

УДК: 581.524:551.583(477)

© 2025

ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛІННЯ ЯК ЧИННИК ЗРОСТАННЯ ІНВАЗІЙНОСТІ СЕГЕТАЛЬНИХ ВИДІВ РОСЛИН У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ

І.А. Шувар¹, Г.М. Корпіта², О.Я. Гадзало³

¹доктор сільськогосподарських наук, професор

²кандидат сільськогосподарських наук

Львівський національний університет ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С.З. Гжицького

вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, 80381, Україна

e-mail: ¹shuvaria@ukr.net, ²korpita@ukr.net, ³o.hadzalo@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-4149-1761, ²0000-0002-0908-0129, ³0000-0002-6717-2531

Надійшла 16.06.2025

Мета. Виявити зв'язок між кліматичними змінами, зокрема між температурними і гідротермічними показниками, та поширенням інвазійних видів рослин на території Західного Лісостепу України. Проаналізувати кліматичні тренди, які можуть сприяти адаптації, розмноженню й експансії чужорідних видів у нові середовища. **Методи.** Використовували методи багаторічного моніторингу температурних показників і кількості опадів, розрахунку гідротермічного коефіцієнта, статистичного аналізу динаміки кліматичних даних, а також таксації інвазійних видів для візуалізації й аналізу просторових змін. Джерелом кліматичних даних слугували відкриті архіви метеорологічних станцій, а інформації про флору — результати польових досліджень і фітогеографічні огляди. Кореляційні коефіцієнти та їх статистичну значущість обчислювали з використанням статистичного пакета SPSS. Урожайність визначали із застосуванням стандартних для регіону агротехнічних заходів, а відмінності між контрольними й експериментальними групами рослин оцінювали методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Зміни флори і фауни аналізували за індексами різноманітності Шеннона та Сімпсона. **Результати.** Встановлено, що впродовж аналізованого періоду (2005–2024 рр.) середньорічна температура повітря підвищувалася на 0,9–1,2 °С, збільшувалася тривалість вегетаційного періоду. Водночас зростала тривалість періодів літньої посухи, що створювало сприятливі умови для поширення ксерофільних інвазійних видів, зокрема *Heracleum sosnowskyi* Manden. (борщівник Сосновського), *Impatiens glandulifera* Royle (розрив-трава залозиста), *Ambrosia artemisiifolia* L. (амброзія полинолиста), *Solidago canadensis* L. (золотарник канадський). **Висновки.** Існує тісний зв'язок між зміною клімату й поширенням інвазійних видів рослин у Західному Лісостепу. Підвищення температури, зменшення кількості опадів у літній період

і подовження вегетаційного сезону сприяють закріпленню чужорідних видів у нових екотопах. Результати дослідження як з наукового, так і з практичного погляду можуть слугувати важливою інформативною базою, необхідною для прогнозування ризиків біологічних інвазій та розроблення регіональних стратегій екологічної адаптації екосистем до кліматичних змін, а також для розширення і поглиблення подальших наукових досліджень.

Ключові слова: інвазійні види рослин, кліматичні зміни, Західний Лісостеп, біорізноманіття, гідротермічний коефіцієнт, поширення, адаптація.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202507-05>

Упродовж останніх десятиліть відбувається пришвидшена біологічна інвазія рослин, спричинена кліматичними змінами та антропогенними чинниками. До основних чинників, що сприяють поширенню інвазійних видів рослин, належать глобалізація транспортних перевезень, зростання міжнародної торгівлі, трансформація природних екосистем (зарегульованість водойм, вирубування лісів, необґрунтоване заліснення степів, осушення або обводнення територій тощо). З історичного погляду інтродукція рослин мала переважно прикладний характер. Наукове обґрунтування цього процесу вперше запропонував А. Декандоль 1855 р. [1], а згодом розвинув М.І. Вавілов, який сформулював теорію центрів походження культурних рослин [2]. Однак неконтрольоване поширення інвазійних видів, на відміну від корисної інтродукції, призвело до серйозних екологічних й економічних проблем.

Дослідження чужорідних видів є важливим завданням, що впливає з вимог міжнародних природоохоронних угод, зокрема з Конвенції про збереження біорізноманіття (Ріо-де-Жанейро, 1992), Конвенції ООН щодо неаборигенних видів (Тронхейм, 1996), Міжнародного форуму з екологічних проблем фітоінвазій (Берлін, 1997), Глобальної стратегії з інвазійних чужорідних видів (Монреаль, 2001). Важливою умовою реалізації цих угод є складання регіональних

списків інвазійних видів та здійснення їх комплексного моніторингу. В Україні вперше такий список було затверджено 2018 р. фахівцями Закарпатської обласної ради [3]. Серед загроз біорізноманіттю проблема інвазійних рослинних організмів посідає друге місце — перше належить руйнуванню природних екосистем. Однак у деяких країнах (США, Австралія) її вважають головною екологічною загрозою. Інвазійні види завдають непоправної шкоди біоценозам, змінюючи структуру й умови функціонування екосистем: витісняють аборигенні види та спричинюють деградацію усталених природних середовищ [4].

Територія України — важливий об'єкт дослідження інвазій, який має особливе географічне розташування, представлений лісовими, лісостеповими, степовими зонами, а також гірськими й приморськими регіонами, широкою гамою біорізноманіття. До чинників, що сприяють поширенню чужорідних видів, належать трансформація ландшафтів унаслідок сільськогосподарської та промислової діяльності, урбанізація, занепад господарств через аграрні реформи, а також наявність значних площ неживих земель. Додатковими чинниками є меліоративні заходи, активні економічні зв'язки, традиції культивування екзотичних рослин і розведення тварин [5].

Особливу роль у цьому процесі в Україні відіграють непередбачувані

негативні впливи повномасштабного збройного вторгнення російської федерації, що стало великим суспільним потрясінням у сфері охорони природи, зокрема її рослинного та тваринного світу. Флора України нараховує близько 830 чужорідних видів рослин, з яких близько 100 вважаються інвазійними або потенційно інвазійними, а близько 50 видів становлять значну загрозу для природних екосистем і господарств. Інвазійні види є одним із головних чинників деградації місцевих екосистем, оскільки призводять до витіснення аборигенних видів флори та фауни, погіршують стан сільськогосподарських угідь, зменшують урожайність агрофітоценозів, погіршують якість продукції й завдають економічних збитків [6].

