

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЛІ ФІТОФАГІВ, ФІТОПАТОГЕНІВ І БУР'ЯНІВ У ФІТОЦЕНОЗАХ

КЛЮЧЕВИЧ М.М. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-2711-2566

Державний університет «Житомирська політехніка»

ВИГЕРА С.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0005-5682-8856

Державний університет «Житомирська політехніка»

ВЕНГЕР О.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-2213-4670

Інститут сільського господарства Полісся НААН

ЗАЛЕВСЬКИЙ Р.А. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-3704-3998

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ГОРЕЦЬКИЙ М.А. – студент спеціальності Н1 «Агрономія»
orcid.org/0009-0001-4416-0917

Державний університет «Житомирська політехніка»

Постановка проблеми. Фітоценози є складними екологічними системами, функціонування яких визначається взаємодією рослин, комах, мікроорганізмів, бур'янів і абіотичних чинників. Сучасна екологія розглядає рослинні угруповання як інтегровані системи, у яких кожен компонент виконує певні функції, забезпечуючи стабільність, продуктивність і саморегуляцію екосистем [1, 2].

Важливими складовими фітоценозів є фітоентомокомплекс, фітопатокомплекс і сегетальна рослинність, які істотно впливають на потоки енергії, кругообіг речовин, формування трофічних зв'язків і підтримання біорізноманіття. Бур'яни, поряд із негативним впливом на культурні рослини, є оселищем і джерелом живлення для багатьох видів комах, резервантами збудників хвороб, а також беруть участь у формуванні екологічної стійкості агроценозів.

Актуальність дослідження посилюється змінами клімату, інтенсифікацією аграрного виробництва, глобалізацією торгівлі та поширенням інвазійних видів. Підвищення температури повітря, зміна режиму опадів і подовження вегетаційного періоду сприяють зміні видового складу шкідників, патогенів і бур'янів, прискорюють їх розвиток і розширюють ареали поширення.

Фітофаги, ентомофаги, запилювачі, фітопатогенні мікроорганізми й бур'яни формують складну систему екологічних взаємозв'язків. Комахи часто є переносниками грибних, бактеріальних, вірусних і фітоплазмових інфекцій, тоді як бур'яни забезпечують збереження та поширення багатьох шкідливих організмів між вегетаційними сезонами. Водночас окремі мікроорганізми впливають на фізіологію комах, регулюючи їх чисельність і активність.

Особливої актуальності проблема набуває в агро-екосистемах, де спрощення сівозмін, монокультурне землеробство, надмірне застосування пестицидів і деградація природних біотопів порушують екологічну

рівновагу, сприяють розвитку резистентності шкідливих організмів і знижують стійкість агроландшафтів.

За сучасних умов фітоентомокомплекс, фітопатокомплекс і сегетальну рослинність доцільно розглядати не лише як об'єкти контролю, а як взаємопов'язані елементи екосистемної організації фітоценозів, що беруть участь у регуляції продуктивності, підтриманні біорізноманіття, природному доборі та забезпеченні екологічної стійкості рослинних угруповань. Це обґрунтовує необхідність екосистемного підходу до управління шкідливими організмами, заснованого на поєднанні біологічних, агротехнічних і цифрових методів моніторингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження свідчать, що фітоентомокомплекс, фітопатокомплекс і сегетальна рослинність є взаємопов'язаними складовими будь-якого природного чи антропогенного фітоценозу. Вони формують складну систему трофічних, екологічних і еволюційних взаємозв'язків, забезпечують підтримання біорізноманіття, кругообіг речовин, регуляцію чисельності популяцій та екологічну стійкість рослинних угруповань [1–3].

Фітоентомокомплекс охоплює фітофагів, ентомофагів, запилювачів, сапрофагів і детритофагів, які беруть участь у природному біологічному контролі, запиленні, трансформації органічної речовини та ґрунтоутворенні. Ефективність цих процесів залежить від структури рослинного покриву, різноманіття кормової бази та наявності природних оселищ корисної ентомофауни [2, 4].

