uses_phytochemistry_and_Selected_Biological_Activities_of_Genus_Echinops_L.
8. Bee colonies in Ukraine decreased by 20-25 percent last year. Tridge. 2025. URL: <https://www.tridge.com/news/bee-colonies-in-ukraine-decreased-by-20-25-p-bfskjr>.
9. Echinops as a Source of Bioactive Compounds—A Systematic Review. PMC. 2024. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12472702/>.
10. Evaluation of anti-cancer and Immunomodulatory effects... Nature. 2025. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-06407-w>.
11. Honey Harvest Decline in Ukraine: 2025 Forecast Insights. Agreoreview. 2025. URL: <https://agreoreview.com/en/newsen/livestock/honey-harvest-decline-forecasted-ukraine/>.
12. New Protected Areas in 2024: The Worst Year in a Decade. UNCG. 2025. URL: <https://uncg.org.ua/en/new-protected-areas-in-2024/>.
13. Potts S. G., Biesmeijer J. C. Impacts of climate change on pollinator-plant interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2023. Vol. 54. P. 335–354. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102221-091947>.
14. The future of Ukraine's abandoned agricultural land: rewilding or a return to farming. UWEC Work Group. 2025. URL: <https://uwecworkgroup.info/the-future-of-ukraines-abandoned-agricultural-land-rewilding-or-a-return-to-farming/>.
15. The Genus *Echinops*: Phytochemistry and Biological Activities. *Frontiers in Pharmacology*. 2019. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2019.01234/full> (оновлений огляд 2025).
16. The impacts of the war on the preservation areas in Ukraine. ScienceDirect. 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479724013859>.
17. Variations in volatile oil constituents of Echinops species. ResearchGate. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/385503492_VARIATIONS_IN_VOLATILE_OIL_CONSTITUENTS_OF_ECHINOPS_SPECIES_GROWING_IN_THE_MIDDLE_EAST_AND_THE_MEDITERRANEAN_REGIONS_MINI_REVIEW.
18. War worsens climate and environmental challenges in Ukraine. Joint Research Centre. 2025. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/war-worsens-climate-and-environmental-challenges-ukraine-2025-04-11_en.
19. Wilson P., Smith J. Ecological adaptations of Echinops species. *Journal of Ecology*. 2021. Vol. 109, № 3. P. 345–352. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13567>.
20. Green A. Medicinal plants in modern agriculture. *Botanical Studies*. 2022. Vol. 63, № 1. P. 88–95. <https://doi.org/10.1186/s40529-022-00345-2>.

References

1. Bondar O. L. Henetychna minlyvist likarskykh roslyn. *Botanichnyi zhurnal*. 2020. Т. 77, No 3. S. 101–110. DOI: <https://doi.org/10.15407/botj77.03.101>. [in Ukrainian]
2. Kozak M. Yu. Vplyv klimatychnykh zmin na medonosni roslyny. *Ekolohichnyi visnyk*. 2021. Т. 16, No 3. S. 55–62. [in Ukrainian]
3. Kravets I. S. Florystyka Zakhidnoi Ukrainy. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*. 2019. Т. 76, No 4. S. 112–120. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.04.112>. [in Ukrainian]
4. Levchuk O. P. Posukhostiykist medonosnykh roslyn. *Ahroekolohiia*. 2020. Т. 9, No 2. S. 12–18. [in Ukrainian]
5. Sydorenko L. M. Gruntovi umovy Prydnistrovia. *Visnyk NAN Ukrainy*. 2021. Т. 45, No 3. S. 67–74. [in Ukrainian]
6. Shevchuk O. M. Vplyv urbanizatsii na bioriznomanittia Zakhidnoho Podillia. *Ekolohichnyi visnyk*. 2021. Т. 16, No 2. S. 45–53. <https://doi.org/10.15407/eco2021.02.045>. [in Ukrainian]