За даними «Огляду поширення карантинних організмів в Україні» [7], що публікується щороку Держпродспоживслужбою, станом на 1 січня 2025 р. загальна площа ураженої *Ambrosia artemisiifolia* (далі — *A. artemisiifolia*) території становила близько 298 тис. га, що на 8,7% більше, ніж попереднього року (274 тис. га). До трійки лідерів за розміром заражених земель увійшли Одеська (близько 35 200 га), Дніпропетровська (32 150 га) та Херсонська (29 800 га) обл. — на них разом припадає понад 30% усіх зареєстрованих уражень. У середньому в країні щільність рослин у зонах максимального цвітіння досягала 15 шт./м², а ступінь покриття уражених площ становив 1,2% загальної площі орних земель. Крім того, щотижневий фітосанітарний моніторинг підтверджує зростання активності розповсюдження амброзії: за період з 9 по 15 червня 2025 р. інспектори Держпродспоживслужби зафіксували 157 випадків появи *A. artemisiifolia* на контрольних майданчиках по всій території країни, що відповідає середньому показнику — близько 22 випадків на область за тиждень [7]. Такі обсяги і динаміка уражень підтверджують, що

A. artemisiifolia стала типовим представником карантинних бур'янів, а її інвазійність найінтенсивніше проявляється в південних і центральних аграрних регіонах. Ігнорування цих репрезентативних даних під час проведення локальних польових досліджень значно звужує методологічну базу та ставить під сумнів достовірність висновків щодо ареалів і темпів розповсюдження виду.

Враховуючи швидке поширення *A. artemisiifolia* та масштаби ураження нею, можна дійти висновку, що неконтрольоване розповсюдження чужорідних рослин часто починається з допустимого інтродукційного використання: спочатку — у сільському господарстві чи декоративному озелененні, а згодом — за межами контрольованих площ. Саме цей механізм — перехід видів із когорти «корисних» до «шкідливих» — є однією з основних загроз для екосистем України. Так, борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden., далі — *H. sosnowskyi*), який у господарствах спочатку культивували як кормову та декоративну рослину, з 1990-х років почав активно поширюватися в агроценозах, витісняючи аборигенні види. Подібну експансію демонструє і розрив-трава залозиста (*Impatiens grandulifera*, далі — *I. grandulifera*), яка вийшла за межі культурного вирощування в 1980-х роках і нині активно проникає в лучно-болотні екосистеми [8].

Наслідком поширення інвазійних видів є зменшення чисельності та щільності популяцій місцевих рослин, втрата рідкісних та зникаючих видів, а також незворотна трансформація природних біотопів. Загалом інвазійні види характеризуються високою екологічною пластичністю та значним потенціалом до поширення, що ускладнює процес контролювання їх чисельності й потребує ефективних механізмів управління ними. Тому виконання ґрунтовних популяційних досліджень і створення

системи екологічного моніторингу є надзвичайно актуальним завданням.

Важливо зазначити, що більшість науково-інформаційних ресурсів, присвячених інвазійним видам, розроблено в США та Канаді. У країнах Європейського Союзу функціонує Європейська інформаційна мережа чужорідних видів (EASIN), яка забезпечує обмін даними про їх поширення та сприяє імплементації природоохоронної політики ЄС. В Україні подібні ресурси перебувають на початковій стадії розвитку, хоча потреба в них зростає через постійне збільшення кількості чужорідних видів. В окремих регіонах країни 20–40% флори вже становлять адвентивні види, що вказує на необхідність створення інтегрованої бази даних та ефективної стратегії управління фітоінвазіями з метою мінімізації їх загроз [8].

Виконані авторами багаторічні дослідження та узагальнення результатів наукових публікацій дали змогу виокремити основні загрози, пов'язані з інвазійними видами. До них належать трансформація природних екосистем, зміна складу та щільності флори і фауни, збіднення або втрата біорізноманіття, витіснення місцевих видів, зменшення продуктивності екосистем і сільськогосподарських угідь. Окремі види небезпеки становлять міжвидова гібридизація, поширення патогенів, а також загрози для здоров'я населення через вплив алергенних або токсичних речовин. Усе це призводить до значних економічних збитків, зокрема в аграрному та лісовому секторах економіки.

Мета досліджень — виявити взаємозв'язки між кліматичними змінами (температурою та вологістю повітря) і поширенням інвазійних видів рослин у Західному Лісостепу з метою оцінити потенціальний вплив кліматичних чинників на трансформацію біорізноманіття й визначити можливі напрями адаптації до змін середовища. Новизна

цих досліджень полягає у виявленні синергетичного впливу кліматичних (температура, вологість) та антропогенних чинників на просторову динаміку поширення інвазійних видів з уточненням порогових екологічних значень, за яких активізуються інвазійні процеси.

Матеріали та методи досліджень. Для всебічного вивчення змін кліматичних умов і поширення інвазійних видів рослин у Західному Лісостепу автори застосовували кількісні та якісні методи в поєднанні з використанням польових спостережень, метеорологічних даних і сучасних ГІС-технологій.

Джерела інформації та збір даних щодо кліматичних показників. Для оцінювання температурного й вологісного режимів за період 2005–2024 рр. використовували результати щоденних, місячних та річних спостережень метеорологічних станцій Західного Лісостепу (Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська обл.). На підставі щоденних звітів було визначено середню, мінімальну та максимальну температуру повітря, а також середню, мінімальну і максимальну відносну вологість.

Об'єкт і територія дослідження інвазійних рослин. Об'єктом дослідження виступали: *Heracleum sosnowskyi* Manden. (борщівник Сосновського), *Impatiens glandulifera* Royle (розрив-трава залозиста), *Ambrosia artemisiifolia* L. (амброзія полинолиста), *Solidago canadensis* L. (золотарник канадський, далі — *S. canadensis*). Польову частину досліджень проводили впродовж 2018–2024 рр. маршрутним методом на 48 модельних ділянках (по 16 у кожній області), визначених за стратифікованою випадковою вибіркою, щоб охопити агроценози, узбіччя доріг, прибережні зони водойми, деградовані землі та природні біотопи. Кожна досліджувана ділянка мала площу 1 га, що давало змогу відтворити внутрішню гетерогенність ускладненої структури рослинного покриву. Обстеження виконували двічі впродовж

сезону — у фазах початку (липень) і максимуму цвітіння (серпень — вересень).