Фітопатокомплекс представлений грибами, бактеріями, вірусами, фітоплазмами, нематодами та іншими мікроорганізмами, які не лише спричиняють хвороби рослин, а й виконують важливі екологічні функції. Вони беруть участь у природному доборі, формуванні генетично стійких популяцій, трансформації органічної речовини, підтриманні рослинного мікробіому та біогеохімічних циклів. Водночас сучасні концепції фітопатобіому



розглядають розвиток хвороб як результат взаємодії рослини, комплексу мікроорганізмів і чинників довкілля [5, 6].

Важливою складовою фітоценозів є бур'яни, які, незважаючи на негативний вплив на культурні рослини, виконують низку екологічних функцій. Вони є резерваторами шкідників і збудників хвороб, забезпечують кормову базу та місця існування для фітофагів і запилювачів, впливають на видову структуру біоценозів і перебіг суцесійних процесів. Тому сегетальну рослинність доцільно розглядати як один із компонентів екосистемної організації агрофітоценозів [1].

Мета. Узагальнення сучасних теоретичних уявлень про роль фітофагів, фітопатогенів і бур'янів у функціонуванні фітоценозів, обґрунтування їх екологічних взаємозв'язків, впливу кліматичних змін на трансформацію фітосанітарних комплексів і визначення перспектив застосування інноваційних технологій їх моніторингу й прогнозування.

Результати досліджень. Сучасні дослідження доводять, що між шкідниками, патогенами, бур'янами та рослинами існує багаторівнева система взаємодій. Комахи є переносниками багатьох вірусних, бактеріальних і грибних інфекцій, патогени змінюють фізіологічний стан рослин і їхню привабливість для фітофагів, а бур'яни підтримують циркуляцію шкідливих організмів у агроценозах. Зміни клімату, інтенсифікація землеробства та поширення інвазійних видів посилюють ці взаємозв'язки, що зумовлює необхідність застосування екосистемного підходу до управління фітосанітарним станом із використанням сучасних цифрових технологій моніторингу та прогнозування.

Функціонування фітоценозів ґрунтується на складній системі біотичних взаємодій між рослинами, фітофагами, фітопатогенами та бур'янами, які формують єдину екологічну мережу. Характер цих взаємозв'язків визначається трофічними, конкурентними, алелопатичними та інфекційними процесами, що впливають на структуру, продуктивність і стійкість рослинних угруповань. Фітофаги та фітопатогени безпосередньо знижують життєздатність рослин, тоді як бур'яни не лише конкурують із культурними видами за ресурси середовища, а й виконують роль резерваторів шкідників і збудників хвороб. Водночас взаємодія між усіма компонентами має комплексний характер і може супроводжуватися як синергетичними, так і антагоністичними ефектами, що визначають фітосанітарний стан агроценозів і природних фітоценозів. Саме тому аналіз системи «рослина – фітофаг – фітопатоген – бур'ян» є важливою теоретичною основою для розуміння механізмів функціонування фітоценозів і розроблення екологічно обґрунтованих підходів до управління їх стійкістю.

Глобальні кліматичні зміни істотно трансформують структуру та функціонування фітоценозів, змінюючи температурний режим, режим зволоження, концентрацію CO₂ і частоту екстремальних погодних явищ. Найбільш чутливо на ці зміни реагують фітофаги, фітопатогени та бур'яни, розвиток яких тісно пов'язаний із гідротермічними й фенологічними умовами середовища.

Підвищення температури сприяє розширенню ареалів багатьох фітофагів, успішній перезимівлі, збільшенню

кількості генерацій та поширенню інвазійних видів. Одночасно активізується розвиток фітопатогенів, скорочується тривалість їх циклу розвитку, підвищується інтенсивність споруляції та життєздатність інфекційного матеріалу, що збільшує ризик виникнення епіфітотій.

