

КАРАНТИН **і ЗАХИСТ** **РОСЛИН** №1 Березень 2026 р.



**Контролювання
борщівника
Сосновського
(стор. 9)**



**Бактеріальний
опік гороху
(стор. 23)**



**Прогнозування
розвитку оїдіуму
(стор. 36)**



Науково-виробничий журнал

КАРАНТИН i ЗАХИСТ РОСЛИН

Виходить з липня 1996 р.

Журнал — фаховий,
категорія Б

Наказ МОН України №886
від 02.07.2020 р.

(сільськогосподарські науки,
спеціальності 101, 201, 202).

Наказ МОН України №1188
від 24.09.2020 р. (біологічні
науки, спеціальність 091).

Індексується Google Scholar

Березень 2026 №1 (284)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

Борзих Олександр Іванович, д-р с.-г. наук, академік
НААН, Інститут захисту рослин НААН,
Україна

Члени редакційної колегії

Гадзало Ярослав Михайлович, д-р с.-г. наук,
професор, академік НААН, Національна
академія аграрних наук України, Україна

Гасюв-Ярошевська Беата, професор, Інститут
захисту рослин — Національний дослідницький
інститут, Польща

Зея Аврелія Георгіївна, канд. біол. наук, Українська
науково-дослідна станція карантину рослин
Інституту захисту рослин НААН, Україна

Клечковський Юрій Едуардович, д-р с.-г. наук,
професор, Дослідна станція карантину
винограду і плодкових культур ІЗР НААН,
Україна

Козуб Наталія Олександрівна, д-р. біол. наук,
Інститут захисту рослин НААН, Україна

Мищенко Лідія Трохимівна, д-р біол. наук, професор,
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, Україна

Новосельська Таня, д-р наук, PhD (Ентомологія,
Захист рослин), Музей природничої історії
ім. Штейнгардт, Ізраїльський національний
центр вивчення біорізноманіття,
Тель-Авівський університет, Ізраїль

Новотний Давід, д-р філософії, д-р природничих
наук, Інститут дослідження рослин, Чеська
Республіка

Рожкова Тетяна Олександрівна, канд. біол.
наук, Інститут мікробіології і вірусології
ім. Д.К. Заболотного НАН України, Україна

Сергієнко Валентина Григорівна, канд. с.-г. наук
наук, Інститут захисту рослин НААН, Україна

Сосновська Данута, д-р біол. наук, професор,
Інститут захисту рослин — Національний
дослідницький інститут, Польща

Ткаленко Ганна Миколаївна, д-р с.-г. наук,
Інститут захисту рослин НААН, Україна

Федоренко Віталій Петрович, д-р біол. наук,
професор, академік НААН, Інститут захисту
рослин НААН, Україна

Хрпова Яна, канд. наук, інженер, Інститут
рослинництва, Чеська Республіка

Янсе Лілія Амінівна, д-р біол. наук, чл.-кор. НААН,
Національна академія аграрних наук України,
Україна

EDITORIAL BOARD

Chief editor

Borzykh Oleksandr Ivanovych, Doctor of Agricultural
Sciences, Academician of NAAS, Institute of Plant
Protection of NAAS, Ukraine

Editorial board members

Hadzalo Yaroslav, Doctor of Agricultural Sciences,
Professor, Academician of NAAS, The National
academy of agrarian sciences of Ukraine, Ukraine

Hasiów-Jaroszewska Beata, Professor, Institute of Plant
Protection — National Research Institute, Poland

Zelya Avrelia Heorhiivna, Candidate of Biological
Sciences, Ukrainian Science-Research Plant Quarantine
Station Institute of Plant Protection, Ukraine

Klechkovskyi Yurii Eduardovych, Doctor of Agricultural
Sciences, Professor, Experimental station of grape and
fruit crops quarantine of IPP NAAS, Ukraine

Kozub Nataliia Oleksandrivna, Doctor of Biological
Sciences, Institute of Plant Protection of NAAS,
Ukraine

Mishchenko Lidiia Trokhymivna, Doctor of Biological
Sciences, Professor, Taras Shevchenko National
University, Ukraine

Novoselska Tanya, Doctor, PhD (Entomology,
Plant Protection), The Steinhardt Museum of Natural
History, Israel National Center for Biodiversity Studies,
Tel Aviv University, Israel

Novotný David, Ph.D, RNDr, Crop Research Institute,
Czech Republic

Rozhkova Tetiana Oleksandrivna, Candidate of
Biological Sciences, Zabolotny Institute of Microbiology
and Virology of the National Academy of Sciences of
Ukraine, Ukraine

Sergiienko Valentyna Hryhorivna, Candidate of
Agricultural Sciences, Institute of Plant Protection of
NAAS, Ukraine

Sosnovska Danuta, Doctor of Biological Sciences,
Professor, Institute of Plant Protection — National
Research Institute, Poland

Tkalenko Hanna Mykolaivna, Doctor of Agricultural
Sciences, Institute of Plant Protection of NAAS, Ukraine

Fedorenko Vitalii Petrovych, Doctor of Biological
Sciences, Professor, Academician of NAAS, Institute of
Plant Protection of NAAS, Ukraine

Chrpova Jana, Candidate of Science, Engineer, Crop
Research Institute, Czech Republic

Janse Liliya Aminivna, Doctor of Biological Sciences,
Corresponding Member of NAAS, The National
academy of agrarian sciences of Ukraine, Ukraine

У номері

CONTENTS

Герботологія

- 3** Алелопатичний вплив бур'янів на проростання насіння та розвиток томатів

Борзих О.І., Сергієнко В.Г., Тищук О.П., Ткаленко Г.М., Балан Г.О.

- 9** Ефективність контролювання чисельності борщівника Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden.)

Корпіта Г.М., Шувар І.А., Стурко М.О., Ковальчук О.І.

Карантин

- 15** Карантинні твердокрили шкідники роду *Agrilus* spp.

Вовкотруб О.М., Кривошеєв С.П.

- 23** Бактеріальний опік гороху: фітосанітарні ризики та діагностика хвороби

Трепач А.О., Крупеник М.Ф.



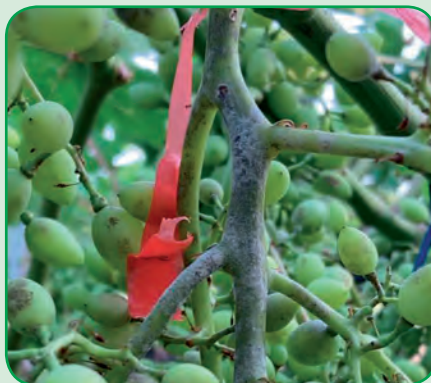
Фітопатологія

- 29** Віруси зернових культур, що передаються з насінням в Україні: епідеміологія, механізми поширення та стратегії фітосанітарного контролю

Кириченко А.М., Снігур Г.О., Щербатенко І.С.

- 36** Короткострокове прогнозування розвитку оїдіуму (*Erysiphe necator*) та польова стійкість сортів столового винограду в умовах Південного Степу України

Гентош Д.Т., Гармаш С.П.



Ентомологія

- 40** Глобальне потепління, як основний абіотичний чинник формування фітосанітарного стану в умовах сьогодення

Федоренко А.В., Галаган Т.О.

HERBOLOGY

Allelopathic influence of weeds on the germination of seeds and development of tomatoes

Borzykh O.I., Sergiienko V.G., Tyshchuk O.P., Tkalenko A.M., Balan G.O. 3

Effectiveness of controlling the population of *Heracleum sosnowskyi* Manden.

Korpita H.M., Shuvar I.A., Stiurko M.O., Kovalchuk O.I. 9

QUARANTINE

Quarantine Coleoptera pests of the genus *Agrilus* spp.

Vovkotrub O.M., Krivosheev S.P. 15

Bacterial blight of peas: phytosanitary risks and disease diagnostics

Trepach A.O., Krupenik M.F. 23

PHYTOPATHOLOGY

Seed-transmitted viruses of cereal crops in Ukraine: epidemiology, mechanisms of spread and phytosanitary control strategies

Kyrychenko A.M., Snihur H.O., Shcherbatenko I.S. 29

Short-term forecasting of powdery mildew (*Erysiphe necator*) development and field resistance of table grape cultivars under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Gentosh D.T., Harmash S.P. 36

ENTOMOLOGY

Global warming as the main abiotic factor in the formation of phytosanitary conditions under current terms

Fedorenko A.V., Galagan T.O. 40

Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту захисту
рослин НААН України,
Протокол № 2 від 05.03.2026 р.

При передруку обов'язкове посилання
на «Карантин і захист рослин».

За достовірність інформації та реклами
відповідають автори і рекламодавці.
Редакція може публікувати матеріали,
не поділяючи думки автора.

Журнал виходить чотири рази на рік
Заснований 1996 р.

КАРАНТИН
і ЗАХИСТ
РОСЛИН

Засновник і видавець:
Інститут захисту рослин
НААН України

Ідентифікатор медіа R30-03215
Рішення № 698 від 07.03.2024
Національної ради України з питань
телебачення і радіомовлення
Передплатний індекс видання — 74668

Підп. до друку 16.03.2026 р.
Формат 60 × 84/8. Папір крейд.
Друк офсет. Умовн. друк. арк. 4. Тираж 200.

Науковий редактор О.В. Шевчук, канд. с.-г. наук
Редактор Т.І. Волянська
Комп'ютерна верстка і дизайн Н.І. Гончарук
Редактор англійських текстів М.О. Власова
Друкарня ТОВ «Лазурит-Поліграф»

Адреса редакції:

✉ 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 33
☎ Тел.: (044) 257-11-24
✉ E-mail: karantun.z.r.2017@gmail.com
http://kr.ipp.gov.ua

© «Карантин і захист рослин», 2026

АЛЕЛОПАТИЧНИЙ ВПЛИВ БУР'ЯНІВ на проростання насіння та розвиток томатів

Мета. Дослідити алелопатичний вплив бур'янів на проростання насіння та розвиток томатів. **Методи.** Інформаційно-аналітичний, лабораторних і вегетаційних досліджень, математико-статистичний. Насіння томатів пророщували у водних екстрактах бур'янів у лабораторних умовах. Облік проростання насіння томатів здійснювали через 5—6 діб. Крім того насіння томатів висівали разом з насінням бур'янів у спеціально підготовлені ящики в теплиці і спостерігали за ростом та розвитком рослин. У досліді використали 17 видів найпоширеніших бур'янів. **Результати.** Більшість з досліджених видів бур'янів стримували проростання насіння томатів. Найінтенсивніше пригнічення було від багаторічних бур'янів, які досліджували з корінням: амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Wigg.), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould), осот жовтий (*Sonchus arvensis* L.), хвоц польовий (*Equisetum arvense* L.). В екстрактах бур'янів проростання насіння томатів становило 0—27,2% від контролю (проростання у воді). Практично не виявлено алелопатичного тиску від мишію сизого (*Setaria glauca* L.), де рівень проростання у досліді повністю відповідав контролю (100%), а також від лободи білої (*Chenopodium album* L.), де зниження схожості було незначним (85,7%). Решта досліджених бур'янів мали помірний алелопатичний ефект, оскільки пригнічення проростання насіння томатів знаходилося на рівні 58,1—69,7% контролю. У вегетаційному досліді за одночасного проростання рослин бур'янів (5 видів) і томатів також проявився інгібуючий вплив амброзії полиностої, де рослини томатів суттєво відставали у рості. За сумісного проростання томатів з мишієм сизим зафіксовано посиленний ріст бур'яну. Рослини мишію сизого домінували над рослинами томатів і майже у 2 рази випереджали їхній ріст. Рослини томатів активніше рос-

¹О.І. БОРЗИХ,
доктор сільськогосподарських наук,
ORCID: 0000-0002-9802-5622

²В.Г. СЕРГІЄНКО,
кандидат сільськогосподарських наук,
ORCID: 0000-0003-4386-9307

³О.П. ТИЩУК,
ORCID: 0000 0001-2345-6789

⁴Г.М. ТКАЛЕНКО,
доктор сільськогосподарських наук,
ORCID: 0000-0001-9448-6600

⁵Г.О. БАЛАН,
кандидат сільськогосподарських наук,
ORCID: 0000-0002-0485-843X

¹ Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, м. Київ,
03022, Україна

² Одеський державний аграрний
університет, вул. Пантелеймонівська,
13, м. Одеса, 65012, Україна
*E-mail: v-serg@ukr.net

ли порівняно з рослинами лободи білої, злинки канадської (*Erigeron canadensis* L.) і щиріці звичайної (*Amaranthus retroflexus* L.), що вочевидь пов'язано з особливістю раннього проростання цих бур'янів. **Висновки.** Водні екстракти більшості з досліджених видів бур'янів проявляли алелопатичний вплив на проростання насіння томатів. Найбільше пригнічення спостерігалось від бур'янів, які використовували з корінням. Ріст і розвиток на ранніх етапах рослин томатів стримували лише амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.) та мишії сизий (*Setaria glauca* L.). Результати досліджень алелопатичних взаємодій між томатами і бур'янами можуть бути використані за розробки екологічно безпечних методів контролю сеgetальної рослинності в агрофітоценозі.

томати; бур'яни; алелопатичний вплив; проростання; розвиток рослин

Бур'яни є невід'ємним елементом агрофітоценозів. Вони конкурують з культурними рослинами за світло, поживні речовини і воду. Вже на ранніх етапах онтогенезу в агрофітоценозах взаємодія культурних рослин і бур'янів формується та зумовлюється складними хімічними сигналами між рослинами.

Алелопатія — особлива форма біохімічної взаємодії, за якої рослини продукують і вивільняють у навколишнє середовище вторинні метаболіти, здатні впливати на фізіологічні процеси інших видів. На відміну від прямої конкуренції, алелопатичний ефект може проявлятися навіть за відсутності фізичного контакту між рослинами, що підтверджує провідну роль алелохімічних речовин у регуляції ростових процесів на ранніх етапах розвитку культур [1]. Відомо, що бур'яни, паразитуючи на надземній і підземній частинах сільськогосподарських культур, використовують поживні речовини і воду, і цим самим спричиняють значні втрати врожаю [2, 3].

Алелохімічні речовини, які вивільняють рослини бур'янів у ґрунтове середовище, належать до численних хімічних класів, таких як фенольні сполуки, алкалоїди, жирні кислоти, індоли, терпени тощо, і які надходять у ризосферу через кореневі екsudати. Ці сполуки можуть порушувати водний та мінеральний обмін, інгібувати активність ферментних систем і сповільнювати поділ клітин проростків рослин, що особливо критично на стадії формування кореневої системи [4, 5]. Вивільнення алелохімічних речовин із бур'янів впливає на проростання, приживлення, ріст і фізіологію культурних рослин [4].

Дослідження свідчать, що значний алелопатичний потенціал характерний для багаторічних бур'янів, зокрема гірчака повзучого (*Acroptilon repens*), осоту рожевого (*Cirsium arvense*) та пирію повзучого (*Agropyron repens*), які здатні накопичувати у ґрунті токсичні сполуки та пригнічувати проростання насіння сільськогосподарських культур [6].

Алелопатичний вплив бур'янів на культурні рослини широко вивчали вітчизняні і зарубіжні дослідники. Науковиця С. Окрошко досліджувала вплив водних витяжок із стебел, листя та кореневої системи найбільш поширених бур'янів на проростання насіння пшениці озимої. Вона встановила негативний вплив водорозчинних виділень із *Erodium cicutarium* L., *Cirsium arvense* L. та *Sonchus arvensis* L. [7]. На проростання насіння квасолі особливо сильним був вплив водорозчинних виділень із підземних органів багаторічних бур'янів *Elytrigia repens* L. і *Cirsium arvense* L. [8]. В. Яшук досліджував проростання насіння злакових трав у водних екстрактах лядвенцю рогатого і встановив втрату 11–12% схожості насіння [9]. Водні витяжки з надземної фітомаси та коренів тритикале озимого та вики ярої значно пригнічували проростання насіння цибулі ріпчастої, особливо на 3-тю добу від початку сходів. Надалі (на 7–10-ту добу) ступінь депресії зменшувався [10]. Пригнічуваний ефект алелопатично активних речовин з буркуну білого, гірчиці білої, редьки олійної, вики ярої та гречки на проростання пшениці озимої встановили Г. Господаренко та ін. [11]. Більшість бур'янів овочевих агроценозів Лівобережного Лісостепу України (портулак городній, щиряця звичайна, мишій зелений, галицивіт дрібноквітковий, полин австрійський, полин гіркий), за винятком амброзії, алелопатично активні щодо рослин батату. Обробка екстрактами бур'янів призводить до зменшення маси рослини, її висоти, утворення міжвузлів [12].

Проте культури жито, сорго,

рис, соняшник, ріпак і пшениця проявляють алелопатичні властивості щодо бур'янів. Доведено, що вони вивільняють алелохімічні речовини, які не тільки пригнічують бур'яни, але й сприяють активності ґрунтових мікроорганізмів [13]. Деякі автори стверджують, що в присутності рослин ріпаку озимого насіння бур'янів, яке містилось в ґрунті, так і не сформувало сходів [14].

Для томатів (*Solanum lycopersicum* L.), як культури з відносно чутливою фазою проростання, вплив бур'янів може мати вирішальне значення для формування подальшої продуктивності. Для насінневих і проросткових фаз розвитку томатів особливо важливим є алелопатичний вплив біологічно активних сполук, які можуть змінювати енергію проростання, швидкість росту зародкового корінця та початкову життєздатність рослин [15, 16].

Узагальнення сучасних експериментальних даних свідчить, що алелопатичні взаємодії можна розглядати не лише як фактор пригнічення культурних рослин, а й як перспективний елемент екологічно безпечного контролювання бур'янів. Алелопатія відкриває можливості для зменшення пестицидного навантаження, оптимізації агротехнологій та підвищення стійкості агроєкосистем, зокрема у системах вирощування овочевих культур [1, 16, 17]. Вчені наголошують, що алелохімікати можуть бути використані для виробництва біогербіцидів, а завдяки методам генної інженерії можна посилити алелопатичний потенціал сільськогосподарських культур [2, 18]. Використовуючи алелопатичні культури, можна додатково захистити біорізноманіття рослин і покращити стратегії захисту від бур'янів в різноманітних екосистемах [13]. Серед різних біологічних методів захисту від бур'янів, алелопатія може призвести до зниження витрат на робочу силу та підвищення ефективності без будь-яких негативних наслідків впливу на навколишнє середовище [18].

Мета роботи полягала у виз-

наченні впливу водних екстрактів бур'янів на проростання насіння томатів та взаємовпливів між бур'янами і томатами на початкових етапах розвитку.

Матеріал і методи досліджень. Роботу проводили у 2023–2024 рр. Вегетативну масу бур'янів (листки і стебла) відбирали у посівах томатів та на пустирях. У дослідях використано 17 видів бур'янів різних біологічних груп — дводольні і однодольні, однорічні і багаторічні. Деякі багаторічні види бур'янів відбирали також з корінням.

Алелопатичну активність водних екстрактів вегетативної маси бур'янів визначали прямим біотестуванням за методикою А.М. Гродзінського [19] у нашій модифікації. Для приготування водних екстрактів рослин бур'янів брали по 10 г подрібненої маси рослин, переносили в колби і заливали 200 мл гарячого окропу (а не водою кімнатної температури, як у методиці А.М. Гродзінського) для швидшої екстракції. Настоявали до охолодження. Заздалегідь готували чашки Петрі, їх стерилізували і розкладали фільтрувальний папір на нижню частину чашки. Настій проціджували і вносили у підготовлені чашки Петрі по 1 мл отриманого екстракту. Насіння томатів сорту Лагідний розклали по 15 насінин на 1 чашку. Для контролю використовували чашки з папером, змоченим дистильованою водою. Повторність 5-разова. Облік проростання насіння томатів проводили через 5–6 діб. Лабораторні і вегетаційні досліді виконували за температури повітря 22–24°C.

Для визначення взаємовпливів між найбільш поширеними видами бур'янів і томатами на ранніх фазах розвитку висівали водночас насіння певного виду бур'яну і томатів у спеціально підготовлені ящики в теплиці. З моменту сходів рослин вели спостереження за їхнім ростом і розвитком.

Математико-статистичну обробку результатів проводили згідно з програмою Statistica: визначали середнє арифметичне значення та стандартне відхилення

від середнього ($\bar{X} \pm S_x$, n — кількість повторень).

Результати досліджень. Отримані експериментальні дані свідчать про суттєвий алелопатичний вплив водних екстрактів більшості досліджених бур'янів на проростання насіння томатів. У контрольному варіанті схожість насіння становила 86,0—95,8%, що відповідає біологічній нормі для культури, тоді як у дослідних варіантах під впливом екстрактів бур'янів спостерігалось достовірне зниження цього показника (табл. 1).

Максимальне пригнічення проростання насіння томатів зафіксовано при використанні екстрактів багаторічних бур'янів, які брали з корінням. У варіанті з амброзією полинолистою насіння томатів взагалі не зійшло. Високий інгібуючий ефект також

характерний для кульбаби лікарської, пір'ю повзучого, осоту жовтого, хвощу польового, де проростання становило відповідно 17,3%, 26,4; 27,2 та 22,7% контролю.

Екстракти вегетативної маси бур'янів свинорію пальчастого, галінзого дрібноквіткової, гірчака березковидного, підмаренника чіпкого також чинили інгібуючий вплив на томати, адже збереження схожості насіння не перевищувало 26,7—40,8%.

Помірний алелопатичний вплив встановлено для березки польової, портулаку городнього, злинок канадської, плоскухи звичайної та шириці звичайної, де схожість насіння томатів у дослідних варіантах становила 58,1—69,7% контролю.

Найменший або практично відсутній алелопатичний ефект

виявлено у мишю сизого, де рівень проростання у досліді повністю відповідав контролю (100%), а також у лободи білої, де зниження схожості було незначним (85,7%).

Обговорення. Результати досліджень підтверджують, що водні екстракти бур'янів здатні істотно впливати на проростання насіння томатів уже на ранніх етапах онтогенезу. Використана методика приготування екстрактів (екстракція гарячою водою) забезпечує ефективне вилучення водорозчинних алелохімічних речовин, передусім фенольних сполук та органічних кислот, які, за даними літератури, є основними інгібіторами процесів проростання насіння [1].

Значний алелопатичний потенціал характерний багатьма видами бур'янів, екстракти яких здатні істотно інгібувати проростання насіння сільськогосподарських культур, у т.ч. і томатів. За даними Vekić et al. (2021), пригнічення лабораторної схожості та початкового росту проростків томатів відбувалось під впливом водних екстрактів *Robinia pseudoacacia* L. та *Chenopodium album* L., що зумовлено накопиченням фенольних сполук і органічних кислот [15].

Виявлена у нашому дослідженні висока фітотоксичність екстрактів бур'янів, взятих разом із корінням, підтверджує літературні дані про ключову роль кореневих ексудатів у формуванні алелопатичного ефекту. За даними багатьох авторів саме кореневі виділення містять підвищені концентрації фенольних кислот, здатних інгібувати поділ клітин зародкового корінця та порушувати водний баланс проростків томатів [5, 16].

Помірний алелопатичний вплив, встановлений для березки польової, шириці звичайної, та плоскухи звичайної, узгоджується з результатами інших авторів, які зазначають, що ці бур'яни проявляють фітотоксичність переважно за підвищених концентрацій екстрактів або за тривалішої експозиції [19, 20]. В умовах нашого дослідження інгібування проростання мало частковий характер, що

1. Проростання насіння томатів у водних екстрактах бур'янів, % ($\bar{X} \pm S_x$, $n = 5$)

Назва рослин	Контроль (вода)	Дослід (екстракти бур'янів)	% до контролю
Амброзія полинолиста (<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.): листя рослина з корінням	93,4 ± 1,2 90,0 ± 3,1	40,6 ± 1,3 0,0	43,5 0,0
Березка польова (<i>Convolvulus arvensis</i> L.)	86,7 ± 4,5	60,4 ± 2,2	69,7
Галінсога дрібноквіткова (<i>Galinsoga parviflora</i> L.)	86,0 ± 4,1	31,7 ± 2,1	36,9
Гірчак березковидний (<i>Polygonum convolvulus</i> L.)	86,5 ± 3,8	29,1 ± 2,6	33,7
Злинка канадська (<i>Erigeron canadensis</i> L.)	86,7 ± 2,6	56,7 ± 3,1	65,4
Кульбаба лікарська (<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.): листя рослина з корінням	86,7 ± 3,1 86,7 ± 3,8	35,8 ± 1,9 15,0 ± 1,2	41,3 17,3
Лобода біла (<i>Chenopodium album</i> L.)	93,4 ± 3,6	80,0 ± 2,3	85,7
Мишій сизий (<i>Setaria glauca</i> L.)	93,4 ± 3,1	93,4 ± 3,1	100,0
Плоскуха звичайна (<i>Echinochloa crus-galli</i> L.)	86,7 ± 2,8	56,7 ± 2,1	65,4
Пирій повзучий (<i>Elymus repens</i> (L.) Gould): вегетативна маса рослина з корінням	86,7 ± 2,8 80,5 ± 2,5	61,3 ± 3,5 21,2 ± 1,2	70,7 26,4
Підмаренник чіпкий (<i>Galium aparine</i> L.)	86,7 ± 1,6	35,3 ± 1,9	40,8
Портулак городній (<i>Portulaca oleracea</i> L.)	86,7 ± 2,1	60,0 ± 2,4	69,2
Осот жовтий (<i>Sonchus arvensis</i> L.): вегетативна маса рослина з корінням	86,7 ± 2,3 86,5 ± 2,0	43,4 ± 2,3 23,5 ± 1,3	50,1 27,2
Свинорій пальчастий (<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers)	95,8 ± 3,1	26,7 ± 2,8	27,9
Суріпиця звичайна (<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.)	80,5 ± 2,2	46,7 ± 3,1	58,1
Хвощ польовий (<i>Equisetum arvense</i> L.): вегетативна маса рослина з корінням	86,7 ± 2,5 86,2 ± 2,1	36,7 ± 3,4 19,5 ± 1,9	42,4 22,7
Шириця звичайна (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	86,7 ± 2,8	56,7 ± 3,5	65,4
НІП ₀₅	3,5	2,9	—

може бути пов'язано з меншою концентрацією активних метаболітів у водних витяжках.

Слабкий або відсутній алелопатичний вплив мишію сизого та лободи білої на проростання насіння томатів можна пояснити видоспецифічністю чутливості культур до алелохімічних речовин та тим, що окремі бур'яни можуть не проявляти фітотоксичності щодо томатів за стандартних лабораторних умов.

Вплив деяких поширених видів бур'янів на схожість і проростання рослин томатів досліджували у вегетаційному досліді. У дослідженнях, за одночасного висівання насіння томатів з насінням амброзії полинолистої, спостерігали затримку росту рослин томатів (рис. 1).

За проростання томатів з мишієм сизим спостерігали посилений ріст бур'яну. Рослини мишію сизого явно домінували над рос-

линами томатів, ріст відбувався інтенсивними темпами і бур'ян майже вдвічі випереджав ріст томатів, хоча рослини культури не виглядали пригніченими (рис. 2).

За сумісного пророщування насіння томатів і злинки канадської (*Erigeron canadensis* L.) спостерігали більш інтенсивний ріст томатів (рис. 3). Рослини бур'яну практично не впливали на розвиток рослин томатів.

Рослини лободи білої не впливали на розвиток рослин томатів. Томати раніше зійшли і швидше проростали (рис. 4). Ці дані підтвердили результати лабораторного досліді.

Одержаний ефект можна пояснити тим, що корені томатів виділяють також алелохімічні речовини, які можуть пригнічувати ріст деяких видів.

З рослини томата було ідентифіковано сорок фітотоксичних сполук, таких як транс-2-

гексенал, α -терпінєол, ліналоол, фенілацетальдегід, метилсаліцилова кислота, тетрадеканова кислота та ін. [5].

На ранніх фазах розвитку томатів сумісно з щирцею звичайною помітно, що сходи бур'яну з'явилися пізніше, ніж сходи томатів, і розвиток рослин проходив практично в однаковому темпі з томатами.

Визначення висоти рослин томатів і бур'янів показало, наскільки вони відрізнялись у рості на початковому етапі розвитку. Найвищою висотою, порівняно з томатами, характеризувався мишію сизий, його висота була вдвічі вищою. У 1,5 раза переважала ріст томатів амброзія полинолиста. Висота щиріці звичайної знаходилась практично на одному рівні з рослинами томатів. Значно відставали у рості, порівняно із рослинами томатів, злинка канадська та лобода біла:



Рис. 1. Розвиток рослин томатів і амброзії полинолистої на ранніх етапах розвитку



Рис. 2. Сумісне проростання рослин томатів і мишію сизого на ранніх етапах розвитку



Рис. 3. Сумісне проростання рослин томатів і злинки канадської на ранніх етапах розвитку



Рис. 4. Сумісне проростання рослин томатів і лободи білої на ранніх етапах розвитку



Рис. 5. Сумісне проростання щириці звичайної і томатів на ранніх етапах розвитку

висота була відповідно у 6,5 та 1,6 раза меншою за висоту томатів (рис. 6).

ВИСНОВКИ

Результати досліджень засвідчили, що більшість бур'янів проявляють алелопатичний вплив на томати. Найінтенсивніше пригнічували проростання насіння томатів водні екстракти з коренів багаторічних бур'янів, що свідчить про провідну роль кореневих виділень в алелопатичному впливі на культурні рослини. Не викликали пригнічення проростання насіння томатів лише екстракти мишій сизого та лободи білої.

Встановлено, що початкові 10—20 діб після сходів є критичним періодом конкуренції томатів з бур'янами. Найнебезпечнішими конкурентами на старті є

мишій сизий та амброзія полинолиста, які мали високі темпи росту і розвитку. Вони можуть активно конкурувати за світло і вологу, оскільки раніше формують вегетативну масу, швидко захоплюють життєвий простір, що свідчить про високий конкурентний тиск цих бур'янів уже на ранніх етапах розвитку культури.

Єдиними видами, що поступалися томатам за висотою на момент обліку, були злинка канадська та лобода біла, що може бути пов'язано з особливостями раннього проростання та стартowego росту цих видів.

Загалом, результати дослідження добре узгоджуються із сучасними уявленнями про алелопатію як важливий фактор формування агрофітоценозів. Вони підтверджують доцільність урахування алелопатичного по-

тенціалу бур'янів за розроблення екологічно безпечних систем контролювання їх у посівах томатів та створюють наукове підґрунтя для подальших досліджень з ідентифікації активних алелохімічних сполук.

Фінансування. Дослідження виконано в рамках НДР ПНД 24 «Фітосанітарна безпека, захист і карантин рослин» («Захист рослин») Підпрограма 03. «Сегетальна рослинність в агроценозах» («Герботологія»), завдання 24.03.01.01.Ф. Обґрунтування концепції формування ефективних і біологічно безпечних систем контролювання бур'янів у посівах широкорядних і овочевих культур. ДР №0121U000117.

Конфлікт інтересів. Автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

Штучний інтелект використано для пошуку відповідних літературних джерел.