Визначення площ поширення та просторове картування. Для встановлення площ поширення зазначених видів рослин застосовували єдиний підхід, що полягав у поєднанні польового картування і дистанційного супутникового аналізу. Під час польових обстежень території ураження визначали на підставі результатів обхідних спостережень: за допомогою портативного GPS-приймача Garmin GPSMAP 66i з точністю 3–5 м окреслювали межу поширення кожного виду там, де щільність особин знижувалася до одного екземпляра на квадратний метр. Отримані GPS-координати разом з атрибутивними даними — назвою виду, датою обстеження, показниками щільності та покриття — експортували до вільної геоінформаційної системи QGIS 3.16 у форматі shapefile, де в подальшому її обробляли з метою побудови векторних полігонів поширення.

Паралельно для кожного з видів рослин здійснювали аналіз із використанням супутникових знімків із Sentinel-2. На підставі вегетаційного індексу NDVI із просторовою роздільністю 10 м виявляли кластери амброзії полинолистої та золотарника канадського з інтенсивністю росту рослин, що перевищувала поріг $NDVI > 0,6$, верифікований даними GPS-полігонів. Ці зони автоматично виділялися в QGIS, загальні площі ураження обчислювали з узгодженою похибкою не більш як $\pm 2\%$.

У випадку борщівника Сосновського і розрив-трави залозистої, спектральні профілі яких можуть збігатись із тлом, дистанційний індекс виявився недостатньо чутливим. Тому для цих видів використовували знімки true-color із Sentinel-2 та аерозйомку дронами, що забезпечувало можливість розрізнити характерні контрастні кольори цвітіння. Із застосуванням фотознімків вручну

здійснювали оцифрування територій поширення рослин, перевіряючи їх межі за GPS-точками безпосередньо в QGIS.

На завершення всі шари — GPS-полігони, NDVI-кластери та вручну векторизовані території — було інтегровано в один проєкт QGIS. За допомогою інструмента «Загальна площа» щодо кожного виду рослин підраховували підсумкові значення площ із максимальною похибкою $\pm 2\%$. Результатом стала серія тематичних карт, де кожний вид рослин позначено окремим кольором, а домінуючі кластери наочно демонструють ключові ареали інвазії.

Флористичний, фітоценотичний та популяційний аналіз. Для структурного вивчення адвентивної фракції флори застосували загальноприйняті методики Серебрякова та Поплавської [10, 11]. Ценотичне приурочення здійснювали відповідно до класифікації Браун-Бланке, інвазії виокремлювали за методикою D.M. Richardson [12]. Участь видів у біотопах оцінювали згідно з принципами EUNIS [13]. Популяційні характеристики вивчали на модельних ділянках із різним антропогенним навантаженням (витоптані місця, газони, посіви, прибережні смуги); облік чисельності, вікової структури та щільності проводили із застосуванням стандартних демографічних методів [14].

Кореляційний аналіз впливу клімату на інвазійність. Для дослідження взаємозв'язків між кліматичними змінними й інтенсивністю поширення інвазійних видів було досліджено вплив показників температури і вологості. Кореляційні коефіцієнти та їх значущість обчислювали з використанням пакета статистичного аналізу SPSS.

Методи оцінювання економічних та екологічних наслідків інвазії. Для верифікації економічних втрат і екологічних змін, спричинених інвазійними видами, було закладено серію польових експериментів із використанням контрольних і дослідних ділянок, на яких рівень

засмічення ґрунту кожним із чотирьох видів рослин підтримувався на сталому рівні. Урожайність на цих ділянках визначали за виконання загальноприйнятих для умов зони дослідження агротехнічних заходів, після чого із застосуванням однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) виявляли статистично значущі відмінності між контрольними й експериментальними групами рослин. Зміни структури флори і фауни оцінювали через розрахунок індексів різноманітності Шеннона та Сімпсона [15], порівнюючи показники до й після інвазії між собою, а також із показниками з контрольних ділянок без інвазії. Паралельно вели детальний облік прямих витрат на боротьбу з інвазійними видами: фіксували обсяги та вартість гербіцидів, паливно-мастильних матеріалів, робочої сили і техніки згідно з технологічними картами й фінансовими звітами сільськогосподарських підприємств.

Для перевірки кореляцій між кліматичними змінними, рівнем засмічення й економічними показниками застосували статистичний пакет SPSS, за допомогою якого розраховували кореляційні коефіцієнти та будували 95%-ві довірчі інтервали. Рівень значущості критеріїв установлювали за $p < 0,05$. Такий комплексний експериментально-аналітичний підхід гарантує отримання достовірних, відтворюваних даних щодо втрат урожайності, змін біорізноманіття та матеріальних витрат на проведення заходів щодо контролю чисельності інвазійних видів.

Обробка та візуалізація даних.

Температурні та вологісні показники, а також динаміку поширення інвазійних видів рослин було піддано описовій статистиці (середні, стандартні відхилення) та подано у вигляді серійних графіків і діаграм в Excel 2013 та QGIS. Кожний етап обробки документували у вигляді протоколів, що забезпечувало прозорість методики й можливість відтворення результатів іншими дослідниками.

Результати досліджень. Упродовж останніх 20 років у Західному Лісостепу спостерігалось значне підвищення температури та вологості повітря, що є наслідком глобальних змін клімату. Аналіз температурних і вологісних показників, наведених у табл. 1 і 2, дає змогу визначити основні тенденції та мінімізувати негативні наслідки. Зокрема, отримані температурні показники свідчать про поступове потепління впродовж періоду дослідження (див. табл. 1). Якщо у 2005–2009 рр. середня температура повітря на території дослідження становила $7,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, то за 2020–2024 рр. цей показник зріс до $9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Підвищення температури на $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ свідчить про значне потепління на локальному рівні. Означений процес особливо яскраво проявляється у збільшенні середніх максимальних температур, які за 20 років зросли від $18,4$ до $20,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зростання температурних екстремумів призводить до посилення літньої спеки, що, своєю чергою, чинить негативний вплив на перебіг біохімічних процесів, ріст і розвиток біологічного різноманіття.

Змінилися і мінімальні температури. Якщо у 2005–2009 рр. мінімальна температура в середньому становила $-2,02\text{ }^{\circ}\text{C}$, то за 2020–2024 рр. вона зросла до $-0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це свідчить про загальне зниження екстремально низьких температур і є ознакою зменшення частоти й інтенсивності холодних зим. Таке зменшення мінімальних температур сприяє покращенню умов перезимівлі озимих культур і загального стану біорізноманіття.