Кліматичні зміни також істотно впливають на бур'яновий компонент фітоценозів. Подовження вегетаційного періоду та зростання температури сприяють поширенню теплолюбних і карантинних видів, підвищенню їх насінневої продуктивності, конкурентної здатності та стійкості до гербіцидів. Крім того, бур'яни виконують роль альтернативних господарів і резерваторів багатьох фітофагів і фітопатогенів, підтримуючи їх популяції в міжвегетаційний період і посилюючи фітосанітарні ризики.

Встановлено, що зміна кліматичних умов порушує фенологічну синхронізацію між рослинами, фітофагами, патогенами й бур'янами, змінюючи інтенсивність їх взаємодій. Висока адаптивна здатність шкідників, патогенів і бур'янів зумовлює швидкі еволюційні зміни, зокрема формування резистентності до засобів захисту рослин та освоєння нових екологічних ніш.

Для оцінювання й прогнозування фітосанітарних ризиків дедалі ширше застосовують математичне моделювання, геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, безпілотні літальні апарати, автоматизовані метеостанції та алгоритми штучного інтелекту, що забезпечує своєчасне прийняття ефективних рішень в інтегрованому захисті здоров'я рослин.

Зміни клімату комплексно впливають на фітофагів, фітопатогенів і бур'яни, змінюючи їх чисельність, видовий склад, поширення та взаємодію між компонентами фітоценозів (табл. 1). Це зумовлює необхідність удосконалення систем моніторингу та інтегрованого захисту здоров'я рослин з урахуванням сучасних кліматичних тенденцій.

Стрімкий розвиток біологічних наук і цифрових технологій суттєво змінив підходи до дослідження шкідливих організмів. Сучасні дослідження ґрунтуються на використанні молекулярно-генетичних методів, дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем (GIS), штучного інтелекту та математичного моделювання.

Поєднання супутникового моніторингу, безпілотних літальних апаратів і GIS забезпечує оперативне картографування та прогнозування поширення фітофагів, фітопатогенів і бур'янів. Інтеграція цих технологій із системами прецизійного захисту здоров'я рослин сприяє локальному застосуванню засобів захисту, зменшенню пестицидного навантаження та підвищенню ефективності фітосанітарного моніторингу, формуючи основу адаптивного управління агроекосистемами (табл. 2).

Сучасні цифрові, молекулярно-генетичні та геоінформаційні технології забезпечують високоточний моніторинг фітофагів, фітопатогенів і бур'янів, дозволяють своєчасно прогнозувати їх розвиток і поширення, що є науковою основою для впровадження систем інтегрованого захисту рослин, прецизійного землеробства та адаптації агроекосистем до сучасних кліматичних змін.

Висновки. Фітофаги, фітопатогени та бур'яни є взаємопов'язаними компонентами фітоценозів, що визначають їх структуру, продуктивність, біорізноманіття та

Таблиця 1

Вплив основних кліматичних чинників на трансформацію шкідливих організмів

Кліматичний чинник	Вплив на фітофагів	Вплив на фітопатогени	Вплив на бур'яни	Фітосанітарні наслідки
Підвищення температури повітря	Збільшення кількості генерацій, розширення ареалу, покращення перезимівлі, прискорення розвитку	Скорочення латентного періоду, посилення споруляції, збільшення інфекційного потенціалу	Поширення теплолюбних видів, подовження вегетації, підвищення насінневої продуктивності	Зростання чисельності шкідливих організмів і посилення їх шкідливості
Зміна режиму атмосферних опадів	Вплив на виживання, розвиток і міграцію популяцій	Активізація грибних і бактеріальних хвороб за високої вологості; пригнічення окремих патогенів у посушливих умовах	Зміна видового складу бур'янів, домінування ксерофітних або гігрофітних видів	Перебудова структури фітосанітарного комплексу
Подовження вегетаційного періоду	Формування додаткових поколінь, триваліше життя шкідників	Подовження періоду інфікування та розвитку хвороб	Збільшення кількості хвиль сходів, триваліше насіннеутворення	Посилення конкуренції та зростання втрат урожаю
Підвищення концентрації CO ₂	Опосередкована зміна кормової цінності рослин і трофічних зв'язків	Зміна взаємодії «рослина – патоген» через фізіолого-біохімічні зміни рослин	Інтенсивніше накопичення біомаси, посилення конкурентоспроможності окремих видів	Зміна структури агроценозів і взаємодії компонентів фітоценозу
Екстремальні погодні явища (посухи, зливи, спека)	Масова міграція або локальне вимирання окремих видів; стресові адаптації	Формування нових осередків інфекції, зміна домінуючих видів патогенів	Переважа стресостійких та інвазійних бур'янів	Порушення екологічної рівноваги та зміна видового складу шкідливих організмів
М'які зими	Підвищення виживання зимуючих стадій, ранній початок розвитку	Збереження інфекційного матеріалу та підвищення первинного інфекційного фону	Краща перезимівля зимуючих бур'янів і багаторічних видів	Зростання початкової чисельності шкідливих організмів навесні

