

СЕГЕТАЛЬНА ФІТОБІОТА ЯК ЧИННИК ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ В АГРОФІТОЦЕНОЗАХ ЗА УМОВ ЗМІНИ КЛІМАТУ

А.М. Лішук, А.І. Парфенюк, Н.В. Карачинська

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8339-9365

e-mail: verespar@ukr.net; ORCID: 0000-0003-0169-4262

e-mail: karachinskan051177@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6571-8430

У роботі проаналізовано вплив сегетальної фітобіоти як чинника екологічних ризиків в агрофітоценозах за умов кліматичних змін, що є одним із головних абіотичних стресових факторів. У дослідженні бур'яни розглядаються як індикатори порушень у функціонуванні агроєкосистем і деградації ґрунту. Встановлено, що рівень забур'яненості може виступати маркером адаптивного потенціалу агрофітоценозу до абіотичних стресів. Проаналізовано сучасні наукові дослідження щодо впливу основних екологічних чинників за умов зміни клімату — температурних стресів, посух, надмірного зволоження, зниження родючості ґрунтів, дегуміфікації та дисбалансу ґрунтової мікробіоти на структуру й динаміку агрофітоценозів. Особливу увагу приділено змінам у видовому складі бур'янів, зокрема поширенню інвазійних і адвентивних видів, які підтверджують високу екологічну пластичність, конкурентоспроможність і здатність формувати домінуючі угруповання навіть за умов інтенсивного антропогенного впливу. Авторами розроблено п'ятирівневу бальну шкалу оцінювання екологічних ризиків в агрофітоценозах за ступенем їх забур'яненості — від мінімального (1 бал) до високого (5 балів). Такий підхід дає змогу оцінювати рівень екологічних ризиків в агроценозі та обґрунтовано планувати заходи з контролю його фітосанітарного стану. Показано, що рівень екологічного ризику у посівах сільськогосподарських культур обумовлено ступенем забур'яненості агроценозів. Доведено, що зниження екологічного ризику впродовж онтогенезу досягається шляхом застосування агротехнологій, які регулюють рівень забур'янення агроценозів і мають вплив на їх розвиток. Отримані авторами дані підтверджують, що зниження екологічного ризику забур'яненості в агроценозах можливе завдяки своєчасному екологічному моніторингу та впровадженню комплексу профілактичних, агротехнічних і захисних заходів, які сприяють підвищенню адаптаційної стійкості агрофітоценозів і регуляції їх фітосанітарного стану. Встановлено, що висока екологічна пластичність і адаптивні властивості сегетальної рослинності позитивно впливають на формування зон у межах агрофітоценозів, де бур'яни витісняють культурні види, завдяки поширенню гербіцидостійких популяцій. Такі процеси створюють екологічні ризики, які зумовлено загрозою біорізноманіттю та зниженням екологічної стабільності агроєкосистем.

Ключові слова: *фітосанітарний стан, агроценоз, абіотичні стреси, інвазійні види, біорізноманіття, резистентність, конкуренція рослин.*

ВСТУП

У сучасних умовах глобальних кліматичних змін дедалі більш актуальною стає проблема екологічної стабільності агрофітоценозів. Підвищення середньорічних температур, нерівномірний розподіл опадів, зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері істотно змінюють агрокліматичні умови, що безпосередньо впливає на структуру та функціонування агроєкосистем. Одним із головних чинників, що

стримує продуктивність культурних сільськогосподарських рослин, є сегетальна фітобіота — сукупність видів бур'янів, які є конкурентами за світло, вологу, поживні речовини та простір. Бур'яни з високою конкурентною спроможністю і адаптивністю можуть знижувати врожай, утворюючи багато насіння, яке залишається життєздатним багато років [1]. Сегетальні види рослин виявляють високу адаптивну здатність до абіотичних стресів і швидко змінюють ареали поширення, часто витісняючи

аборигенні або культурні види [2]. Особливої уваги набуває поширення рослин адвентивних та інвазійних видів, здатних змінювати структуру фітоценозу і формувати стійкі угруповання в умовах порушеної екологічної рівноваги [3].

Незважаючи на наявність значного обсягу інформації щодо видового складу бур'янів та їхньої шкодочинності, недостатньо дослідженим залишається питання взаємозв'язку між змінами абіотичних чинників довкілля і трансформацією сегетальної фітобіоти як фактора екологічного ризику. Зокрема, маловивченими є питання оцінювання екологічних ризиків за зміни конкурентоспроможності культурних рослин в умовах абіотичного стресу та фітосанітарного стану агрофітоценозів.