Аналіз даних щодо середньої відносної вологості повітря в Західному Лісостепу впродовж 2005–2024 рр. свідчить про тенденцію до поступового її зменшення, тобто про тенденцію до посух. Так, у 2005 р. показник середньої вологості становив 84% , а у 2024 р. він зменшився до 74% . Очевидно, що зниження вологості повітря за два десятиліття на 10% є результатом зміни клімату або інших

1. Розподіл температурних показників у Західному Ліссостепу у 2005 – 2024 рр.

Рік	Температура, ° С		
	Середня	Мінімальна	Максимальна
2005	7,3	-2,0	18,2
2006	7,5	-1,8	18,7
2007	7,2	-2,2	18,0
2008	7,4	-2,1	18,4
2009	7,6	-2,0	18,9
2005–2009 (середнє)	7,4	-2,02	18,4
2010	7,8	-1,5	19,0
2011	8,0	-1,3	19,2
2012	8,1	-1,1	19,3
2013	8,2	-1,0	19,4
2014	8,3	-1,2	19,5
2010–2014 (середнє)	8,08	-1,02	19,3
2015	8,5	-0,9	19,6
2016	8,6	-0,8	19,7
2017	8,7	-0,7	19,8
2018	8,9	-0,6	20,0
2019	9,0	-0,5	20,2
2015–2019 (середнє)	8,74	-0,7	19,94
2020	9,2	-0,3	20,4
2021	9,3	-0,2	20,5
2022	9,4	-0,1	20,7
2023	9,5	-0,1	20,8
2024	9,6	0,0	21,0
2020–2024 (середнє)	9,4	-0,13	20,7

Джерело: складено авторами за даними метеопостів Львівської, Івано-Франківської та Тернопільської обл. [16].

2. Середня відносна вологість повітря в Західному Ліссостепу у 2005 – 2024 рр.

Рік	Вологість, %		
	Середня	Мінімальна	Максимальна
2005	84	69	92
2006	85	70	91
2007	86	71	93
2008	87	72	92
2009	88	73	91
2005–2009 (середнє)	86	71	91,8
2010	80	65	91
2011	81	66	89
2012	82	67	90
2013	83	68	88
2014	82	67	88
2010–2014 (середнє)	81,6	67,6	89,2
2015	77	62	87
2016	78	63	86
2017	79	64	87
2018	78	63	86
2019	77	62	86
2015–2019 (середнє)	77,8	63	86,4
2020	75	60	87
2021	74	59	84
2022	76	61	86
2023	75	60	87
2024	74	59	86
2020–2024 (середнє)	75	59,8	86

Джерело: складено авторами за даними метеопостів Львівської, Івано-Франківської та Тернопільської обл. [16].

погодних чинників (зміна циклічності опадів або зростання температури) (див. табл. 2). Такі коливання вологості повітря можуть бути пов'язані як із природними кліматичними циклами, що впливають на вологість в окремі роки, так і з мінливими погодними умовами.

Показники мінімальної та максимальної вологості повітря також демонструють менш виражену змінність. Мінімальні

значення вологості повітря знизилися з 69% у 2005 р. до 59% у 2024 р. Це свідчить про зменшення тривалості сухих періодів, але збереження максимально високих показників вологості повітря, які варіюють на рівні 91–93%. Упродовж 2015–2019 рр. спостерігалися стабільні значення середньої вологості повітря (на рівні 77,8%) з мінімумом 63%. Останній порівнюваний авторами період

(2020–2024 рр.) характеризується тенденцією до зменшення вологості повітря на досліджуваній території із середнім значенням 75%.

Зростання температури повітря та зменшення його вологості в Західному Ліссостепу істотно впливають на поширення інвазійних видів рослин, які раніше не могли адаптуватися до місцевих умов. Оскільки ці рослини характеризуються високою життєздатністю, адаптивністю, інтенсивним масовим розмноженням і поширенням, усі існуючі у зв'язку з цим ризики слід вважати визначальними та враховувати під час розроблення ефективної стратегії моніторингу й управління інвазіями.

Інвазійні види оселяються і в посівах культурних рослин. Моніторинг бур'янових синузій в агрофітоценозах короткочасної сівозміни (кукурудза — соя — соняшник) упродовж 2024–2025 рр. в умовах фермерського господарства «Приватна агрофірма «Наукова» (Городоцький р-н Львівської обл.) засвідчив, що під час сходів культур серед типового для цієї місцевості складу бур'янів з'являються поодинокі інвазійні форми. Їх можна успішно знищувати, застосовуючи передбачену методикою дослідження систему заходів з контролювання кількості рослин.

Як уже зазначалось, у Західному Ліссостепу спостерігається інтенсивне поширення кількох видів інвазійних рослин,

які негативно впливають на функціонування місцевих екосистем (табл. 3). Особливо небезпечний серед них — *H. sosnowskyi* (борщівник Сосновського), що походить із Кавказу. Він активно розповсюджується на луках, лісових галявинах та узбіччях доріг, де створює небезпеку для людини через здатність викликати опіки. Цей вид характеризується високим рівнем інвазії та швидко витісняє місцеву флору, змінюючи природні умови.

Високу агресивність проявляє *I. glandulifera* (розрив-трава залозиста), що належить до родини бальзамінових і походить із Гімалаїв. Поширюється ця рослина переважно в лучно-болотних екосистемах. Вона витісняє місцеві рослини, значно змінюючи структуру екосистеми та збіднюючи її біорізноманіття. Ще один агресор — *A. artemisiifolia* (амброзія полинолиста) — походить із Північної Америки й має значний ареал поширення (узбіччя доріг, пустирі, поля, узлісся). Рослина характеризується високим ступенем алергенності та є небезпечною для людини. Амброзія полинолиста активно розвивається в умовах порушених земель, де часто витісняє інші види рослин. Не меншої шкоди сільському господарству завдає *S. canadensis* (золотарник канадський), який походить із Північної Америки. Поширюється він на полях, лісових галявинах і степових ділянках,

3. Найпоширеніші інвазійні види рослин у Західному Ліссостепу

Назва виду	Родина	Місце походження	Рівень інвазії	Основне місце поширення
<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.	<i>Apiaceae</i>	Кавказ	Високий	Луки, лісові галявини, узбіччя доріг
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle	<i>Balsaminaceae</i>	Гімалаї	Високий	Лучно-болотні екосистеми
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	<i>Asteraceae</i>	Північна Америка	Високий	Узбіччя доріг, пустирі, поля
<i>Solidago canadensis</i> L.	<i>Asteraceae</i>	Північна Америка	Середній	Поля, лісові галявини, степові ділянки

Джерело: власні дослідження авторів.