¹**O.I. Borzykh,**
Doctor of Agricultural Sciences,
ORCID: 0000-0002-9802-5622

^{*1}**V.G. Sergiienko,**
Candidate of Agricultural Sciences,
ORCID: 0000-0003-4386-9307

¹**O.P. Tyshchuk,**
ORCID: 0000-0001-2345-6789

¹**A.M. Tkalenko,**
Doctor of Agricultural Sciences,
ORCID: 0000-0001-9448-6600

²**G.O. Balan,**
Candidate of Agricultural Sciences,
ORCID: 0000-0002-0485-843X

¹*Institute of Plant Protection of the NAAS,*
33, Vasylkivska str., Kyiv,
03022, Ukraine

²*Odessa State Agrarian University,*
13, Panteleimonivska str.,
Odesa, 65012, Ukraine
^{*}E-mail: v-serg@ukr.net

Allelopathic influence of weeds on the germination of seeds and development of tomatoes

Goal. To establish the allelopathic effect of weeds on seed germination and the development of tomato plants. **Methods.** Information-analytical, laboratory and vegetation methods, and mathematical-statistical analysis. To determine the allelopathic effect, tomato seeds were germinated under laboratory conditions in aqueous extracts of weeds. Tomato seed germination was recorded after

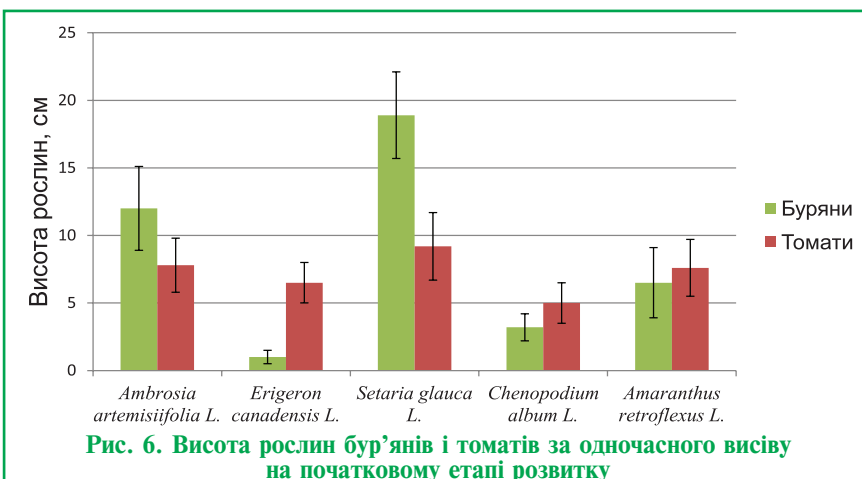


Рис. 6. Висота рослин бур'янів і томатів за одночасного висіву на початковому етапі розвитку

5—6 days. In addition, tomato seeds were sown together with weed seeds in specially prepared boxes in a greenhouse, and the growth and development of plants were monitored. A total of 17 species of the most common weeds were used in the experiments. **Results.** Most of the studied weed species inhibited the germination of tomato seeds. The greatest suppression was caused by perennial weeds studied together with their roots: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Elymus repens* (L.) Gould, *Sonchus arvensis* L., and *Equisetum arvense* L. In their extracts, tomato seed germination ranged from 0 to 27.2% relative to the control (germination in water). Practically no allelopathic pressure was detected from *Setaria glauca* L., where the germination level fully corresponded to the control (100%), as well as from *Chenopodium album* L., where the decrease in germination was insignificant (85.7%). The remaining weed species studied had a moderate allelopathic effect, since inhibition of tomato seed germination ranged from 58.1 to 69.7% of the control. In the vegetation experiment, during the simultaneous germination of weed plants (5 species) and tomatoes, the inhibitory effect of *Ambrosia artemisiifolia* L. was also observed, where tomato plants significantly lagged behind in growth. When tomatoes germinated together with *Setaria glauca* L., enhanced weed growth was recorded. Plants of *Setaria glauca* L. dominated tomato plants and almost twice outpaced their growth. Tomato plants grew more actively compared with *Chenopodium album* L., *Erigeron canadensis* L., and *Amaranthus retroflexus* L., which is apparently related to the peculiarities of the early germination of these weeds. **Conclusions.** Aqueous extracts of most of the studied weed species showed allelopathic effects

on tomato seed germination. The greatest inhibition was caused by weeds used together with their roots. The growth and development of tomato plants at early stages were inhibited only by *Ambrosia artemisiifolia* L. and *Setaria glauca* L. The results of studies of allelopathic interactions between tomatoes and weeds can be used in the development of environmentally safe methods for controlling segetal vegetation in agrophytocenoses.

tomatoes; weeds; allelopathic effects; germination; plant development

REFERENCES

- Cheng F, Cheng Z. (2015). Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy. *Front. Plant Sci.* 6:1020. DOI: 10.3389/fpls.2015.01020.
- Scavo A., Mauromicale G. (2021). Crop Allelopathy for Sustainable Weed Management in Agroecosystems: Knowing the Present with a View to the Future. *Agronomy*, 11(11), 104. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112104>
- Khamare Y., Chen J., Marble S.C. (2022). Allelopathy and its application as a weed management tool: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1034649. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1034649>
- Zohaib A., Abbas T., Tabassum T. (2016). Weeds Cause Losses in Field Crops through Allelopathy. *Notulae Scientia Biologicae*, 8(1): 47–56. <https://doi.org/10.15835/nsb819752>
- Yankova P., Naskova P. (2025). Study of the impact of extracts from essential oil crops on seed germination in tomatoes. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 62(6). <https://doi.org/10.61308/RKZL3922>
- Ivashchenko O.O., Ivashchenko O.O. (2019). Zahalna herbolohiia. Monohrafiia. [General Herbology. Monograph]. Kyiv: Feniks. 752 c. <https://doi.org/10.36495/ISBN978-966-136-649-6/2019.752s> (in Ukrainian).
- Okrushko S.E. (2022). Vplyv vodnykh vytyazhok iz korenevnykh Elytrigia repens L. na prorostannia nasinnia kukurudzy. [Influence of aquatic extracts from the rhizomes of *Elytrigia repens* L. on the progress of maize seeds]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka*, 2(4), S. 43–50. DOI: 10.54651/agri.2022.02.05 (in Ukrainian).
- Okrushko S.E. (2024). Vplyv vodnykh vytyazhok iz riznykh orhaniv burianiv na prorostannia *Phaseolus vulgaris* L. Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia: «Ekolohoorientovani tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskoi produktsii v umovakh gruntozberezhennia ta klimatychnoi neutralnosti». Vinnytsia. URL: <http://socrates.vsa.u.gov/repository/getfile.php/36798.pdf> (in Ukrainian).
- Yashchuk V.A. (2017). Vplyv vodnykh ekstraktiv z roslyn liadventsiu rohatoho ta zlakovykh trav na prorostannia nasinnia. *Kormy i kormovyrobnytstvo: mizhvid. temat. nauk. zbirnyk. Vinnytsia. Vyp. 83*. S. 126–132. (in Ukrainian).
- Vitanov O., Zelendin Y., Che-

fonova N., Melnyk O., Ivanin D., Uriupina L. (2021). Allelopathic properties of associated onion plants. *Vegetable and Melon Growing*, (68), 52–62. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2020-68-52-62>

11. Hospodarenko H.M., Lysianskyi O.L. (2015). Alelopatychnyi vplyv syderalnykh kultur na psheynysiu ozymu. *Visnyk ZhNAEU*, 2(50), t. 1, 190–198. (in Ukrainian).

12. Kuts O., Yakovchenko A., Semenenko S., Semenenko I., Yakovchenko O., Kokoyko V., Hulyak N., Suchkova V. (2022). Investigation of allelopathic influence on sweet potato plants of main weeds and agricultural plants. *Vegetable and Melon Growing*, (71), 49–58. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-49-58>

13. Weston L.A., Duke S.O. (2010). *Weed and Crop Allelopathy*. Cornell University, Ithaca, NY 14853 and USDA Natural Products Utilization Research Unit, PO Box 8048 | Published online: 18 Jun 2010. Pages 367–389. <https://doi.org/10.1080/713610861>

14. Shpiriuk A.V., Anisymova A.A., Kulyk M.V. (2021). Alelopatychni vydilennia ripaku ta yikh vylyv na prorostannia nasinnia burianiv. *Tendentsii i vyklyky sushchasnoi ahrarynoi nauky: teoriia i praktyka. Materialy III mizhnarodnoi naukovoii internet-konferentsii* (m. Kyiv, 20–22 zhovtnia 2021 r.). NUBIP Ukrainy. S. 301–303. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/949a2251-04b5-4ce7-b294-63eff48d0485/content> (in Ukrainian).

15. Bektic S., Huseinovic S., Memic S. (2021). Allelopathic effects of extract *Robinia pseudoacacia* L. and *Chenopodium album* L. on germination of tomato. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 40(26): 11–18, DOI: 10.9734/cjast/2021/v40i2631520

16. Solodka T., Solodka O. (2025). Allelopathic effects of bioactive aqueous extracts on *Solanum lycopersicum*. *Frontiers in Plant Science*, DOI: 10.3389/fpls.2025.1536309

17. Jabran K., Mahajan G., Sardana V., Chauhan B.S. (2015). Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.004>

18. Sodaizadeh H., Hosseini Z. (2012). Allelopathy an environmentally friendly method for weed control. 2012 — *openresearchlibrary.org International Conference on Applied Life Sciences (ICALS2012)* Turkey, September 10–12. 387–392.

19. Hrodzinskiy A.M. (1973). *Osnovy khimichnoi vziaemodii roslyn*. Kyiv: Naukova dumka, 205 s. (in Ukrainian).

20. Balah M.A. (2015). Allelopathic effects of bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) root exudates on plants and soil microflora. *Egyptian J. Desert Res.*, 65(1), 31–46. DOI:10.21608/ejdr.2015.5776

21. Bahadır Şin, Ömer Ümit Okçu. (2024). Determination of In Vitro Allelopathic Effect of Field Bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) on Some Weeds and Test Plants. *ANADOLU Journal*, 34(1), 82–89, <https://doi.org/10.18615/anadolu.1494763>

22. Adeleke M.T.V., Onyebuchi P. (2022). Allelopathic effects of weeds on germination and seedling growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *International Journal of Research — GRANTHAALAYAH*, 10(2). 18–27. DOI 10.29121/granthaalayah.v10.i2.2022.4490

Надійшла до редакції: 05.02.2026
Прийнята до друку: 02.03.2026
Надруковано й опубліковано онлайн:
березень 2026



ЕФЕКТИВНІСТЬ КОНТРОЛЮВАННЯ чисельності борщівника Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden.)

Мета. Оцінити ефективність застосування гербіцидів і їх бакових сумішей для контролювання чисельності борщівника Сосновського (*Heracleum Sosnowskyi* Manden.) в умовах Західного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили упродовж 2021—2025 рр. на полях ННДЦ Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Визначали технічну ефективність гербіцидів: Раундап Макс, РК (гліфосату калійна сіль, 551 г/л), 4,0 л/га, Слеш, КЕ (галауоксифен-метил, 5 г/л + клопіралід, 120 г/л), 1,5 л/га, бакової суміші гербіцидів Елюміс, ОД (нікосульфурон, 30 г/л + мезотрон, 75 г/л), 2,0 л/га та Раундап Макс, РК (гліфосату калійна сіль, 551 г/л), 2,5 л/га. **Результати.** Максимальна ефективність хімічного контролювання борщівника Сосновського формувалась у фазі утворення сім'ядоль. За цих умов рівень технічної ефективності гербіциду Раундап Макс, РК (4,0 л/га) становив 92,5%, Слеш, КЕ (1,5 л/га) — 89,6%, а застосування бакової суміші Елюміс, ОД (2,0 л/га) + Раундап Макс, РК (2,5 л/га) забезпечило найвищий показник — 98,3%. До фази восьми справжніх листків ефективність хімічних препаратів істотно зменшувалась: у варіанті застосування Раундап Макс, РК (4,0 л/га) вона становила 39,2%; Слеш, КЕ (1,5 л/га) — 36,7%; бакової суміші Елюміс, ОД (2,0 л/га) + Раундап Макс, РК (2,5 л/га) — 58,9%. **Висновки.** Отримані результати свідчать про наявність тісного зворотного кореляційного зв'язку між фазою розвитку рослин та їхньою чутливістю до дії гербіцидів, що підтверджується високим коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0,9907$). Крім того, встановлено, що на ділянках, засмічених борщівником Сосновського, втрати врожайності сільськогосподарських культур становили 25—40%. Водночас встановлено негативний вплив інвазії борщівника Сосновського на біорізноманіття рослинних угруповань: значення індексу Шеннона зни-

***Г.М. КОРПІТА,**
 кандидат сільськогосподарських наук,
 ORCID: 0000-0002-0908-0129

І.А. ШУВАР,
 доктор сільськогосподарських наук,
 ORCID: 0000-0002-4149-1761

М.О. СТЮРКО,
 кандидат сільськогосподарських наук,
 ORCID: 0009-0001-1159-636X

О.І. КОВАЛЬЧУК,
 кандидат сільськогосподарських наук,
 ORCID: 0000-0002-8583-4877

Львівський національний
 університет ветеринарної медицини
 та біотехнологій імені С.З. Гжицького,
 вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни,
 Львівська обл., 80831, Україна
 *E-mail: korpita@ukr.net

жувалося у середньому на 0,28 умовних одиниці, а індексу Сімпсона — на 0,03—0,05.

інвазійні рослини; бур'яни; хімічні засоби захисту; фази вегетації; екологічний вплив

Борщівник Сосновського (*Heracleum Sosnowskyi* Manden.) є однією з найагресивніших інвазійних рослин на території України та країн Європи, що продовжує активно поширюватися як на сільськогосподарських угіддях, так і на занедбаних територіях. Його масове розповсюдження супроводжується значними економічними, екологічними та соціальними наслідками: зменшенням продуктивності культур, пригніченням місцевої флори, порушенням структури природних угруповань, збідненням біорізноманіття, а також створенням ризиків для здоров'я людей унаслідок фототоксичних властивостей рослин [1]. Фурукума-

рини, що містяться у соку борщівника, у випадку контакту зі шкірою викликають тяжкі опіки, здатні залишати рубці, й потребують тривалого лікування. Все це визначає соціальну значущість контролюваного виду [2].

Висока конкурентоспроможність *H. Sosnowskyi* зумовлена потужною вегетативною масою, швидким зростанням, високою насінневою продуктивністю та здатністю до швидкої адаптації в різних ґрунтово-кліматичних умовах [3]. Для ефективного контролювання борщівника Сосновського в Європі застосовують комплексне поєднання механічних, агротехнічних, біологічних та хімічних методів. При цьому хімічний контроль, зокрема застосування гербіцидів та бакових сумішей, вважають найпоширенішим і найбільш ефективним на великих площах та у складному рельєфі місцевості [4]. Дослідження попередніх років показують, що максимальну чутливість до гербіцидів рослини *H. Sosnowskyi* проявляють у ранні фази розвитку (ВВСН 10—12), тоді як у пізніші ефективність препаратів може зменшуватися на понад 50% [5—6].

Незважаючи на значну кількість досліджень біології, екології та морфологічних характеристик борщівника Сосновського, в умовах України недостатньо системного вивчення й оцінки ефективності сучасних гербіцидів, норм внесення та комбінацій у різні фази. Особливо мало досліджень з вивчення впливу хімічного контролювання *H. Sosnowskyi* в агроценозах на структуру адвентивної флори та популяційні характеристики видів, що створює прогалини у практичних

рекомендаціях для аграріїв та органів державного управління.

Тому існує необхідність визначення оптимальних норм і строків застосування гербіцидів та доцільності використання бакових сумішей для підвищення ефективності їхнього контролювання.

Мета дослідження — оцінити ефективність застосування гербіцидів та бакових сумішей для контролювання борщівника Сосновського в ґрунтово-кліматичних умовах західного Лісостепу України. У цьому процесі перевіряли гіпотезу про те, що застосування бакових сумішей у ранні фази розвитку борщівника Сосновського забезпечує високу ефективність контролювання щільності рослин, зменшує економічні витрати та мінімізує негативний вплив на стан біорізноманіття.

Матеріали та методи. Дослідження виконано упродовж 2021—2025 рр. на експериментальних ділянках ННДЦ Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Оцінювали ефективність застосування гербіцидів для контролювання чисельності рослин борщівника Сосновського (*H. Sosnowskyi*) та вивчали структуру адвентивної флори й популяційні характеристики видів у різних біотопах.

Ґрунт ділянки — темно-сірий опідзолений, легкосуглинковий за гранулометричним складом. Уміст гумусу в орному шарі становив 2,2—3,6%, на глибині 50 см — близько 1,5%, рН сольове — 6,2. Рухомі форми фосфору в 1 кг ґрунту становили 91 мг, обмінні форми калію — 112 мг, а азот, що легко гідролізується, — 48 мг.

Дослід включав чотири варіанти:

1. Контроль (без застосування гербіцидів);
2. Обробка Раундап Макс, РК (гліфосату калійна сіль, 551 г/л), 4,0 л/га;
3. Обробка Слеш, КЕ (галауксифен-метил, 5 г/л + клопіралід, 120 г/л), 1,5 л/га;

4. Комбінована обробка баковою сумішшю гербіцидів Елюміс, ОД (нікосульфурон, 30 г/л + мезотрон, 75 г/л), 2,0 л/га у поєднанні з Раундап Макс, РК (гліфосату калійна сіль, 551 г/л), 2,5 л/га.

Дослідження виконували за 4-разового повторення методом рендомізованого розміщення варіантів на облікових ділянках площею 25 м². Вносили гербіциди лабораторним штанговим щільним обприскувачем на колесах, обладнаним редуктором, за постійного робочого тиску 2,1 атмосфери за сприятливих погодних умов (температура повітря близько 18°C, швидкість вітру не більше 4 м/с). Витрата робочого розчину становила 200 л/га. Робочі розчини готували безпосередньо перед їх внесенням, а обприскувач ретельно промивали перед кожним застосуванням для уникнення залишкового впливу попередніх препаратів. Дослідження виконували на однорічних рослинах борщівника Сосновського (табл. 1). Гербіциди вносили у 4-разовій повторності у кожну з наведених фаз розвитку борщівника Сосновського: у фазі сім'ядоль, 2, 4, 6 та 8 справжніх листків.

Ефективність гербіцидів оцінювали через 30 діб після внесення за візуальною шкалою від 0 до 100%, де 0% відповідало повній відсутності впливу, а 100% — повному знищенню або повному пригніченню рослин борщівника Сосновського, відповідно до загальноприйнятих методичних підходів оцінки дії гербіцидів [7—8].

Для структурного аналізу адвентивної флори застосовували методики Серебрякова та Поплавської; ценотичне приурочення видів здійснювали за класифікацією Браун-Бланке, а інвазії видів виокремлювали відповідно до методики Richardson D.M. Найявність видів у різних біотопах оцінювали за принципами EUNIS, а популяційні характеристики, включно з чисельністю, віковою структурою та щільністю, вивчали на модельних ділянках із різним антропогенним навантаженням у природних біоценозах.

Для статистичної обробки отриманих результатів використовували методи дисперсійного аналізу (ANOVA) з оцінюванням різниці між варіантами та визначенням ефективності гербіцидів. Додатково застосовували t-критерій Стьюдента для порівняння середніх значень між окремими варіантами, а також критерії Вальда та Фішера для оцінки надійності отриманих результатів. Усі розрахунки виконували з використанням програмного забезпечення для статистичного аналізу, що уможливило забезпечити точність та надійність результатів експерименту.

Результати досліджень. Дослідженнями встановлено, що ефективність застосування гербіцидів значною мірою залежить від фази розвитку рослин борщівника Сосновського. Найвищі показники ефективності встановлено за обприскування гербіцидами у фазу утворення сім'ядоль (табл. 2). Зокрема, препарат Раундап Макс, РК (4,0 л/га) забезпечував пригнічення рослин борщівника Сосновського на

1. Схема застосування гербіцидів

Варіант досліджу	Назва препарату	Норма витрати, л/га	Діюча речовина	Фаза внесення
1	Контроль (без обробки гербіцидами)	—	—	—
2	Раундап Макс, РК	4,0	Гліфосат (551 г/л калійної солі)	Фаза сім'ядоль, 2, 4, 6 та 8 справжніх листків
3	Слеш, КЕ	1,5	Галауксифен-метил (5 г/л) Клопіралід (120 г/л)	Фаза сім'ядоль, 2, 4, 6 та 8 справжніх листків
4	Елюміс, ОД + Раундап Макс, РК	2,0 + 2,5	Нікосульфурон (30 г/л), Мезотріон (75 г/л) + Гліфосат (551 г/л калійної солі)	Фаза сім'ядоль, 2, 4, 6 та 8 справжніх листків

2. Ефективність гербіцидів проти рослин борщівника Сосновського залежно від фази розвитку, % (середнє за 2021—2025)

Гербіцид і норма внесення	Сім'ядолі	Кількість листків у рослин			
		два	чотири	шість	вісім
Контроль (без обробки гербіцидами)	–	–	–	–	–
Раундап Макс, РК, 4,0 л/га	92,5 ± 2,1	84,3 ± 3,2	71,8 ± 4,1	56,4 ± 4,5	39,2 ± 3,8
Слаш, КЕ, 4,0 л/га	89,6 ± 2,4	82,1 ± 3,7	65,4 ± 4,3	51,0 ± 4,6	36,7 ± 3,6
Елюміс, ОД, 3,0 л/га + Раундап Макс, РК, 2,0 л/га	98,3 ± 1,0	95,7 ± 1,5	87,6 ± 2,7	72,5 ± 3,4	58,9 ± 3,1
НІР ₀₅	4,78	5,21	6,65	5,89	5,34

Джерело: власні дослідження авторів

Примітка. Дані подано як середнє значення ± стандартне відхилення, n=3. НІР₀₅ — найменша істотна різниця на рівні ймовірності 5%.

92,5%, Слаш, КЕ (1,5 л/га) — на 89,6%. У період настання фази двох, чотирьох, шести та восьми листків виявлено послідовне зменшення ефективності впливу обох препаратів, що свідчить про зростання стійкості борщівника з віком. Зокрема, у фазу восьми листків ефективність впливу гербіциду Раундап Макс, РК (4,0 л/га) зменшувалась до 39,2%, а гербіциду Слаш, КЕ (1,5 л/га) — до 36,7%.

Найвищу ефективність забезпечило внесення бакової суміші препаратів Елюміс, ОД (2,0 л/га) разом із Раундап Макс, РК (2,5 л/га). У початкову фазу розвитку рослин (сім'ядолі) ця комбінація забезпечила ефективність 98,3%, і навіть у фазу восьми листків досягала 58,9%, що перевищує показники ефективності інших гербіцидів.

Статистичний аналіз отриманих результатів показав, що різниця між ефективністю внесення гербіцидів у різні фази розвитку рослин борщівника Сосновського була достовірною за критерієм найменшої значущої різниці (НІР₀₅) у межах 4,78—6,65% залежно від фази розвитку. Тому це підтверджує об'єктивність отриманих відмінностей між гербіцидами та важливість вибору оптимального строку їхнього внесення.

Результати виконаного дослідження свідчать про встановлення чіткої закономірності: чутливість рослин *H. Sosnowskyi* до гербіцидів зменшується зі збільшенням фази їхнього розвитку, що підтверджує важливість пра-

вильного вибору термінів обробки для досягнення високої ефективності контролювання цього інвазійного виду рослин.

У виконаному дослідженні найвищу ефективність гербіцидів (понад 90%) отримано у фазу сім'ядолі та двох справжніх листків (ВВСН 10—12) рослин борщівника Сосновського. Надалі було поступове послаблення чутливості. У фазу ВВСН 18 ефективність зменшувалась на понад 38%. Отримані результати підтверджують гіпотезу, що найбільш вразливим періодом для застосування гербіцидів є ранні етапи онтогенезу.

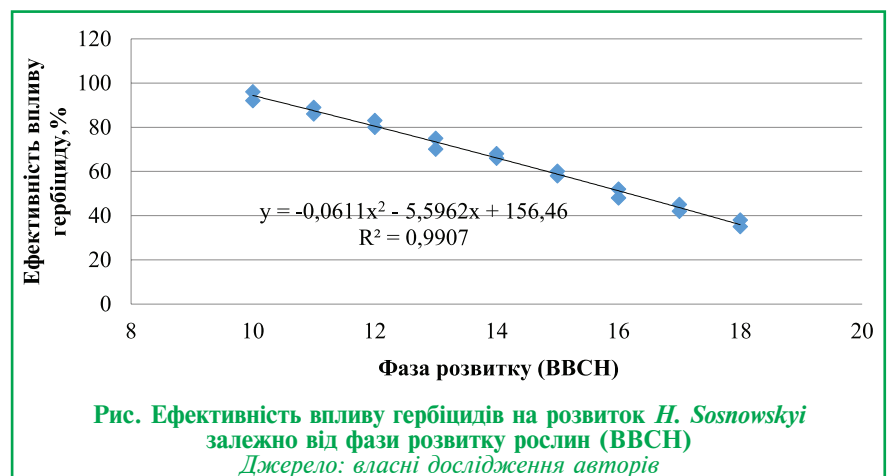
Побудована регресійна модель ($R^2 = 0,9907$) свідчить про тісний зворотний зв'язок між фазою розвитку рослин та чутливістю до гербіцидів (рис.). З урахуванням життєздатності насіння, для повного знищення популяції потрібне комплексне управління зі щорічними обприскуваннями гербіцидами.

Необхідно враховувати, що

оцінка ефективності контролювання борщівника Сосновського за допомогою гербіцидів вимагає комплексного аналізу не лише біологічних, але й економічних та екологічних наслідків застосованих заходів. Для цього здійснено розрахунок середніх значень втрат врожайності сільськогосподарських культур та стану біорізноманіття, що дало змогу кількісно оцінити ефективність різних підходів і визначити оптимальні стратегії управління інвазійними видами.

Упродовж 2021—2025 рр. за експериментальних і статистичних розрахунків отримано середні значення економічних і екологічних показників впливу *H. Sosnowskyi* на сільськогосподарські угіддя та стан екосистеми (табл. 3).

Зокрема, економічні показники оцінювали в посівах сільськогосподарських культур (зернові, картопля) як показники втрат врожайності: результати, отримані методом ANOVA, підтвердили значущість цих втрат ($p < 0,05$). Аналіз показників для *H. Sosnowskyi* свідчить про значний вплив цього виду рослин на стан сільськогосподарських угідь та екосистеми. Втрати врожайності на забур'янених ділянках становили 25—40%, що відображає високу конкурентоспроможність рослини та її здатність пригнічувати розвиток культурних та природних видів. Однофакторний дисперсійний аналіз підтвердив статистичну значущість цих втрат ($F(1,94) = 18,7$; $p = 0,0001$, де F — значення F -критерію Фі-



3. Вплив *H. Sosnowskyi* на стан екосистеми та сільськогосподарські угіддя (середнє за 2021—2025 рр.)

Показник	Значення
Втрати врожаю, %	25—40
Збіднення/пригнічення біорізноманіття, %	25—30
Джерело: власні дослідження авторів	

шера, p — рівень значущості), а середня різниця на контролі і варіантів досліду становила 32%.

Екологічні показники впливу *H. Sosnowskyi* оцінювали у природних та напівприродних агроценозах (узбіччя, перелогі, заплавні луки). Зменшення чисельності біорізноманіття оцінювали з використанням індексів Шеннона та Сімпсона. Для *H. Sosnowskyi* зменшення індексу Шеннона становило 0,28 од. ($F(1,94) = 12,2$; $p = 0,001$, де F — значення F -критерію Фішера, p — рівень значущості). Це свідчить про значне пригнічення різноманіття рослинних угруповань та порушення екологічної рівноваги на ділянках із масовим поширенням *H. Sosnowskyi*. Індекс Сімпсона також знижувався, і ці зміни були статистично підтверджені ($p < 0,01$), що вказує на реальний екологічний ефект інвазії.

Узагальнення та аналіз отриманих результатів вказують на те, що *H. Sosnowskyi* має значний негативний вплив на сільськогосподарські угіддя та стан екосистеми. Він призводить до суттєвих втрат врожайності та пригнічення біорізноманіття. Ефективне контролювання щільності цього виду потребує комплексного підходу, який включає своєчасне застосування гербіцидів у ранні фази розвитку, механічні методи контролювання та систематичне спостереження за популяцією, що дозволяє мінімізувати економічні та екологічні ризики його поширення.

Обговорення. Отримані нами результати дослідження підтверджують високу ефективність застосування гербіцидів проти *H. sosnowskyi*, зокрема, у ранні фази розвитку рослин (ВВСН 10—12), та демонструють

чітку залежність ефективності від фази онтогенезу. Аналіз експериментальних даних показав, що застосування гербіцидів Раундап Макс, РК (4,0 л/га) і Слаш, КЕ (1,5 л/га) забезпечують високу ефективність: пригнічення рослин борщівника Сосновського на стадії сім'ядоль становило відповідно 92,5% і 89,6%. Найбільшу ефективність отримано у варіанті застосування бакової суміші Елюміс, ОД (2,0 л/га) + Раундап Макс, РК (2,5 л/га) на стадії сім'ядоль — 98,3%. Така динаміка ефективності препаратів узгоджується з результатами, отриманими І. Shuvar та співавторами (2021), які також вказують на зменшення ефективності гербіцидної дії по мірі старіння рослини [9]. Це підтверджує важливість правильного вибору термінів обробки рослин для досягнення високої ефективності контролювання інвазійного виду *H. sosnowskyi*.

Зазначені вище висновки узгоджуються з результатами досліджень J. Sužiedelytė Visockienė (2020), який вказує, що ефективність хімічного контролювання *H. Sosnowskyi* стрімко зменшується у пізні фази розвитку, а раннє застосування препаратів забезпечує максимальний ефект [10]. Подібні тенденції окреслено й у праці О.О. Івашенко, О.О. Івашенко (2019), де відзначено високу чутливість молодих рослин і необхідність здійснення обробок на ранніх стадіях розвитку рослин [11].

Результати нашого дослідження підтверджують, що застосування бакових сумішей може частково компенсувати зменшення їх ефективності у пізні фази розвитку борщівника Сосновського, що є важливим вкладом у доповнення міжнародного досвіду і підтвердженням практичної цінності та значущості комбінованого підходу.

Важливою складовою дослідження була оцінка економічної ефективності контролювання щільності рослин борщівника Сосновського. Витрати на захист від *H. Sosnowskyi* у середньому становили 2,5—3,0 тис. грн/га, що

відповідає комплексній стратегії з механічними та хімічними заходами. Витрати на окремі гербіциди були меншими, однак менш ефективні методи потребували повторних обробок, що впливало на збільшення загальних витрат і зменшення економічної доцільності. Таким чином, застосування бакових сумішей дає можливість не лише підвищити ефективність контролювання, а й оптимізувати фінансові ресурси, що важливо для управління великими масивами у сільському господарстві. Отримані висновки підтверджують дані інших дослідників у країнах ЄС, які відзначали економічну ефективність інтегрованих підходів контролювання інвазійних видів [12—13].

Результати регресійного аналізу ($R^2 = 0,9907$) вказують на наявність сильного зворотного зв'язку між фазою розвитку рослини та її чутливістю до гербіцидів, що відповідає даним, наведеним у дослідженні Z. Gudžinskas та E. Žalneravičius (2018) [14]. Подібність у тенденціях підтверджує достовірність досліджень і підсилює аргументацію необхідності ранніх строків внесення гербіцидів. Крім того, отримані результати доповнюють висновки L. Gubar та S. Koniakin (2021), які вказують, що більшість сходів *H. Sosnowskyi* з'являються навесні першого року життя і саме на цьому етапі досягається найвища ефективність хімічного контролювання [15].

Аналіз екологічних наслідків застосування гербіцидів засвідчив, що втрати врожайності на ділянках, уражених *H. sosnowskyi*, становлять 25—40%, а зменшення щільності біорізноманіття оцінено за індексами Шеннона та Сімпсона на рівні 25—30%. Отримані результати свідчать про значний екологічний вплив інвазії, що узгоджується з даними інших авторів, які вказували на пригнічення місцевих видів і зміну структури угруповань [16]. Водночас результати нашого дослідження показали, що контроль *H. Sosnowskyi* застосуванням гербіцидів з урахуванням оптимальних фаз розвитку та норм внесення

дозволяє зменшити негативний вплив на культурні та природні види, забезпечуючи баланс між ефективністю контролю та збереженням стійкості екосистеми.

Особливої уваги необхідно надавати динаміці зменшення ефективності гербіцидів по мірі росту рослини. Результати дослідження підтвердили, що у фазу восьми листків ефективність Раундап Макс, РК (4,0 л/га) зменшується до 39,2%, а Слэш, КЕ (1,5 л/га) — до 36,7%, тоді як бакова суміш Елюміс, ОД (2,0 л/га) + Раундап Макс, РК (2,5 л/га) забезпечує 58,9%. Вказана закономірність пояснюється підвищенням фізіологічної стійкості рослин, зміною площі листової поверхні та зменшенням транспірації, що впливає на інтенсивність поглинання діючих речовин. Відомо, що такі особливості розвитку *H. Sosnowskyi* характерні для багатьох інвазійних видів [17–18], це вказує на важливість своєчасного застосування хімічного методу.

Виконане дослідження також підтвердило статистично значущі втрати врожайності ($F(1,94) = 18,7$; $p = 0,0001$) та зниження біорізноманіття ($F(1,94) = 12,2$; $p = 0,001$), що свідчить про об'єктивність отриманих даних. Порівняльна оцінка отриманих нами результатів з результатами досліджень інших авторів дозволяє стверджувати, що *H. Sosnowskyi* є одним із найагресивніших інвазійних видів у Центральній та Східній Європі, і контроль за ним потребує комплексного підходу з урахуванням біологічних, економічних та екологічних факторів [19].

Результати дослідження підтверджують необхідність своєчасного і науково обґрунтованого застосування гербіцидів для ефективного контролювання *H. Sosnowskyi*, водночас враховуючи економічні, екологічні та агротехнічні аспекти, що закладає основу для подальших досліджень і вироблення практичних рекомендацій для ефективного управління інвазійними видами в Україні.

ВИСНОВКИ

Отримані результати багаторічних досліджень (2021–2025 рр.) свідчать, що ефективність гербіцидного контролювання *H. Sosnowskyi* істотно залежить від фази розвитку рослин. Найвищу чутливість борщівник Сосновського виявляє на ранніх етапах онтогенезу (ВВСН 10–12), коли рівень пригнічення рослин перевищує 90%, тоді як із переходом до пізніших фаз розвитку спостерігається закономірне зниження ефективності дії гербіцидів. У фазу вісім листків ефективність зменшується більше ніж на 38%, що підтверджує зростання стійкості рослин з віком та обмежує результативність пізніх обробок.

Застосування бакової суміші препаратів Елюміс, ОД (2 л/га) разом із Раундап Макс, РК (2,5 л/га) забезпечило найвищий і найбільш стабільний рівень контролювання борщівника Сосновського у всіх досліджуваних фазах розвитку, що вказує на синергічну дію препаратів. Статистичний аналіз підтвердив достовірність встановлених відмінностей між варіантами досліду та фазами розвитку рослин, а побудована регресійна модель з



Heracleum Sosnowskyi
у природних біоценозах

високим коефіцієнтом детермінації засвідчила тісний зворотний зв'язок між фазою розвитку *H. Sosnowskyi* та його чутливістю до впливу гербіцидів.