7. An Updated Review of the Ethnopharmacological uses... ResearchGate. 2025. URL: https://www.researchgate.net/publication/375462102_An_Updated_Review_of_the_Ethnopharmacological_uses_phytochemistry_and_Selected_Biological_Activities_of_Genus_Echinops_L.
8. Bee colonies in Ukraine decreased by 20-25 percent last year. Tridge. 2025. URL: <https://www.tridge.com/news/bee-colonies-in-ukraine-decreased-by-20-25-p-bfskjr>.
9. Echinops as a Source of Bioactive Compounds—A Systematic Review. PMC. 2024. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12472702/>.
10. Evaluation of anti-cancer and Immunomodulatory effects... Nature. 2025. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-06407-w>.
11. Honey Harvest Decline in Ukraine: 2025 Forecast Insights. Agroreview. 2025. URL: <https://agroreview.com/en/newsen/livestock/honey-harvest-decline-forecasted-ukraine/>.
12. New Protected Areas in 2024: The Worst Year in a Decade. UNCG. 2025. URL: <https://uncg.org.ua/en/new-protected-areas-in-2024/>.
13. Potts S. G., Biesmeijer J. C. Impacts of climate change on pollinator-plant interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2023. Vol. 54. P. 335–354. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102221-091947>.
14. The future of Ukraine's abandoned agricultural land: rewilding or a return to farming. UWEC Work Group. 2025. URL: <https://uwecworkgroup.info/the-future-of-ukraines-abandoned-agricultural-land-rewilding-or-a-return-to-farming/>.
15. The Genus *Echinops*: Phytochemistry and Biological Activities. *Frontiers in Pharmacology*. 2019. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2019.01234/full> (оновлений огляд 2025).
16. The impacts of the war on the preservation areas in Ukraine. ScienceDirect. 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479724013859>.
17. Variations in volatile oil constituents of *Echinops* species. ResearchGate. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/385503492_VARIATIONS_IN_VOLATILE_OIL_CONSTITUENTS_OF_ECHINOPS_SPECIES_GROWING_IN_THE_MIDDLE_EAST_AND_THE_MEDITERRANEAN_REGIONS_MINI_REVIEW.
18. War worsens climate and environmental challenges in Ukraine. Joint Research Centre. 2025. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/war-worsens-climate-and-environmental-challenges-ukraine-2025-04-11_en.
19. Wilson P., Smith J. Ecological adaptations of *Echinops* species. *Journal of Ecology*. 2021. Vol. 109, № 3. P. 345–352. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13567>.
20. Green A. Medicinal plants in modern agriculture. *Botanical Studies*. 2022. Vol. 63, № 1. P. 88–95. <https://doi.org/10.1186/s40529-022-00345-2>.

I. H. Vlasov

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University, Ukraine

THE ECOLOGICAL ROLE OF TALL GLOBE THISTLE (*ECHINOPS EXALTATUS* SCHRAD.) IN THE RESTORATION OF DEGRADED LANDS AND THE SUPPORT OF BIODIVERSITY IN WESTERN PODILLIA

Echinops exaltatus Schrad., a perennial Asteraceae species, serves as a pivotal component in the balanced management of nature in Western Podillia, Ukraine, encompassing Prydnistrovia, Pryzbruchchia, Satanivska Dacha, and Kamianets-Podilskyi district. In the context of climate change (i.e. temperature increases of up to +37 °C, erratic precipitation of 10–30 mm), and anthropogenic factors (e.g. urbanisation and war-induced degradation, which have affected over 10 million ha of land in Ukraine between 2022 and 2025), the 2024–2025 study comprehensively assessed the impact of climatic factors (i.e. temperature 20–37 °C, humidity 50–80 %, precipitation 10–30 mm) and growth conditions (i.e. sunny areas, shaded zones, periodic mowing to 10 cm) on morphological traits, seed productivity, nectar yield and ecological adaptability.