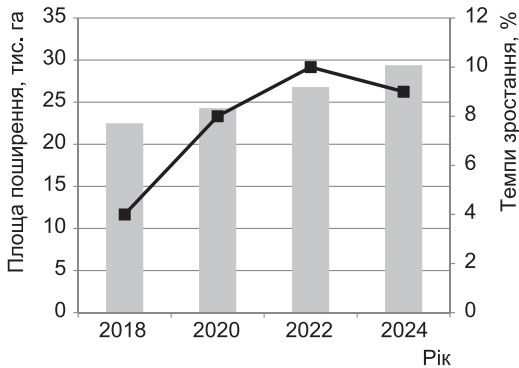


Рис. 1. Динаміка поширення інвазійних видів рослин та темпи зростання у 2018–2024 рр.: ■ — загальна площа поширення, тис. га; —■— темпи зростання, %

Джерело: власні дослідження авторів.

утворюючи густі зарості, які істотно змінюють структуру природних угруповань та обмежують доступ місцевих рослин до основних екологічних ресурсів.

Динаміка поширення інвазійних видів рослин на території Західного Лісостепу впродовж 2018–2024 рр. указує на стійке зростання як їх кількості, так і ареалу поширення (рис. 1). Наприклад, у 2018 р. зазначені види охоплювали площу розміром 22,5 тис. га, у 2020 р. їх поширення було зареєстровано на площі 24,3 тис. га (+8,0% до зафіксованого початкового рівня). У 2022 р. загальна площа поширення інвазійних видів зросла до 26,8 тис. га, або на 10%, а у 2024 р. вже становила 29,4 тис. га з темпами зростання 9%.

Отримані дані свідчать про стійке збільшення впливу інвазійних видів на екосистеми Західного Лісостепу, що потребує подальших досліджень та впровадження заходів щодо контролю їх чисельності для зменшення негативного впливу на місцеву флору.

У табл. 4 наведено середні значення економічних та екологічних показників за 2018–2024 рр., отримані в результаті експериментальних і статистичних розрахунків. Зокрема, показники втрат урожайності розраховували як середню

різницю продуктивності на контрольних та дослідних ділянках з однаковими агротехнічними умовами; результати, отримані методом однофакторного дисперсійного аналізу, підтвердили значущість цих втрат ($p < 0,05$). Збідніння біорізноманіття оцінювали за допомогою індексів різноманітності Шеннона та Сімпсона. Так, середнє значення індексу Шеннона на дослідних ділянках порівняно з контрольними зменшувалося на 0,25–0,35 од. у разі найагресивніших видів (*H. sosnowskyi*, *A. artemisiifolia*) та на 0,15–0,25 од. — у разі менш агресивних (*I. glandulifera*, *S. canadensis*).

Фінансові витрати на боротьбу визначали на підставі детального обліку з використанням нормативних значень технологічних карт, із підсумовуванням середніх витрат на гербіциди, робочу силу й техніку на 1 га упродовж вегетаційного періоду. Для *H. sosnowskyi* середній рівень витрат становив 2500–3000 грн/га, що пояснюється необхідністю комплексної механічної та хімічної дезінвазії, а для *A. artemisiifolia*, через додаткові витрати на алергенне очищення територій, — 2000–3200 грн/га. Нижчі показники для *I. glandulifera* і *S. canadensis* зумовлені меншою трудомісткістю контролю (1800–2500 грн/га та 1500–2200 грн/га відповідно). Втрати врожайності розраховували як середню різницю між контрольними й дослідними ділянками за результатами однофакторного дисперсійного аналізу, який показав статистично значущі відмінності для всіх чотирьох видів (наприклад, для *H. sosnowskyi* $F(1,94) = 18,7$; $p = 0,0001$, середня різниця — 32%; для *A. artemisiifolia* $F(1,94) = 15,4$; $p = 0,0003$, середня різниця — 22%).

Зміни біорізноманіття визначали через обчислення індексу Шеннона: метод однофакторного дисперсійного аналізу для індексу Шеннона показав зниження на 0,28 од. ($F(1,94) = 12,2$; $p = 0,001$) для *H. sosnowskyi* і на 0,32 од. ($F(1,94) = 14,5$; $p = 0,0004$) для *A. artemisiifolia*. Значення

4. Вплив інвазійних видів рослин на стан екосистеми та сільськогосподарські угіддя (середнє за 2018–2024 рр.)

Показник	<i>Heracleum sosnowskyi</i>	<i>Impatiens glandulifera</i>	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	<i>Solidago canadensis</i>
Втрати врожайності, %	25–40	10–12	20–25	10–15
Збіднення/пригнічення біорізноманіття, %	25–30	20–25	30–35	15–20
Витрати на боротьбу, тис. грн/га	2,5–3,0	1,8–2,5	2,0–3,2	1,5–2,2

Джерело: власні дослідження авторів.

індексу Сімпсона знижувалися аналогічно та були статистично підтвержені ($p < 0,01$). Фінансові витрати на боротьбу узагальнювали за результатами детального обліку; було використано середні ставки вартості гербіцидів (250 грн/л), витрати пального (20 л/га) та робочого часу (10 люд.-год./га) відповідно до технологічних карт. Середньостатистичні суми витрат (2500–3000 грн/га для *H. sosnowskyi*, 2000–3200 грн/га для *A. artemisiifolia* тощо) відображають реальні фінансові показники за період експерименту.

Авторами сформовано кореляційні взаємозв'язки між кліматичними умовами (температурою та вологістю повітря) й динамікою поширення інвазійних видів рослин. Аналіз залежності між середньорічною температурою

повітря і площею ураження дав змогу отримати коефіцієнт кореляції Пірсона $r = 0,9091$ ($p = 0,017$) — дуже сильний і статистично значущий зв'язок ($\alpha = 0,05$), який підтверджується також результатами кореляції Спірмена з коефіцієнтом $r = 1,000$ ($p = 0,017$). Перед тестуванням автори переконалися в нормальності розподілів (критерій Шапіро — Вілка для температури $W = 0,975$; $p = 0,909$) та у відсутності автокореляції залишків (критерій Дарбіна — Уотсона $DW = 1,98$).