Разом із біологічними аспектами встановлено значний економічний та екологічний вплив борщівника Сосновського на агроекосистеми. Масове поширення виду призводить до втрат врожайності сільськогосподарських культур на рівні 25–40%, істотного збіднення біорізноманіття та порушення екологічної рівноваги, що підтверджується зниженням індексів Шеннона і Сімпсона. Фінансові витрати на заходи боротьби з борщівником залишаються високими й зумовлені необхідністю повторних і комплексних обробок.

Узагальнення результатів дослідження свідчить, що ефективне стримування поширення *H. Sosnowskyi* можливе лише за умови комплексного управління, яке поєднує своєчасне застосування гербіцидів у ранні фази розвитку рослин, використання бакових сумішей із синергічною дією та систематичний моніторинг популяцій. Такий підхід дозволяє мінімізувати економічні втрати та екологічні ризики, пов'язані з інвазією цього небезпечного виду.

Науково-практичне значення дослідження полягає у визначенні оптимальних строків внесення гербіцидів, встановленні параметрів втрат врожайності та змін біорізноманіття, а також оцінці економічних витрат на контролювання *Heracleum sosnowskyi*. Рекомендовано застосовувати гербіциди на ранніх етапах розвитку рослин, поєднувати хімічні методи з механічною дезінвазією та здійснювати систематичний моніторинг популяції для мінімізації екологічних ризиків та економічних витрат.

Обмеження дослідження пов'язані з впливом погодних умов на ефективність впливу гербіцидів, потенційною варіабельністю реакції рослин та обмеженням часу спостере-

жень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на оцінку довгострокового впливу різних стратегій управління на відновлення біорізноманіття, оптимізацію дозування препаратів для зниження витрат та розроблення інтегрованих методів контролювання інвазійних видів.

Фінансування робіт. Дослідження проведені без фінансової підтримки.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

Штучний інтелект використано для аналізу відповідних літературних джерел.

***H.M. Korpita,**

Candidate of Agricultural Sciences,
ORCID: 0000-0002-0908-0129

I.A. Shuvar,

Doctor of Agricultural Sciences,
ORCID: 0000-0002-4149-1761

M.O. Stiurko,

Candidate of Agricultural Sciences,
ORCID: 0009-0001-1159-636X

O.I. Kovalchuk,

Candidate of Agricultural Sciences,
ORCID: 0000-0002-8583-4877

Northern Campus of the Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnology of Lviv, Volodymyra Velykoho str., 1, Dubliany, Lviv Oblast, 80831

*E-mail: korpita@ukr.net

Effectiveness of controlling the population of *Heracleum sosnowskyi* Manden.

Goal. To evaluate the effectiveness of the application of herbicides and their tank mixtures for controlling the population of *Sosnowskyi* hogweed (*Heracleum Sosnowskyi* Manden.) under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was conducted during 2021–2025 in the fields of the Educational and Research Center of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyi. The technical efficiency of herbicides was determined: Roundup Max, SL (potassium salt of glyphosate, 551 g/L), 4.0 L/ha; Slash, EC (halauxifen-methyl, 5 g/L + clopyralid, 120 g/L), 1.5 L/ha; the tank mixture of herbicides Elumis, OD (nicosulfuron, 30 g/L + mesotrione, 75 g/L), 2.0 L/ha and Roundup Max, SL (potassium salt of glyphosate, 551 g/L), 2.5 L/ha. **Results.** The maximum effectiveness of chemical control of *Sosnowskyi* hogweed was formed at the cotyledon formation stage. Under

these conditions, the level of technical efficiency of the herbicide Roundup Max, SL (4.0 L/ha) was 92.5%, Slash, EC (1.5 L/ha) — 89.6%, and the application of the tank mixture Elumis, OD (2.0 L/ha) + Roundup Max, SL (2.5 L/ha) provided the highest indicator — 98.3%. Up to the stage of eight true leaves, the effectiveness of chemical preparations significantly decreased: in the variant of application of Roundup Max, SL (4.0 L/ha) it was 39.2%; Slash, EC (1.5 L/ha) — 36.7%; the tank mixture Elumis, OD (2.0 L/ha) + Roundup Max, SL (2.5 L/ha) — 58.9%. **Conclusions.** The obtained results indicate the presence of a close inverse correlation relationship between the phase of plant development and their sensitivity to the action of herbicides, which is confirmed by a high coefficient of determination ($R^2 = 0.9907$). In addition, it was established that in areas infested with *Sosnowskyi* hogweed, yield losses of agricultural crops amounted to 25–40%. At the same time, a negative impact of the invasion of *Sosnowskyi* hogweed on the biodiversity of plant communities was established: the value of the Shannon index decreased on average by 0.28 relative units, and the Simpson index — by 0.03–0.05.

invasive plants; weeds; chemical plant protection products; vegetation stages; ecological impact

REFERENCES

1. Auškalnienė O., Kadžienė G., Ivashchenko O., Makukh J., Remeniuk S., Moshkivska S., Riznyk V. (2022). Chemical control of *Sosnowskyi* hogweed (*H. Sosnowskyi* Manden.) in Ukraine. *Zemdirbyste—Agriculture*, 109(4), 329–334. <https://doi.org/10.13080/z-a.2022.109.042>
2. Borska E., Kvišies J., Ramata-Stunda A., Nikolajeva V., Ansonė-Bertina L., Boroduskis M., Klavins M. (2025). Bioactive lipids and allelopathic potential of the invasive plant *Heracleum sosnowskyi*: insights into its fatty acid composition, antimicrobial and cytotoxic effects. *Front Pharmacol.* May 1;16:1582694. doi: 10.3389/fphar.2025.1582694. PMID: 40376267; PMCID: PMC12078124.
3. Baležentienė L., Marozas V., Mikša O. (2021). Comparison of the carbon and water fluxes of some aggressive invasive species in Baltic grassland and shrub habitats. *Atmosphere*, 12, 969. <https://doi.org/10.3390/atmos12080969>
4. Dalke I.V., Chadin I.F., Malyshev R.V., Zakhochiy I.G., Tishin D.V., Kharevsky A.A. Polyudchenkov I.P. (2020). Laboratory and field assessment of the frost resistance of *Sosnowskyi* hogweed. *Russian Journal of Biological Invasions*, 11, 9–20. DOI:10.1134/S2075111720010026
5. Jodaugienė D., Marcinkevičienė A., Sinkevičienė A. (2021). Effect of herbicide mixtures on *H. Sosnowskyi* control, in Proceedings of the 1st International Electronic Conference on Agronomy, 3–17 May MDPI. Basel, Switzerland. doi:10.3390/IECAG2021-09717
6. Grzedzicka E. (2022). Invasion of the giant hogweed and the *Sosnowskyi* hogweed as a multidisciplinary problem with unknown fu-

ture: A review. *Earth*, 3(1), 287–312. <https://doi.org/10.3390/earth301001>

7. EPPO. (2012). PP 1/152 (4): Efficacy evaluation of herbicides. European and Mediterranean Plant Protection Organization.

8. Trybel S.O. (Ed.). *Methodology for testing and application of pesticides*. Kyiv: Svit, 2001. 448 p. <https://doi.org/10.36495/metodiki-Trybel.2001> (in Ukrainian).

9. Shuvar I., Korpita H., Balkovskiy V., Shuvar A., Kropyvnytskyi R. (2021). *Asclepias syriaca* L. is a threat to biodiversity and agriculture of Ukraine. *BIO Web of Conferences*, 36, 07010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213607010>

10. Sužiedelytė Visockienė J., Tumelienė E., Maliene V. (2020). Identification of *Heracleum sosnowskyi*-invaded land using earth remote sensing data. *Sustainability*, 12(3), 759. <https://doi.org/10.3390/su12030759>

11. Ivashchenko O.O., Ivashchenko O.O. (2019). *Zahal'na herbolohiya : monohrafiya*. Kyiv: Feniks, 752 s. <https://doi.org/10.36495/ISBN978-966-136-649-6/2019.752s> (in Ukrainian).

12. Lipińska N., Lipiński W., Shuvar I., Korpita H., Shuvar A. (2023). Invasive species of plants and their threat to biodiversity. *Plant and Soil Science*, 14(1), 51–66. <https://doi.org/10.31548/plant1.2023.51>

13. Słowiński K., Grygierzec B., Synowiec A., Tabor S., Araniti F. (2022). Preliminary study of control and biochemical characteristics of giant hogweed (*H. Sosnowskyi* Manden.) treated with microwaves. *Agronomy*, 12, 1335. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061335>

14. Gudžinskas Z., Žalneravičius E. (2018). Seedling dynamics and population structure of invasive *H. Sosnowskyi* (Apiaceae) in Lithuania. *Annales Botanici Fennici*, 55, 309–320. <https://doi.org/10.5735/085.055.0412>

15. Gubar L., Koniakin S. (2021). Populations of *H. Sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* (Apiaceae) in Kyiv (Ukraine). *Folia Oecologica*, 48(2), 215–228. <https://doi.org/10.2478/foecol-2021-0022>

16. Grokhovska Y., Volodymyrets V., Krontsev S. (2021). Diversity and dynamics of hydrophilic flora of Lowland Polissya (the Sluch River basin). *Biosystems Diversity*, 29(3), 303–310. <https://doi.org/10.15421/012138>

17. Hagner M., Lindqvist B., Vepsäläinen J., Samoré C., Keskinen R., Rasa K., Hyvönen T. (2020). Potential of pyrolysis liquids to control the environmental weed *Heracleum mantegazzianum*. *Environmental Technology & Innovation*, 20, 101154. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101154>

18. Harvey J.A., Ode P.J., Gols R., Ali J. (2020). Population- and species-based variation of webworm–parasitoid interactions in hogweeds (*Heracleum* spp.) in the Netherlands. *Environmental Entomology*, 49, 924–930. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa052>

19. Khomiak I.V., Onyshchuk I.P., Vake-rych M.M., Hasyneč Y.S. (2024). Adaptation strategies of *H. Sosnowskyi* in Ukrainian Polissia. *Biosystems Diversity*, 32(1), 99–106. doi:10.15421/012409

20. Matarrese E., Renna M. (2023). Prospects of Hogweed (*Heracleum sphondylium* L.) as a New Horticultural Crop for Food and Non-Food Uses: A Review. *Horticulturae*. 9(246). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020246>

Надійшла до редакції: 19.01.2026

Прийнята до друку: 04.02.2026

Надруковано й опубліковано онлайн:
березень 2026

КАРАНТИННІ ТВЕРДОКРИЛІ ШКІДНИКИ РОДУ *AGRILUS* SPP.

Мета. Охарактеризувати морфологічні та біологічні особливості карантинних видів златок роду *Agri-lus* spp. та встановити ризики їхньої інвазії на території країн-членів ЄОКЗР і в Україні за аналогією до вузько-златки ясеневіої смарагдової (*Agri-lus planipennis* F.). **Методи.** Аналіз офіційних даних Держпродспоживслужби та інших офіційних джерел, таких як ЄОКЗР, за допомогою бібліографічного методу. **Результати.** Проаналізовано морфологічні та біологічні особливості карантинних видів златок роду *Agri-lus* spp., у тому числі наявність їхніх рослин-господарів на території країн-членів ЄОКЗР і в Україні. Досліджено сприятливість кліматичних умов та ймовірність акліматизації і поширення шкідника на цих територіях. **Висновки.** Порівняльний аналіз особливостей розвитку карантинних видів златок роду *Agri-lus* spp. та їхніх вимог до умов навколишнього середовища вказує на високу ймовірність акліматизації та адаптації на території країн-членів ЄОКЗР і зокрема в Україні. У разі проникнення цих фітофагів на нові території, за аналогією з *Agri-lus planipennis* F., очікуються значні економічні втрати рослин-господарів від пошкоджень, завданих карантинними видами златок роду *Agri-lus* spp., та ускладненими заходами захисту через прихований спосіб життя цих шкідників.

Agri-lus planipennis F.; *Agri-lus anxius* G.; *Agri-lus Bilineatus* W.; *Agri-lus mali* M.; *Agri-lus fleischeri* O.; ясен; береза; каштан; дуб; яблуня; тополя; ЄОКЗР; Україна

Рід *Agri-lus* spp. є найбільшим серед інших родів, та налічує близько 3000 зареєстрованих видів. Безпосередньо у Європі зафіксовано 87 видів златок [1].

До представників златок з роду *Agri-lus* spp., які мають карантинне значення, належать не лише поширена в Україні вузько-златка ясенева смарагдова (*Agri-lus planipennis* F.) та відсутня —

***О.М. ВОВКОТРУБ,**
кандидат сільськогосподарських наук,
ORCID: 0009-0009-2641-2170

С.П. КРИВОШЕЄВ,
кандидат сільськогосподарських наук,
ORCID: 0009-0000-7921-4754

Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, м. Київ,
03022, Україна

*E-mail: lfe_ipp@ukr.net

вузькозлатка березова бронзова (*Agri-lus anxius* G.), що включені до національного «Переліку регульованих шкідливих організмів» А1, а й види, які регулюються Європейською організацією з карантину та захисту рослин (ЄОКЗР). До таких потенційно небезпечних фітофагів із переліку А2 ЄОКЗР відносяться дво-лінійна каштанова златка (*Agri-lus Bilineatus* W.), яблунева златка (*Agri-lus mali* M.) та вузькотіла златка (*Agri-lus fleischeri* O.) [2].

Мета. Описати морфологічні та біологічні особливості карантинних видів златок роду *Agri-lus* spp., а також встановити ризики їхньої інвазії на території країн-членів ЄОКЗР та в Україні за аналогією до вузькозлатки ясеневіої смарагдової (*Agri-lus planipennis* F.).

Методи дослідження. Бібліографічний метод. Інформацію брали з доступної спеціалізованої літератури та інтернет ресурсів, включно із інформацією, доступною на порталі ЄОКЗР та офіційному сайті Держпродспоживслужби (ДПСС) [2].

З доступних інтернет ресурсів зібрано інформацію про морфологічні та біологічні особливості карантинних златок *Agri-lus anxius* G., *A. bilineatus* W., *A. mali* M., *A. fleischeri* O. з метою порівнян-

ня їх з наявною в Україні вузько-златкою ясеневіою смарагдовою (*A. planipennis* F.) в межах роду *Agri-lus* spp.

Проведене порівняння дало змогу оцінити ризики інвазійних видів карантинних златок з роду *Agri-lus* spp. та зробити висновки щодо можливості їхньої інвазії на територію ЄОКЗР та України, у тому числі з можливими економічними наслідками.

Інвазія та поширення вузько-златки ясеневіої смарагдової (*Agri-lus planipennis* F.) на території країн-членів ЄОКЗР відбулося у 2005 р. і за цей час фітофаг зміг завдати значної шкоди та стати загрозою для ясеневих насаджень у багатьох європейських країнах. Природний ареал *A. planipennis* включає Східну Азію, зокрема Японію, де він є автохтонним видом. Після інтродукції та виявлення у 2002 р. в Сполучених Штатах Америки *A. planipennis* швидко розповсюдився й у деяких канадських провінціях [3]. Вузькозлатку ясеневу смарагдову вперше виявлено на території країн-членів ЄОКЗР у Росії 2003 р. Після цього у 2019 р. шкідника фіксували на сході України, але через вторгнення Росії до України та бойові дії не було можливості проведення повноцінного моніторингу лісових насаджень та локалізації вогнищ шкідника, що сприяло його подальшому поширенню на решту території України (рис. 1) [1].

Імаго шкідника характеризується смарагдово-зеленим забарвленням із золотистим, бронзоватим або фіолетовим блиском. Довжина тіла від 7,5 до 15,0 мм. Залежно від широти та місцевих температурних умов, літ *A. planipennis* зазвичай розпочинається у травні або червні та досягає піку з кінця травня до

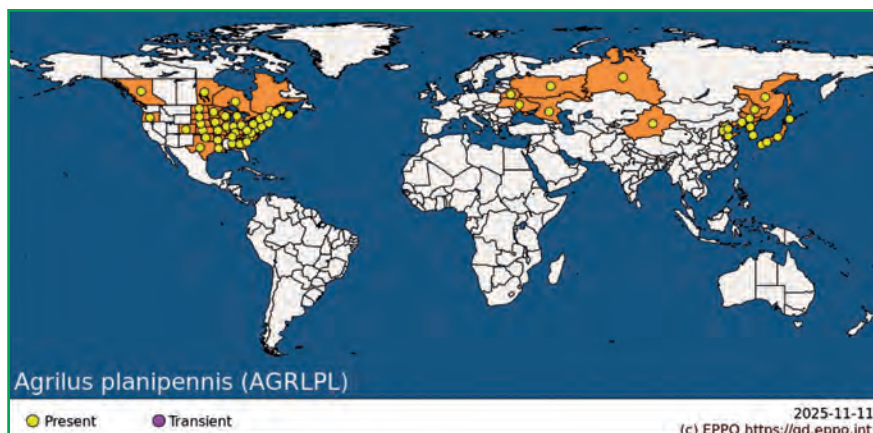


Рис. 1. Географія розповсюдження *A. planipennis* у світі

[<https://gd.eppo.int/taxon/AGRLPL/distribution>]

За даними ДПСС нині в Україні, карантинний режим запроваджено на площі близько 2175 га [2].

початку липня, а активність імаго може тривати до вересня. Самці відкладають яйця окремо на кору або в тріщини кори дерев. Яйця дозрівають впродовж двох тижнів, а личинки прогризають зовнішню кору та розвиваються в поживному шарі між флоемою та камбієм. Вузькозлатка ясенева смарагдова має чотири личинкові стадії. Личинки четвертого віку мають довжину тіла від 26 до 32 мм. Заляльковування відбувається наприкінці квітня — у травні, іноді пізніше. *A. planipennis* зимує в стадії личинок четвертого віку, а залялькування відбувається навесні наступного року. Проте в холодніших регіонах, де розвиток повільніший, особини можуть зимувати як личинки молодшого віку в перший рік також як личинки четвертого віку на другий рік. D-подібної форми льотний отвір (рис. 2) завширшки 3—4 мм є типовим для імаго видів роду *Agrilus* spp. [3—4].

Основними рослинами-господарями для *A. planipennis* в Азії, у

його природному ареалі, є види *Fraxinus*, зокрема *F. mandshurica*. Інші види *Fraxinus* також зазнали пошкоджень у США. Європейські споріднені види *F. excelsior*, *F. angustifolia* та *F. ornus* є також придатними для живлення рослинами-господарями, що поширені по всьому європейському регіону. Відзначено, що в містах Північно-Східної Європи місцеві насадження ясеня часто межують з північноамериканськими видами, що сприяло поширенню та перенесенню на нові породи дерев [3—4].

Зовнішні ознаки пошкодження *A. planipennis* характеризуються пожовтінням і проріджуванням листя, відмиранням гілок, усиханням і загибеллю дерев ясеня. Внутрішні симптоми — це наявність заповнених буровим борошном личинкових ходів у камбії, D-подібні літні отвори та присутність всередині дерева особин *A. planipennis* різних стадій розвитку. Як правило, проходить 3—4 роки, перш ніж у

ясенів, заражених *A. planipennis*, з'являються явні зовнішні симптоми ураження і починається загибель дерев. Дуже небагато видів *Agrilus* spp., що походять з Північної Америки чи Європи, заселяють стовбури дерев ясеня, тому появу личинкових ходів в деревах ясеня, характерних для роду *Agrilus* spp., слід розглядати як можливе заселення саме *A. planipennis* [4].

Імаго *A. planipennis* може здійснювати тривалі перельоти на відстань до кількох кілометрів. Існує можливість того, що запліднена самиця зможе пролетіти кілька кілометрів, відкласти яйця і таким чином утвориться новий осередок заселення на значній відстані від місця первинного зараження. Однак, за даними спостережень McCullough (2005), Mercader (2009) та інших вчених, встановлено, що більшість імаго, які походять з одного і того самого місця зараження, розлітаються на відстань не більше 500 м залежно від густини стояння потенційних дерев-господарів у зоні міграції златки. Шкідник може також поширюватися з живими рослинами ясеня та продукцією деревини з ясеня (наприклад, кругляком та пиломатеріалами, дерев'яним пакувальним матеріалом, дерев'яною тріскою та дровами, особливо за наявності кори). Тому фітосанітарні заходи необхідно застосовувати при переміщенні рослин-господарів *A. planipennis*, особливо необробленої деревини (включаючи дерев'яні пакувальні матеріали, деревну тріску та дрова) із зон зараження [4].

З огляду на шкідливість *A. planipennis*, виникає необхідність аналізу можливої інтродукції й інших карантинних видів златок роду *Agrilus* spp. на територію України та ЄС.

Вузькозлатка березова бронзова (*A. anxius*) походить з Північної Америки, де є небезпечним шкідником берез (*Betula* spp.), що вирощуються як з декоративною метою так і для промислових лісових насаджень. Європейські види берез (наприклад, *Betula pendula* та *B. pubescens*), які були



Рис. 2. Вузькозлатка ясенева смарагдова (*Agrilus planipennis* F.):

а — зовнішній вигляд імаго (фото Eduard Jendek); **б** — зовнішній вигляд личинки (фото Daniel A. Herms) [<https://gd.eppo.int/taxon/AGRLPL/photos>];

в — пошкодження, спричинені личинками *A. planipennis*

та вихідний отвір імаго (фото ДПСС) [<https://dpss.gov.ua/storage/app/sites/12/%20%D0%B7%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B0%20%D0%9A%D0%B8%D1%97%D0%B2%202023—2024.pdf>]

висаджені в Північній Америці, більш уразливі, ніж представники північноамериканських видів. На території країн-членів ЄОКЗР ці види берез широко поширені в паркових і в лісових насадженнях. Через зростання торгівлі деревною тріскою з Північної Америки, яка може бути джерелом зараження *A. anxius*, для території країн-членів ЄОКЗР існують ризики інтродукції цього фітофага на нові території, в тому числі і в Україну, де наявні значні площі насаджень берези повислої (*Betula pendula*) та берези пухнастої (*Betula pubescens*) [5–6].

Географічне поширення вузькозлатки березової бронзової охоплює Північну Америку, Канаду та Аляску [1] (рис. 3).

Відомо, що *A. anxius* пошкоджує багато місцевих та інтродукованих видів берез (*Betula* spp.) та їхні численні гібриди в Північній Америці. Сприйнятливість до пошкодження *A. anxius* між видами берез різна, причому як європейські так і азійські види берез (включаючи *B. pubescens* та *B. pendula*) набагато сприйнятливіші до пошкодження златкою, ніж північноамериканські види [6].

До інших рослин-господарів, на яких може розвиватися вузькозлатка березова бронзова, належать: *Betula alleghaniensis* (береза жовта), *B. davurica* (береза даурська або чорна), *B. jacquemontii* (береза Жакмана або Гімалайська береза), *B. lenta* (береза вишнева або запашна), *B. maximowicziana* (береза Максимовича), *B. occidentalis* (береза західна), *B. papyrifera* (береза паперова), *B. pendula* (береза повисла), *B. platyphylla* (береза плосколиста), *B. populifolia* (береза сіра або тополелиста), *B. pubescens* (береза пухнаста), *B. utilis* (береза корисна). Траплялися рідкісні випадки пошкодження *A. anxius* на *B. albosinensis* var *septentrionalis* та *B. ermanii*.

Основними шляхами поширення та інтродукції *A. anxius* на нові території при міжнародній торгівлі є імпорт з Канади та США березової деревної тріски, садивного матеріалу *Betula* spp., деревини березової як з корою

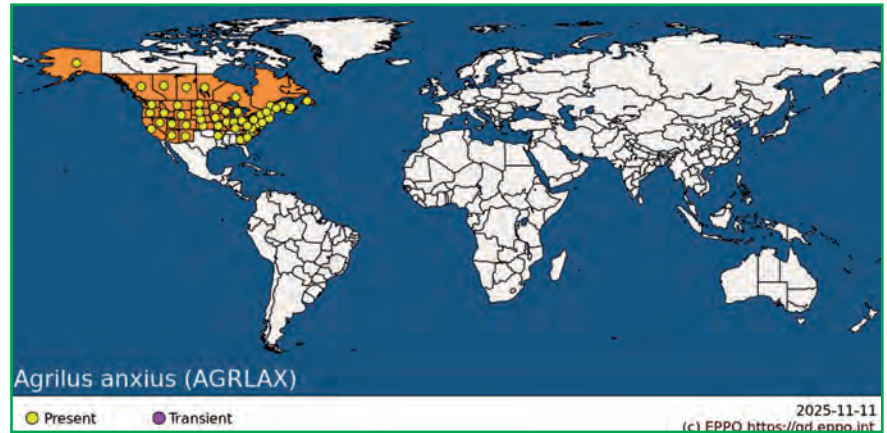


Рис. 3. Географія розповсюдження *A. anxius* у світі.

[<https://gd.eppo.int/taxon/AGRLPL/distribution>]

так і без кори, зрізаних гілок. Необроблений пакувальний матеріал з берези також може бути джерелом зараження *A. anxius*.

Основну шкоду завдають личинки, які живляться під корою та в камбії дерева. Пошкодження та утворення личинками численних звивистих ходів порушують надходження поживних речовин, що спричиняє загибель коріння. Фітофаг пошкоджує як стовбур дерев так і його гілки. Первинні симптоми пошкодження з'являються у верхній частині крони дерева та характеризуються пожовтінням листя з відмиранням гілок. Іншим свідченням пошкодження, завданого *A. anxius*, є наявність D-подібних вихідних отворів завширшки 5 мм. З інших симптомів пошкодження на корі можна відзначити появу плям соку іржавого кольору, а також здуття та нарости в місцях заростання пошкодження. У багатьох випадках загибель дерев спостерігається впродовж кількох років після появи перших симптомів. Дорослі особини златки живляться листям, але пошкодження незначні та не мають економічного значення (рис. 4) [6].

Аналізуючи ареал та перелік рослин-господарів *A. anxius*, можна припустити, що при потраплянні цього фітофага на територію країн-членів ЄОКЗР, в тому числі до України, є висока ймовірність розповсюдження шкідника там, де є насадження берези. Адаптація *A. anxius* до широкого діапазону кліматичних умов також сприяє розширенню його ареалу.

Знищення або стримування *A. anxius* національними службами захисту рослин ускладнене через приховані стадії розвитку шкідника та невчасне його виявлення. Існує висока ймовірність того, що шкідник зможе поширитися на нові території від місця первинного зараження завдяки його здатності до активного льоту імаго на значні відстані, а також внаслідок переміщення зараженої березової маси. Через вищу чутливість європейських та азійських видів берези, в порівнянні з видами природного ареалу, очікується, що вузькозлатка березова бронзова спричинить значні економічні наслідки в регіонах вирощування дерев роду *Betula* spp. Є висока



Рис. 4. Вузькозлатка березова бронзова (*A. anxius*):

***a* — зовнішній вигляд імаго (фото Eduard Jendek); *b* та *в* — пошкодження, завдані личинками *A. anxius* (фото George Heaton, USDA Forest Service)**

[<https://gd.eppo.int/taxon/AGRLAX/photos>]

ймовірність того, що інтродукція *A. anxius* призведе до значної загибелі насаджень берези на всій території країн-членів ЄОКЗР та матиме відчутний економічний вплив, включаючи вплив на навколишнє середовище, аналогічно з *A. planipennis* [5–6].

Яблунева златка *Agrilus mali* (Coleoptera: Vuprestidae — златки) — ще один потенційно небезпечний вид з роду *Agrilus*, що ушкоджує деревину та потенційно може завдати значної шкоди яблуням (*Malus* spp.). Походить зі східної частини Азії (Північно-Східний Китай, Далекий Схід та Корейський півострів) (рис. 5). У Північно-Східному Китаї *A. mali* є серйозним шкідником у більшості районах, що спеціалізуються на виробництві яблук (наприклад Шеньсі та Шаньдун). У 90-х роках яблуневу златку також було виявлено на північному заході Китаю в яблуневому саду (*Malus domestica*) в провінції Сінцзян, і з того часу *A. mali* швидко поширився на територіях, де були присутні дикорослі види яблунь (*Malus sieversii*) в долині Ілі в горах Тянь-Шань. У цьому районі було зафіксовано значне пошкодження яблунь з виду *M. sieversii*. Враховуючи потенційну шкоду, яку *A. mali* може завдати насадженням *Malus*, цей інвазійний для Європи вид шкідливого організму було включено до списку А2 ЄОКЗР [1, 7].

A. mali є шкідником різних видів *Malus*, як культивованих, так і диких. Окрім яблунь заселення *A. mali* було виявлено і на груші (*Pyrus* spp.), персику (*Prunus persica*) та вишні (*Prunus avium*), але даних про ступінь пошко-

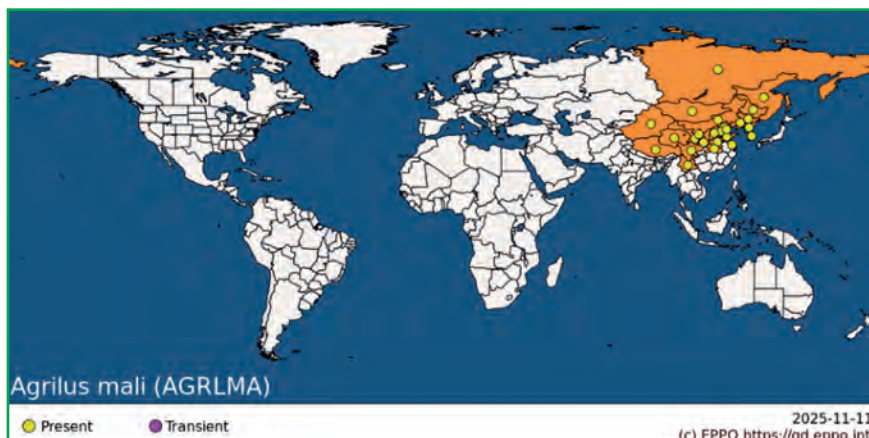


Рис. 5. Географія розповсюдження *A. mali* у світі [https://gd.eppo.int/taxon/AGRLMA/distribution]

дження цих видів рослин бракує. Проведені дослідження живлення імаго під час свого розвитку показали, що *Malus halliana* та *M. domestica* були придатною для златки кормовою базою, тоді як *Pyrus betulifolia* та *Prunus persica* — ні [8].

Але основна шкода, як і у всіх інших видів *Agrilus*, в основному спричиняється личинками, тоді як імаго живиться листям та не завдає значної шкоди. Личинки прокладають великі галереї ходів під корою (флоема, камбій та зовнішні тканини ксилеми), порушуючи судинну систему рослини. Пошкодження, спричинені *A. mali*, можуть призвести до дефоліації, відмирання гілок та дерев, та зрештою і до загибелі дерева. Крім того встановлено, що уражені *A. mali* дерева більш сприйнятливі до грибних інфекційних хвороб (наприклад *Valsa mali*), які можуть пришвидшити пригнічення дерев. У Китаї останні дослідження в основному зосереджені на пошкодженнях, яких *A. mali* завдають диким

яблуням. За даними досліджень 1993—2013 рр. *A. mali* пошкодив до 40% площ диких насаджень яблунь і спричинив загибель тисяч дерев *M. sieversii* у гористій місцевості [7–8].

За даними досліджень біології розвитку *A. mali*, що проводилися в провінції Сінцзян, встановлено, що фітофаг як правило зимує на стадії личинок молодших віків у своїх ходах. На даний час невідомо, чи буде в умовах холоднішого клімату завершення розвитку *A. mali* тривати не один а два роки [8].

Яйцекладка самиць триває з кінця липня до початку вересня, їхня плодючість становить 60—70 яєць, які вони відкладають переважно на молодих гілках або нових пагонах. Після зимівлі, з кінця квітня до закінчення червня, личинки *A. mali* починають утворювати в деревині лялечкові камери. Залежно від умов навколишнього середовища та віку дерева, залялювання відбувається впродовж 2—3 місяців, а поява дорослих особин відбувається з початку червня до закінчення липня [7].

Щодо можливих шляхів поширення відомо, що імаго шкідника здатні самостійно перелітати на невеликі відстані від дерева до дерева. Інших даних стосовно відстані перельотів немає, але було встановлено, що *A. mali* не характеризуються великою здатністю до перельотів. Основним способом розповсюдження фітофага залишається його переміщення із зараженим рослинним



Рис. 6. Яблунева златка *Agrilus mali*: а, б — зовнішній вигляд імаго та личинки (фото Dr Wang Zhi-Yong), справа — пошкодження спричинені личинками *A. mali* (фото Dr Wang Zhi-Yong) [https://gd.eppo.int/taxon/AGRLMA/photos]

матеріалом, що може сприяти поширенню шкідника на великі відстані.