Мета роботи — обґрунтувати роль сегетальної фітобіоти як чинника екологічних ризиків в агрофітоценозах в умовах змін клімату та розробити градаційну шкалу для оцінювання рівнів екологічного ризику залежно від ступеня забур'яненості та впливу на стабільність агроєкосистем.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Загальновідомо, що сучасні зміни клімату в Україні рухаються в бік потепління, посушливості та перепадів у гідротермічних умовах навколишнього природного середовища. Вченими [4] встановлено, що останніми десятиліттями спостерігається тенденція фактичного зміщення ареалу природно-кліматичних зон України на 100–150 км у північні регіони країни. Це сприяє зміні територій поширення різних видів бур'янів. Зокрема, дослідженнями науковців В. Протопопова та М. Шевера [5] з'ясовано, що за впливу кліматичних змін відбувається перерозподіл видового складу та порушення структури природних екосистем. Серед інвазійних видів флори України за інвазійною активністю поділено на три групи: високоактивні, помірно активні та потенційно інвазійні.

Кожній агрокліматичній зоні притаманний відповідний комплекс сегетальної

фітобіоти. Однак, зі зміною гідрокліматичних умов відбувається посилення та висока акліматизація інвазійних видів у вторинних ареалах, що належать до інших агрокліматичних зон. Зокрема, за твердженням В. Писаренка з колегами [6], виявлено, що гідротермічні показники в агрокліматичній підзоні Північного Степу (Дніпропетровська, Кіровоградська обл. тощо) вже відповідають підзоні Південного Степу. Втім, агрокліматична підзона Північного Степу поступово переміщується в зону Лісостепу, а саме на територію Черкаської, Полтавської та інших областей. Автори стверджують, що у північних широтах м'які зими можуть сприяти виживанню зимуючих видів бур'янів та інтенсивному росту літніх однорічних бур'янів за впливу підвищених літніх температур [6].

Зі зміною клімату в Степу, за даними О. Іващенко із співавт. [7], почала змінюватися рослинність, серед якої набувають поширення карантинні і паразитичні види бур'янів: гірчак повзучий (*Acroptilon repens* L. DC.), хвилівник звичайний (*Aristolochia clematitis* L.), паслін рогатий (*Solanum cornutum* L.), просо алепське (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), усі види овцвіків (*Orobancha* L.) та повитиць (*Cuscuta* spp.). Одночасно змінюються ареали поширення бур'янів, які традиційно є потужними конкурентами за воду, особливо в умовах її дефіциту. Так, у північному напрямку України поширюються ареали хвилівника звичайного (*Aristolochia clematitis* L.), березки польової (*Convulvulus arvensis* L.), молокана татарського (*Lactuca tatarica* L.) та ін.

Абіотичні чинники, що обумовлені глобальними кліматичними змінами, мають важливу роль у функціонуванні агроєкосистем, зокрема агрофітоценозів. Їхній вплив часто є непрогнозованим і малоконтрольованим, що може призводити до значних фізіологічних навантажень на культурні рослини. В Україні, як і у міжнародному науковому колі, вплив абіотичних чинників на фізіологію культурних рослин та загалом на фітосанітарний стан агро-

ценозів, достатньо вивчено та обґрунтовано у працях провідних вчених, зокрема: A. Monteiro та S. Santos (2022) [2], J. Storkey та ін. (2021) [3], О. Іващенко та ін. (2019) [7], І. Мостов'як та О. Дем'янюк (2020) [8], Д. Кірізій та О. Стасик (2022) [9]. На основі сучасних наукових досліджень встановлено, що у відповідь на абіотичний стрес у рослин активуються механізми адаптації на клітинному, тканинному та організмовому рівнях. Характер цієї реакції залежить від низки чинників, а саме: інтенсивності та тривалості впливу, фази онтогенезу й генетичної стійкості сорту [9].