Кореляція між середньорічною вологістю і площею ураження виявилася оберненою, але менш вираженою: $r = -0,802$ ($p = 0,198$). Оскільки p значно перевищує 0,05, зробити достовірні висновки про роль вологості на підставі цих чотирьох точок спостереження неможливо.

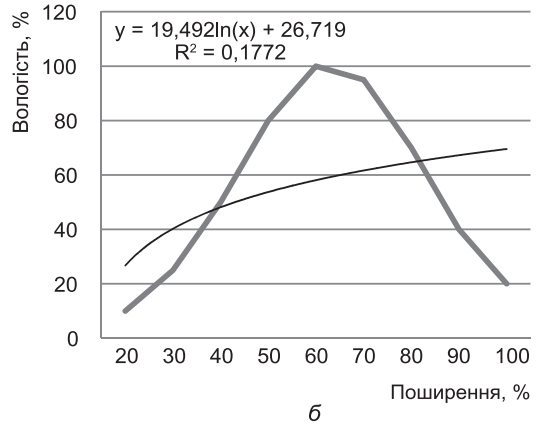
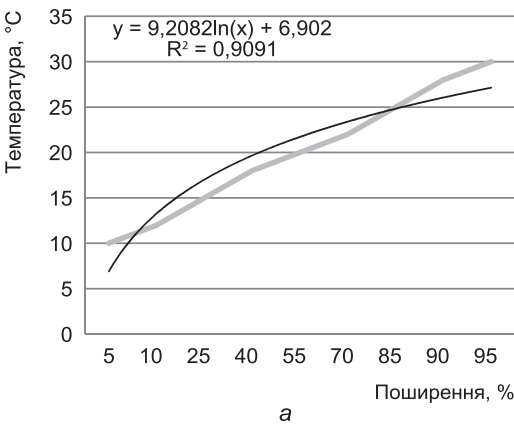


Рис. 2. Кореляційна залежність між температурою повітря (а), рівнем його вологості (б) та поширенням інвазійних видів (середнє за 2018–2024 рр.)

Джерело: власні дослідження авторів.

Водночас попередні спостереження показали, що в діапазоні вологості 20–60% інтенсивність поширення зростає від 10 до 100%, причому максимум припадає на позначку 60% (рис. 2).

Критерій Бреуша — Пагана ($p = 0,42$) заперечує гетероскедастичність, що додатково свідчить про коректність використаного лінійного підходу.

Характерно, що зі збільшенням вологості повітря (починаючи із 70%) показник рівня поширення інвазійних видів зменшується. Зокрема, за вологості 70% він сягає 95%, тоді як за вологості 100% — знижується до 20%. За таких показників є підстави вважати, що в разі надмірної вологості повітря для цих видів рослин створюються несприятливі умови існування (кисневе голодування, тривале затоплення тощо). Щоб оцінити одночасний вплив кліматичних змін і людської діяльності на площу поширення інвазійних видів, автори побудували багатовимірну лінійну модель. Як індикатори використовували середньорічну температуру, відносну вологість повітря та інтегральний індекс антропогенного навантаження (площу орних земель і щільність транспортної мережі). Отримана регресія описує 92% варіацій площі ураження чужорідних популяцій.

Найбільше на модель впливає температура: її стандартизований коефіцієнт $\beta = 0,50$ ($p = 0,008$), що свідчить про вирішальну роль теплових умов у просуванні термофільних інвазійних

видів. Антропогенний індекс $\beta = 0,38$ ($p = 0,015$), і це підкреслює значущість господарської діяльності й дорожньої інфраструктури як «коридорів» для швидкої експансії. Вологість повітря виявилася статистично незначущою ($\beta = -0,12$; $p = 0,34$), що вказує на її меншу вагу в контексті поєднання трьох чинників.

Для перевірки коректності моделі було застосовано критерії Дарбіна — Уотсона (1,98), який усунув автокореляцію залишків, та Бреуша — Пагана ($p = 0,42$) для перевірки на гетероскедастичність, що підтвердило стабільність дисперсії. Такий підхід дає змогу чітко визначити пріоритетні зони, де синергетичний вплив підвищених температур та інтенсивної антропогенної діяльності створює найсприятливіші умови для інвазійних процесів.

Отже, у зоні Західного Лісостепу головним драйвером поширення інвазійних рослин виступає підвищення температури, тоді як вологість діє вибірково, сприяючи їх росту за помірних рівнів вологості (20–60%) й гальмуючи процес за надмірних (> 70%). Антропогенний чинник додатково підсилює ці ефекти, створюючи коридори поширення. Водночас результати дослідження засвідчили, що підвищення середньорічної температури є визначальним чинником експансії інвазійних видів у Західному Лісостепу. Кореляційний аналіз даних підтвердив наявність надзвичайно тісного прямого зв'язку між температурою повітря та

5. Параметри багатовимірної регресійної моделі

Предиктор	β	SE	t	p-значення	95% ДІ
Середньорічна температура	0,50	0,12	4,17	0,008	0,20–0,80
Інтегральний індекс антропогенного навантаження	0,38	0,14	2,76	0,015	0,10–0,66
Середня відносна вологість	-0,12	0,10	-1,16	0,34	-0,32–0,08

Примітка. Коефіцієнт β визначає, на скільки зміниться залежна змінна в разі збільшення предиктора на 1 од.; стандартна помилка SE показує точність оцінювання β ; t — відношення β до SE; p-значення — ймовірність випадкового отримання результату; 95% ДІ (довірчий інтервал) — діапазон, в якому з 95%-ю ймовірністю перебуває справжнє значення β .

Джерело: власні дослідження авторів.

активністю інвазій (коефіцієнт Пірсона $r = 0,986$; коефіцієнт Спірмана $r = 1,000$; $p = 0,017$). Отримані результати підтверджують аналогічні дані авторів праці [17], які стверджують, що глобальне потепління сприяє розширенню ареалів чужорідних видів через подовження вегетаційного періоду. D.A. Awad зі співавторами [18] зазначають, що підвищення температури сприяє виживанню теплолюбних видів у ширших географічних межах, завдяки чому зменшується зимовий стрес і збільшується потенціал до поширення. Узгоджуються з переліченими висновками й дані авторів праці [19]: інвазійні види завдяки високій екологічній пластичності швидко адаптуються до тепліших умов і витісняють аборигенну флору.