На потенційні ризики для території країн-членів ЄОКЗР вказує те, що рослини яблунь (*Malus domestica*) широко вирощуються в цьому регіоні і зокрема в Україні, не лише для виробництва фруктів, але й для декоративних потреб, та мають велике економічне значення. У диких яблуневих насадженнях Тянь-Шаню *A. mali* продемонструвала інвазійну поведінку та завдала серйозної шкоди. Через те, що *A. mali* має прихований спосіб життя, а саме більшу частину свого життєвого циклу проводить всередині дерев, контролювати її чисельність складно. Основними заходами захисту від *A. mali* є видалення заражених гілок, обробка інсектицидами та біологічний контроль. У Китаї проводять дослідження, мета яких полягає в пошуку та виявленні потенційних агентів біологічного захисту, які можуть регулювати чисельність популяції *A. mali*, зокрема на дикорослих насадженнях яблунь, де інші варіанти захисту не практичні. Хоча даних про економічний вплив *A. mali* на культурні насадження яблуні в садах і розсадниках бракує, при співставленні кліматичних умов у природному ареалі *A. mali* із територією країн-членів ЄОКЗР можна зробити припущення, що даний вид фітофага може оселитися майже в усіх районах, де присутні рослини роду *Malus*. Види *Malus* широко вирощуються на більшій частині території країн-членів ЄОКЗР, особливо в помірних зонах, тому слід приділяти більше уваги цьому шкіднику для попередження можливості його занесення в місця вирощування яблук. Це стосується насамперед фітосанітарних заходів при закупівлі і використанні садивного матеріалу і деревини з місць поширення *A. mali* [7–8].

Дволінійна каштанова златка (*Agrilus bilineatus* W.) — північноамериканський шкідник. Уражує каштани (*Castanea dentata*) та дуби (*Quercus* spp.), які належать до родини Fagaceae. Цей вид

златки нещодавно було виявлено в Туреччині. З огляду на важливість та розміри площ посадок дуба та каштана в цьому регіоні, *A. bilineatus* було додано до списку А2 регульованих шкідливих організмів ЄОКЗР.

A. bilineatus родом зі східної частини Північної Америки. На території країн-членів ЄОКЗР дорослих особин *A. bilineatus* вперше відловили в Туреччині в 2013 та 2016 роках в районі Стамбула, що може свідчити про адаптацію *A. bilineatus* на даній території (рис. 7) [1].

В умовах Північної Америки *A. bilineatus* найбільше пошкоджує *Castanea dentata* (Fagaceae) та різні види *Quercus* (Fagaceae), включаючи *Quercus robur* (дуб звичайний) та *Q. rubra* (дуб червоний північний), які широко поширені як на території країн-членів ЄОКЗР так і на території України.

Личинки *A. bilineatus*, як і більшість представників роду златки, розвиваються переважно на камбії та у зовнішній ксилемі уражених дерев. Їх розвиток та життєдіяльність порушує переміщення води та поживних речовин у дереві. Як правило, в Північній Америці *A. bilineatus* є вторинним шкідником, що уражує дерева *Castanea* та *Quercus*, ослаблені різними стресовими факторами чи збудниками хвороб. Однак, за сприятливих погодних умов для фітофага, коли його популяції є чисельними, можуть спостерігатися великі спалахи шкідника із значними

пошкодженнями та загибеллю дерев впродовж кількох років. Як і у випадку з іншими видами златок, імаго, залишаючи місця заляльковування, утворюють на стовбурі характерні D-подібні вихідні отвори завширшки до 5 мм. Окрім ослаблення або загибелі дерев, пошкодження *A. bilineatus* можуть знижувати декоративну цінність дубів [9].

У межах свого природного ареалу *A. bilineatus*, зазвичай, завершує свій життєвий цикл за один рік, хоча деяким особинам може знадобитися і два роки. Фітофаг зимує на стадії личинки старшого віку. Імаго з'являються з квітня по вересень. По боках тіла проходить жовта смуга, звідки і походить назва виду (рис. 8). Самиці можуть відкладати яйця як поодиночі так і групами в тріщинах кори. Личинки — від молочно-білого до світло-жовтого кольору, з темно-коричневими ротовими апаратами та урогомфами. Зареєстровано 4 стадії розвитку личинки, остання з яких має довжину 18–24 мм. Довжина лялечки — 6–10 мм. Заляльковування відбувається всередині дерева, в лялечкових камерах, розташованих або в зовнішній корі, якщо кора достатньо товста, або в зовнішній заболоні.

Імаго шкідника мають здатність літати, але свідчення про їхнє природне поширення відсутні. На великі відстані *A. bilineatus* поширюються виключно через торгівлю зараженим садивним матеріалом, деревиною та виробами з деревини, дерев'яним па-

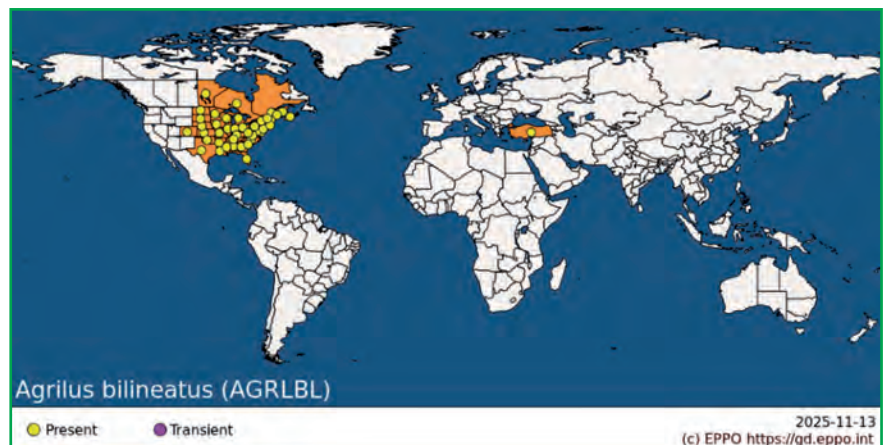


Рис. 7. Географія розповсюдження *A. bilineatus* у світі
[<https://gd.eppo.int/taxon/AGRLBL/distribution>]



Рис. 8. Дволінійна каштанова златка (*Agrilus bilineatus* W.):
а, б — зовнішній вигляд імаго та личинки (фото *Deborah L. Miller, Steve A. Katovich, USDA Forest Service*); **в** — пошкодження, спричинені личинками *A. bilineatus* (фото *Steve A. Katovich, USDA Forest Service*)
 [https://gd.eppo.int/taxon/AGRLBL/photos]

кувальним матеріалом, тріскою з країн, де поширена *A. bilineatus* [10—11].

Щодо ризиків для території країн-членів ЄОКЗР — там дуби та каштани поширені в лісах, у парках і садах. Широке географічне поширення *A. bilineatus* у північно-східній Америці, в різних кліматичних умовах дає підстави вважати, що цей фітофаг може заселити майже всю територію країн-членів ЄОКЗР, у тому числі в межах території України, де зростають його рослини-господарі. *A. bilineatus* є переважно вторинним шкідником ослаблених дерев у Північній Америці, але зафіксовано випадки зараження та загибелі декоративних насаджень європейського виду *Q. robur*. Оскільки Європейські види дерев *Castanea sativa* не вирощують у США, то їхня сприйнятливість до цього шкідника наразі невідома. Якщо європейські види *Castanea* та *Quercus* більш сприйнятливі до *A. bilineatus*, ніж північноамериканські види, то шкідник може стати небезпечним для лісу в Європі. Захист від стовбурових шкідників дерев, як правило, є складним, адже більша частина їхнього життєвого циклу проходить всередині стовбура. У Північній Америці було рекомендовано кілька методів зменшення популяцій *A. bilineatus*: агротехнічні заходи, санітарне видалення заражених гілок або дерев до появи дорослих особин, з подальшим спалюванням або подрібненням на щепу [12—13].

Нещодавнє виявлення *A. bilineatus* в Туреччині показало, що його інтродукція на терито-

рії країн-членів ЄОКЗР можлива разом із зараженим матеріалом. Наразі в Туреччині не зафіксовано жодних збитків від фітофага, його популяції, ймовірно, все ще невеликі. З огляду на високу сприйнятливість до цього шкідника найбільш поширених видів дуба (тобто *Q. robur*) на території країн-членів ЄОКЗР, занесення та поширення *A. bilineatus*, найімовірніше, спричинить спалахи та серйозну шкоду для усіх видів дуба та каштана, що ростуть у лісах, розсадниках, парках та садах.

Вузькотіла златка (*Agrilus fleischeri* O.) є стовбуровим шкідником тополі (*Populus* spp.) та поширена в азіатському регіоні (рис. 9). У деяких регіонах Китаю (наприклад, у провінції Ляонін) *A. fleischeri* став небезпечним шкідником, що спричиняє загибель дерев на тополевих плантаціях, зокрема *Populus nigra* var. *italica* (тополя ломбардійська). Враховуючи важливість тополі на території країн-членів ЄОКЗР та той факт, що її деревина ши-

роко використовується для виготовлення дерев'яного пакувального матеріалу, *A. fleischeri* було визнано як потенційно небезпечного фітофага та додано до списку А2 ЄОКЗР.

Основними рослинами-господарями для *A. fleischeri* є види дерев *Populus*, включаючи *Populus davidiana* (тополя Давида), *P. laurifolia* (лавролиста тополя), *Populus nigra* var. *italica* (ломбардська тополя) та *P. sieboldi* (тополя Зібольда). У літературі також зазначено верби (*Salix* spp.), як рослини-господарі, але підтверджені дані про їх пошкодження наразі відсутні [1].

У Китаї двома найпоширенішими видами тополі, що вирощуються на плантаціях, є *P. davidiana* (родом з Китаю) та *P. nigra* var. *italica* (родом не з Китаю). Польові дослідження, проведені в Китаї, показали, що такий адвентивний вид як *P. nigra* var. *italica* був більш уразливим до *A. fleischeri*, ніж місцевий вид *P. davidiana*.

Личинки *A. fleischeri* розвиваються під камбієм у флоемі заражених дерев. Їх життєдіяльність порушує транспортування води та поживних речовин у дереві. При великій чисельності популяції фітофага, личинкові ходи можуть заповнити стовбур дерева та спричинити його загибель впродовж 2—3 років. Імаго залишають на стовбурі характерні D-подібні льотні отвори завдовжки 2—4 мм і завширшки 1,3—2,8 мм. Крім

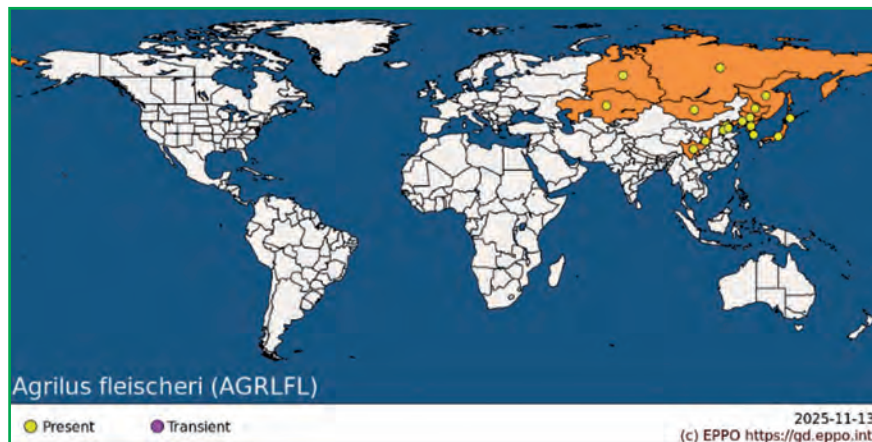


Рис. 9. Географія розповсюдження *A. fleischeri* у світі
 [https://gd.eppo.int/taxon/AGRLFL/distribution]

ослаблення або загибелі дерев, зараження може значно знизити декоративну цінність насаджень тополь. За даними досліджень життєвого циклу *A. fleischeri*, проведених у 2013–2015 рр., на ділянках *P. nigra var. italica* цей вид фітофага мав одну генерацію та зимував на стадії дорослих личинок; на *P. davidiana* *A. fleischeri* мав напівводнорічну генерацію — зимували личинки 2-го або 3-го віку. Літ дорослих жуків спостерігався з кінця травня до середини серпня, з піком на початку червня. Імаго завдовжки близько 10,3–11,4 мм, мають забарвлення від темно-коричневого до чорного кольору, голі, з двома білими плямами на кожному з надкрил (рис. 10).

Інформації про природне поширення цього шкідника зовсім мало. Дорослі особини можуть розповсюджуватися локально. На великі відстані *A. fleischeri* може поширюватися лише через торгівлю зараженими рослинами, деревиною та виробами з деревини, дерев'яним пакувальним матеріалом, що походять з осередків розповсюдження шкідника [14–16].

Небезпека для території країн-членів ЄОКЗР та України полягає в тому, що тополя широко поширена у лісах, в міських та селищних лісопаркових насадженнях. Деревина тополі використовується для багатьох цілей, включаючи пиломатеріали, дерев'яний пакувальний матеріал, паливні брикети та папір. У північно-східному Китаї повідомлялося про *A. fleischeri* як про нового шкідника, який завдає серйозної шкоди та спричиняє

загибель дерев тополі, особливо на *P. nigra var. italica*, яка також широко поширена на території країн-членів ЄОКЗР та в Україні. Нещодавній досвід захисту ясенів від іншого виду *Agrilus* — *A. planipennis*, при його завезенні в нові регіони (тобто Північну Америку, європейську частину Азії), показав, що це дуже складне завдання. У Китаї зареєстровано природних ворогів *A. fleischeri*: *Oobius* sp. (*Hymenoptera: Encyrtidae*), *Euderus* sp. (*Hymenoptera: Eulophidae*), *Paramblynotus* sp. (*Hymenoptera: Liopteridae*), *Polystenus rugosus* та *Spathius* sp. (обидва *Hymenoptera: Braconidae*). Високі показники паразитизму, що спостерігалися в польових умовах, свідчать про те, що ці паразитоїди можуть ефективно обмежувати чисельність популяції *A. fleischeri*, але це ще належить дослідити. Той факт, що з тополі, зазвичай, виробляють піддони, які використовуються в торгівлі, збільшує ризик завезення шкідника на території країн-членів ЄОКЗР.

Хоча загалом бракує даних про біологію цього шкідника, діапазон рослин-господарів та поява *A. fleischeri* в деяких частинах Китаю як серйозного шкідника *P. nigra var. italica*, надає можливість припускати наявність потенційного ризику для території країн-членів ЄОКЗР, у тому числі й України, де чорна тополя (*P. nigra var. italica*) широко використовується, особливо в містах [17–18].

ВИСНОВКИ

Порівняльний аналіз екологічних та біологічних особливостей

розвитку карантинних видів златок роду *Agrilus* spp. та їхніх вимог до умов навколишнього середовища вказує на високу ймовірність акліматизації та адаптації на усій території країн-членів ЄОКЗР, у тому числі в Україні. У разі проникнення цих фітофагів на нові території, за аналогією з *Agrilus planipennis* F., очікуються значні економічні втрати рослин-господарів від пошкоджень, завданих карантинними видами роду *Agrilus* spp. Проведення заходів захисту ускладнене через прихований спосіб життя цих шкідників.

Наведені вище факти вказують на необхідність впровадження посиленних фітосанітарних заходів стосовно продукції, яка може бути джерелом зараження карантинними златками з роду *Agrilus* spp. Під контроль підпадає деревина з листяних порід (ясеня, дуба, каштана, яблуні, тополі) та продукція переробки і виробу, що можуть завозитися з місць поширення цих фітофагів. Фітосанітарні заходи щодо будь-якого імпорту, який може бути джерелом зараження, перш за все повинні розпочинатися з проведення оцінки ризику країни-імпортера на наявність *Agrilus* spp.

Другою необхідною умовою завезення об'єктів регулювання є наявність фітосанітарного сертифікату країни-експортера та проведення фітосанітарної експертизи (аналізу) в Україні для підтвердження вільного від зараження златками фітосанітарного стану продукції.

Фітосанітарні заходи в місцях перетину державного кордону та зоні митного контролю мають супроводжуватися інспектуванням та карантинним наглядом продукції на ознаки пошкодження златками роду *Agrilus* spp.

Для об'єктів регулювання (деревина рослин-господарів) застосовується обов'язкова фумігація чи термічна обробка, дезінфекція або видалення кори.

Якщо є підтвердження присутності златок роду *Agrilus* spp. в країнах-експортерах — деревину заборонено до імпорту.

У випадку підтвердження

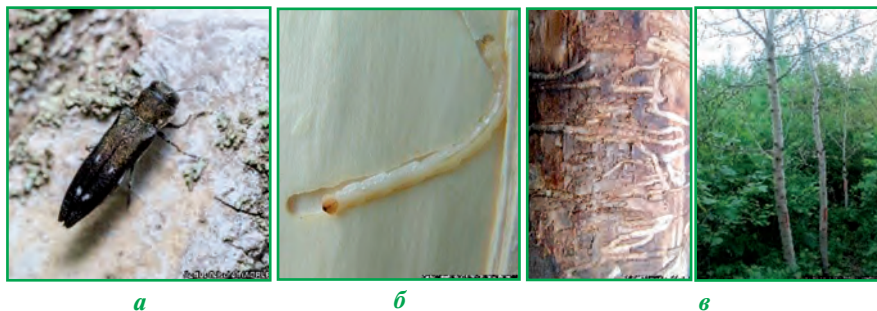


Рис. 10. Вузькотіла златка (*Agrilus fleischeri* O.): а, б — зовнішній вигляд імаго та личинки (фото Е. Jendek та Mr. Zang Kai), в — пошкодження, спричинені личинками *A. fleischeri* (фото Mr. Zang Kai)

[<https://gd.eppo.int/taxon/AGRLFL/photos>]



виявлення карантинних видів златок на території України, за поданням інспектора Держпродспоживслужби, органи місцевого самоврядування впродовж доби мають запровадити карантинний режим та планувати заходи з локалізації і ліквідації карантинного шкідливого організму у карантинній зоні.

Дані висновки також можуть бути передумовою можливого подальшого рішення щодо включення потенційно небезпечних видів златок *Agrilus bilineatus* W., *Agrilus mali* M., *Agrilus fleischeri* O. в національний «Перелік регульованих шкідливих організмів України» наряду до вже існуючих у ньому *Agrilus planipennis* F. та *Agrilus anxius* G.

Джерело фінансування робіт. Наукові дослідження проведено в Інституті захисту рослин НААН України відповідно до державної тематики.

Конфлікт інтересів. Автори статті декларують про відсутність конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту. Автори статті підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

***O.M. Vovkotrub,**
Candidate of Agricultural Sciences,
ORCID: 0009-0009-2641-2170

S.P. Krivosheev,
Candidate of Agricultural Sciences,
ORCID: 0009-0000-7921-4754

Institute of Plant Protection of the NAAS,
33, Vasylkivska str., Kyiv,
03022, Ukraine

*E-mail: lfe_ipp@ukr.net

Quarantine Coleoptera pests of the genus *Agrilus* spp.

Goal. To characterize the morphological and biological features of quarantine species of the genus *Agrilus* spp. and to determine the risks of their invasion in the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) member countries and in Ukraine, by analogy with the emerald ash borer (*Agrilus planipennis* F.). **Methods.** Analysis of official data from the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection and other official sources, including EPPO, using

a bibliographic method. **Results.** The morphological and biological features of quarantine species of the genus *Agrilus* spp. were analyzed, including the presence of their host plants in the territories of EPPO member countries and Ukraine. The suitability of climatic conditions and the probability of acclimatization and spread of the pest in these territories were also investigated. **Conclusions.** A comparative analysis of the developmental characteristics of quarantine species of the genus *Agrilus* spp. and their environmental requirements indicates a high probability of acclimatization and adaptation in the territories of EPPO member countries, particularly in Ukraine. In the event of the introduction of these phytophagous insects into new territories, by analogy with *Agrilus planipennis* F., significant economic losses of host plants are expected due to damage caused by quarantine species of the genus *Agrilus* spp., as well as complications in control measures due to their concealed lifestyle.

***Agrilus planipennis* F.; *Agrilus anxius* G.; *Agrilus Bilineatus* W.; *Agrilus mali* M.; *Agrilus fleischeri* O.; ash; birch; chestnut; oak; apple tree; poplar; EOCP; Ukraine**

REFERENCES

- Sait Yevropeiskoi orhanizatsii z karantynu ta zakhystu roslin. URL: <https://www.eppo.int/>
- Ohliad poshyrennia karantynnykh orhanizmv v Ukraini. Derzhprodspozhyvsluzhba Ukrainy. [Overview of the spread of quarantine organisms in Ukraine. State Service for Food and Consumer Protection of Ukraine]. URL: <https://dpss.gov.ua/fitosanitariyakontrol-u-sferi-nasinctva-ta-rozsadnictva/fitosanitarnij-kontrol/oglyad-poshyrennyakarantynnih-organizmv-v-ukrayini>
- CFIA. 2012a. Emerald Ash Borer — *Agrilus planipennis*. URL: <http://www.inspection.gc.ca/plants/plant-protection/insects/emerald-ashborer/eng/1337273882117/1337273975030>
- Korotkyi zvit shchodo provedenoho analizu fitosanitarnoho ryzyku (AFR) shkidlyvoho orhanizmu *Agrilus planipennis* Fairmair. [Brief report on the conducted phytosanitary risk analysis (PRA) of the pest *Agrilus planipennis* Fairmair]. Derzhprodspozhyvsluzhba Ukrainy. URL: <https://dpss.gov.ua/storage/app/sites/12/%20%D0%B7%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%90%D0%A4%D0%A0%20%D0%BF%D0%BE%20Agrilus%20planipennis.pdf>
- Korotkyi zvit shchodo analizu stupeniu fitosanitarnoho ryzyku (AFR) shkidlyvoho orhanizmu *Agrilus anxius* Gory. [A brief report on the analysis of the phytosanitary risk level (PRA) of the pest *Agrilus anxius* Gory.]. Derzhprodspozhyvsluzhba Ukrainy. URL: <https://dpss.gov.ua/storage/app/sites/12/%20%D0%B7%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%90%D0%A4%D0%A0%20%D0%BF%D0%BE%20Agrilus%20anxius.pdf>
- GAO (2006). U.S. Government Accountability Office. Invasive Forest Pests: Lessons Learned from Three Recent Infestations May Aid in Managing Future Efforts. 125 p. URL: <http://www.gao.gov/new.items/d06353.pdf>

- Cao L.M., Zhang Y.L., van Achterberg C., Wang Z.Y., Wang X.Y., Zhao W.X., Yang Z.Q. (2019). Notes on braconid wasps (Hymenoptera, Braconidae) parasitising on *Agrilus mali* Matsumura (Coleoptera, Buprestidae) in China. *ZooKeys* 867: 97-121. <https://doi.org/10.3897/zookeys.867.36170>

- Bozorov T.A., Luo Z., Li X., Zhang D. (2019). *Agrilus mali* Matsumura (Coleoptera: Buprestidae), a new invasive pest of wild apple in western China: DNA barcoding and life cycle. *Ecology and Evolution* 9, 1160-1172. <https://doi.org/10.1002/ece3.4804>

- Cote W.A., Allen D.C. (1980). Biology of Two-Lined Chestnut Borer, *Agrilus bilineatus*, in Pennsylvania and New-York. *Annals of the Entomological Society of America*, 73(4), 409-413. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/aesa/73.4.409>

- Dunn J.P., Kimmerer T.W., Potter D.A. (1987). Winter starch reserves of white oak as a predictor of attack by the twolined chestnut borer, *Agrilus bilineatus* (Weber) (Coleoptera: Buprestidae). *Oecologia*, 74(3), 352-355. <https://doi.org/10.1007/BF00378929>

- Haack R.A., Benjamin D.M. (1982). The biology and ecology of the twolined chestnut borer, *agrilus bilineatus* (coleoptera: buprestidae), on oaks, *quercus* spp. in wisconsin. *The Canadian Entomologist*, 114(5), 385-396. <https://doi.org/10.4039/Ent114385-5>

- Reed K., Denman S., Leather S.R., Forster J. Inward D.J.G. (2018). The lifecycle of *Agrilus biguttatus*: the role of temperature in its development and distribution, and implications for Acute Oak Decline. *Agricultural and Forest Entomology*, 20(3), 334-346. <https://doi.org/10.1111/afe.12266>

- Jendek E., Poláková J. (2014). Host Plants of World *Agrilus* (Coleoptera, Buprestidae) A Critical Review. Cham, Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08410-7>

- Zang K., Wang X.Y., Yang Z.Q., Wei K., Duan J.J. (2017b). Biology and natural enemies of *Agrilus fleischeri* (Coleoptera: Buprestidae), a newly emerging destructive buprestid pest in Northeast China. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(1), 47-52. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.11.010>

- Baranchikov Y., Demidko D., Seraya L. (2018). Conference : Preparing Europe for invasion by the beetles emerald ash borer and bronze birch borer , two major tree-killing pests (Abstracts). Vienna, Austria. URL: https://bfw.ac.at/cms_stamm/050/PDF/prepys_abstracts.pdf

- Cappaert D., McCullough D.G., Poland T.M., Siebert N.W. (2005). Emerald Ash Borer in North America: A Research and Regulatory Challenge. *American Entomologist*, 51(3), 152-165. <https://doi.org/10.1093/ae/51.3.152>

- Coleman T.W., Seybold S.J. (2011). Collection History and Comparison of the Interactions of the Goldspotted Oak Borer, *Agrilus auroguttatus* Schaeffer (Coleoptera: Buprestidae), with Host Oaks in Southern California and Southeastern Arizona, U.S.A. *The Coleopterists Bulletin*, 65(2), 93-108. <https://doi.org/10.1649/072.065.0224>

- Csóka G., Kovács T. (1999). Xilofág rovarok — Xylophagous insects (Kiadó). Budapest: Hungarian Forest Research Institute. *Erdészeti Tuományos Intézet, Agroinform Hungarian Forest Research Institute*. URL: <https://www.for-estpests.org/hungary/jewelap.html>

Надійшла до редакції: 22.01.2026

Прийнята до друку: 24.02.2026

Надруковано й опубліковано онлайн:
березень 2026

БАКТЕРІАЛЬНИЙ ОПІК ГОРОХУ:

фітосанітарні ризики та діагностика хвороби

Мета. Проаналізувати та узагальнити інформацію літературних джерел з питань розповсюдження *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* — збудника бактеріального опіку гороху, симптоматики хвороби, ризиків поширення та методів фітосанітарної діагностики патогена. **Методи.** Аналіз, синтез, узагальнення. **Результати.** Обґрунтовано значення *P. syringae* pv. *pisi* як шкідливого організму, що призводить до втрат урожаю гороху посівного та деяких інших бобових культур. Зазначений патоген широко розповсюджений у багатьох регіонах планети, включно з Україною, внаслідок чого був виключений з переліку регульованих шкідливих організмів Європейської та Середземноморської організації з карантину та захисту рослин і сьогодні регулюється лише у кількох країнах світу. Оскільки *P. syringae* pv. *pisi* здатні поширюватися з безсимптомним інфікованим рослинним матеріалом, зокрема зерном, це створює фітосанітарні ризики, особливо актуальні, зважаючи на торговельно-економічні зв'язки України з країнами, де цей патоген є регульованим. Тому для безперешкодного експорту сільськогосподарської продукції постає необхідність фітосанітарного моніторингу посівів гороху на наявність *P. syringae* pv. *pisi*. Однак, наразі не розроблено міжрегіонального діагностичного протоколу РМ для цього організму. Проте є достатньо наукових публікацій, де висвітлено різнобічні дослідження цих бактерій, а також описано валідовані методи їх виявлення у насінні гороху. **Висновки.** *P. syringae* pv. *pisi* — фітопатогенні бактерії, які постійно в центрі уваги в країнах, де горох належить до основних сільськогосподарських культур. В Україні нині суттєво зростає актуальність фітосанітарного моніторингу посівів гороху на бактеріальний опік, спричинений зазначеним патогеном, на тлі розширення торговельної співпраці з КНР. Це потребує актуальної інформації щодо розвитку хвороби для проведення обстеження посівів та значної уваги до вибору методів виявлення збудника під час фітосанітарної експертизи.

***А.О. ТРЕПАЧ,**
кандидат сільськогосподарських наук,
ORCID: 0000-0002-0510-4277

М.Ф. КРУПЕНИК,
ORCID: 0009-0000-5285-8189
Державна установа «Чернігівська
фітосанітарна виробувальна
лабораторія Держпродспоживслужби»,
вул. Коцюбинського, м. Чернігів,
14000, Україна
*E-mail: a.trepach@karant.in.ua

**бактеріальні хвороби гороху;
бактеріальний опік; методи фіто-
санітарної діагностики; *Pseudo-
monas syringae* pv. *pisi*; симптоми;
фітосанітарний ризик**

У контексті нещодавнього підписання Протоколу фітосанітарних вимог для експорту гороху з України до Китаю між Державною службою України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів та Генеральною митною адміністрацією Китайської Народної Республіки, важливим аспектом фітосанітарного моніторингу посівів гороху є виявлення випадків ураження рослин бактеріальним опіком, спричиненим *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*. Тому виникає необхідність поглибити та актуалізувати розуміння поширення цієї хвороби, її перебігу, заходів профілактики й захисту від патогена, а також особливостей фітосанітарного моніторингу посівів гороху та методів виявлення збудника хвороби в зразках.

Метою роботи було проаналізувати та узагальнити наявну в літературних джерелах інформацію щодо поширення *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* — збудника бактеріального опіку гороху, симптомів та розвитку хвороби, а також методів фітосанітарної діагностики патогена.

Матеріали і методи. Шляхом аналізу літературних джерел, наявних у відкритому доступі, та узагальнення інформації, визначали сучасний стан вивчення поширення і розвитку бактеріального опіку гороху в Україні та світі, а також вибору методів виявлення й ідентифікації патогену, придатних до використання у фітосанітарній експертизі.

Загальний огляд виду. *Pseudomonas syringae* — гетерогенний вид фітопатогенних бактерій, який складається з комплексу патоварів, що відрізняються за характеристиками патогенності щодо рослини-господаря. Всього відомо понад 60 патоварів, які мають відмінності в геномі, секретії білків вірулентності та специфічності до рослин-господарів [1, 2].

Загалом бактерії зазначеного виду поширені в усьому світі, включно з Україною, і спричиняють хвороби багатьох різних рослин — однодольних і дводольних, трав'янистих і деревних, плодкових, овочевих та декоративних. Причому серед них дуже велика кількість економічно важливих сільськогосподарських культур. Особливо шкідливі — патовари, які інфікують плоди та декоративні дерева [3, 4]. Деякі з них є регульованими карантинними шкідниками з переліку А 2 Європейської та Середземноморської організації з карантину та захисту рослин (ЄОКЗР). Зокрема це *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, що уражує рослини киви, та *Pseudomonas syringae* pv. *persicae*, який інфікує персик, нектарин і сливу.

P. syringae — системний патоген, який поширюється судинами по всьому рослинному організму. Переноситься з насінням та посадковим матеріалом, вітром, дощем, комахами, транспортними засобами та інструментами. Один

із суттєвих фітосанітарних ризиків поширення цих бактерій — латентні інфекції, адже безсимптомними носіями можуть бути бур'яни та трави, деякі культурні рослини, які не є господарями для певного патовару [3, 4]. Цьому сприяє ключова особливість життєвого циклу виду — здатність тривалий час існувати на рослині як епіфіти, витримуючи дію несприятливих факторів середовища, завдяки синтезу захисної біоплівки з екзополісахаридів. За сприятливих умов вологості й температури швидкість розмноження бактерій зростає, вони переходять всередину рослини і запускається патогенний процес, що призводить до некрозу тканин та відмирання органів [5].

P. syringae — один з найбільш вивчених видів серед фітопатогенних бактерій. Основні стратегії вірулентності цього виду — пригнічення імунної системи рослини-господаря та колонізація міжклітинного простору у філосфері рослин, щоб витримати конкуренцію за екологічну нішу [6, 7]. Вірулентність бактерій забезпечують джгутики, білки-ефектори, ферменти, екзополісахариди, резистентність до активних форм кисню, імітатори рослинних гормонів, фітотоксини. Розвитку захворювання сприяють поранення рослин, фактори середовища (рН ґрунту, надлишок поживних речовин, температура, вологість тощо), подвійні інфекції, наявність безсимптомних переносників. Захисну реакцію рослин на вторгнення, яка проявляється закриттям продихів, фітопатоген долає дією токсинів та ефекторних білків [4, 7].

Pseudomonas syringae pv. pisi — збудник бактеріального опіку гороху, є типовим представником виду. Він вперше описаний у 1916 р. як *Pseudomonas pisi*. А з 1978 р. віднесений до виду *P. syringae* як окремий патовар [8]. За особливостями біохімічних характеристик виділяють 8 патогенних рас цих бактерій, які об'єднані у дві генетичні лінії [9—11]. Основний господар для *P. syringae pv. pisi* — горох посівний, також можливе інфікування

вики, люцерни, чини, машу (вігни) [12].

Фітопатоген локалізується в усіх надземних органах рослини, включно з насінням. Бактерії можуть безперешкодно поширюватися з безсимптомними рослинами та насінневою продукцією. Головний шлях поширення — заражене насіння. Також бактерії здатні тривалий час зберігатися на пожнивних рештках гороху. Зокрема, на закопаних рештках — 29 тижнів, а на розкиданих по поверхні землі — щонайменше 78 тижнів. В одному з досліджень [13] наявність інфікованих пожнивних решток на полі призвела до значного ураження наступного посіву бактеріальним опіком гороху та втрати 25,0% врожаю. Тому варто утриматися від повторних посівів гороху на тому ж полі впродовж не менше двох років.

Розповсюдження *P. syringae pv. pisi* на планеті. Випадки виявлення патогена зареєстровані у 70-ти країнах, розміщених на п'яти континентах, причому в європейських країнах виявляли майже всі відомі раси цих бактерій. Така мінливість свідчить про багаторазове завезення бактерій з насінням з різних регіонів світу [10].