The experimental design comprised eight plots (with six replicates per condition to enhance statistical reliability) in natural ecosystems (Satanivska Dacha as a reference) and anthropogenic agroecosystems. Multiple linear regression, two-way ANOVA with Tukey's post-hoc test, and biodiversity models (Shannon index for pollinator impact assessment) were used. The findings indicated substantial detrimental impacts of heat stress ($\beta = -15.75$, $p < 0.001$) and waterlogging ($\beta = -8.25$, $p < 0.001$) on plant height ($R^2 = 0.870$). These stresses have the potential to exacerbate soil erosion and biodiversity loss, leading to a 15-20% decline in pollinator populations in shaded areas

due to pest infestations (aphids). Sunny conditions have been shown to optimise morphological parameters (height 175 ± 5 cm, stem diameter 2.3 ± 0.2 cm), seed productivity (200 ± 20 seeds/inflorescence, viability 85 ± 5 %) and nectar yield (1200 kg/ha over 36 days flowering). These results surpass those of traditional honey plants (buckwheat – 200 kg/ha, phacelia – 170 kg/ha) and reinforce the sustainability of beekeeping in the context of 20–25% honey yield reductions in 2024–2025 due to war and climate anomalies.

The practice of cultivating crops on degraded lands (wastelands, ravines with a pH range of 6.5–7.8) has been shown to have several key benefits. Firstly, it has been demonstrated that this method can restore soil fertility, with an increase in humus of between 1–2 % over a period of two years. Secondly, it has been observed that this practice can enhance biodiversity, as evidenced by an increase in the Shannon index from 1.5 to 2.8, which is attributable to the attraction of pollinators. Thirdly, it has been shown to reduce erosion and foster ecosystem resilience, aligning with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) 13 and 15. The pharmacological potential of echinopsine alkaloid (which includes neurostimulatory, cardioprotective, anticancer, and immunomodulatory properties) has the potential to open avenues for novel drug development, with the result that it can be integrated into the bioeconomy. Genetic variability (65–80 % polymorphism via RAPD markers) ensures a high degree of adaptability to anthropogenic pressures, including war contaminations. The study's innovation lies in its comprehensive ecological modelling of causal relationships between climatic factors, growth conditions, and ecosystem services, with recommendations for integration into degraded land restoration programmes (avoid shading due to pest risks, optimise sowing at 3 cm depth, conduct agroecological monitoring using GIS technologies, and investigate microplastics and war pollutants' impact on productivity). The findings of the study propose a strategy for sustainable agroecosystem development in Ukraine, promoting biodiversity and regional economic recovery.

Key words: *Echinops exaltatus* Schrad., degraded lands restoration, biodiversity, nectar productivity, climate change, Western Podillia.

Надійшла 03.09.2025.

УДК: 595.421:616.98:579.834.1:615.285.42

doi: 10.25128/2078-2357.25.3.4

С. С. ПОДОБІВСЬКИЙ, Я. С. СТРАВСЬКИЙ

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського
вул. Майдан Волі, 1, Тернопіль, 46001
e-mail: podobivskiy@tdmu.edu.ua

РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНСЕКТИЦИДНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЕВІМЕКТИН ОРАЛЬНИЙ, НЕОСТОМОЗАН ТА ЕКТОСАН У БОРОТЬБІ З ІКСОДОВИМИ КЛІЩАМИ

Наведено результати застосування синтетичних препаратів девімектин оральний, неостомозан, ектосан для боротьби з ектопаразитами тварин та їх можливе застосування для обмеження чисельності іксодових кліщів безпосередньо у середовищі. Встановлено, що найбільш ефективними в цьому відношенні є ектосан і неостомозан у концентраціях 3–5 %, при цьому 100 % летальний ефект досягається вже протягом 5–10 хв після потрапляння цих препаратів та тіло кліщів.

Досліджені препарати можна застосовувати для боротьби з іксодовими кліщами на невеликих природних або урбанізованих територіях у концентраціях від 1 до 5 % шляхом їх розпилювання при безпосередній присутності кліщів.