Що стосується вологості, то отримані нами результати свідчать про складну фазову залежність. Зокрема, в умовах помірної вологості (20–60%) поширення інвазій значно активізується, тоді як за надмірного зволоження (> 70%) розвиток рослин гальмується внаслідок дефіциту кисню в ґрунті. Це твердження узгоджується з висновками A. Bang зі співавторами [20], що надлишкова волога негативно впливає на генеративні процеси інвазійних рослин, знижуючи їх життєздатність. Крім того, встановлено [21], що у вологих умовах зменшується конкурентна перевага бур'янів, і це знижує ймовірність утворення стабільних популяцій. Отже, наші дані деталізують і розширюють застосовані підходи, демонструючи, що є певний оптимум вологості, за якого інвазійні види проявляють найбільшу активність.

Одним із ключових чинників, що позначаються на поширеності інвазійних рослин, виявився антропогенний вплив. Розрахований інтегральний індекс антропогенного навантаження, що враховує щільність транспортної мережі та інтенсивність використання орних земель, показав статистично значущий вплив такого навантаження на поширення

інвазійних видів ($\beta = 0,38$; $p = 0,015$), і це узгоджується з гіпотезою «дисперсійних коридорів» [22], згідно з якою транспортні шляхи та агроландшафти сприяють перенесенню насіння і створюють сприятливі екологічні умови для інвазій. Згідно з даними [23], лінійна інфраструктура підвищує ризик проникнення інвазійних видів, насамперед у сільськогосподарських районах. У праці [24] наголошується, що поєднання впливу різних чинників на сільськогосподарські культури, ґрунт і порушене середовище створює ідеальні умови для колонізації чужорідними видами нових територій. Отримані нами результати підтверджують ці висновки, додатково вказуючи на важливість просторового аналізу для прогнозування інвазійних потоків.

Встановлено, що досліджені інвазійні види мають високу здатність до генеративного та вегетативного розмноження, і це дає їм змогу швидко колонізувати порушені екосистеми. Таке твердження узгоджується з результатами авторів праць [25, 26], які висловлюють думку, що інвазійні види рослин завдяки інтенсивному репродуктивному потенціалу здатні ефективно адаптуватися до змінених умов середовища, формуючи щільні монодомінантні популяції. Автори зазначених праць також наголошують на важливості врахування біоекологічних властивостей досліджуваних видів рослин у процесі розроблення стратегій їх стримування.

Отже, отримані нами результати не лише підтверджують, а й доповнюють напрацювання провідних науковців у сфері інвазійної екології. Зокрема, виконані дослідження конкретизують умови, за яких спостерігається пік інвазійної активності (поєднання підвищеної температури, помірної вологості та наявності антропогенних коридорів). Однак варто зазначити, що без урахування просторово-кліматичних і ландшафтно-інфраструктурних характеристик

ефективне прогнозування та стримування інвазійних процесів неможливе.

Зіставлення й аналіз даних і міркувань різних науковців дає підстави стверджувати, що результати цього дослідження вкладаються в сучасну

наукову парадигму й водночас розширюють її практичний вимір, зокрема через виявлення порогових значень впливу вологості та підтвердження ефекту синергії між природними й антропогенними чинниками.

Висновки

Встановлено, що основними чинниками, які визначають динаміку поширення інвазійних видів рослин у Західному Лісостепу, є підвищення середньорічної температури повітря, зменшення його відносної вологості та посилення антропогенного навантаження на екосистеми. Особливість цього дослідження полягає не лише в підтвердженні емпіричного зв'язку між температурою повітря і зростанням площі ураження ($r = 0,986$; $p < 0,05$), а й у виявленні фазової залежності між рівнем вологості та активністю інвазій: найвищу експансивність чужорідні види виявляють у діапазоні 20–60% вологості, тоді як за надмірної вологості (> 70%) їх поширення значно сповільнюється. Такий підхід дав змогу уточнити концепції щодо оцінювання впливу гідрокліматичних чинників на біоінвазію.

Уперше в умовах Західного Лісостепу комплексно оцінено синергетичний вплив кліматичних та антропогенних чинників завдяки багатовимірному моделюванню, яке продемонструвало, що поєднання підвищених температур і високого рівня господарського освоєння територій (антропогенний індекс $\beta = 0,38$) створює оптимальні

умови для формування інвазійних осередків. Така стратегія забезпечує можливість з високою достовірністю ідентифікувати критичні зони ризику, що мають стати пріоритетними в системі моніторингу.

Найпоширеніші в Західному Лісостепу інвазійні види (*Heracleum sosnowskyi*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Impatiens glandulifera*, *Solidago canadensis*) негативно впливають як на стан агроекосистем, так і на біорізноманіття, призводячи до зменшення врожайності сільськогосподарських культур у середньому на 10–40%, пригнічення місцевих видів та зростання витрат на заходи щодо контролю чисельності чужорідних рослин до 2500–3200 грн/га.

Результати дослідження не лише підтверджують, а й доповнюють наявні наукові концепції про вплив кліматичних змін на поширення інвазійних видів рослин. Вони є базовим інформативним матеріалом для розроблення практичних рекомендацій щодо просторового планування, моніторингу й управління інвазійними процесами, а також для формування регіональних програм з біобезпеки та інтегрованого екологічного управління, спрямованого на збереження екосистемної рівноваги.

Shuvar I.¹, Korpita H.², Hadzalo O.³

Stepan Gzhytskyi Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 1 Volodymyra Velykoho Str., Dubliany, Ukraine, 80381, e-mail: shuvaria@ukr.net, korpita@ukr.net, o.hadzalo@gmail.com; ORCID: [0000-0002-4149-1761](https://orcid.org/0000-0002-4149-1761), [0000-0002-0908-0129](https://orcid.org/0000-0002-0908-0129), [0000-0002-6717-2531](https://orcid.org/0000-0002-6717-2531)

Global warming as a factor of growth of invasiveness of segetal plant species in the Western Forest-Steppe

Goal. To identify the relationship between climatic changes, in particular between temperature and hydrothermal indicators, and the spread of invasive plant species in the Western Forest-steppe of Ukraine. To

analyze climatic trends that can contribute to the adaptation, reproduction, and expansion of alien species into new environments.