Патоген є місцевим видом для Центральної Америки (Коста Рика), звідки поширився по всьому світу. Нині бактерії *P. syringae pv. pisi* повсюдно поширені у Франції, в окремих регіонах Болгарії, Греції, Угорщини, Італії, Молдови, Румунії, Великої Британії. Повідомлення про виявлення надходили з Данії та Нідерландів, Ізраїлю, Німеччини, Лівану та Швейцарії. Також патовар поширений у США, Канаді, Австралії, окремих країнах Близького Сходу, Африки, Південної Америки [14—17].

У ЄОКЗР *P. syringae pv. pisi* не регулюється (виключений з переліку карантинних шкідників А 2 у 1999 р.). Відповідно, зацікавленість наукової спільноти ним дещо знизилася. Патовар регулюється в Китаї, Єгипті, Тунісі, Йорданії, Туреччині, Ірані, Ізраїлі, Чилі, Парагваї. Це пов'язано

як з відсутністю повідомлень про виявлення, яке може свідчити про відсутність його на території, так і з карантинними ризиками, які виникають внаслідок завезення та поширення екзотичних штамів *P. syringae pv. pisi* з інших географічних ареалів [11, 16].

Як зазначено в Глобальній базі даних ЄОКЗР [16], *P. syringae pv. pisi* присутні в Україні, однак інформація датована 1992—1993 рр. і відтоді не оновлювалася. Наукових публікацій щодо виявлення, поширення або дослідження властивостей *P. syringae pv. pisi* в Україні за останні 15 років нами не знайдено. На сьогодні цей фітопатоген у нашій країні не регулюється, тож актуальну інформацію щодо його наявності знайти вкрай складно. Однак, у разі збільшення посівних площ гороху, особливо у кліматичних зонах, сприятливих для розвитку патогена, існують фітосанітарні ризики спалаху бактеріального опіку гороху та його розповсюдження з інфікованим насінням. Тому Україна, як вагомий експортер на міжнародному ринку зерна, зобов'язалася знизити ці ризики, запровадивши фітосанітарний моніторинг посівів гороху, урожай яких планується експортувати до країн, де *P. syringae pv. pisi* є регульованим фітопатогеном.

Прояви бактеріального опіку на рослинах гороху. Як судинний патоген, бактерії *P. syringae pv. pisi*, потрапляючи у рослину через природні отвори та рани, мігрують по судинах та поступово колонізують всі органи господаря. Якщо рослина розвивається з насіння, зараженого патогеном, останній переміщується вгору по стеблу та досягає прилищиків і листків, а пізніше — квітів, бобів і насіння. На початковій стадії розвитку хвороба проявляється локально — невеликими вологими ділянками, маслянистими плямами поблизу місця ураження [18, 19]. Поступово ці плями, просочені вологою, набувають в'ялоподібної форми та коричневого кольору (рис. 1). Також симптоми ураження проявляються й на інших частинах рослин, приміром, на бобах. По мірі

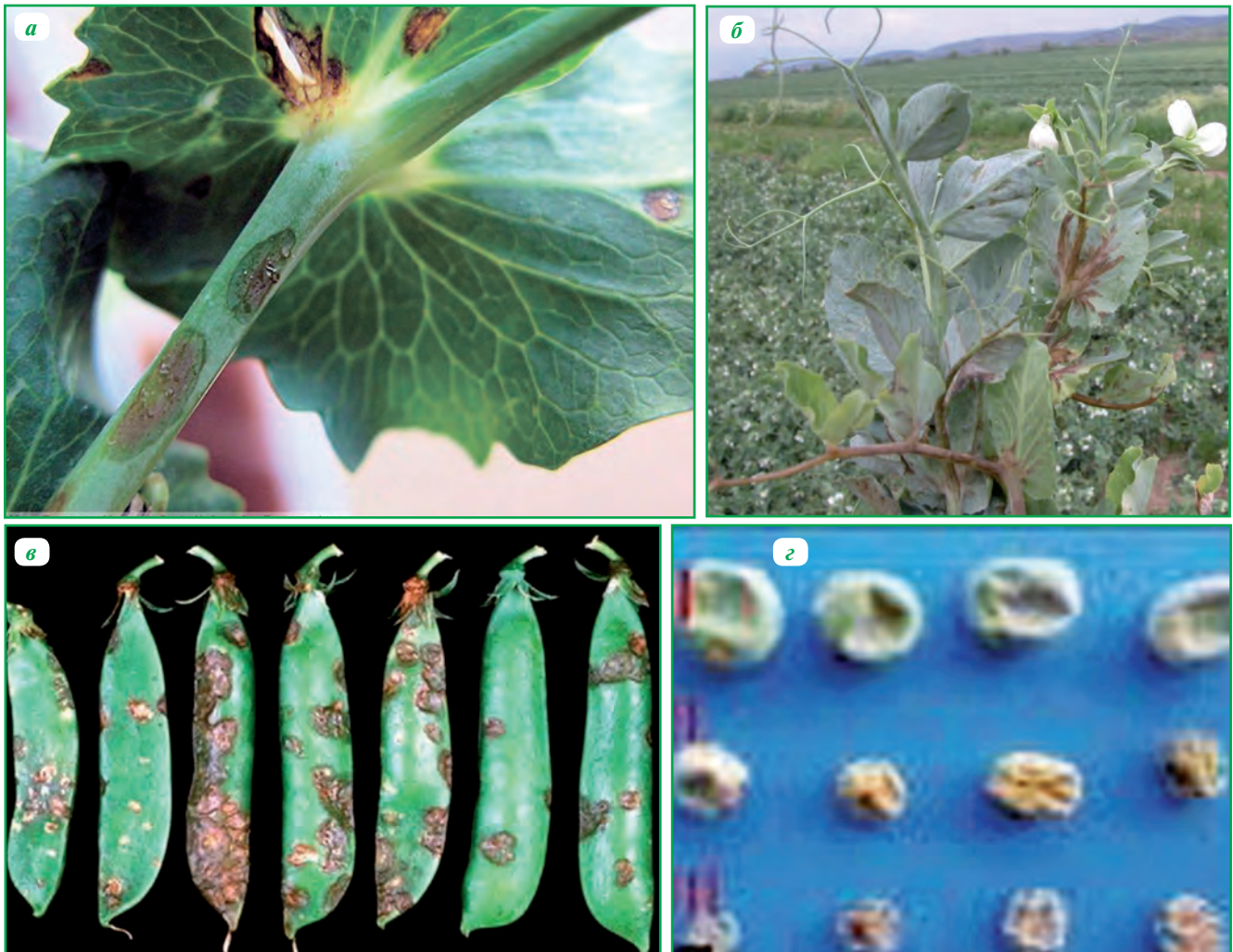


Рис. 1. Симптоми бактеріального опіку гороху:
a — на стеблі (фото Mary Burrows, Montana State University, Bugwood.org) [5];
б — на пагонах та листі [16]; *в* — на бобах [5]; *г* — на насінні гороху [20]

накопичення бактеріальної біомаси у судинах рослин та їх закупорення, навколишні тканини некротизуються. Глибокі ураження призводять до в'янення, відмирання пагонів та загибелі всієї рослини [18]. У посівах гороху бактеріальний опік проявляється у вигляді окремих осередків, які поступово розширюються.

У насінні гороху бактерії *P. syringae* pv. *pisi* локалізуються поблизу зародкових корінців та у просторі між насінневою оболонкою й ендоспермом, де утворюються літичні порожнини внаслідок некрозу тканин. Зовні таке насіння може бути вкрите вологими плямами, чорними або коричневими плямами, бактеріальними виділеннями, зморшками, а також знебарвлене [20].

Шкідливість фітопатогенних бактерій *P. syringae* pv. *pisi*. Еко-

номічні збитки від бактеріального опіку гороху спричинює зниження врожайності культури. Їх розмір залежить від фази розвитку рослини, на якій відбулося інфікування, ступеня розвитку хвороби та її поширення в агроценозі. За штучного інфікування рослин гороху збудником бактеріального опіку на репродуктивній стадії розвитку втрати врожаю становили 24,0% [21]. Якщо інфекційний процес почався на вегетативній стадії (до фази цвітіння), врожайність знижувалася на 47,0%. Застосування інокуляції патогеном в обидва зазначені періоди призводило до зниження врожайності культури на 71,0%. При цьому втрати врожаю гороху від хвороби спричинені не тільки безпосередньо загибеллю рослин. Бактеріальний опік також призводить до опадання кві-

тів, зменшення кількості стручків та кількості насінин у них, зниження якості продукції. Схожість інфікованого насіння знижується до 57,77% при 100% у контролі [22]. Також патоген впливає на біохімічні показники зерна гороху — знижується вміст вуглеводів (на 4,46%), сирової клітковини (на 1,01%), сирового жиру (на 0,81%), тоді як вміст сирового протеїну зростає (на 3,85%) [23].

Шкідливість *P. syringae* pv. *pisi* не лише пряма — пов'язана з втратами аграрного сектору внаслідок зниження врожайності та якості продукції гороху. Важливою для економіки є можливість експорту виробленого зерна в інші країни, яка зазнає обмежень, оскільки знижується конкурентоспроможність продукції в контексті вимог щодо регулювання збудника бактеріального опі-

ку гороху в КНР та деяких інших країнах.

Захист посівів гороху від *P. syringae pv. pisi*. Основна стратегія захисту посівів гороху від *P. syringae pv. pisi* — профілактичні заходи. Серед них — дотримання сівозмін, посів стійких сортів гороху, використання насіння, вільного від патогену, вирощування гороху у регіонах без екстремальної вологості та частих заморозків, дотримання більш пізніх строків сівби, засоби захисту рослин [10, 11, 24].

Один зі широко вживаних у світі засобів хімічного захисту — бактерициди, які містять мідь. Однак, через розвиток резистентності фітопатогенів до цього металу та його токсичність при накопиченні у ґрунті, доводиться шукати альтернативні способи захисту рослин [24]. Дія сучасних засобів захисту спрямована на зменшення вірулентності та рухливості бактерій шляхом пригнічення білків-ефекторів та регуляторів, відповідно [1, 2, 25].

Також вчені досліджували можливість активації захисних механізмів рослини, зокрема індукції стійкості до патогену. Для цього рослини гороху інокулювали бактеріями *P. syringae pv. pisi*, вбитими нагріванням та водночас вводили живі бактерії. У результаті рослини набували стійкості до інфекції, рівень якої залежав від кількості застосованого інокулянту, тобто з'явилася системна набута резистентність до патогену [4, 26]. Продовженням стали дослідження можливості використання L-форми клітин *P. syringae pv. Pisi*, як агента біоконтролю бактеріального опіку гороху. Хоча вчені досягли мети у контрольованих умовах, відтворення подібних досліджень у полі не дало стабільних позитивних результатів. Через це подібні практики на сьогодні не отримали широкого застосування [27].

Діагностика бактеріального опіку гороху у фітосанітарному аналізі. Оскільки насіння гороху — основний спосіб поширення збудника бактеріального опіку, у літературних джерелах переважають дані з виявлення та

ідентифікації *P. syringae pv. pisi* у насіннєвому матеріалі. Зокрема, існують міжнародні валідовані методи, які доцільно використовувати [28]. Однак, загалом приведені нижче діагностичні тести придатні до застосування й щодо ізолятів бактерій з вегетативної маси гороху.

Для ізоляції збудника зі зразка підходить класичний метод бактеріального посіву на живильні середовища. Одне з традиційних для представників роду *Pseudomonas* — середовище Кінга В, де можна спостерігати ха-

рактерну ознаку — здатність бактерій продукувати флуоресцентні пігменти (рис. 2) [29]. Але, за твердженнями дослідників, не всі штами *P. syringae pv. pisi* демонструють таку реакцію [11, 28]. Тому нині для виділення цих бактерій рекомендовано напівселективні середовища KBBCA та SNAC. На четверту добу культивування на них бактерії *P. syringae pv. pisi* мають характерний вигляд (рис. 3). На KBBCA утворюються напівпрозорі колонії кремового кольору. На SNAC проявляється властивість продукувати екзополісахарид леван, тому бачимо слизисті прозорі або білуваті колонії округлої куполоподібної форми. Крім того, деякі штами цих бактерій, культивовані на KBBCA, флуоресціюють блакитним світлом за дії ультрафіолетового випромінювання [28].

Для біохімічної характеристики *P. syringae pv. pisi* також застосовують LOPAT-тест (L — продукування левану; O — продукування оксидази; P — пектинолітична активність; A — продукування аргінін-дигідролази; T — гіперчутливість рослин тютюну) [30]. Для *P. syringae pv. pisi* характерна схема реакції на LOPAT-тест: L +, O –, P –, A –, T + (рис. 4) [19; 31, 32].

Симптоми гіперчутливості на рослинах тютюну помітні вже за 24 години після інокуляції бактеріями (рис. 5). Ознаки патогенного процесу виникають на рослинах, які не є господарями для *P. syringae pv. pisi*, внаслідок дії бактеріальних генів *hrp*, які відповідають за гіперчутливість та

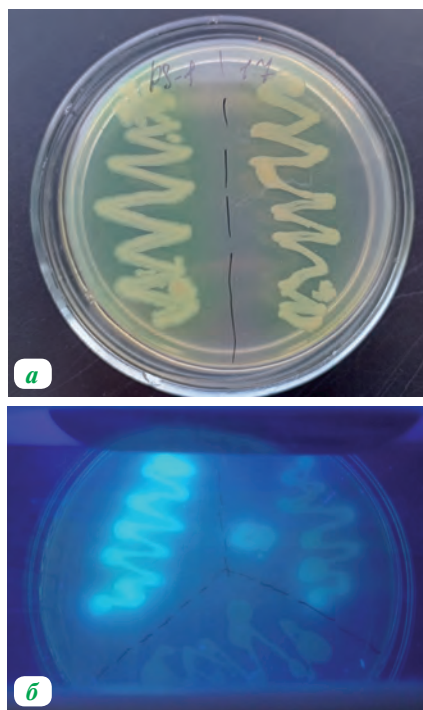


Рис. 2. Продукування флуоресцентних пігментів різними штамами бактерій *Pseudomonas sp.* на живильному середовищі Кінга В: а — вигляд при денному світлі; б — під ультрафіолетовим випромінюванням (фото авторів)

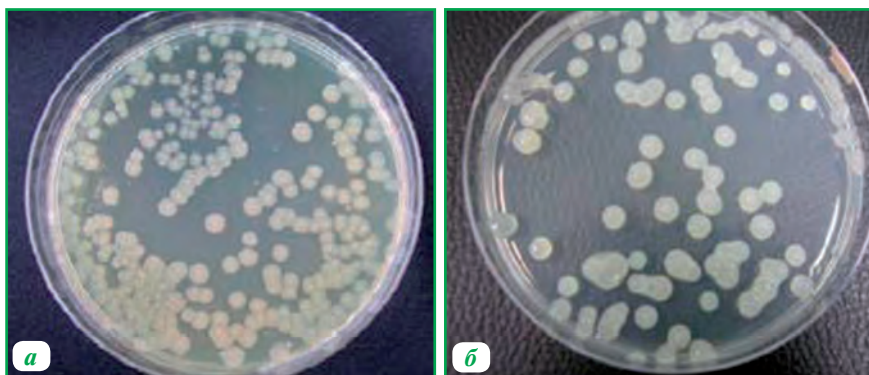


Рис. 3. Типові колонії *P. syringae pv. pisi* на живильних середовищах: а — на середовищі KBBCA; б — на середовищі SNAC [28]

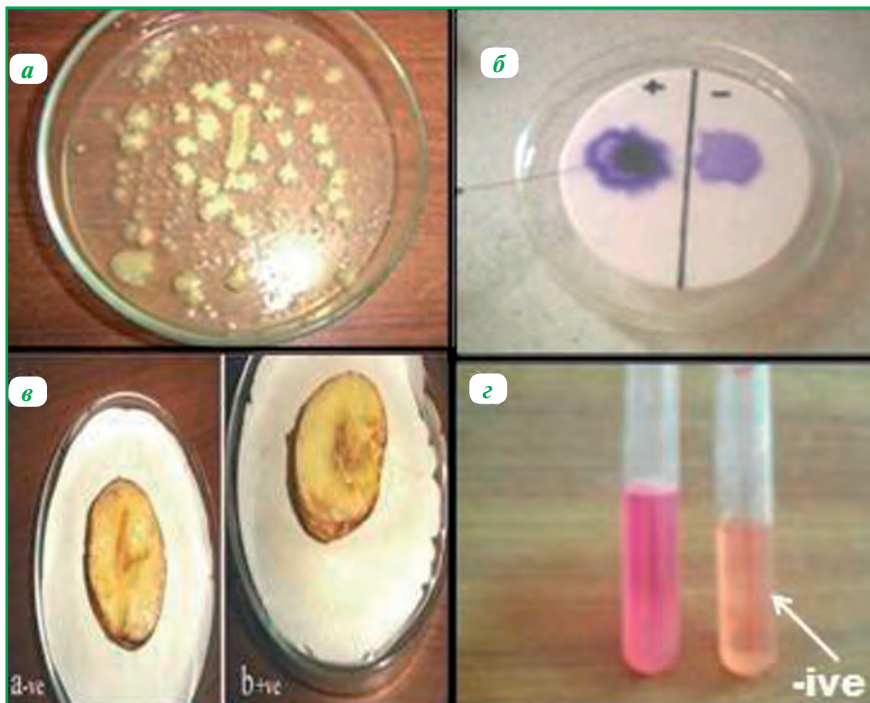


Рис. 4. Результати LOPAT-тесту *P. syringae pv. pisi*:
а — продукування левану наявне; **б** — оксидазна активність негативна;
в — пектолitiчна активність негативна; **г** — продукування аргінін-дигідролази відсутнє [19]

патогенність. Наявність останніх — одна з характерних ознак патоварів *P. syringae* [19, 33].

Оскільки штами *P. syringae pv. pisi* можуть демонструвати різні реакції на загальноприйняті тести [11], бажано також проводити тест на патогенність на проростках рослин гороху сприйнятливих сортів, як от Kelvedon Wonder (рис. 5).

Один з нюансів, який варто враховувати при проведенні бактеріологічної експертизи гороху — ця рослина є господарем не тільки для *P. syringae pv. pisi*, але й для *P. syringae pv. syringae*, які спричиняють схожу симптоматику. Для їхнього розрізнення пропонують тест на гомосерин (*P. syringae pv. pisi* використовує його як єдине джерело вуглецю) та згаданий вище тест на патогенність на рослинах гороху сорту Kelvedon Wonder [10]. Деякі дослідники [34] вважають, що розрізнити патовари *P. syringae* виключно за біохімічними ознаками неможливо. Тому очевидно є необхідність використання сучасних високочутливих ідентифікаційних тестів — імунофлюоресценції, імуноферментного аналізу, полімеразно-ланцюгової

реакції для підтвердження попередньо отриманих результатів. Адже лише комплексний підхід у бактеріологічній експертизі насіння та рослин гороху на вияв-

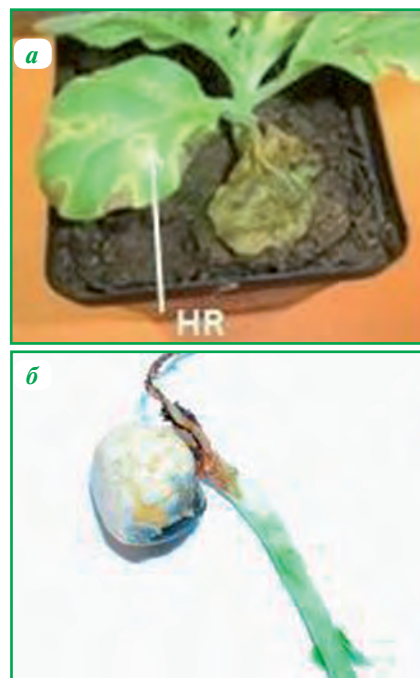


Рис. 5. Тест на патогенність *P. syringae pv. pisi*:
а — симптоми гіперчутливості рослин тютюну (HR) [19];
б — типові ураження рослин гороху сорту Kelvedon Wonder, інюльованих *P. syringae pv. pisi* [28]

лення збудника бактеріального опіку є підставою для впевненого та обґрунтованого висновку про наявність патогену у зразку, подібно до того, як це регламентовано у міжнародних діагностичних протоколах РМ щодо інших регульованих шкідливих бактерій.

ВИСНОВКИ

Pseudomonas syringae pv. pisi — фітопатогенні бактерії, відомі та доволі добре вивчені у світі. Однак в Україні тривалий час їм не приділяли достатньої уваги. Зниження ризиків поширення бактеріального опіку потребує комплексу фітосанітарних заходів, серед яких надважливими є фаховий та своєчасний моніторинг посівів культури — візуальне обстеження державними фітосанітарними інспекторами та фітосанітарний аналіз фахівцями-бактеріологами.

Фінансування. Стаття має аналітичний характер.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту. Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту під час створення представленої роботи.

*А.О. Trepach,
 Canditate of Agricultural Sciences,
 ORCID: 0000-0002-0510-4277

М.Ф. Krupenik,
 ORCID: 0009-0000-5285-8189

State institution «Chernigiv phytosanitary testing laboratory of the SSUFSCP»,
 41, Kotsiubynskoho str., Chernihiv,
 14000, Ukraine

*E-mail: a.trepach@karant.in.ua

Bacterial blight of peas: phytosanitary risks and disease diagnostics

Goal. To analyze and summarize information from literary sources on the spread of *Pseudomonas syringae pv. pisi* — the causative agent of bacterial blight of peas, symptoms of the disease, risks of spread and methods of phytosanitary diagnostics of the pathogen. **Methods.** Analysis, synthesis, generalization. **Results.** The significance of *P. syringae pv. pisi* as a harmful organism leading to crop losses in field peas and some other legumes has been substantiated. This pathogen is widely distributed in many regions of the world, including Ukraine, as a result of which it was ex-



cluded from the list of regulated pests of the European and Mediterranean Plant Protection Organization and is currently regulated only in a few countries around the world. Since *P. syringae* pv. *pisi* is capable of spreading with asymptomatic infected plant material, in particular grain, this creates phytosanitary risks, especially relevant given Ukraine's trade and economic ties with countries where this pathogen is regulated. Therefore, for the unhindered export of agricultural products, there is a need for phytosanitary monitoring of pea crops for the presence of *P. syringae* pv. *pisi*. However, no interregional diagnostic protocol PM has been developed for this organism. However, there are enough scientific publications that highlight the diverse studies of these bacteria, as well as the validated methods for their detection in pea seeds. **Conclusions.** *P. syringae* pv. *pisi* are phytopathogenic bacteria that are constantly in the spotlight in countries where peas are major crops. In Ukraine, the relevance of phytosanitary monitoring of pea crops for bacterial blight caused by the specified pathogen is significantly increasing today, against the backdrop of expanding trade cooperation with China. This requires up-to-date information on the development of the disease for conducting crop inspections and significant attention to the choice of pathogen detection methods during phytosanitary examination.

bacterial blight of peas; phytosanitary diagnostic methods; *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*; symptoms; phytosanitary risk

REFERENCES

- Baltrus D.A., McCann H.C., Guttman D.S. (2016). Evolution, genomics and epidemiology of *Pseudomonas syringae*: Challenges in Bacterial Molecular Plant Pathology. *Mol. Plant Pathol.* 18. 52-168. <https://doi.org/10.1111/mpp.12506>
- Almeida R.N.D., Greenberg M., Bundalovic-Torma C., Martel A., Wang P.W., Middleton M.A., Guttman D.S. (2022). Predictive modeling of *Pseudomonas syringae* virulence on bean using gradient boosted decision trees. *PLoS Pathog.* 18. 1-24. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010716>
- Lamichhane R., Varvaro L., Parisi L., Audergon J.-M., Morris C.E. (2014). Disease and Frost Damage of Woody Plants Caused by *Pseudomonas syringae*: Seeing the Forest for the Trees. *Advances in Agronomy.* 126(4). 235-295. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800132-5.00004-3>
- Xiu-Fang Xin, Kvitko B., Sheng Yang He (2018). *Pseudomonas syringae*: what it takes to be a pathogen. *Nature Reviews Microbiology.* 16. 316-328. <https://doi.org/10.1038/nrmi-2018.17>
- Dell'Olmo E., Tiberini A., Sigillo L. (2023). Leguminous Seedborne Pathogens: Seed Health and Sustainable Crop Management. *Plants.* 12(10). 1-42. <https://doi.org/10.3390/plants12102040/>
- Ichinose Y., Taguchi F., Mukaihara T. (2013). Pathogenicity and virulence factors of *Pseudomonas syringae*. *J Gen Plant Pathol.* 79 (5). 285-296. <https://doi.org/10.1007/s10327-013-0452-8>
- Moore L.W., Pscheidt J.W. (1988). Diseases Caused by *Pseudomonas syringae*. / Adapted from L.W. Moore. *Pseudomonas syringae*: disease and ice nucleation activity. *Ornamentals Northwest Newsletter.* 12. 4-16. URL: <https://pnwhandbooks.org/plantdisease/pathogen-articles/pathogens-common-many-plants/bacteria-other-prokaryotes/diseases>
- Young J.M., Dye D.W., Bradbury J.F., Panagopoulos C.G., Robbs C.F. (1978). A proposed nomenclature and classification for plant pathogenic bacteria. *New Zealand Journal of Agricultural Research.* 21(1). 153-177. <https://doi.org/10.1080/00288233.1978.10427397>
- Bevan J.R., Taylor J.D., Crute I.R., Hunter P.J., Vivian A. (1995). Genetics of specific resistance in pea (*Pisum sativum*) cultivars to seven races of *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*. *Plant Pathology.* 44. 98-108. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1995.tb02721.x>
- Martin-Sanz A., Palomo J.L., Pérez de la Vega M., Caminero C. (2011). Identification of pathovars and races of *Pseudomonas syringae*, the main causal agent of bacterial diseases in pea in North-Central Spain, and the search for resistance. *European Journal of Plant Pathology.* 129. 57-69. <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9691-0>
- Martín-Sanz A., Pérez de la Vega M., Murillo J., Caminero C. (2012). Genetic, biochemical and pathogenic diversity of *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* strains. *Plant Pathology.* 61(6). 1063-1072. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02604.x>
- Pseudomonas syringae* pv. *pisi* (PSDMPI): Hosts. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/PSDMPI/hosts>
- Hollaway G.J., Bretag T.W. (1997). Survival of *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* in soil and on pea trash and their importance as a source of inoculum for a following field pea crop. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 37(3). 369-375. <https://doi.org/10.1071/EA96095>
- Hollaway G.J., Bretag T.W., Price T.V. (2007). The epidemiology and management of bacterial blight (*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*) offfield pea (*Pisum sativum*) in Australia: A review. *Aust. J. Agric. Res.* 58. 1086-1099. <https://doi.org/10.1071/AR06384>
- Reeves J.C., Hutchins J.D., Simpkins S.A. (1994). The incidence of races of *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* in UK pea (*Pisum sativum*) seed stocks, 1987-1994. *Plant Varieties and Seeds.* 9. 1-8.
- EPPD Distribution List for *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*. URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-4638>
- Mansfield P.J., Wilson D.W., Heath M.C., Saunders P.J. (2008). Development of pea bacterial blight caused by *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* in winter and spring cultivars of combining peas (*Pisum sativum*) with different sowing dates. *Annals of Applied Biology.* 131(2). 245-258. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1997.tb05154.x>
- Benlioglu K., Özyılmaz Ü., Ertan D. (2010). First Report of Bacterial Blight Caused by *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* on Pea in Turkey. *Plant Disease.* 94(7). 923-923. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-7-0923A>
- Muhammad W.A., Muhammad U.R., Gulshan I., Komal Z., Mehmood H., Farid A.S. (2015). Isolation and characterization of seedborne *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* from pea (*Pisum sativum* L.). *Asian J Agri Biol.* 3(3). 78-83.
- Verma A.K., Agrawal K. (2018). Location and histopathology of seed-borne bacterial pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* carried by pea seeds. *J App Biol Biotech.* 6(1). 20-22. <https://doi.org/10.7324/JABB.2018.60104>
- Roberts S.J. (1993). Effect of bacterial blight (*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*) on the growth and yield of single pea (*Pisum sativum*) plants under glasshouse conditions. *Plant Pathology.* 42. 568-576.
- Verma A.K., Meena L.M. (2021). Changes in pea seeds viability due to infection of bacterial pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* causing bacterial blight of pea. *ISO 9001:2015 Certified Journal.* 10(8). 997-1005. <https://doi.org/10.20959/wjpr20218-20866>
- Nagar A., Verma A.K., Meena L.M. (2017). Effect of natural infection of bacterial pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* on biochemical constituents of pea seeds. *International Journal of Research and Analytical Reviews.* 4(4). 589-590.
- Rabiey M., Roy S.R., Holtappels D., Franceschetti L., Quilty B.J., Creeth R.,..., Jackson R.W. (2020). Phage biocontrol to combat *Pseudomonas syringae* pathogens causing disease in cherry. *Microb Biotechnol.* 13(5). 1428-1445. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13585>
- Huang Chunyan Yao, Yue Sun, Quanjiang Ji, Xin Deng. (2022). Virulence-related regulatory network of *Pseudomonas syringae*. *Computational and Structural Biotechnology Journal.* 20. 6259-6270. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.11.011>
- Akpa A.D., Archer S.A. (1991). Effect of heat-killed bacteria on the interaction of pea with *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*. *Journal of Phytopathology.* 132. 237-244. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0434.1993.tb01407.x>
- Elvira-Recuenco M., van Vuurde J.W.L. (2003). Efficiency of procedures for induction and cultivation of *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* L-form. *Microbiological Research.* 158(4) 271-279. <https://doi.org/10.1078/0944-5013-00205>
- International Rules for Seed Testing. (2023). Validated Seed Health Testing Methods 7-029: Detection of *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* in *Pisum sativum* (pea) seed. [Effective from 1 January 2024]. Verona. 11 p.
- Cirvilleri G., Scuderi G., Catara V., Scortichini M. (2007). Typing of *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* strains by fluorescent ALFP fingerprinting. *J. Plant Pathol.* 89(3). 421-425.
- Lelliott R.A., Billing E., Hayward A.C. (1966). A determinative scheme for fluorescent plant pathogenic bacteria. *J. Appl. Bacteriol.* 29. 470-478.
- Verma K. A., Arora P., Agrawal K. (2016). Incidence of bacterial blight pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* in pea seeds grown in Rajasthan, India. *Legume Research.* 39(6). 1034-1037. <https://doi.org/10.18805/lr.v0i0f.8606>
- Schaad N.W., Jones J.B., Chun W. (2013). Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria. 3rd ed. St. Paul, Minn.: Am. Phytopathol. Soc. 312 p.
- Senthil-Kumar M., Mysore K.S. (2013). Non host resistance against bacterial pathogens: retrospectives and prospects. *Annu. Rev. Phytopathol.* 51. 407-427. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102319>
- Malandrin L., Huard A., Samson R. (1996). Discriminant envelope protein profiles between *P. syringae* pv. *pisi* and *P. syringae* pv. *syringae*. *FEMS Microbiology Letters.* 141(1). 11-17. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1996.tb08356.x>

Надійшла до редакції: 29.01.2026

Прийнята до друку: 13.02.2026

Надруковано й опубліковано онлайн:

березень 2026

ВІРУСИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР,

що передаються з насінням в Україні: епідеміологія, механізми поширення та стратегії фітосанітарного контролю

Мета. Провести комплексний огляд сучасних даних щодо вірусів зернових культур, які передаються з насінням і поширені в Україні, з аналізом їхньої епідеміології, механізмів поширення, фітосанітарного контролю та профілактичних заходів, з урахуванням впливу цих патогенів на агросистеми та ризиків для національного зерновиробництва. **Методи.** Методологія огляду ґрунтувалася на систематизації наукових публікацій, нормативних джерел і міжнародних стандартів щодо особливостей насінневої інфекції, ролі рослин-резерваторів і переносників, а також оцінці ефективності профілактичних стратегій у контексті сучасних агротехнічних практик і систем насінництва. **Результати.** Узагальнено сучасні знання щодо механізмів насінневої та векторної передачі ключових для економіки України вірусів зернових культур, визначено їхню епідеміологічну роль у підтриманні інфекції в агроценозах, значення природних резервуарів і «зеленого мосту», а також виокремлено критичні елементи профілактики та фітосанітарного контролю, зокрема використання безвірусного насіння, просторово-часову ізоляцію посівів та впровадження генетично стійких сортів. **Висновок.** Інтегрований підхід, що поєднує тестування та сертифікацію насінневого матеріалу, агротехнічні заходи, управління «зеленим мостом» (падалицею, сегетальною та дикорослою флорою) і використання сортів із підвищеною стійкістю, є ключовою передумовою зменшення ризику поширення вірусних хвороб зернових культур і мінімізації втрат у виробництві.