Водночас за даними І. Мостов'яка та О. Дем'янюк [8], останніми роками клімат Центрального Лісостепу України характеризується потеплінням у вигляді зростання середніх місячних температур на 2,0–2,6°C влітку та на 1,6–1,9°C взимку із одночасним дефіцитом вологи та розподілом опадів упродовж року. На орних землях Лісостепу відмічають підвищення рівня присутності метлюга звичайного (*Apera spica-venti* (L.) Pal. Beauv.), хвоща польового (*Equisetum arvense* L.), шпегерлю звичайного (*Spergula arvensis* L.) [7]. Зазначені види бур'янів є ацидофітами, тобто рослинами, які є індикаторами кислих ґрунтів агроценозів, бідних на сполуки кальцію. Відсутність вапнування кислих ґрунтів у поєднанні з випаданням кислих опадів сприяє поступовому вимиванню сполук кальцію з орного шару ґрунту та підкисленню орних земель. Тому виникають екологічні ризики через втрати родючості ґрунтів в агроценозах та формування сприятливих умов для розширення ареалу ацидофільних видів бур'янів.

Аналіз досвіду іноземних вчених М. Anwar та ін. (2021) [1], J. Storkey та ін. (2021) [3], M. Matzrafi й ін. (2016) [10] та результати власних досліджень [11–13] показали, що екологічні ризики в агрофітоценозах найчастіше обумовлені довгостроковим впливом глобальних змін клімату на екосистему. За цих умов посилюються проблеми розповсюдження бур'янів та інвазійних рослин в агроєкосистемах і, як наслідок, змінюються їхні ареали та щільність по-

пуляції. За глобальних кліматичних змін спостерігається тенденція до фактичного зміщення меж природно-кліматичних зон України на північ. Це супроводжується переміщенням характерної для цих зон флори та активних інвазійних видів, що зумовлює виникнення значних екологічних ризиків, пов'язаних із поширенням адвентивних та інвазійних видів рослин.

З огляду на очевидну загрозу, недостатньо вивченими залишаються дослідження екологічних ризиків в агрофітоценозах, що виникають внаслідок негативного впливу кліматичних чинників, які спричиняють зміни динаміки та видового складу сегетальної рослинності. Така ситуація є критичною, оскільки погіршення фітосанітарної ситуації в агрофітоценозах безпосередньо призводить до зниження їхньої продуктивності, зменшення кількості та якості врожаю, і, зрештою, негативно впливає на загальний екологічний стан агроєкосистем.

Актуальність цього дослідження полягає у нагальній потребі всебічного вивчення динаміки змін у видовому складі сегетальної рослинності в умовах трансформації клімату, а також розробки ефективних стратегій мінімізації екологічних ризиків для забезпечення сталого розвитку сільського господарства та збереження агроєкосистем.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У ході дослідження використано інформаційний, порівняльний і практичний аналіз наукових робіт для упорядкування тематичної проблематики. Опрацьовано наукові та методичні матеріали для аналізування екологічних ризиків за показниками фітосанітарного стану агрофітоценозів. За допомогою емпіричного та системного підходу виявлено взаємні залежності виникнення екологічних ризиків за впливу зміни агрокліматичних умов на сегетальну фітобіоту агрофітоценозів. Фітосанітарний аналіз здійснено на основі даних, отриманих у польовому досліді на дослідному полі Сквирської дослідної станції органіч-

ного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН (СДСОВ ІАП НААН) у період 2016–2020 рр. відповідно до ПНД 03 «Органічне виробництво сільськогосподарської продукції» (№ ДР 0116U000492).

Оцінку рівня екологічного ризику проведено за створеною авторами градаційною шкалою, яка включає п'ятибальну градацію критеріїв оцінювання залежно від інтенсивності забур'яненості агрофітоценозу. Градаційну шкалу розроблено відповідно до методики І. Шувара та ін. [14] з визначення рівня фактичної забур'яненості і ступеня забур'яненості агроценозів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Екологічні ризики погіршення фітосанітарного стану агроценозів за впливу абіотичних чинників — температури повітря і вологості ґрунту. Беручи до уваги, що інтенсивні сільськогосподарські технології сприяють появі та поширенню в агроєкосистемах нових видів бур'янів, збудників хвороб рослин і шкідників, які здатні швидко адаптуватися до змінених умов середовища на тлі глобальних кліматичних змін [1–3; 8–10], нами було визначено перелік основних екологічних ризиків, пов'язаних із погіршенням фітосанітарного стану агроценозів України під впливом абіотичних чинників, зокрема температури повітря та вологості ґрунту. А саме: зміна ареалів поширення шкідливих організмів та їхнє просування у північні регіони країни; зростання чисельності видів шкодочинних організмів; поява нових видів бур'янів, шкідників і збудників хвороб; підвищення ступеня ураження культурних рослин; зниження ефективності традиційних фітосанітарних заходів; зростання екологічного порогу шкодочинності. Зазначені екологічні ризики зумовлюють погіршення якості та врожайності сільськогосподарської продукції. Отже, вплив абіотичних чинників, зумовлений кліматичними змінами, є визначальним у формуванні екологічних ризиків в агроценозах та потребує адаптації системи захисту рослин з урахуванням

фітосанітарного стану посівів сільськогосподарських культур.