Таблиця 2

Сучасні інноваційні технології дослідження фітофагів, фітопатогенів і бур'янів

Інноваційна технологія	Фітофаги	Фітопатогени	Бур'яни	Основні переваги
Дистанційне зондування Землі (супутниковий моніторинг)	Виявлення осередків пошкодження посівів	Діагностика розвитку хвороб за спектральними індексами	Картування засміченості полів	Оперативний моніторинг великих територій
Безпілотні літальні апарати (БПЛА, дрони)	Облік чисельності шкідників і пошкоджень	Виявлення осередків інфекції	Локалізація видового складу та щільності бур'янів	Висока просторово-часова точність
GIS-технології	Просторове моделювання поширення фітофагів	Аналіз епіфітотій	Картографування засміченості	Формування цифрових карт фітосанітарного стану
Гіперспектральна та мульти-спектральна зйомка	Раннє виявлення стресу рослин від пошкодження	Діагностика прихованої інфекції	Диференціація культурних рослин і бур'янів	Виявлення проблем до появи візуальних симптомів
Молекулярно-генетичні методи (PCR, qPCR, LAMP, NGS)	Ідентифікація видів і біотипів	Швидка діагностика патогенів	Генетична ідентифікація карантинних видів	Висока точність і специфічність
ДНК-баркодинг	Видова діагностика комах	Ідентифікація грибів, бактерій і вірусів	Ідентифікація специфічних видів бур'янів	Достовірне визначення видового складу
Штучний інтелект (AI) і машинне навчання	Автоматичне розпізнавання комах	Розпізнавання симптомів хвороб	Автоматична ідентифікація бур'янів	Висока швидкість аналізу даних
Комп'ютерний зір (Computer Vision)	Автоматичний облік шкідників	Аналіз симптомів ураження	Розпізнавання видів бур'янів у фітоценозах	Можливість автоматизації моніторингу
Інтернет речей (IoT) та сенсорні мережі	Контроль мікроклімату й активності шкідників	Моніторинг умов розвитку патогенів	Прогнозування появи бур'янів	Безперервний збір інформації в режимі реального часу
Автоматизовані феромонні пастки	Дистанційний облік чисельності комах	-	-	Автоматизація моніторингу шкідників
Біоінформатика та цифрові бази даних	Аналіз популяцій і міграцій	Аналіз геномів патогенів	Аналіз поширення інвазійних бур'янів	Інтеграція великих масивів даних
Прогностичне моделювання та цифрові платформи підтримки прийняття рішень (DSS)	Прогноз розвитку популяцій	Прогноз епіфітотій	Прогноз появи та поширення бур'янів	Оптимізація інтегрованого захисту рослин