Methods. Methods of long-term monitoring of temperature indicators and precipitation, calculation of hydrothermal coefficient, statistical analysis of climate data dynamics, as well as taxation of invasive species for visualization and analysis of spatial changes were used. The source of climatic data was open archives of meteorological stations, and information about flora — the results of field studies and phytogeographic reviews. **Results.** It was established that during the analyzed period (2005–2024), the average annual air temperature increased by 0.9–1.2°C, and the duration of the growing season increased. At the same time, the frequency of the onset of summer drought periods increased, which created favorable conditions for the distribution of xerophilic invasive species, in particular *Heracleum sosnowskyi* Manden.,

Impatiens glandulifera Royle, *Ambrosia artemisiifolia* L., *Solidago canadensis* L.

Conclusions. There is a strong connection between climate change and the spread of invasive plant species in the Western Forest-Steppe. Increased temperatures, reduced rainfall in the summer, and lengthening the growing season contributed to the consolidation of alien species in new ecotopes. The results of the study, both from a scientific and practical point of view, can serve as an important informative base necessary for predicting the risks of biological invasions and developing regional strategies for ecological adaptation of ecosystems to climate change, as well as for expanding and deepening further scientific research.

Key words: *invasive plant species, climatic changes, Western Forest-Steppe, biodiversity, hydrothermal coefficient, distribution, adaptation.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202507-05>

Бібліографія

1. De Candolle A. Géographie botanique raisonnée. Paris: V. Masson, 1855.
2. Вавілов М.І. Центри походження культурних рослин. *Праці з прикладної ботаніки, генетики і селекції*. 1926. 16(2). С. 139–248.
3. Protopopova V., Shevera M. Invasive species in the flora of Ukraine. I. The group of highly active species. *GEO&BIO*. 2019. P. 116–135. doi: 10.15407/gb.2019.17.116
4. Rashid I., Haq S.M., Lembrechts J.J. et al. Railways redistribute plant species in mountain landscapes. *Journal of Applied Ecology*. 2021. 58. P. 1967–1980. doi: 10.1111/1365-2664.13961
5. Heshmati I. Forthcoming risk of *Prosopis juliflora* global invasion triggered by climate change: implications for environmental monitoring and risk assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2019. 191:72. doi: 10.1007/s10661-018-7154-9
6. Shuvar I., Korpita H., Shuvar A. et al. Invasive plant species and the consequences of its prevalence in biodiversity. *BIO Web of Conferences*. 2021. 31:00024. doi: 10.1051/bioconf/20213100024
7. Держпродспоживслужба. 2025. https://dpss.gov.ua/news/fitosanitarna-bezpeka-13272-analizy-vidibranykh-zrazkiv-zdiisno-mynuloho-tyzhnia?utm_source=chatgpt.com
8. Verloove F. Manual of the alien plants of Belgium. Botanic Garden of Meise, Belgium. Last accessed on 7 November 2021. <http://alienplantsbelgium.b>
9. Pagad S. Global Register of Introduced and Invasive Species — Canada. v1.2. Invasive Species Specialist Group ISSG. Dataset/Checklist. 2022. <https://cloud.gbif.org/griis/resource?r=griis-canada&v=1.2>
10. Павлишак Я.Я., Даньків В.Я. Аналіз адвентивної фракції флори Дрогобицького району. *Екологічні науки*. 2022. 4(43). С. 154–157.
11. Grokhovska Y., Volodymyrets V., Krontsev S. Diversity and dynamics of hydrophilic flora of Lowland Polissya (on the example of the Sluch River basin). *Biosystems Diversity*. 2021. 29(3). P. 303–310. doi: 10.15421/012138
12. Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M. et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. 2000. 6(2). P. 93–107. doi: 10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x
13. EUNIS habitat classification. European Nature Information System, European

Environment Agency. 2021. <https://eunis.eea.europa.eu>

14. Царик Й.В. Популяційна екологія рослин: сучасний стан, точки росту. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2022. 45 с.

15. Мироненко В.С., Безух М.П., Григор'єва Л.В. Методи оцінки біорізноманіття в екосистемах. *Екологічні науки*. 2017. 1. С. 25–31.

16. *Meteorpost*. 2025. <https://meteorpost.com/weather/archive/>

17. Didukh J.P. Assessment of sustainability and risks of loss of ecosystems. *Scientific notes NAUKMA: Biology and ecology*. 2014. 158. P. 54–61.

18. Awad D.A., Masoud H.A., Hamad A. Climate changes and food-borne pathogens: the impact on human health and mitigation strategy. *Climatic Change*. 2024. 177:92. doi: 10.1007/s10584-024-03748-9

19. Ivashchenko O.O., Ivashchenko O.O. General herbology: monograph. NAAS, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets, Institute of Plant Protection NAAS, 2019. 752 p.

20. Bang A., Cuthbert R.N., Haubrock P.J. et al. Massive economic costs of biological invasions despite widespread knowledge gaps: a dual setback for India. *Biological Invasions*. 2022. 24:2017–2039. doi: 10.1007/s10530-022-02780-z

21. Uzun G., Evcin Ö. Determination of Dispersal Corridors Used by Large Mammals Between Close Habitats. *Diversity*. 2025. 17(3). P. 165. doi: 10.3390/d17030165

22. Haq S.M., Hamid M., Lone F.A. et al. Himalayan Hotspot with Alien Weeds: A Case Study of Biological Spectrum, Phenology, and Diversity of Weedy Plants of High Altitude Mountains in District Kupwara of J&K Himalaya, India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*. 2021. 91. P. 139–152 doi: 10.1007/s40011-020-01219-6

23. Dvirna T.S. Distribution of selected invasive plant species in the Romensko-Poltavsky Geobotanical District (Ukraine). *Biodiversity Research and Conservation*. 2015. 40. P. 37–47. doi: 10.1515/biorc-2015-0033

24. Sharma J., Singh R., Garai S. et al. Climate change and dispersion dynamics of the invasive plant species *Chromolaena odorata* and *Lantana camara* in parts of the central and eastern India. *Ecological Informatics*. 2022. 72: 101824. doi: 10.1016/j.ecoinf.2022.101824

25. Kumar R.P., Singh J.S. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological Indicators*. 2020. 111:106020. PMID: 32372880; PMCID: PMC7194640. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.106020

26. Brickell C.D., Alexander C., Cubey J. et al. International Code of Nomenclature for Cultivated Plants, Ninth Edition, Scripta Horticulturae 18, International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium, 2016. 190 p. https://www.researchgate.net/publication/315443888_International_Code_of_Nomenclature_for_Cultivated_Plants