насіннева інфекція; якість зерна; фітосанітарний контроль; природні резервуари інфекції

Віруси, що передаються насінням, становлять значну економічну загрозу для зернових культур у всьому світі та мають особливе значення для Укра-

***1,3 А.М. КИРИЧЕНКО,**
доктор біологічних наук,
ORCID: 0000-0002-6098-1467

1,2,3 Г.О. СНИГУР,
кандидат біологічних наук,
ORCID: 0000-0003-4237-3406

1 І.С. ЩЕРБАТЕНКО,
доктор біологічних наук,
ORCID: 0000-0003-4208-2078

¹Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України, вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03143, Україна

²ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна

³Інститут біохімії та біофізики Польської академії наук, вул. Адольфа Павінського 5А, м. Варшава, 02-106, Польща

*E-mail: a.kyrychenko@imv.org.ua

їни, де виробництво зерна є ключовою складовою аграрного сектору, основою продовольчої безпеки та важливим чинником експортного потенціалу країни. Здатність вірусів зберігатися в насінні є однією з провідних стратегій їхнього виживання між вегетаційними періодами, а також має вирішальне значення для ефективного розповсюдження та підтримання інфекції в агроекосистемах. Це особливо критично для вірусів з вузьким спектром хазяїв або таких, що поширюються переносниками з обмеженою рухливістю чи за неперсистентного способу передачі. Зокрема, вірус штрихуватої мозаїки ячменю (*Hordeivirus hordei*, BSMV), який становить серйозну загрозу для виробництва ячменю та пшениці, не має відомих

комах-переносників і тому для свого поширення та довгострокового збереження переважно покладається на насінневу передачу [1–3].

Окрім забезпечення виживання вірусів у насінні впродовж тривалого часу, насіннева передача відіграє ключову роль у їхньому поширенні на значні відстані, сприяючи занесенню інфекції до нових регіонів та міжконтинентальній міграції збудників [1, 3–5]. У багатьох випадках інфікування насіння та проростків зумовлює порушення росту рослин, зниження енергії проростання, формування слабших посівів і розвиток вторинних інфекцій, що зрештою призводить до зменшення продуктивності культури, погіршення якості врожаю та значних економічних втрат [3]. Таким чином, насіннева інфекція має не лише епідеміологічне, а й виразне агроекономічне значення.

З огляду на глобальний характер проблеми та активну участь України у міжнародній торгівлі зерном, вивчення динаміки вірусів, що передаються з насінням, є необхідною передумовою для розроблення ефективних стратегій профілактики, діагностики та фітосанітарного регулювання.

Метою даного огляду є узагальнення сучасних відомостей щодо біологічних особливостей, механізмів передачі, епідеміології, економічного значення, методів діагностики та принципів фітосанітарного контролю вірусів із насінневою передачею, що циркулюють на території України і мають значний економічний вплив на виробництво зернових. Віруси, що постійно виявляються в агроекосистемах країни, — це

вірус штрихуватої мозаїки ячменю (BSMV) [6], вірус смугастої мозаїки пшениці (WSMV) [6–7], вірус мозаїки пшениці Високих Рівнин (HPWMoV) [6], вірус мозаїки цукрової тростини (SCMV) та вірус карликової мозаїки кукурудзи (MDMV) [8, 9]. Вони належать до різних таксономічних груп, мають різний ступінь ефективності передачі насінням, заражають широкий спектр сприйнятливих рослин-хазяїв і становлять значну загрозу для виробництва зернових культур. Їхня здатність знижувати врожайність зернових не лише впливає на продуктивність сільського господарства, але й має значні комерційні наслідки для економіки країни та світової торгівлі.

Вірус штрихуватої мозаїки ячменю (*Hordeivirus hordei*, barley stripe mosaic virus, BSMV) є типовим представником роду *Hordeivirus* (родина *Virgaviridae*) і одним з найбільш вивчених вірусів зернових культур [10, 11]. Віріони BSMV представлені жорсткими, паличкоподібними частинками завдовжки 112–150 × 18–24 нм. Геном вірусу складається з трьох компонентів одноланцюгової (+)РНК (RNA α , RNA β , RNA γ). RNA α кодує субодиницю реплікази з геліказною активністю ($\alpha\alpha$), RNA γ — полімеразну субодиницю реплікази ($\gamma\alpha$) та цистеїн-багатий білок $\gamma\beta$, що бере участь у патогенності та регуляції руху, тоді як RNA β кодує капсидний білок та три білки (triple gene block, TGB1, TGB2, TGB3). Трипартитна організація геному, зокрема наявність TGB-білків, є необхідною для системного поширення інфекції в рослині [11].

Поширення та економічне значення. Історично BSMV був поширений у більшості регіонів вирощування зернових культур світу та входив до переліку карантинних шкідливих організмів Європейської та Середземноморської організації захисту рослин (EPPO, перелік A2). Через широкую присутність у зонах вирощування ячменю був виключений зі списку в 1999 р. [12]. Нині BSMV перебуває під фітосанітарним наглядом переважно через ризик

поширення із зараженим насінням. Завдяки програмам сертифікації насіння та використанню безвірусного посівного матеріалу розповсюдження BSMV значно обмежено в багатьох регіонах світу, де вірус здебільшого має спорадичний характер [11]. В Україні вірус циркулює в агроценозах ячменю та пшениці, де періодично рееструються його спалахи, зокрема в південних регіонах [13]. Перші повідомлення про BSMV в Україні датуються 1990-ми роками, а задокументовані випадки виявлення — на початку 2000-х; подальші дослідження підтвердили присутність вірусу в інших регіонах [6, 14], що підкреслює його потенційну загрозу для насінництва та експорту зерна.

BSMV вважається єдиним економічно значимим представником роду *Hordeivirus*, що спричиняє значні втрати врожаю, особливо ячменю, які складають від 20% до 62% залежно від часу інфікування, частки заражених рослин, патогенності штаму вірусу та сорту культури [15]. За високої інфікованості посівів спостерігається зниження життєздатності сходів та зменшення продуктивного кушення, маси зерна, стерильність квіток і щуплість насіння. Особливо небезпечною є здатність вірусу зберігатись в насінні впродовж тривалого часу (до 19-ти років) [3].

Коло рослин-хазяїв. Ячмінь є основним хазяїном BSMV, в посівах якого вірус завдає значних економічних втрат [11]. Інші культури, такі як пшениця, овес та жито, також сприйнятливі до вірусу, хоча інтенсивність симптомів варіює залежно від генотипу та умов середовища. Окремі штами інфікують кукурудзу в експериментальних умовах або змішаних посівах [12].

Природними резервуарами вірусу слугують злакові трави та бур'яни (родина *Poaceae*): овес дикий, дикі види ячменю, різні види тонконогу, пирій повзучий, лисохвіст, тимофіївка, мишій, просовидні трави та різні види пирію [4]. Інфекція в цих рослинах часто має латентний пеліб, забезпечуючи збереження

вірусу в міжвегетаційний період та первинне зараження культур навесні [11]. В експериментальних умовах сприйнятливими до вірусу є рослини родин *Chenopodiaceae* та *Solanaceae*: *Chenopodium amaranticolor*, *C. quinoa*, *C. album*, *Beta vulgaris*, *Nicotiana tabacum* cv. *Samsun*. Деякі штами вірусу інфікують *Spinacia oleracea* [12].

Симптоми. На ячмені інфекція проявляється у вигляді хлоротичної смугастості біля основи молодих листків, яка прогресує до системної мозаїки та хлорозу на старіших листках [11]. Пізні стадії інфекції характеризуються затримкою росту, зменшенням кушіння та формуванням щуплого зерна з низькою масою. Агресивні штами можуть викликати летальний некроз, що значно впливає на життєздатність рослин. На пшениці BSMV спричиняє мозаїку листків, плямистість, хлоротичні смуги і плями, схожі на ті, що спостерігаються у ячмені (рис. 1). На вівсі прояви інфекції менш виражені та з'являються пізніше, що свідчить про меншу придатність клітинних систем вівса до реплікації вірусу [4]. Латентна інфекція в рослинах, вирощених із зараженого насіння, ускладнює візуальну діагностику та знищення зараженого селекційного матеріалу.

Шляхи передачі та джерела інфекції. BSMV не має біологічних векторів і поширюється переважно через інфіковане насіння з ефективністю до 90–100% у сприйнятливих сортах [4]. Від первинних вогнищ інфекції BSMV поширюється механічно під час агротехнічних робіт або контакту рослин (рис. 1). Механізми насінневої передачі включають пряме інфікування зародка через яйцеклітину та непряме інфікування через гамети. Хоча віріони BSMV були виявлені в пилковій трубці, зиготі, ендоспермі та інших частинах пилку, передавання вірусу з пилком ячменю під час цвітіння рослин експериментально не підтверджено [11].

Вірус смугастої мозаїки пшениці (*Tritimovirus tritici*, wheat streak mosaic virus, WSMV) є типовим видом роду *Tritimovirus* родини

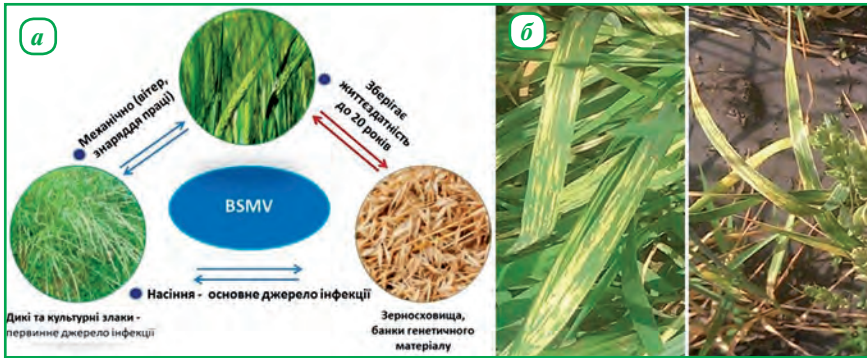


Рис. 1. Barley stripe mosaic virus: а — життєвий цикл; б — симптоми вірусної інфекції на пшениці (фото та схема авторів)

Potyviridae [16]. Віріони WSMV представлені ниткоподібними частинками завдовжки приблизно 700 нм і діаметром 13 нм з одноланцюговим (+) РНК-геномом [17].

Поширення та економічне значення. WSMV є одним із найбільш економічно значущих вірусів зернових культур у світі, поширеним у багатьох регіонах вирощування пшениці, включаючи Північну Америку, Європу, Австралію та Азію [18, 19]. Перші виявлення WSMV в Україні датуються 1960-ми роками. У період 2017—2022 рр. спостерігалось розширення ареалу вірусу в усіх регіонах країни, часто в змішаних інфекціях з High Plains wheat mosaic virus (HPWMoV) на сході [6, 7, 20, 21].

WSMV вважається одним із найшкідливіших патогенів пшениці. Втрати врожаю від вірусної інфекції варіюють від 2—5% до 60% щорічно, а за сприятливих для розмноження вектора (*Aceria tritici*) умов, інфікування ранніх посівів та наявності «зеленого мосту» можуть сягати 80—100% [18, 19]. Тяжкість захворювання залежить від погодних умов, генотипу рослин та агротехнічних практик. Зниження врожайності насамперед зумовлене пошкодженням репродуктивних органів, формуванням шуплого зерна, погіршенням його якості та схожості, а також зниженням енергії проростання [6, 21]. Ризики особливо високі в насінницьких господарствах, ранніх посівах пшениці озимої, за масового розмноження переносника та наявності падалиці чи бур'янів-резерваторів [19].

Коло рослин-хазяїв. Основними хазяями вірусу є пшениця (озима та яра), ячмінь, жито, овес, просо, кукурудза, сорго [18]. Різні види бур'янів, зокрема мишій італійський та зелений, плоскуха звичайна, пажитниця багаторічна, шерстяк волохатий, а також різні види ковили, оводника, пальчатки і стоколосу слугують резерваторами вірусу, формуючи «зелений міст» між сезонами та сприяючи його збереженню й поширенню в агро-екосистемах [22].

Симптоми. На пшениці WSMV спричиняє пожовтіння листя, мозаїчні та смугасті хлоротичні візерунки (рис. 2). Характерною ознакою вірусного ураження є хлороз та утворення вздовж жилок поздовжніх смуг різної ширини, зменшення куштиння, некроз тканин та за значне ураження — загибель рослин [17, 18]. На кукурудзі основними симптомами інфекції є пожовтіння листя і характерна мозаїка з поздовжніми хлоротичними смугами вздовж жилок [22]. Інтенсивність прояву симптомів залежить від прийнятливості сортів/гібридів до WSMV, рівня інфекційного навантаження, фази розвитку рослин та погодних умов. Раннє інфікування посівів може призводити до значної або навіть повної втрати врожаю. Візуальна діагностика вірусу в польових умовах малоінформативна через варіабельність прояву симптомів та їхню неспецифічність.

Шляхи передачі та джерела інфекції. В природних умовах WSMV передається пшеничним кліщем *A. tritici* (рис. 2), інша назва *A. tosichella*, *Acarina: Eriophyi-*

dae, який є його єдиним відомим біологічним вектором [17—19]. Передача відбувається за персистентно-пропагативним механізмом, кліщ зберігає інфекційність впродовж кількох тижнів, поширюючи WSMV з первинного резервуару інфекції на сусідні рослини та нові території [18].

У довгостроковому виживанні вірусу важливу роль відіграє здатність вірусу передаватись з насінням. Рівень такої передачі у пшениці залежить від генотипу рослини і зазвичай є дуже низьким (0,2—3,0%); вірус не передається з насінням ячменю, вівса та багатьох однорічних трав. Зокрема, у дослідженні українських авторів (Mishchenko et al., 2018) [21] було експериментально показано відсутність насінневої передачі для Полтавського ізоляту WSMV, що, ймовірно, пов'язано з особливостями сучасних сортів пшениці, адаптованих до біотичних та абіотичних стресів, а також зі зміщенням строків сівби на пізніші дати. Автори зазначають, що навіть за гіпотетичної можливості контамінації насіння частота таких випадків є незначною і, на їхню думку, не має суттєвого епідеміологічного значення в українських умовах. Проте, з огляду на дані міжнародної літератури про підтверджену (хоч і низьку) насінневу трансмісію WSMV у різних генотипах і регіонах [17—19, 23], а також на потенціал вірусу до інтродукції нових штамів через глобальну торгівлю насіннєвим матеріалом, доцільно зберігати високий рівень обережності. Запобіжні заходи, такі як обов'язкове тестування насіннєвого матеріалу на вірусну інфекцію та використання сертифікованого безвірусного насіння, залишаються виправданими та необхідними для мінімізації ризиків, особливо в насінницьких господарствах.

Вірус мозаїки пшениці Високих Рівнин (*Emaravirus tritici*, High Plains wheat mosaic virus, HPWMoV) належить до роду *Emaravirus* родини *Fimoviridae*. Геном вірусу — одноланцюгова (-)РНК, складається з восьми сегментів; віріони з оболон-

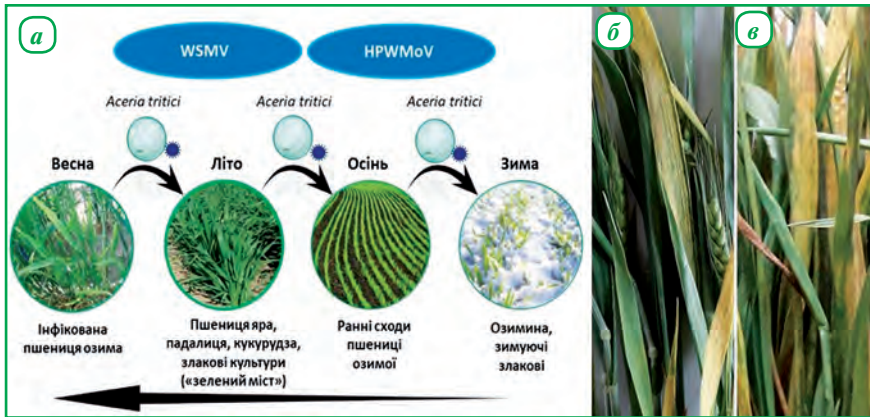


Рис. 2. Wheat streak mosaic virus та High Plains wheat mosaic virus на пшениці: а — життєвий цикл; б — симптоми вірусної інфекції WSMV; в — симптоми вірусної інфекції HPWMoV (фото та схема авторів)

кою, квазісферичні, діаметром 80–200 нм [24]. HPWMoV часто входить до комплексу вірусів мозаїки пшениці разом із WSMV та TriMV, що значно посилює тяжкість захворювання.

Поширення та економічне значення. HPWMoV вперше виявлено в США у 1993 р. [25]. Пізніше вірус було зареєстровано в Ірані, Австралії, Новій Зеландії, країнах Південної Америки та Канаді [26]. В Україні про перші підтверджені випадки повідомлялось у 2020 р. переважно в східних та центральних регіонах, часто в змішаних інфекціях з WSMV [6]. Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA) оцінює ризик інтродукції вірусу в ЄС як високий через наявність вектора (*Aceria tritici*), широкий спектр хазяїв та здатність поширюватись з насінням [26]. У 2022–2023 рр. HPWMoV було виявлено у Франції, що являє собою першу реєстрацію цього вірусу в ЄС [27, 28]. Аналіз геному виявив множинні варіанти RNA5 та RNA6 в одного ізоляту, з високою ідентичністю (92–98%) до американських референсних штамів, що підкреслює генетичну гетерогенність вірусу в Європі.

Економічне значення HPWMoV визначається його роллю в змішаних інфекціях, де синергізм з WSMV призводить до істотного посилення симптомів, тяжкості захворювання та втрат врожаю [24]. В моноінфекції частка уражених рослин зазвичай низька (в Україні ~9%), через що втрати врожаю, спричинені

виключно HPWMoV, важко оцінити окремо. За доступними даними, вони становлять 27–80% для пшениці та до 75–100% для кукурудзи (зубоподібної та солодкої) [24, 26]. Змішані інфекції значно збільшують втрати та впливають на епідеміологію, полегшуючи збереження та поширення комплексу вірусів [6].

Коло рослин-хазяїв. Основними хазяями вірусу є пшениця та кукурудза [26]. Альтернативні хазяї та резерватори вірусу в природі включають бур'яни, такі як *Bromus secalinus*, *Setaria glauca* та *Hordeum jubatum*. Експериментально вірус інфікує овес, ячмінь та жито [24]. Падалиця пшениці, кукурудза та дикорослі злаки підтримують популяції вектора в міжвегетативний період, сприяючи збереженню інфекції.

Симптоми HPWMoV. На пшениці HPWMoV спричиняє мозаїку, хлороз листків, смугастість, нерівномірні світло-зелені або жовті ділянки, часто з некрозами, та затримку росту [30]. На кукурудзі спостерігається низькорослість рослин, червона або жовтувата смугастість, хлоротична мозаїка та загибель рослин (особливо солодкої кукурудзи за ранньої інфекції) (рис. 2 в). Вірус-індуковані симптоми часто подібні до таких, що спричиняє WSMV, і це ускладнює візуальну діагностику. У змішаних інфекціях (HPWMoV + WSMV/ Triticum mosaic virus (TriMV)) прояви захворювання більш виражені, а їхня інтенсивність залежить від генотипу сортів, фази розвитку рослин та абіотичних

факторів, зокрема, температури повітря [29].

Шляхи передачі та джерела інфекції. Основним переносником вірусу є пшеничний кліщ *A. tritici* (рис. 2 а), який забезпечує персистентно-пропагативну трансмісію вірусу та його збереження між сезонами через «зелений міст» [26]. На відміну від багатьох вірусів рослин, HPWMoV не передається механічно [24]. Обмежені експериментальні дані свідчать про можливе інфікування насіння солодкої кукурудзи з частотою 2–4%, однак переконливі докази щодо передачі через насіння пшениці чи інших хазяїв, а також з пилком, відсутні. Попри низькі рівні, насіннева передача відіграє важливу роль у поширенні вірусу на великій відстані через торгівлю насіннєвими і селекційними матеріалами [28].

Віруси мозаїки цукрової тростини (*Potyvirus sacchari*, *Sugarcane mosaic virus*, SCMV) та карликової мозаїки кукурудзи (*Potyvirus zeae*, *Maize dwarf mosaic virus*, MDMV) належать до роду *Potyvirus* родини *Potyviridae* і мають типову для потівірусів морфологію: ниткоподібні, гнучкі віріони без оболонки завдовжки близько 750 нм і діаметром 12–15 нм з одноланцюговим (+) РНК-геномом [30]. Історично багато ізолятів, що нині класифікуються як SCMV або MDMV, вважалися штамми одного вірусу (*Sugarcane mosaic virus* subgroup), але на основі серологічних, молекулярних та біологічних відмінностей (зокрема, сприйнятливості до гумаю (*Sorghum halepense*)) їх класифіковано як окремі види [31].

Поширення та економічне значення. SCMV та MDMV є важливими патогенами злакових культур із епідемічним потенціалом у регіонах вирощування кукурудзи, сорго та цукрової тростини [32]. SCMV зареєстровано на всіх континентах; в Україні перші підтверджені випадки на кукурудзі датуються 2018 р. (Київська обл.), переважно в моноінфекціях, але з високим потенціалом змішаних інфекцій з іншими поті- чи лютеовірусами [8]. MDMV по-

ширений у Європі, Азії, Африці та Північній Америці; в Україні виявлено у 1970—1971 рр. (Київська, Дніпропетровська, Херсонська області). Подальше розширення ареалу вірусу пов'язано із експансією інвазивного для України гумаю — ключового резерватора вірусу [9].

Обидва віруси спричиняють значні економічні втрати через зниження врожайності (0,5—80,0% для SCMV та до 70—90% для MDMV залежно від генотипу, фази розвитку рослин на момент інфікування та умов середовища), погіршення якості зерна, зменшення фотосинтетичної активності та пригнічення росту рослин [32]. Втрати значно зростають за раннього інфікування культури, змішаних інфекцій і масового розмноження векторів. В Україні ризики поширення цих патогенів досить високі в степових і лісостепових зонах через наявність резервуарів інфекції і міграцію попелиць.

Коло рослин-хазяїв. Діапазон хазяїв обох вірусів обмежений родиною *Poaceae*. Для SCMV основними хазяями є цукрова тростина та кукурудза, а природними резерваторами слугують понад 100 видів злакових бур'янів, зокрема сорго та дикорослі трави [33]. MDMV інфікує кукурудзу, сорго, цукрову тростину та просо і має надзвичайно широкий спектр (>250 видів) альтернативних хазяїв [34]. Бур'яни формують «зелений міст», забезпечуючи персистенцію вірусу між сезонами.

Симптоми. SCMV та MDMV викликають подібні мозаїчні симптоми на кукурудзі: світло-зелені або жовті, рідше — червонуваті або фіолетові смуги та плями вздовж жилок, чергування світлих і темних зон [33]. За раннього інфікування спостерігається значне пригнічення росту рослин, зменшення площі листя, недорозвинення колоса та формування щуплого зерна; на пізніх стадіях симптоми локалізуються переважно на верхніх листках. Інтенсивність прояву симптомів залежить від генотипу, штаму, фази розвитку рослин та умов. Через подібність прояву захворювання з

іншими потівірусами та за змішаних інфекцій візуально діагностувати вірус неможливо (рис. 3).

Шляхи передачі та джерела інфекції. Основними переносниками SCMV та MDMV є понад 20 видів попелиць (*Rhopalosiphum padi*, *R. maidis*, *Sitobion avenae*, *Schizaphis graminum* та ін.) (рис. 3 а), які передають вірус неперсистентним способом [33]. Через швидкий механізм передачі інсектицидні обробки не здатні запобігти інфікуванню, а лише знижують чисельність векторів та інтенсивність вторинного поширення інфекції. У більшості випадків рівень передачі вірусу з насінням низький (<1% для SCMV; 0,007—0,4% для MDMV, до 6,5% в окремих чутливих сортів), але насіннева інфекція має важливе епідеміологічне значення, оскільки діє як механізм занесення вірусу на нові поля та в нові регіони [34]. В агроєкосистемах України поширення SCMV відбувається через поєднання передачі насінням та переносниками, з джерелами інфекції у вигляді насіння сприйнятливих ліній/гібридів, диких злакових трав, заражених посівів попередніх років та масової міграції попелиць.

Регуляторний статус та сертифікаційні вимоги щодо вірусів зернових культур. Віруси, розглянуті в огляді (BSMV, WSMV, HPWMoV, SCMV, MDMV) не включені до переліку карантинних організмів, що підлягають обов'язковому контролю під час сертифікації зерна в Україні за внутрішнім обігом. Вони також не внесені до списків EPPO A1/A2, не регулюються міжнародними стандартами фітосанітарних заходів (ISPM) як карантинні патогени та не входять до переліку об'єктів тестування у рамках Seed Health Testing (ISTA Reference Pest List) [35].

Хоча на рівні EPPO та ISPM відсутні уніфіковані міжнародні вимоги щодо цих вірусів, країни-імпортери в зовнішній торгівлі можуть запроваджувати додаткові фітосанітарні обмеження. Зокрема, відповідно до протоколів фітосанітарних та інспекційних вимог між Міністерством аграрної

політики та продовольства України та Генеральною адміністрацією з питань нагляду за якістю, інспекції та карантину Китаю, експорт ячменю та кукурудзи до Китайської Народної Республіки (КНР) вимагає обов'язкового обстеження посівів у період вегетації на наявність певних шкідливих організмів, зокрема BSMV (для ячменю) та WSMV (для кукурудзи) [13]. Обстеження здійснюється за допомогою стандартних діагностичних методів (імуноферментний аналіз, полімеразна ланцюгова реакція), а фітосанітарний сертифікат засвідчує відсутність таких патогенів відповідно до вимог КНР.

В Україні сертифікація насіння зернових культур є обов'язковою в рамках національних протоколів та міжнародних схем сортової сертифікації Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD Seed Schemes) для партій насіння, призначених для зовнішньої торгівлі [36]. Фітосанітарний сертифікат гарантує відсутність регульованих (карантинних і підконтрольних) організмів відповідно до стандартів країни-імпортера. Хоча розглянуті віруси не підлягають обов'язковому контролю під час сертифікації товарного зерна для внутрішнього ринку, їхній моніторинг є ключовим елементом превентивного фітосанітарного менеджменту в насінництві та селекції, незалежно від карантинного статусу.

Фітосанітарний контроль і профілактика вірусів із насінневою передачею у зернових культурах. Віруси зернових, що передаються з насінням, формують стійкі епідеміологічні системи, де первинна інфекція насіння поєднується з циркуляцією збудника в природних резервуарах і поширенням через переносників. Навіть незначна частка заражених насінин здатна ініціювати в агроєнозі первинні осередки інфекції, з яких вірус поширюється векторами, провокуючи масові спалахи. Отже, профілактика таких хвороб полягає головним чином в мінімізації ризику первинного занесення вірусу з насінням, роз-



Рис. 3. Maize dwarf mosaic virus та sugarcane mosaic virus: a — життєвий цикл; б — симптоми вірусної інфекції SCMV на кукурудзі різних сортів (фото та схема авторів)

риванні епідеміологічних ланцюгів між резервуарами інфекції та посівами, а також на стримуванні поширення патогену переносниками на ранніх фазах вегетації. Використання безвірусного насінневого матеріалу лишається фундаментальним принципом запобігання інфекції, особливо для вірусів, що персистують між сезонами переважно завдяки насіннєвій передачі (наприклад, BSMV), оскільки саме якість посівного матеріалу визначає початковий інфекційний фон у агроценозах. У системах насінництва та селекції вирішальним є ізолювання насінницьких ділянок від потенційних джерел інфекції та заборона повторного використання насіння з уражених посівів. Додатково важливими є уникнення змішування партій насіння невідомого походження та моніторинг симптомів інфекції на рослинах у фазі 2—3 листків.

Важливою ланкою епідемічного циклу для вірусів, що поєднують насіннєву і векторну передачу (WSMV, HPWMoV, MDMV, SCMV), є падалиця, самосійні рослини та дикорослі злаки, які виконують функцію «зеленого мосту» та забезпечують перезимівлю як вірусу, так і його переносників. Особливу небезпеку для агроєкосистем становлять самосіви пшениці озимої (для WSMV та HPWMoV) в ареалах поширення пшеничного кліща, а також багаторічні злакові бур'яни, як резервуари інфекції. Ефективна профілактика передбачає знищення падалиці перед сівбою озимих, контроль бур'янів

на межах полів, уникнення просторової близькості нових посівів до джерел інфекції та дотримання сівозмін, що порушують безперервність «зеленого мосту».

Хімічний контроль попелиць, переносників MDMV та SCMV, має обмежену ефективність через неперсистентний тип передачі вірусу, за якої інфікування рослин відбувається до впливу інсектицидів. У таких випадках пріоритетними є заходи, направлені на розривання екологічного ланцюга «джерело — переносник — посіви» та оптимізація строків сівби для уникнення піків льоту попелиць. Для вірусів пшениці, що поширюються пшеничним кліщем, пряме знищення переносника також малоефективне, а провідну роль у профілактиці відіграють агротехнічні заходи та просторова ізоляція посівів від потенційних джерел інфекції.

Важливим компонентом інтегрованого захисту є використання генетично стійких або толерантних сортів. Для контролю WSMV в комерційні сорти пшениці інтрогресовано гени стійкості *Wsm1* та *Wsm2*, які обмежують реплікацію та системне поширення вірусу, знижуючи втрати врожайності, хоча й не усувають ризик змішаних інфекцій зі спорідненим вірусом мозаїки пшениці (*Triticum mosaic virus*) чи насіннєвої трансмісії збудника [2, 20]. Усі зазначені заходи є ефективними лише за інтегрованого застосування: поєднання контролю якості насіння, ліквідації «зелених мостів», просторово-часової ізоляції посі-

вів, моніторингу ранніх осередків інфекції та використання вірусостійких сортів. Ці заходи дають можливість знизити первинний інфекційний фон, уповільнити вторинне поширення вірусу в агроценозах і мінімізувати економічні збитки в зерновиробництві.

Фінансування. Дослідження фінансовано Національною академією наук України в рамках науково-дослідних проєктів (№ 0125U000536, 0125U000535) та Польською академією наук через довгострокову програму підтримки українських наукових колективів (№ PAN.BFB.S.BWZ.407.022.2024).