екологічну стійкість. Глобальні кліматичні зміни трансформують видовий склад, чисельність, поширення й характер взаємодії цих організмів, посилюючи фітосанітарні ризики та необхідність удосконалення систем інтегрованого захисту рослин. Перспективним напрямом є впровадження цифрових, геоінформаційних, молекулярно-генетичних технологій і систем прецизійного землеробства, що забезпечують високоточний моніторинг, прогнозування та екосистемно орієнтоване управління фітосанітарним станом агроценозів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вигера С. М. Природні і культурні фітоценози та принципи контролю їх біорізноманіття : монографія. Київ : НУБіП України, 2013. 340 с.
2. Станкевич С. В., Забродіна І. В. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур : навч. посібн. Харків : Вид. Іванченка І. С., 2021. 521 с.
3. Вигера С. М. Природоохоронний контроль культурних фітоценозів : монографія. Київ : ЦП «Компринт», 2015. 398 с.
4. Аніскевич Л. В., Войтюк Д. Г., Вигера С. М., Адамчук Н. І., Захарін Ф. М., Пономаренко С. О., Ключевич М. М. Прецизійні фітотехнології в агропромисловому комплексі України. Київ 2019. НУБіП України, 798 с.
5. Ключевич М. М., Вигера С. М., Можарівська І. А., Венгер О. В. Трофічні процеси різновидностей гексапод у плантоекосистемах (фітоценозах). *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки* : наукове фахове видання Херсонського державного аграрно-економічного університету. 2025. Вип. 143. Частина 1. С. 139–144.
6. Вигера С. М., Ключевич М. М., Ковальчук Р. Л. Обґрунтування новітньої методології забезпечення здоров'я фітоценозів. *Moderní aspekty vědy: XLVII. Díl mezinárodní kolektivní monografie. Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., Česká republika : Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. P. 166–175.*

REFERENCES:

1. Vyhera, S.M. (2013). *Pryrodni i kulturni fitotsenozy ta pryntsyipy kontroliu yikh bioriznomanittia : monohrafiia* [Natural and cultivated phytocenoses and principles of controlling their biodiversity: monograph]. Kyiv : NUBiP Ukrainy, 340 p. [in Ukrainian].
2. Stankevych, S.V., & Zabrodina, I.V. (2021). *Monitorynh shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur : navch. posib.* [Monitoring of pests and diseases of agricultural crops: a textbook]. Kharkiv : Vydavets Ivanchenka I.S., 521 p. [in Ukrainian].
3. Vyhera, S.M. (2015). *Pryrodookhoronnyi kontrol kulturnykh fitotsenziv: monohrafiia* [Environmental protection control of cultivated phytocenoses : monograph]. Kyiv : TsP «Komprynt», 398 p. [in Ukrainian].
4. Aniskevych, L.V., Voitiuk, D.H., Vyhera, S.M., Adamchuk, N.I., Zakharin, F.M., Ponomarenko, S.O., & Kliuchevych, M.M. (2019). *Pretsyziiini fitotekhnolohii v ahropromyslovomu kompleksi Ukrainy* [Precision phytotechnologies in the agro-industrial complex of Ukraine]. Kyiv : NUBiP Ukrainy, 798 p. [in Ukrainian].
5. Kliuchevych, M.M., Vyhera, S.M., Mozharivska, I.A., & Venher, O.V. (2025). *Trofichni protsesy riznovydnosti*

heksapod u plantoekosystemakh (fitotsenozakh) [Trophic processes of hexapod species in plant ecosystems (phytocenoses)]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, Issue 143, Part 1, 139–144. [in Ukrainian].

6. Vyhera, S.M., Kliuchevych, M.M., & Kovalchuk, R.L. (2024). *Obgruntuvannia novitnoi metodolohii zabezpechennia zdorovia fitotsenziv* [Substantiation of the latest methodology for ensuring the health of phytocenoses]. *Moderní aspekty vědy: XLVII. Díl mezinárodní kolektivní monografie, Česká republika, Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 166–175.* [in Ukrainian].