Градування рівня екологічного ризику в агрофітоценозах за ступенем їх забур'яненості. Вплив сегетальних видів бур'янів на агрофітоценози, культурні рослини та довкілля загалом кваліфікується як екологічний ризик. Екологічні ризики для агрофітоценозів обумовлено більшістю адвентивних видів бур'янів, які є сегетальними або рудеральними рослинами, серед яких переважають види, випадково інтродуковані (аколютофіти) [15]. Стійкість та поширення цих видів значною мірою пояснюється низкою біологічних властивостей, які дають змогу сегетальній фітобіоті агроценозів протистояти несприятливим умовам довкілля. До таких властивостей належать: висока пластичність розвитку і плодючості, тривалий період зберігання життєздатності насіння та вегетативних зачатків у ґрунті [16].

За шкодочинного впливу сегетальних рослин, як свідчать праці низки вітчизняних і зарубіжних науковців [1–3; 5; 17], посилюється формування екологічних ризиків в агроценозах. А саме: 1) погіршується водний баланс геобіоценозу, що негативно впливає на розвиток культур в агроценозах; 2) із геобіоценозів виносяться запаси доступних елементів живлення; 3) виділяються у ґрунт вторинні метаболіти, які пригнічують ріст та розвиток культурних рослин; 4) поширюються шкідники агроценозів, які виступають їхнім проміжним живителем та згодом мігрують на суміжні культури; 5) бур'яни, як і їх рештки, постають резерватами інфекційних структур багатьох фітопатогенних збудників хвороб; 6) знижується якість урожаю за рахунок насіннєвих домішок бур'янів; 7) погіршується якість фуражних кормів та продукції тваринництва.

Отже, бур'яни, як складова агрофітоценозів, вступають у конкурентну взаємодію з культурними рослинами та зумовлюють формування екологічних ризиків. Тому в основі запобігання їхньому утворенню лежить оцінювання фітосанітарного стану агрофітоценозів за ступенем їх

Таблиця 1. Градаційна шкала оцінювання екологічних ризиків в агрофітоценозах за ступенем їх забур'яненості

Забур'яненість агрофітоценозів за агробіологічними підтипами бур'янів, шт./м ²		Чисельність насіння бур'янів, млн шт./га	Рівень екологічного ризику, бал
багаторічні види	малорічні види		
0,1–0,5	1–20	0	1 (мінімальний)
0,51–3,0	21–50	≤5,0	2 (незначний)
3,1–5,0	51–100	5,1–10,0	3 (підвищений)
5,1–10,0	101–150	10,1–50,0	4 (значний)
≥10,1	≥151	50,1–100,0	5 (високий)

Примітка: розроблено авторами на основі методики [14].

забур'янення. Для цього необхідно враховувати видове різноманіття сегетальних бур'янів, які засмічують посіви культур, та екологічні особливості їх шкодочинного впливу.

Для оцінювання рівня екологічного ризику в агрофітоценозах нами розроблено градаційну шкалу залежно від рівня забур'яненості агрофітоценозу та масштабу впливу (табл. 1). В основу градуювання шкали покладено методики з визначення рівня фактичної забур'яненості і ступеня забур'яненості агроценозів (І. Шувар та ін. [14]). Рівні екологічного ризику градуювано як: мінімальний рівень ризику (1 бал) — характеризує випадкове або одиничне виявлення заносного виду без помітного впливу на агроєкосистему; незначний (2 бали) — зменшення чисельності та екологічного впливу виду; підвищений (3 бали) — досягнення стабільного співіснування з місцевими видами; значний (4 бали) — поступове закріплення виду у фітоценозі; високий рівень екологічного ризику (5 балів) — активне поширення та витіснення аборигенних видів бур'янів.

Екологічні ризики в агроценозах сої за впливу сегетальної фітобіоти. Морфобіологічні властивості більшості сільськогосподарських культур характеризують їхню низьку конкурентоспроможність відносно сегетальної рослинності. Це обумовлено сповільненими процесами росту і розвитку культур на початку онтогенезу. Зокрема, нашими дослідженнями, проведеними у

2016–2020 рр. в лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва ІАП НААН доведено, що у посівах сої критичним періодом щодо негативного впливу сегетальних рослин на агроценоз є початковий етап органогенезу культури, який продовжується до фази змикання листків у рядку [13]. Найнебезпечнішими є види сегетальної рослинності, в яких органогенез збігається або випереджає органогенез сої.