Конфлікт інтересів. Автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

Використання засобів штучного інтелекту. Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

*1,3 **A.M. Kyrychenko,**
Doctor of biology Sciences,
ORCID: 0000-0002-6098-1467

1,2,3 **H.O. Snihur,**
Candidate of biology Sciences,
ORCID: 0000-0003-4237-3406

1 **I.S. Shcherbatenko,**
Doctor of biology Sciences,
ORCID: 0000-0003-4208-2078

¹D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine, 154, Akademiika Zabolotnoho str., Kyiv, 03143, Ukraine

²Institute of Biochemistry and Biophysics, Polish Academy of Sciences, 5A, Adolfa Pawińskiego, Warsaw, 02-106, Poland

³Educational and Scientific Center «Institute of Biology and Medicine», Taras Shevchenko National University of Kyiv 64/13

Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine
*E-mail: a.kyrychenko@imv.org.ua

Seed-transmitted viruses of cereal crops in Ukraine: epidemiology, mechanisms of spread and phytosanitary control strategies

Goal. To conduct a comprehensive review of current data on seed-transmitted viruses of grain crops prevalent in Ukraine, analyzing their epidemiology, transmission mechanisms, phytosanitary control and preventive measures, while considering the impact of these pathogens on agroecosystems and risks to national grain production. **Methods.** The review methodology was based on the systematization of scientific publications,

regulatory sources, and international standards concerning the specifics of seed infection, the role of reservoir plants and vectors, as well as the evaluation of the effectiveness of preventive strategies in the context of modern agronomic practices and seed production systems. **Results.** This review summarizes current knowledge on the mechanisms of seed and vector transmission for key viruses impacting Ukraine's grain crops economically. It identifies their epidemiological role in sustaining infections within agroecosystems and emphasizes the importance of natural reservoirs and the «green bridge». Critical elements of prevention and phytosanitary control are delineated, including the adoption of virus-free seeds, spatial-temporal isolation of crops, and the deployment of genetically resistant varieties. **Conclusion.** An integrated approach combining seed material testing and certification, agronomic measures, management of the «green bridge» (volunteer plants, segetal, and wild flora), and the use of varieties with enhanced resistance is a key prerequisite for reducing the risk of spread of viral diseases in grain crops and minimizing production losses.

seed infection; grain quality; phytosanitary control; natural infection reservoirs

REFERENCES

- Mink G.I. (1993). Pollen and seed-transmitted viruses and viroids. *Annual Review of Phytopathology*, 31, 375–402. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.31.090193.002111>
- Jones M.W., Boyd E.C., Redinbaugh M.G. (2011). Responses of maize (*Zea mays* L.) near-isogenic lines carrying Wsm1, Wsm2, and Wsm3 to three viruses in the Potyviridae. *Theoretical and Applied Genetics*, 123(5), 729–740. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1622-8>
- Sastry K.S. (2013). Seed-borne plant virus diseases. Springer eBooks. 343 p. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-0813-6>
- Albrechtsen S.E. (2006). Testing methods for seed-transmitted viruses: principles and protocols. UK, Wallingford, CABI Publishing, 268 p.
- Shanmugam K., Perumal R., Oliva R., Cheng H., Iruthayasamy J., Angappan S., ..., Nal-usamy S. (2024). Seed transmission of potyviri-dae: a threat to crop health. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(4), 13698. <https://doi.org/10.15835/nbha52413698>
- Pozhylov I., Snihur H. (2022). Incidence and spread of cereals viruses in 2020–2021 in Ukraine. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv Series «Biology»*, 90(3), 14–19. <https://doi.org/10.17721/1728.2748.2022.90.14-19>
- Mishchenko L.T. (2009). Virusni khvoroby ozymoi psHENYTSI. [Viral diseases of winter wheat]. Kyiv: Fitosotsiotsentr. 184 s. (in Ukrainian).
- Snihur H., Kharina A., Kaliuzhna M., Chumak V., Budzanivska I. (2021). First report of sugarcane mosaic virus in *Zea mays* L. in Ukraine. *Mikrobiolohichni Zhurnal*, 83(5), 58–66. <https://doi.org/10.15407/microbiolj83.05.058>
- Naumenko L.A. (1973). Identifikatsiia virusu mozaiky kukurudz. [Identification of maize mosaic virus]. *Mikrobiolohichni Zhurnal*, 35(4), 468–472. (in Ukrainian).
- International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). 2023. Classification system: ICTV (2023 Release, MSL#39). URL: <https://ictv.global/taxonomy>
- Jackson A.O., Lim H.S., Bragg J., Ganesan U., Lee M.Y. (2009). Hordeivirus replication, movement, and pathogenesis. *Annual Review of Phytopathology*, 47(1):385–422. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081733>
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. (2002). Hordeivirus hordei (BSMV00) [Overview]. EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/BSMV005,8sources>
- Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan bezpechnosti kharchovykh produktiv ta zakhystu spozhyvachiv. [State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection]. (2020). URL: <https://dps.gov.ua/news/na-zaporizhzhifahivci-derzhprodsposhyvluzhbi-obstezhilblizko-3-tisyach-gektariv-posiviv-yachmenyu> (in Ukrainian).
- Shevchenko G.P., Helman L.V., Nedbyga O.E. ta in. Virusni ta mikoplazmovi khvoroby poljovih kultur. [Viral and mycoplasma diseases of field crops]. Kyiv: Urozhay, 1995. 304 s. (in Ukrainian).
- Lawrence D.M., Jackson A.O. (1999). Hordeiviruses. In: A. Granoff & R.G. Webster (Eds.), *Encyclopedia of Virology* (pp. 749–753). Academic Press.
- Inoue-Nagata A.K., Jordan R., Kreuze J., Li F., López-Moya J.J., Mäkinen K., ..., Wylie S.J. (2022). ICTV Virus Taxonomy Profile: Potyviridae 2022. *Journal of General Virology*, 103(5), 001738. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001738>
- Gautam S., Chinnaiyah S., Herron B., Workneh F., Rush C.M., Gadhave K.R. (2023). Seed transmission of wheat streak mosaic virus and triticum mosaic virus in differentially resistant wheat cultivars. *Viruses*, 15(8), 1774. <https://doi.org/10.3390/v15081774>
- Singh K., Wegulo S.N., Skoracka A., Kundu J.K. (2018). Wheat streak mosaic virus: a century-old virus with rising importance worldwide. *Molecular Plant Pathology*, 19(9), 2193–2206. <https://doi.org/10.1111/mpp.12683>
- Hasan N., Pushpalatha R., Manivasa-gam V.S., Arlikatti S. (2025). Wheat streak mosaic virus: transmission, its impact, and crop protection strategies — a systematic review. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 132, 8. <https://doi.org/10.1007/s41348-024-01012-x>
- Oleynik A.N. (1968). Polosataia mozaika psHENYTSI na Ukraine. [Striped mosaic of wheat in Ukraine]. *Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk*. Kyiv. 15 s. (in Russian).
- Mishchenko L.T., Dunich A.A., Mishchenko I.A., Petrenkova V.P., Mukha T.I. (2018). Monitoring of economically important wheat viruses under weather conditions change in Ukraine and investigation of seed transmission of Wheat streak mosaic virus. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24, 660–669.
- Byamukama E. (2022). Wheat streak mosaic virus (wheat streak) [Datasheet]. In: CABI Compendium. Available at <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.56858>
- McKelvey U., Brelford M., Burrows M. (2023). Evaluation of seed transmission rates of wheat streak mosaic virus in mechanically inoculated winter and spring wheat cultivars in Montana. *Plant Disease*, 107(12), 3727–3730. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-22-0898-SC>
- Tatineni S., Hein G.L. (2021). High Plains wheat mosaic virus: an enigmatic disease of wheat and corn causing the High Plains disease. *Molecular Plant Pathology*, 22(10), 1167–1179. <https://doi.org/10.1111/mpp.13113>
- Jensen S.G., Lane L.C., Seifers D.L. (1996). A new disease of maize and wheat in the high plains. *Plant Disease*, 80, 1387–1390. <https://doi.org/10.1094/PD-80-1387>
- Bragard C., Baptista P., Chatzivassiliou E., Di Serio F., Gonthier P., Miret J.A.J., ..., Reignault Ph.L. (2022). Pest categorisation of High Plains wheat mosaic virus. *EFSA Journal*, 20(5), 7302. <https://doi.org/10.2903/j.efs.2022.7302>
- Candresse T., Svanella-Dumas L., Huang A., Faure C., Comte R., Marais A. (2026). Characterization of French isolates of wheat mosaic virus and identification of multiple variants of genomic RNAs 5 and 6. *Archives of Virology*, 171, 35. <https://doi.org/10.1007/s00705-025-06507-y>
- Munkvold G., Du Toit L., Dunkle R. (2025). Seed Pathology: Challenges and advances in ensuring a safe global seed supply. *Annual Review of Phytopathology*, 63(1), 43–62. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-121423-093855>
- Burrows M., Franc G., Rush C., Blunt T., Ito D., Kinzer K., ..., Stack J. (2009). Occurrence of viruses in wheat in the Great Plains region, 2008. *Plant Health Progress*, 10(1), 14. <https://doi.org/10.1094/PHP-2009-0706-01-RS>
- Viswanathan R., Parameswari B., Nithya K. (2018). Molecular Characterization of Sugarcane Viruses and Their Diagnostics. In: R. Prasad, S.S. Gill, & N. Tuteja (Eds.), *Crop Improvement Through Microbial Biotechnology* (pp. 175–193). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63987-5.00008-6>
- Shukla D.D. (1989). Taxonomy of Potyviruses Infecting Maize, Sorghum, and Sugarcane in Australia and the United States as Determined by Reactivities of Polyclonal Antibodies Directed towards Virus-Specific N-Termini of Coat Proteins. *Phytopathology*, 79(2), 223. <https://doi.org/10.1094/phyto-79-223>
- Bervers N., Ohlson E.W., KC K., Jones M.W., Khanal S. (2024). Sugarcane Mosaic Virus Detection in Maize Using UAS Multi-spectral Imagery. *Remote Sensing*, 16(17), 3296. <https://doi.org/10.3390/rs16173296>
- Clemente-Orta G., Albajes R., Achon M.A. (2020). Early planting, management of edges and non-crop habitats reduce potyvirus infection in maize. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(4). <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00625-4>
- Subcommittee on Plant Health Diagnostics. (2024). National diagnostic protocol for maize dwarf mosaic virus — NDP 52 V1 (Geering A., Thomas J., Persley D., & Lovelock D., Authors). Commonwealth of Australia. URL: https://www.plantbiosecuritydiagnostics.net.au/app/uploads/2024/08/NDP-52-Potyvirus-zeanonus_Maize-dwarf-mosaic-virus.pdf
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). EPPO A1 and A2 Lists of pests recommended for regulation as quarantine pests. 2025. URL: https://gd.eppo.int/download/standard/2/pm1-002-34-en_A1A2_2025.pdf
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2025). Agricultural policy monitoring and evaluation 2025: Making the most of the trade and environment nexus in agriculture. Paris, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a80ac398-en>

Надійшла до редакції: 09.01.2026

Прийнята до друку: 25.02.2026

Надруковано й опубліковано онлайн:
березень 2026

КОРОТКОСТРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ розвитку оїдіуму (*Erysiphe necator*) та польова стійкість сортів столового винограду в умовах Південного Степу України

Мета. Розробити методики складання короткострокового прогнозування сезонного розвитку оїдіуму на винограді. **Методи.** Дослідження проводили за допомогою кореляційно-регресійних аналізів. **Результати.** Встановлено тісний кореляційний зв'язок ($R^2 = 0,9956$) між сумою активних температур (САТ) та динамікою розвитку збудника оїдіуму (*Erysiphe necator*) в умовах Південного Степу України. Розроблено математичну модель прогнозування епіфітотій, яка описується рівнянням $y = 0,276x - 9,0397$, де y — прогнозований рівень поширення хвороби, %; x — сума активних температур повітря (понад $+10^\circ\text{C}$). Виявлено диференціацію сортів за рівнем польової стійкості: сорти пізнього строку дозрівання (Italiya, Red Globe, Crimson Seedless) у 2025 р. зазнали ураження грон до 100%, тоді як ранні сорти (Black Magic, Cardinal) проявили толерантність (ураження 12—16%) завдяки уникненню масового інфекційного навантаження. Експериментально підтверджено високу достовірність методики короткострокового прогнозування появи первинної інфекції (похибка 2—4 доби). **Висновки.** В умовах кліматичних змін толерантність столових сортів до оїдіуму (*E. necator*) визначається переважно фенологічним фактором. Ключовим механізмом є уникнення епіфітотій завдяки асинхронності між критичними фазами сприйнятливості рослин та піками розвитку патогену, що має більший вплив, ніж генетичний імунітет. Запропонований метод розрахунку строків первинного зараження дає можливість перейти від календарних-фіксованих обробок до точкового превентивного захисту. Це забезпечує оптимізацію кількості фунгіцидних обробок, зниження пестицидного навантаження та зменшення ризиків формування резистентності патогену. Практичне впровадження методу сприяє збереженню товарної якості врожаю, особливо на сприйнятливих сортах пізнього строку дозрівання, та підвищує економіч-

Д.Т. ГЕНТОШ,
кандидат сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0001-8647-7843

***С.П. ГАРМАШ**
ORCID: 0000-0003-1174-9773
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ,
03041, Україна
*E-mail: sophiagarmash@ukr.net

ну і екологічну ефективність системи захисту виноградних насаджень.

фітосанітарний моніторинг; математичне моделювання; сума активних температур; фенологія; епіфітотія; зміни клімату

Виноградарство є динамічним сільськогосподарським сектором у світовій економіці [1]. Виноград (*Vitis vinifera* L.) відомий ще з часів зародження людської цивілізації. Перші свідчення про культивування винограду та виробництво вина датуються періодом неоліту, а археологічні знахідні насіння та зображень лози в Єгипті, Швейцарії та Італії підтверджують давню історію культури. Вважається, що культурний виноград походить з регіону Вірменії поблизу Каспійського моря, звідки технології його вирощування поширилися світом [2, 3].

Столовий виноград має відповідати високим стандартам якості: гарний зовнішній вигляд, смакові властивості, транспортельність та лежкість. Однак сучасне виробництво стикається із серйозними викликами через поширення небезпечних патогенів. Патогени рослин, згідно зі способом живлення, поділяються на біотрофів, гемібіотрофів та не-

кротрофів [1, 4]. Світова індустрія базується переважно на сортах євразійського виду *V. vinifera*, що не мають генетичної стійкості до збудників, завезених з Північної Америки у XIX столітті, зокрема до борошнистої роси (*Erysiphe necator*, син. *Uncinula necator*) та несправжньої борошнистої роси (*Plasmopara viticola*) [5, 6].

Plasmopara viticola є одним із найдеструктивніших патогенів, здатним знищити 40—90% врожаю за умов високої вологості [7, 8]. *E. necator* вражає всі зелені частини рослини, знижує фотосинтетичну активність, погіршує якість ягід та призводить до зниження зимостійкості лози [9, 10]. Хоча контактні препарати на основі сірки та міді залишаються базовими елементами захисту, розвиток резистентності до системних фунгіцидів, введених з 1960-х років, становить серйозну проблему. В умовах глобальних кліматичних змін, які особливо гостро відчуваються на Півдні України, спостерігається зміна біології розвитку патогенів та їх шкідливості [11—15].

Мета роботи — розробити методики складання короткострокового прогнозу сезонного розвитку оїдіуму (*E. necator*) на винограді, встановити кореляційну залежність між сумою активних температур (САТ) повітря та динамікою поширення збудника оїдіуму. Короткострокове прогнозування потрібне для визначення дати появи перших симптомів та проведення своєчасних заходів захисту винограду.

Матеріали та методика дослідження. Польові досліді закладали на виноградних рослинах та на виробничих ділянках винограду в Одеській обл.,

Овідіопольського р-ну, с. Барбой, ТОВ «Грін Технолоджи ЛТД». Клімат зони вирощування — помірно-континентальний, посушливий, зі спекотним літом та м'якою зимою. Ґрунти дослідної ділянки — чорноземи південні малогумусні, важкосуглинкові. Схеми насадження: 3 × 1,5 м та формування — Гюйо.

Об'єктами досліджень були сорти столового винограду: Black Magic, Michele Palieri, Cardinal, Muscat Hamburg, Regal Seedless, Viktorya, Red Globe, Crimson Seedless, Sublima Seedless, Italiya, Supernova Seedless. Всі досліджувані кущі винограду були плодоносні, у виробничих насадженнях.

Моніторинг погодних умов включав фіксацію температури, опадів та вологості повітря. Проаналізовано метеорологічні дані локальної метеостанції господарства. Облік розвитку хвороб проводили на контрольних ділянках (без фунгіцидів) згідно із загальноприйнятими методиками [19]. Діагностику оїдіуму ідентифікували за наявністю сірого павутинного нальоту та специфічного запаху. Фітосанітарний моніторинг здійснювали маршрутним методом у критичні фенологічні фази розвитку винограду (за шкалою ВВСН): розпускання бруньок (ВВСН 09), цвітіння (ВВСН 65), формування ягід (ВВСН 75) та початок дозрівання (ВВСН 81). Візуальну оцінку ступеня ураження листкового апарату та грон, а також ви-

значення групи польової стійкості сортів проводили за 9-бальною шкалою згідно з методичними рекомендаціями «Агротехнічні дослідження по створенню інтенсивних виноградних насаджень» та загальними методологічними рекомендаціями щодо захисту рослин [16—18, 20—22]. Дослідження проводили на стаціонарних ділянках у чотириразовій повторності. Облікова ділянка складалась з 10-ти кущів. На кожній повторності оглядали 25 листків та 25 грон. Розміщення ділянок — рендомізоване.

Математичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel. Оцінку вірогідності різниці між середніми показниками здійснювали за t-критерієм Стьюдента при рівні значущості $p \leq 0,05$. Для встановлення взаємозв'язку між гідротермічними показниками (САТ) та динамікою розвитку патогену застосовували кореляційно-регресійний аналіз. Апроксимацію емпіричних даних виконували методом найменших квадратів з побудовою лінійних

трендів, якість яких оцінювали за коефіцієнтом детермінації (R^2) [10, 18, 21].

Результати та обговорення.

Аналіз результатів трирічних досліджень виявив чітку кореляцію між погодними аномаліями та зміною домінуючого патогену.

Проводячи аналіз метеорологічних умов в період вегетації винограду та фітосанітарний моніторинг стану виноградних насаджень, зробили висновок, що за погодних умов періоду 2023—2025 рр. спостерігається чітка кореляція між змінами погоди та динамікою розвитку збудника оїдіуму винограду в Південному Степу України.

Веgetаційний період 2025 р. (рис. 1) демонструє стрімке зростання розвитку оїдіуму з накопиченням активних температур за умов дефіциту опадів у літні місяці. У серпні 2025 р. рівень розвитку хвороби на контролі наблизився до 100%, чому сприяла низька вологість повітря та високі температури, що є оптимальними умовами для розвитку *E. necator*.

Математичне моделювання залежності (рис. 2) підтверди-

1. САТ повітря (> +10°C) за місяць, 2023—2025 рр.

Роки	Місяць					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
2023	321	700	1340	2095	2890	3525
2024	450	960	1670	2520	3295	3922
2025	420	980	1605	2365	3145	3725

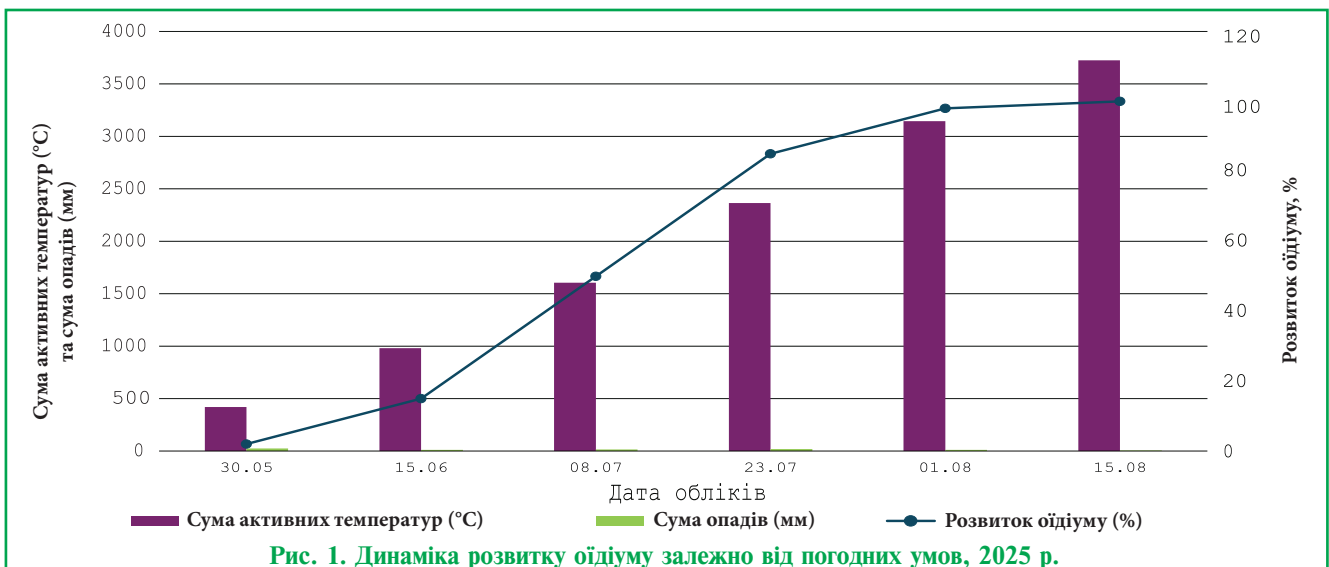


Рис. 1. Динаміка розвитку оїдіуму залежно від погодних умов, 2025 р.

до високий ступінь кореляції ($R^2 = 0,9956$) між САТ та розвитком патогену, що описується рівнянням

$$Y = 0,0276x - 9,0397,$$

де y — прогнозований рівень поширення хвороби, %; x — сума активних температур повітря (понад $+10^\circ\text{C}$). Це дозволяє прогнозувати епіфітотійні спалахи в роки з ранньою весною та спекотним літом.

Моніторинг фітосанітарного стану виноградних насаджень дав можливість провести диференціацію сортового складу за реакцією на інфекційне навантаження. Оскільки всі досліджувані сорти належать до виду *V. vinifera*, вони не мають повної генетичної резистентності (імунітету), проте демонструють різний рівень толерантності (табл. 2).

З даних таблиці 3 спостерігається значне зростання ураження у 2025 р. порівняно з 2023 р. Наприклад, на сорті Italiya ураження грон з 22,4% у 2023 р. до 100% у 2025 р., що підтверджує надзвичайно високий інфекційний тиск.

За результатами спостережень сорти було розподілено за рів-

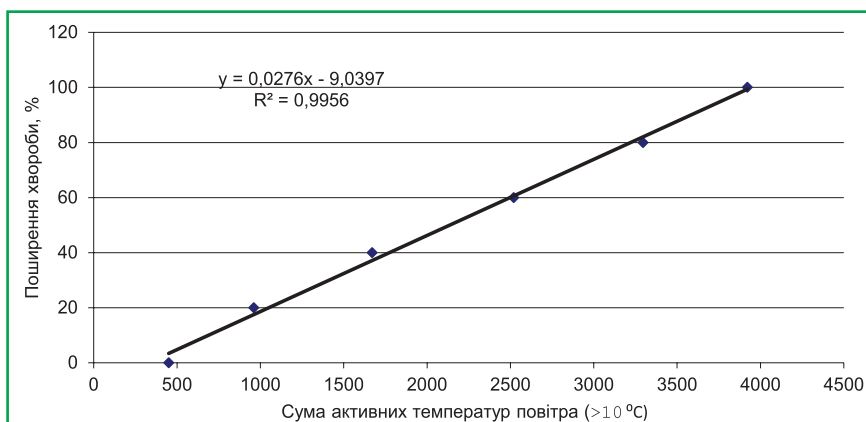


Рис. 2. Залежність поширення оїдіуму на винограді від суми активних температур ($>+10^\circ\text{C}$) (Одеська обл., Овідіопольський р-н, с. Барабой, ТОВ «Грін Технолоджі ЛТД»)

нем польової стійкості до оїдіуму (*E. necator*) на: чутливі — Sublima Seedless, Italiya, Super Nova; сприйнятливі — Red Globe, Crimson Seedless, Regal Seedless, Viktoriya; стійкі (толерантні) — Black Magic, Cardinal, Michele Palieri, Muscat Hamburg.

Аналіз отриманих даних моніторингу дозволяє стверджувати, що ступінь ураження винограду збудником *E. necator* визначається комплексною взаємодією генетичної стійкості сорту та особливостей його фенологічного розвитку. Ключовим фактором, що суттєво корегує фінальні по-

казники поширення та інтенсивності хвороб, є термін дозрівання врожаю.

Детальний аналіз сортового складу за групами стиглості дозволяє виділити наступні групи:

А — надранні (Black Magic) та ранні (Cardinal, Viktoriya) сорти, збір врожаю наприкінці липня — перша декада серпня;

Б — ранньо-середні (Michele Palieri, Super Nova) та середні сорти (Regal Seedless, Sublima Seedless), серпень — перша декада вересня;

2. Стійкість сортів винограду до оїдіуму, ознаки ураження на гребені, 2023—2025 рр.

№	Сорт	Поширення хвороби на гребені, %								
		2023			2024			2025		
		19.07	03.08	31.08	19.07	03.08	31.08	19.07	03.08	31.08
1	Black Magic	0,0	—	—	0	1,5	—	15,0	—	—
2	Regal Seedless	0,0	7,5	—	2,5	8,4	11,2	25,0	45,0	68,0
3	Viktoriya	0,0	8,2	—	2,9	8,7	0,0	26,0	48,0	0,0
4	Michele Palieri	0,0	6,5	—	0,0	5,9	8,5	18,0	35,0	55,0
5	Cardinal	0,0	5,5	—	0,0	5,2	—	16,0	30,0	—
6	Sublima Seedless	18,2	23,2	25,6	24,7	29,3	36,5	55,0	85,0	100
7	Italiya	14,3	19,8	23,8	17,4	21,6	26,4	48,0	80,0	100
8	Super Nova	13,8	17,6	22,5	15,2	19,1	23,8	45,0	78,0	98,0
9	Red Globe	0,0	7,9	8,1	3,4	9,1	14,2	30,0	55,0	82,0
10	Crimson Seedless	0,0	8,1	9,6	3,8	9,7	15	32,0	58,0	85,0
11	Muscat Hamburg	0,0	7,6	8,2	2,3	6,9	10,5	22,0	40,0	65,0

3. Стійкість сортів винограду до оїдіуму, ознаки ураження на гронах, 2023—2025 рр.

№	Сорт	Поширення хвороби на гронах, %								
		2023			2024			2025		
		19.07	03.08	31.08	19.07	03.08	31.08	19.07	03.08	31.08
1	Black Magic	0	—	—	0	—	—	12,5	—	—
2	Regal Seedless	0	8,5	—	0	7,5	10,5	22,0	42,0	65,0
3	Viktoriya	0	8,9	—	0	7,9	—	24,5	45,0	0
4	Michele Palieri	0	4,1	—	0	5,3	7,8	16,0	32,0	52,0
5	Cardinal	0	3,7	—	0	4,1	—	14,0	28,0	—
6	Sublima Seedless	19,2	25,1	33,5	21,5	27,8	34	52,0	82,0	100
7	Italiya	14,6	21,3	22,4	18,2	25,3	31,5	45,0	78,0	100
8	Super Nova	14,6	21,3	22,4	17,8	24,9	29	42,0	75,0	96,0
9	Red Globe	0	9,6	11,6	0	8,1	12,5	28,0	52,0	78,0
10	Crimson Seedless	0	9,2	12,1	0	8,3	13	30,0	55,0	80,0
11	Muscat Hamburg	0	9	11,4	0	5,7	9	20,0	38,0	62,0

В — середньопізні (Muscat Hamburg) та пізні (Red Globe, Crimson Seedless, Italiya), вересень — жовтень.

Сорти різних груп стиглості (від надранніх до пізніх) перебувають під впливом інфекційного навантаження різний період часу, що агроекологічно зумовлює обмеження розвитку патогену у ранніх генотипів та ефект кумулятивного накопичення патогену у пізніх. Ранні сорти (група А) у 2025 р. мали показники ураження грон на рівні 52—65% на момент збору, тоді як пізні сорти (група В), що залишалися на кущах до жовтня, були вражені на 100%.

За результатами статистичного аналізу, сортової стійкості та поділу сортів за групами стиглості встановлено та перевірено достовірність короткочасного прогнозу в Одеській області ураження збудником *E. necator* (табл. 4). Дані таблиці свідчать про високу точність методу короткострокового прогнозування (відхилення 2—4 доби). Варто відзначити, що у 2025 р., який характеризувався раннім накопиченням ефективних температур, фактична поява хвороби відбулась раніше (20.05), що підтвердило прогноз (18.05) і дозволило вчасно спланувати необхідні захисні заходи.

ВИСНОВКИ

Впродовж 2023—2025 рр. в Одеській області спостерігається стійке підвищення суми активних температур $>3700^{\circ}\text{C}$ та відсутність опадів у літній період. Такі умови сприяли зміні структури патогену з домінуванням ксерофітного збудника оїдіуму (*E. necator*). Виявлено диференціацію столових сортів винограду за сприйнятливістю до борошністої роси. Найбільш уразливими є сорти пізнього строку дозрівання (Red Globe, Crimson Seedless, Italiya) та безнасінні сорти (Sublima Seedless), де ураження грон в епіфітотійні роки досягає 100%. Відносну толерантність проявили сорти ранньої групи (Black Magic, Cardinal). Підтверджено, що ранні сорти уникають піку розвитку хвороби завдяки швидко-

4. Достовірність короткострокового прогнозу появи первинної інфекції оїдіуму (*Erysiphe necator*) в умовах Одеської області (2023—2025 рр.)

2023			2024			2025		
Прогнозована	Фактична	Відхилення, днів	Прогнозована	Фактична	Відхилення, днів	Прогнозована	Фактична	Відхилення, днів
02.06	05.06	3	28.05	01.06	4	18.05	20.05	2

му завершенню вегетації, тоді як пізні сорти зазнають кумулятивного ефекту накопичення інфекції. Перевірка методики короткострокового прогнозу появи оїдіуму показала високу достовірність (похибка 2—4 доби), що дозволяє рекомендувати її для оптимізації строків перших обробок у виробничих умовах.

Фінансування. Дослідження проведено за ініціативною темою та не отримувало фінансування.

Конфлікти інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів щодо представлених матеріалів дослідження та статистичного аналізу в статті.

Штучний інтелект використано для пошуку відповідних літературних джерел.

D.T. Gentosh,
PhD in Agricultural Sciences
(Candidate of Agricultural Sciences),
ORCID: 0000-0001-8647-7843

***S.P. Harmash,**
ORCID: 0000-0003-1174-9773

National University of Life
and Environmental Sciences, Kyiv,
Heroiv Oborony, 15, Ukraine, 03041
*E-mail: sphiagarmash@ukr.net

Short-term forecasting of powdery mildew (*Erysiphe necator*) development and field resistance of table grape cultivars under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Goal. To develop methods for short-term forecasting of the seasonal development of powdery mildew on grapevine. **Methods.** The research was conducted using correlation and regression analyses. **Results.** A close correlation relationship ($R^2 = 0.9956$) was established between the sum of active temperatures (SAT) and the dynamics of development of the causative agent of powdery mildew (*E. necator*) under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. A mathematical model for forecasting epiphytotic was developed, which is described by

the equation $y = 0.276x - 9.0397$, where y is the predicted level of disease spread, %; x is the sum of active air temperatures (above $+10^{\circ}\text{C}$). Differentiation of cultivars by the level of field resistance was revealed: late-ripening cultivars (Italiya, Red Globe, Crimson Seedless) in 2025 experienced cluster infection up to 100%, whereas early cultivars (Black Magic, Cardinal) exhibited tolerance (12—16% infection) due to avoidance of massive infectious pressure. The high reliability of the short-term forecasting method for the appearance of primary infection was experimentally confirmed (error 2—4 days). **Conclusions.** Under conditions of climate change, the tolerance of table grape cultivars to powdery mildew (*E. necator*) is determined predominantly by the phenological factor. The key mechanism is the avoidance of epiphytotic due to asynchrony between the critical phases of plant susceptibility and the peaks of pathogen development, which has a greater impact than genetic immunity. The proposed method for calculating the timing of primary infection makes it possible to move from calendar-based fixed treatments to targeted preventive protection. This ensures optimization of the number of fungicide treatments, reduction of pesticide load, and minimization of the risks of pathogen resistance formation. Practical implementation of the method contributes to the preservation of the marketable quality of the yield, especially in susceptible late-ripening cultivars, and increases the economic and ecological efficiency of the grapevine protection system.

phytosanitary monitoring; mathematical modeling; sum of active temperatures; phenology; epiphytotic; climate change

REFERENCES

1. Boulent J., Foucher S., Théau J., St-Charles P.-L. (2019). Convolutional Neural Networks for the Automatic Identification of Plant Diseases. *Frontiers in Plant Science* <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00941>.
2. Terral J.F., Tabard E., Boubry L., Ivorra S., Figueiral I., Picq S. ... This P. (2010). Evolution and history of grapevine (*Vitis vinifera*) under domestication: new morphometric perspectives to understand seed domestication. *Annals of Botany*. 105(3), 443-455. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp298>.