Ключевич М.М., Вигера С.М., Венгер О.В., Залевський Р.А., Горецький М.А. Теоретичні аспекти ролі фітофагів, фітопатогенів і бур'янів у фітоценозах

Метою дослідження є узагальнення сучасних підходів до оцінювання ролі фітофагів, фітопатогенів і бур'янів у функціонуванні фітоценозів, обґрунтування їх екологічних взаємозв'язків, оцінка впливу кліматичних змін на трансформацію фітосанітарних комплексів і визначення перспектив застосування цифрових, геоінформаційних і молекулярно-генетичних технологій для моніторингу й прогнозування фітосанітарного стану рослинних угруповань.

Теоретично обґрунтовано екосистемний підхід до оцінювання ролі шкідливих організмів. Проаналізовано їх трофічні, конкурентні, алелопатичні та інфекційні взаємозв'язки, а також вплив основних кліматичних чинників на трансформацію фітосанітарних комплексів. Узагальнено сучасні технології дослідження: дистанційне зондування Землі, безпілотні літальні апарати, геоінформаційні системи (GIS), молекулярно-генетичні методи, штучний інтелект, комп'ютерний зір, сенсорні мережі та цифрові платформи підтримки прийняття рішень.

Встановлено, що фітофаги, фітопатогени та бур'яни формують єдину систему біотичних взаємодій, яка визначає структуру, продуктивність, біорізноманіття й екологічну стійкість фітоценозів. Показано, що бур'яни є не лише конкурентами культурних рослин, а й альтернативними господарями та резерваторами багатьох шкідників і збудників хвороб. Доведено, що зміни клімату сприяють розширенню ареалів шкідливих організмів, збільшенню кількості поколінь фітофагів, розвитку фітопатогенів, поширенню теплолюбних та інвазійних бур'янів і посиленню фітосанітарних ризиків. Обґрунтовано доцільність інтеграції цифрових технологій, дистанційного моніторингу, геоінформаційного аналізу, молекулярної діагностики та систем прецизійного землеробства для високоточного контролю й прогнозування розвитку шкідливих організмів. Визначено значення сучасних інноваційних технологій для формування адаптивних систем інтегрованого захисту рослин.

Ключові слова: шкідливі організми, фітоценоз, біорізноманіття, екологічна рівновага, зміни клімату, інтегрований захист рослин.

Kliuchevych M.M., Vygera S.M., Venger O.V., Zalevsky R.A., Horetskyi M.A. Theoretical aspects of the role of phytophages, phytopathogens and weeds in phytocenoses

The aim of this study is to summarise current approaches to assessing the role of phytophages, phytopathogens and weeds in the functioning of plant communities, to substantiate their ecological interrelationships,

to assess the impact of climate change on the transformation of phytosanitary complexes, and to identify prospects for the application of digital, geoinformation and molecular-genetic technologies for monitoring and forecasting the phytosanitary status of plant communities.

An ecosystem-based approach to assessing the role of harmful organisms has been theoretically substantiated. Their trophic, competitive, allelopathic and infectious interactions have been analysed, as well as the influence of key climatic factors on the transformation of phytosanitary complexes. Current research technologies have been summarised: remote sensing, unmanned aerial vehicles, geographic information systems (GIS), molecular-genetic methods, artificial intelligence, computer vision, sensor networks and digital decision-support platforms.

It has been established that herbivores, plant pathogens and weeds form a unified system of biotic interactions which determines the structure, productivity, biodiversity and ecological stability of plant communities.

It has been shown that weeds are not only competitors to cultivated plants, but also alternative hosts and reservoirs for many pests and pathogens. It has been demonstrated that climate change contributes to the expansion of the ranges of harmful organisms, an increase in the number of phytophagous insect generations, the development of phytopathogens, the spread of thermophilic and invasive weeds, and an increase in phytosanitary risks. The feasibility of integrating digital technologies, remote monitoring, geoinformation analysis, molecular diagnostics and precision farming systems for high-precision monitoring and forecasting of the development of harmful organisms has been substantiated. The importance of modern innovative technologies for the development of adaptive integrated plant protection systems has been identified.

Key words: harmful organisms, phytocenosis, biodiversity, ecological balance, climate change, integrated plant protection.

Дата першого надходження статті до видання: 30.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026