3. Vlasov V.V., Muliukina N.A., Kovalova I.A., Herus L.V. (2016). Vynohrad stolovyi Ukrainy — sortovi resursy, perspektyvy vyrobnytstva ta spozhyvannia. [Table grapes of Ukraine — varietal resources, prospects for production and consumption]. *Yvchennia ta okhrona sortiv roslyn*. [Study and protection of plant varieties], 1(30), 96–100. (in Ukrainian).
4. Glazebrook J. (2005). Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. *Annual Review of Phytopathology*. Vol. 43. P. 205–227. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.040204.135923>.
5. Robinson J., Harding J., Vouillamoz J. (2012). *Wine Grapes: A complete guide to 1368 vine varieties*. London: Penguin Books. P. 36–1180.
6. Gessler C., Pertot I., Perazzolli M. (2011). *Plasmopara viticola: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management*. *Phytopathologia Mediterranea*. Vol. 50. P. 3–44. URL: https://openpub.fmach.it/retrieve/e1dbfeaa-60a9-4ac9-e053-1705fe0a1c61/2011%20PM%20Gessler%20et%20al.pdf?utm_source=chatgpt.com.
7. Jingyun J., Xiangfeng W., Xuenan Z., Mei J., Zheng W., Guo L. ... Guo L. (2025). Grapevine phyllosphere pan-metagenomics reveals pan-microbiome structure, diversity, and functional roles in downy mildew resistance. *Microbiome*. Dec.1;14(1);10. <https://doi.org/10.1101/2025.05.04.652149>.
8. Rossi V., Caffi T., Gobbin D. (2012). Contribution of molecular studies to botanical epidemiology and disease modelling: grapevine downy mildew as a case-study. *European Journal of Plant Pathology*. 135(4). 641–654. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0114-2>.
9. Gadoury D.M., Pearson R.C. (1988). Initiation, development, dispersal, and survival of cleistothecia of *Uncinula necator* in New York vineyards. *Phytopathology*. 78(11). 1413–1421. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aged.2011.11.017>.
10. Caffarra A., Rinaldi M., Eccel E. Rossi V., Pertot I., (2012). Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pests and pathogens: European grapevine moth and powdery mildew. Vol. 148. P. 89–101. <https://doi.org/10.1016/j.aged.2011.11.017>.
11. Colcox J.F., Baudoni A.B. (2016). Sensitivity of *Erysiphe necator* and *Plasmopara viticola* in Virginia to QoI fungicides, boscalid, quinoxyfen, and thiophanate methyl. *Plant Disease*. 100(2). 337–344. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-15-0012-RE>.
12. Herus L., Kovalova I., Ishchenko I., Fedorenko M., Artiukh M. (2025). Ecological plasticity and stability of grape varieties as an indicator of economic efficiency of their cultivation. *Modern Phytomorphology*. Vol. 19. P. 227–233. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17131111>.
13. Wilcox W.F., Gubler W.D., Uyemoto J.K., (2015). *Compendium of Grape Diseases, Disorders, and Pests Second Edition*. APS Press, <https://doi.org/10.1094/9780890544815>.
14. Glawe D.A. (2008). The powdery mildews: a review of the world's most familiar plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology*. Vol. 46. P. 27–51. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.46.081407.104740>.
15. Fedorenko M.H. (2021). Udoskonalennia sortymentu stolovoho vynuohradu Ukrainy na osnovi otsinky rivnia proiavu hospodarskotsinnykh oznak hibrydnykh form selektsii NNTs «IViV im. V. Ye. Tairova». [Improvement of the assortment of table grape varieties in Ukraine based on the assessment of a manifestation level of valuable traits in hybrid forms bred in the Institute of «Viticulture and Winemaking named after V. Ye. Tairov»] : avtoref. dys. kand. s.-h. nauk : 06.01.08 «Plodivnytstvo, vynuohradarstvo». — Odesa : NNTs «IViV im. V. Ye. Tairova», — 22 s. URL: https://www.tairov.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/Avtoreferat-dysertatsiynoyi-roboty-Fedorenko-Maryny-Hryhorivny.pdf?utm_source=chatgpt.com. (in Ukrainian).
16. Caffi T., Rossi V., Legler S.E., Bugiani R. (2011). A mechanistic model simulating ascospore infections by *Erysiphe necator*, the powdery mildew fungus of grapevine. *Plant Pathology*. 60(3). 522–531. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02395.x>.
17. Stankevych S.V., Bakhmut O.O. (2020). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u zashysti roslyn: navch. posib. Kharkiv: FOP Brovin O.V. 314 s. (in Ukrainian).
18. Markov I.L., Pasichnyk L.P., Hentosh D.T. (2013). *Osnovy naukovykh doslidzhen u zashysti roslyn: Navch.* Kyiv: Ahrar Media Hrup, 263 s. (in Ukrainian).
19. Dovidka pro stan vynuohradnykh nasadzhen. NNTs «IViV im. V. Ye. Tairova». Tairova, 2025. (in Ukrainian).
20. Bondarev V.P., Zakharova O.I. (Eds.). (1978). *Ahrotekhnichni doslidzhennia zi stvorennia intensyvykh vynuohradnykh nasadzhen na promyslovii osnovi*. Novocherkask: VNDiViV. 173 c. (in Ukrainian).
21. Vlasov V.V., Muliukina N.A. (2023). *Metodychni rekomendatsii z ahrotekhnichnykh doslidzhen u vynuohradarstvi*. Tairova: NNTs «IViV im. V. Ye. Tairova». (in Ukrainian).
22. Nedov P.N. (1985). *Metodychni rekomendatsii iz selektsii vynuohradu na stiikist do khvorob ta shkidnykiv*. Yalta: VNDiViV «Maharach». 97 c. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 02.01.2026

Прийнята до друку: 03.02.2026

Надруковано й опубліковано онлайн:
березень 2026

УДК 632.11:551.583

DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2026.1.40-45>

© 2026 A.B. Федоренко, Т.О. Галаган. CC BY 4.0

ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛІННЯ, ЯК ОСНОВНИЙ АБІОТИЧНИЙ ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ФІТОСАНІТАРНОГО СТАНУ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

Мета. Дослідити багаторічну динаміку температурного режиму на території України, як ключового абіотичного чинника довкілля, що визначає стан популяцій шкідників. Вивчити закономірності змін, як основу для складання подальшого фітосанітарного прогнозу. **Методи.** Теоретичного аналізу (структурно-функціональний, системний підхід) — для аналізу і узагальнення статистичних даних; польові — проведення систематичного фітосанітарного моніторингу. **Результати.** За період 2005—2024 рр. кліматичні зміни в Україні проявились через підвищення середньої річної температури в порівнянні з середні-

***А.В. ФЕДОРЕНКО,**
кандидат сільськогосподарських наук,
ORCID: 0000-0002-4398-7330

Т.О. ГАЛАГАН,
кандидат біологічних наук,
ORCID: 0000-0003-2846-2402

Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, м. Київ,
03022, Україна

*E-mail: komanche2017@ukr.net

ми багаторічними даними (середнє за 1986—2005 рр.) та, як наслідок, через збільшення суми ефективних тем-

ператур (СЕТ). СЕТ року в цілому в Україні зросла на 266,62°C, в Степу — на 307,21°C, у Лісостепу — на 274,31°C, Поліссі — на 222,88°C. Лінія тренду графіків багаторічної динаміки показників СЕТ впродовж 2005—2024 рр. як в середньому для України, так і для кожної з природно-кліматичних зон засвідчувала поступове зростання температурного режиму. Проте інтенсивність поступово зменшувалася і зростання СЕТ майже припинилося з 2013 р. Порівняння даних Київських метеорологічних станцій за різні періоди (впродовж більше ніж ста останніх років) також підтверджує кліматичні зміни до потепління: середня

річна температура за 2015—2024 рр. більше ніж на 3°C перевищує відповідний показник наприкінці XIX століття (за 1871—1880 рр.). Особливо спекотними були погодні умови 2024 р., коли в загальному по Україні СЕТ перевищувала відповідне середньо-багаторічне значення на 607,5°C. **Висновки.** Аналіз багаторічної динаміки температури повітря показав підвищення середньої річної температури та суми ефективних температур. Проте інтенсивність зростання СЕТ майже припиняється, починаючи з 2013 р.

кліматичні зміни; глобальне потепління; температурний режим; фітосанітарний прогноз

За останні 100 років клімат змінюється швидше, ніж це було впродовж усієї відомої історії людства. За даними Українського гідрометеорологічного центру (УкрГМЦ) й за результатами досліджень працівників лабораторії прогнозів та карантину рослин Інституту захисту рослин НААН (ІЗР), глобальне потепління в останні роки в Україні проявляється через вирівнювання температурного поля і підвищення середньої річної температури, що насамперед стає помітним у холодний період року, а також збільшення суми ефективних температур (СЕТ) [1—5]. Відновлення весняних процесів в останні роки відбувається в середньому на 2—3 тижні раніше. Забезпечення теплом вегетаційного періоду зросло на 70—100°C. Також зафіксовано збільшення тривалості періоду активної вегетації на 7—10 діб [3, 4, 6—8].

За оцінками світових експертів 65—70% збитків, спричинених несприятливими погодними умовами та кліматичними змінами, припадають на галузь сільськогосподарства. Ще на початку XXI століття передбачено суттєве зростання чисельності шкідників в умовах глобального потепління з негативними наслідками як для сільськогосподарства зокрема, так і в загальному для охорони навколишнього середовища [9]. Багато ентомологів передбачали, що в умовах подальшої зміни клімату збільшуватиметься й частота кризових явищ у рослинництві. Вони можуть бути спричинені,

насамперед, фітосанітарною дестабілізацією агроєкосистем, що супроводжуватиметься появою нових груп шкідників і, як наслідок, значними втратами урожаю. Особливо серйозну небезпеку прогнозували від масових розмножень стадних саранових та інших видів, популяціям яких властиві спалахи чисельності [10].

В результаті глобальних коливань клімату змінюється не лише хід абіотичних природних процесів — час становлення і руйнування снігового покриву, перехід середньодобових температур через певні межі (0°C, 5°C, 10°C, 15°C), тривалість сезонів року, — а й зумовлюються зміни екологічних оптимумів різних видів комах, впливаючи на їхнє розмноження, рівень шкідливості, поширення і на зміну розмірів ареалів. Як приклад, нині більшість переважно степових видів стають звичними шкідниками в непридатних для них Лісостепу та навіть на Поліссі. Спостерігається поширення зон екологічних оптимумів степових видів комах на північ [4, 11—14]. Слід зазначити, що за масових розмножень інтенсивна міграція і розповсюдження комах з природних стацій призводить не лише до загального зростання щільності популяцій в агроценозах, а й до процесів гібридизації різних популяційних угруповань, наслідком якого є гетерозис — підвищення плодючості, життєздатності, шкідливості й агресивності комах.

Мають місце й інші тенденції щодо зміни фітосанітарного стану агроценозів. Взаємовідносини в системі комах-фітофаги — рослини-живителі регулюються, в тому числі, й речовинами вторинного метаболізму рослин. Динаміка синтезу цих речовин пов'язана з фазами органогенезу рослин і фенологічні коадаптації в такій системі складають основу механізмів їхньої стійкості до пошкоджень фітофагами. Оскільки фенологія у рослин більшою мірою пов'язана з погодними умовами ніж у комах, подовження сезону вегетації за потепління може індукувати дисбаланс коадаптацій, що впливає на стійкість

рослин та шкідливість комах [4, 7, 9].

Щодо екосистем, то первинною і максимально вразливою до абіотичних чинників ланкою є фітоценози. Рослини більш чутливі до кліматичних чинників, ніж тварини, які за рахунок адаптивної поведінки здатні підтримувати екологічний оптимум при флуктуації гідротермічних умов. Отже, за змін клімату насамперед відбувається перебудова фітоценозів і вже потім, через трофічні ланцюги змінюються й ентомокомплекси. Як приклад, може зміщуватися статус домінантності видів, або деякі з притаманних їм раніше видів можуть зникнути у зв'язку із втратою відповідних екологічних ніш [15, 16]. Саме з цим, на думку багатьох екологів, пов'язане нинішнє збіднення видового різноманіття метеликів та бджіл [15].

Зазначене вище було підтверджене дослідженнями співробітників лабораторії прогнозів та карантину рослин ІЗР НААН. Останніми роками в Лісостепу спектр шкідників поповнився пшеничною мухою, яка історично шкодила лише у регіонах Степу. Хлібний турун, який до недавня вважався типовим шкідником Півдня України, в останні роки утворює осередки підвищеної чисельності навіть на Волині. Подекуди відзначено поширення на північ та відчутну шкідливість саранових. Те ж саме спостерігається і з популяціями лучного та кукурудзяного метеликів, бавовникової совки та оленки волохатої [5, 11, 12, 17—19].

Глобальне потепління зумовило й зміну ареалу небезпечних для рослинництва видів комах-фітофагів. Як показали дослідження науковців лабораторії прогнозів та карантину рослин ІЗР НААН, починаючи з 2006 р. в Херсонській області реєструються спалахи масових розмножень карантинного об'єкту — картопляної молі, яка з часу появи на території України в 1980 р., до 2000 р. шкодила лише в окремих районах АР Крим. Нині ж, за даними контрольної служби з карантину рослин, осередки за-

значеного метелика, за різного ступеня шкідливості, зосереджені переважно в південних та східних областях, що створює потенційну загрозу знищення урожаю картоплі у сховищах.

У зв'язку із подовженням сезону вегетації спостерігається поступове збільшення кількості генерацій полівольтинних видів (совки, листокрутки, кукурудзяний метелик тощо). Ці фітофаги здатні створювати набагато більшу загрозу, адже вона зростатиме не лише за розширення зон їхньої шкідливості на північ, а й за рахунок поступового збільшення кількості поколінь [18, 19]. Така реакція на кліматичні чинники зумовлена, насамперед, генетичним поліморфізмом їхніх природних популяцій. Наприклад, виявлено, що популяціям кукурудзяного метелика властива різна вольтинність. У Степу України домінувала бівольтинність, в Лісостепу — моновольтинність. Вольтинність метеликів залежить від СЕТ, що змінюється залежно від природно-кліматичної зони. Таким чином зміна клімату, через природний добір, може призвести до поступової трансформації екологічної структури популяцій.

Отже, внаслідок глобальних кліматичних змін відбувається перебудова основних ентомокомплексів в агроценозах, що вносить певні корективи в галузь сільського господарства. Саме тому, за нагальної потреби у вдосконаленні існуючих систем захисту рослин, фітосанітарний стан сільськогосподарських культур потребує постійного систематичного моніторингу та більш глибокого вивчення.

Мета досліджень. У зв'язку із глобальними кліматичними змінами, що спостерігаються в останні роки, виникла потреба дослідити багаторічну динаміку температурного режиму на території України, як ключового абіотичного чинника довкілля, що визначає стан популяцій шкідників. Необхідно вивчити закономірності змін температурного режиму, як основу для складання подальшого фітосанітарного прогнозу.

Методи. Теоретичного аналізу (структурно-функціональний, системний підхід) — для аналізу і узагальнення статистичних даних; польові — для проведення систематичного фітосанітарного моніторингу.

Для дослідження багаторічної динаміки погодних умов за період більше 20-ти останніх років спершу було створено і проаналізовано відповідну багаторічну базу даних середньої температури повітря ($^{\circ}\text{C}$) за 1999—2024 рр. (подекадно, по областях та природно-кліматичних зонах України). Для створення цієї багаторічної бази даних використано відповідну інформацію регіональних метеорологічних станцій та матеріали УкрГМЦ [22]. Подекадні показники середньої температури повітря по кожній з областей сформовано у таблиці в програмі Microsoft Office Excel, де автоматично здійснюється обрахунок середніх значень по кожній з природно-кліматичних зон та в загальному по Україні. Також розраховано й показники СЕТ, суми активних температур (САТ) середню річну температуру повітря по роках, областях, зонах (Степ, Лісостеп, Полісся) та в цілому по Україні.

Результати та обговорення. Аналіз багаторічної динаміки температурних показників дозволяє дійти висновку, що за період 2005—2024 рр., порівняно із середніми багаторічними даними за 1986—2005 рр. [20] кліматичні зміни в Україні проявились через підвищення середньої річної температури та, як наслідок, збільшення СЕТ року на $266,62^{\circ}\text{C}$ (табл. 1). За аналізу окремо по кожній з природно-кліматичних зон, найбільша різниця відзначена в Степу — $307,21^{\circ}\text{C}$, в Лісостепу — $274,31$ та на Поліссі — $222,88^{\circ}\text{C}$.

За аналогічного розгляду СЕТ безпосередньо за період активної вегетації (квітень — вересень) тенденція лишилася такою ж самою. Найбільша різниця між показником за 2009—2024 рр. і середнім багаторічним значенням за 1986—2005 рр. знову була в зоні Степу ($295,31^{\circ}\text{C}$), і посту-

пово зменшувалася у північному напрямку (Лісостеп — $280,53^{\circ}\text{C}$, Полісся — $245,59^{\circ}\text{C}$). В середньому ж по Україні СЕТ періоду вегетації зростає на $273,86^{\circ}\text{C}$.

З аналізу графіків багаторічної динаміки показників СЕТ впродовж 2005—2024 рр. як в середньому для України, так і для кожної з природно-кліматичних зон, лінія тренду засвідчує поступове зростання температурного режиму (рис. 1—4).

За період досліджень найбільш спекотними виявились погодні умови 2024 р. Також високі значення показника СЕТ були у 2012 і 2018 роках (табл. 1). У 2024 р. СЕТ на території України перевищувала відповідне середньо-багаторічне значення на $607,5^{\circ}\text{C}$. У зоні Степу зростання було максимальним — на $689,9^{\circ}\text{C}$, а в Лісостепу і Поліссі цей показник збільшився на 604°C і $528,6^{\circ}\text{C}$ відповідно. У 2012 р. СЕТ для України перевищила середнє багаторічне значення на $476,2^{\circ}\text{C}$, а у 2018 р. — на $411,6^{\circ}\text{C}$.

Лише на початку періоду, що досліджувався (у 2005 і 2008 рр.), і лише на Поліссі було зафіксовано СЕТ нижче середнього багаторічного (970°C). Отже, впродовж 2005—2024 рр. в Степу і в Лісостепу, а починаючи з 2009 р. — і повністю в усіх природно-кліматичних зонах України, показники СЕТ стабільно перевищували рівень середньо-багаторічних значень. На території України найменша СЕТ була у 2008 і 2021 роках, проте вона не перетнула межу середньо-багаторічного значення.

Надалі, щоб відслідкувати закономірності та особливості зміни температурного режиму впродовж 2005—2024 рр., цей період для зручності умовно розділено на 4 рівних проміжки часу (по 5 років) (табл. 2). Результати аналізу показали, що найінтенсивніше зростання СЕТ, відносно відповідного середньо-багаторічного значення, відбулося за 2005—2009 рр. (на $155,36^{\circ}\text{C}$). Впродовж наступних 5 років (2010—2014) цей показник збільшився ще на $146,2^{\circ}\text{C}$, але у подальший період (2015—2019 рр.) його зростання зовсім припини-

лося, лишаючись майже на попередньому рівні. За 2019—2024 рр. СЕТ зростає лише на 8,68°C.

Тепер, якщо з огляду на зазначене вище, ще раз проаналізувати графік багаторічної динаміки СЕТ (рис. 1), то можна

дійти висновку, що інтенсивність зростання СЕТ майже припиняється з 2013 р.

Дослідження температурних змін за даними метеорологічних станцій міста Київ у різні періоди впродовж більше ста останніх

років підтверджує кліматичні зміни до потепління. Середня річна температура за 2015—2024 рр. більше ніж на 3°C перевищує відповідний показник наприкінці XIX століття (за 1871—1880 рр.) (табл. 3). Врахування ще й середньо-багаторічного значення за 1986—2005 рр. [20] демонструє чітку закономірність поступовості в динаміці такого зростання (рис 5).

1. Багаторічна динаміка показників СЕТ (°C) за 2005—2024 рр.

Природно-кліматична зона	Степ		Лісостеп		Полісся		В середньому для України	
	За рік	За квітень—вересень	За рік	За квітень—вересень	За рік	За квітень—вересень	За рік	За квітень—вересень
Середнє багаторічне (1986—2005 рр.)	1406,4	1381,2	1101,0	1096,8	1003,6	998,9	1170,3	1158,9
2005	1610,0	—	1250,0	—	970,0	—	1277,0	—
2006	1546,0	—	1210,0	—	1100,0	—	1285,0	—
2007	1828,0	—	1415,0	—	1230,0	—	1460,0	—
2008	1601,1	—	1215,0	—	970,0	—	1262,0	—
2009	1624,4	1550,9	1252,4	1239,5	1156,2	1145,6	1344,3	1312,0
2010	1786,8	1784,3	1466,1	1466,1	1276,0	1276,0	1509,7	1508,8
2011	1623,2	1578,6	1337,3	1310,2	1232,0	1210,0	1397,5	1366,3
2012	2024,7	1910,0	1556,0	1521,1	1358,7	1331,8	1646,5	1587,6
2013	1661,2	1645,8	1317,1	1304,9	1258,7	1223,9	1412,3	1391,5
2014	1653,7	1633,3	1305,2	1294,5	1220,9	1182,8	1393,3	1370,2
2015	1672,6	1654,3	1416,7	1406,7	1313,2	1308,3	1467,5	1456,4
2016	1700,2	1666,0	1365,7	1353,0	1281,1	1276,4	1449,0	1431,8
2017	1639,9	1612,5	1346,4	1328,0	1168,7	1147,7	1385,0	1362,7
2018	1843,7	1770,0	1536,9	1512,7	1365,1	1352,4	1581,9	1545,0
2019	1716,2	1657,0	1423,1	1390,9	1271,7	1240,9	1470,3	1429,6
2020	1779,6	1641,3	1403,6	1326,0	1178,6	1126,8	1454,0	1364,7
2021	1494,6	1491,2	1259,9	1259,9	1146,3	1144,6	1300,3	1298,6
2022	1654,7	1598,8	1275,6	1253,9	1178,4	1153,2	1369,6	1335,3
2023	1715,3	1615,2	1449,2	1400,5	1321,7	1279,9	1495,4	1431,8
2024	2096,3	2014,9	1705,0	1669,3	1532,2	1511,6	1777,8	1731,9
Середнє	1713,61	1676,51	1375,31	1377,33	1226,48	1244,49	1436,92	1432,76
Різниця до норми, ±	307,21	295,31	274,31	280,53	222,88	245,59	266,62	273,86

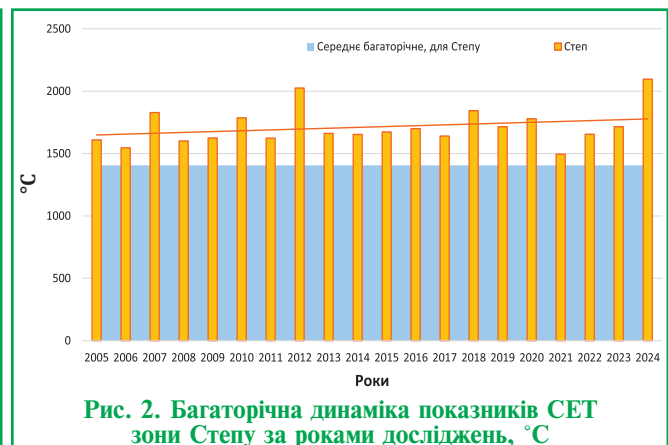
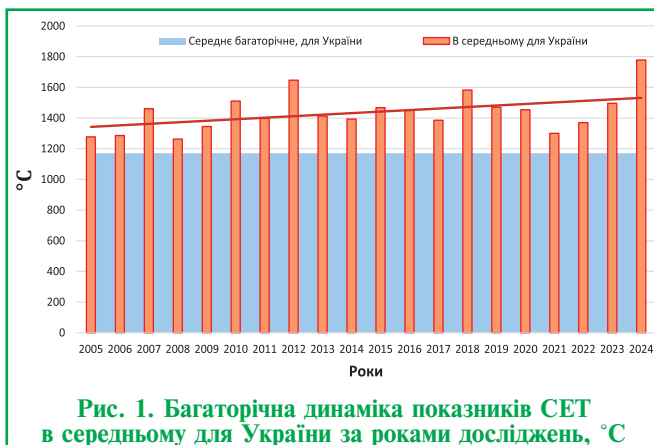
Примітка: показники СЕТ за 2005—2008 рр. взято з наукових звітів лабораторії прогнозу ІЗР НААН, за інші роки — розрахунки проведено за матеріалами УкрГМЦ

ВИСНОВКИ

Порівняння показників СЕТ за період 2005—2024 рр. з середнім багаторічним значенням за 1986—2005 рр. показало, що зміни клімату в Україні проявились через підвищення середньої річної температури. В загальному по Україні СЕТ року зростає на 266,62°C. Найбільшу різницю між показниками СЕТ (зазначеного періоду і відповідним середнім багаторічним) зафіксовано в зоні Степу — 307,21°C, а у північному напрямку ця різниця поступово зменшується — Лісостеп і Полісся 274,31 і 222,88°C відповідно. За аналогічного аналізу періоду активної вегетації тенденція лишається такою ж. Найбільше зростання температури відзначено в Степу — на 295,31°C, Лісостепу — на 280,53°C, Поліссі — на 245,59°C. В середньому в Україні СЕТ періоду вегетації зросло на 273,86°C.

Аналіз багаторічної динаміки температури повітря показав, що інтенсивність зростання СЕТ майже припиняється, починаючи з 2013 р.

Особливо спекотними були погодні умови 2024 р., коли в за-



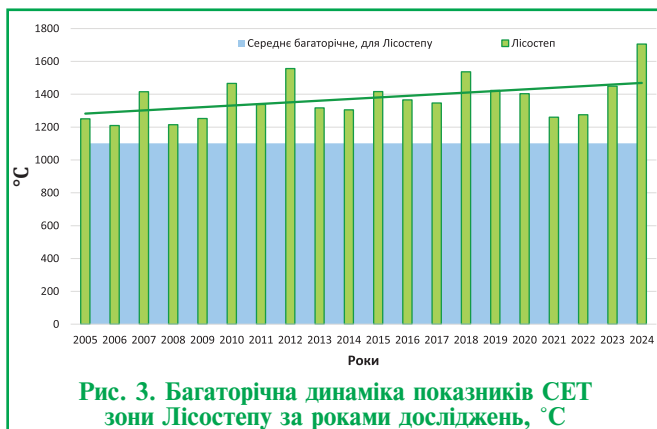


Рис. 3. Багаторічна динаміка показників SET зони Лісостепу за роками досліджень, °С

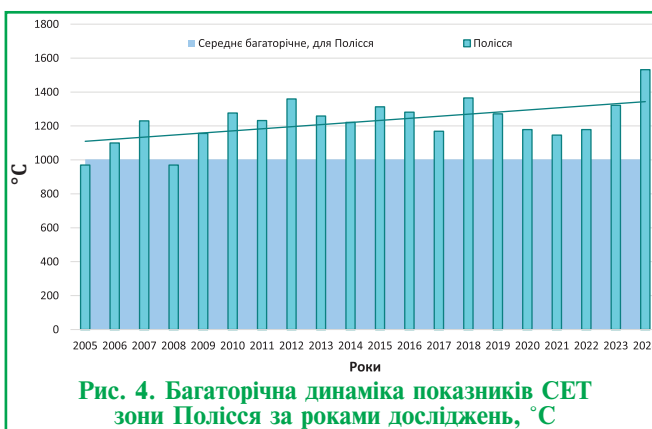


Рис. 4. Багаторічна динаміка показників SET зони Полісся за роками досліджень, °С

2. Багаторічна динаміка SET для України за 2005—2024 рр. по періодах

Показники	Періоди по роках				
	1986—2005	2005—2009	2010—2014	2015—2019	2019—2024
Середнє багаторічне значення, °С	1170,3*	1325,66	1471,86	1470,74	1479,42
Відхилення від норми, °С	–	155,36	301,56	300,44	309,12
Різниця до попереднього періоду, °С	–	155,36	146,2	–1,12	8,68
Зростання SET за 5 років, %	–	13,27**	12,5**	0**	0,7**

Примітки: * — середнє багаторічне значення за 1986—2005 рр., взято за норму; ** — відносно попереднього п'ятирічного періоду.

3. Середня річна температура (°С) у місті Київ

Роки										Середнє за 10-річчя
Спостереження «метеостанції у місті Києві» [21]										
1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	
5,3	8,3	7,9	7,3	5,1	6,6	6,2	7,9	6,8	6,4	6,78
Архів метеостанції аеропорту «Жуляни»										Середнє за 10-річчя
2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
10,12	9,29	9,44	9,05	10,10	10,57	8,80	9,29	10,41	11,04	9,81

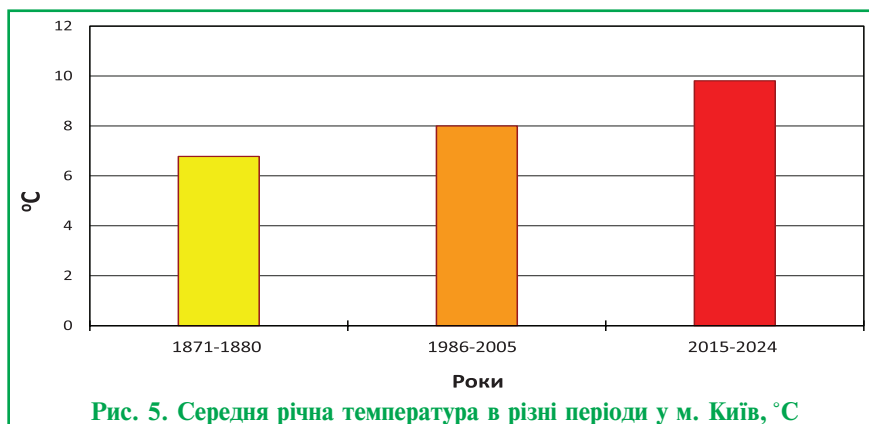


Рис. 5. Середня річна температура в різні періоди у м. Київ, °С

гальному по Україні SET перевищувала відповідне середньо-багаторічне значення на 607,5°С. Максимальне зростання зафіксовано в зоні Степу (на 689,9°С), з поступовим зменшенням цієї різниці в

Лісостепу і на Поліссі (на 604°С і на 528,6°С відповідно). Також порівняно високі значення даного показника у 2012 і 2018 роках.

SET нижче середнього багаторічного значення спостерігалася

лише у 2005 та 2008 роках на Поліссі (970°С). Впродовж 2005—2024 рр. у Степу і Лісостепу, а починаючи з 2009 р. — загалом в усіх природно-кліматичних зонах України, SET стабільно перевищувала відповідний середньо-багаторічний показник. Найменша SET за період досліджень на території України була у 2008 і 2021 роках, проте вона не перетнула межу нижче середньо-багаторічного значення.

Порівняння даних Київських метеорологічних станцій за різні періоди (впродовж понад сто останніх років) також засвідчує кліматичні зміни до потепління. Середня річна температура за 2015—2024 рр. більше ніж на 3°С перевищує відповідний показник наприкінці XIX століття. Додаткове порівняння з відповідними середньо-багаторічними показниками за 1986—2005 рр. підтверджує систематичну поступовість у багаторічній динаміці щодо зазначених тенденцій.

Фінансування. Наукові дослідження проведено у 2021—2026 рр. в Інституті захисту рослин НААН України у межах наукових тем, в рамках наступних завдань:

— ПНД НААН на 2021—2025 рр. 24. «Фітосанітарна безпека, захист і карантин рослин» («Захист рослин») Підпрограма 06. Моніторинг регульованих шкідливих організмів рослин відповідно до міжнародних вимог (Прогноз та карантин рослин). 24.06.01.01.Ф Розроблення методичних підходів оцінки фітосанітарного стану за використання сучасних інформаційних техно-

Вітаємо!



Ювілей від дня народження відзначила **Людмила Іванівна Бублик** — відома вчена в галузі аналітичної хімії та токсикології пестицидів, доктор сільськогосподарських наук, професор. Її трудова та наукова діяльність понад 60 років пов'язана з Інститутом захисту рослин НААН, більшу частину з яких — із лабораторією аналітичної хімії пестицидів. Обіймала різні посади, зокрема 25 років була завідувачкою лабораторії.

Свій розум, науковий потенціал та творчу енергію Л.І. Бублик приклала для розроблення методів хімічного аналізу, вивчення поведінки пестицидів у навколишньому середовищі, екотоксикологічного обґрунтування їхнього застосування, управління якістю довкілля за інтенсивної хімізації сільського господарства способом визначення оптимального співвідношення потреб суспільства у виробництві продуктів харчування та гігієнічними вимогами до якості. Людмила Іванівна вперше довела залежність екотоксичної дії пестицидів в агроценозах від фізико-хімічних властивостей та молекулярної будови пестицидних сполук, розробила алгоритм систематичного аналізу пестицидів у рослинах, ґрунті й воді за допомогою сучасних фізико-хімічних методів — хроматографічних, вольтамперометричних та ін.

У доробку Людмили Іванівни близько 400 друкованих наукових праць, серед яких 10 книг, понад 50 методичних рекомендацій, 7 патентів на винаходи та авторське свідоцтво. Широко відома школа екотоксикологів — 15 підготовлених нею кандидатів сільськогосподарських наук. Багато зусиль віддано роботі у спеціалізованих вчених радах Інституту захисту рослин, Інституту агроєкології та біотехнології НААН, Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Відданість науці, широта наукових інтересів у поєднанні з невичерпною енергією й працьовитістю, людяність у ставленні до колег, оптимізм та надзвичайна доброзичливість забезпечили Людмилі Іванівні заслужений авторитет і повагу в широких колах вчених Науково-методичного центру «Захист рослин», спеціалістів аграрного виробництва та санітарно-гігієнічної служби.

Щиро бажаємо Вам, вельмишановна Людмילו Іванівно, міцного здоров'я, бадьорості, жіночої краси, благополуччя, щастя, життєвого оптимізму, миру й спокою. З глибокою повагою колектив Інституту захисту рослин НААН

Вітаємо з ювілеєм!

Катерина Іванівна Яцух — вчена і спеціалістка у галузі фітопатології та захисту рослин, кандидатка біологічних наук відзначила свій ювілей. Народилася 3 березня 1956 р. у с. Гірське Миколаївського р-ну Львівської обл. У 1979 р. закінчила агрономічний факультет Львівського сільськогосподарського інституту, де впродовж певного часу працювала старшим лаборантом кафедри землеробства.

З 1981 р. й донині діяльність К.І. Яцух пов'язана з Інститутом сільськогосподарства Карпатського регіону (раніше — Інститут землеробства і тваринництва західного регіону) НААН. У 1984 р. вона закінчила аспірантуру (науковий керівник — академік НААН М.П. Лісовий). За результатами наукових досліджень підготувала і 1986 року успішно захистила дисертацію на тему «Расовий склад *Ruscinia coronata* f. sp. *avenae* Fracser et Led.». У подальшому обіймала посади молодшої, старшої наукової співробітниці, 1993—2015 рр. — завідувачки лабораторії захисту рослин. З 2016 року — провідна наукова співробітниця цієї лабораторії.

Під керівництвом К.І. Яцух проведено роботу з виявлення джерел стійкості картоплі, льону-довгунця, пшениці озимої, ячменю ярого, вівса та ріпаку озимого до основних хвороб. Рекомендовані джерела стійкості з успіхом були використані для створення стійких сортів сільськогосподарських культур. Нею визначено расовий склад збудника корончастої іржі вівса, удосконалено системи захисту ріпаку озимого, льону-довгунця, картоплі, пшениці озимої, кукурудзи, бобових та інших сільськогосподарських культур від шкідливих організмів; оцінено ефективність протруйників зернових культур проти хвороб кореневої системи та фітогельмінтів.

У доробку Катерини Іванівни понад 200 опублікованих наукових праць, зокрема 58 методичних рекомендацій. Вона також є співавтором п'яти сортів вівса.

Катерина Іванівна — член координаційної ради Науково-методичного центру «Захист рослин», постійно надає консультації з питань захисту рослин користувачам різних агроформувань.

Вчені Інституту захисту рослин, Інституту сільськогосподарства Карпатського регіону НААН, колеги, друзі, виробничники щиро вітають Катерину Іванівну з ювілеєм. Бажають міцного здоров'я, бадьорості, жіночої краси, щастя, достатку й благополуччя, творчого натхнення та довголіття, великих успіхів для блага України