Відомо, що в агроценозі сої однією з причин формування екологічних ризиків є потенційне накопичення насіння сегетальної рослинності у ґрунті, яка може спричиняти значну загрозу впродовж її вегетаційного періоду [18]. Особливо слабку конкуренцію проявляють рослини сої щодо швидкоростучої сегетальної фітобіоти на початку вегетації. Це спричинено кореневими виділеннями сої, збагаченими на азот та інші сполуки, якими живляться бур'яни.

Тому для з'ясування потенціалу формування екологічних ризиків в агроценозі сої здійснено аналіз динаміки чисельності основних видів бур'янів упродовж 2016–2018 рр. Також за створеною нами градаційною шкалою зроблено оцінювання рівня екологічних ризиків в агроценозах сої впродовж досліджуваного періоду, залежно від видового різноманіття сегетальної фітобіоти у три фази розвитку культури (другого трійчастого листка, цвітіння та формування бобів) (табл. 2).

Таблиця 2. Рівень екологічного ризику в агроценозах сої залежно від чисельності сегетальних бур'янів упродовж 2016–2018 рр. (СДСОВ ІАП НААН)

Вид бур'яну	2016 р.		2017 р.		2018 р.		Середній рівень еко- логічного ризик у , бал
	шт./м²	екологіч- ний ризик, бал	шт./м²	екологіч- ний ризик, бал	шт./м²	екологіч- ний ризик, бал	
Фаза другого трійчастого листка							
Щириця загнута¹	38,2	2	13,3	1	9,8	1	
Осот рожевий²	0	1	0,4	1	0	1	
Плоскуха звичайна¹	80,9	3	86,7	3	56,7	3	
Гірчак березковидний¹	5,0	1	0	1	0	1	
Мишій сизий¹	3,1	1	2,6	1	1,8	1	
Лобода біла¹	2,1	1	7,3	1	3,7	1	
Разом бур'янів, шт.	129,3	4	113,9	4	88,2	3	4
Фаза цвітіння							
Щириця загнута¹	0	1	4,8	1	3,4	1	
Осот рожевий²	1,3	2	0	1	0	1	
Плоскуха звичайна¹	10,7	1	13,0	1	9,0	1	
Гірчак березковидний¹	12,1	1	0,4	1	0,2	1	
Мишій сизий¹	4,8	1	3,4	1	2,2	1	
Лобода біла¹	1,3	1	1,4	1	1,1	1	
Разом бур'янів, шт.	30,2	2	23,0	2	15,9	1	2
Фаза формування бобів							
Щириця загнута¹	8,1	1	1,1	1	1,2	1	
Плоскуха звичайна¹	8,2	1	10,2	1	5,3	1	
Мишій сизий¹	4,4	1	0,2	1	0,2	1	
Лобода біла¹	2,4	1	1,5	1	0,7	1	
Разом бур'янів, шт.	23,1	2	13,0	1	7,4	1	1

Примітки: ¹ – бур'яни однорічні; ² – бур'яни багаторічні; 1 бал – мінімальний рівень ризику, 2 бали – незначний, 3 – підвищений, 4 – значний, 5 – високий рівень екологічного ризику.

Встановлено, що впродовж досліджуваного періоду (2016–2018 рр.) спостерігається чітка тенденція до зниження загальної забур'яненості у всіх фазах розвитку сої. Наприклад, у фазі другого трійчастого листка загальна кількість бур'янів знизилася від 129,3 шт./м² у 2016 р. до 88,2 шт./м² у 2018 р. Аналогічна тенденція відбувається і в наступних фазах.

Відповідно до зменшення чисельності бур'янів, загальний рівень екологічного ризику також має тенденцію до зниження.

Зокрема, у фазі другого трійчастого листка рівень екологічного ризику погіршився від *значного* (4 бали) у 2016–2017 рр. до *підвищеного* (3 бали) у 2018 р. У фазах цвітіння та формування бобів він зменшився від *незначного* (2 бали) у 2016 р. до *мінімального* (1 бал) рівня у 2018 р.

Незважаючи на загальне зниження кількості бур'янів, деякі види залишаються домінантними впродовж усього періоду. Зокрема, у фазі другого трійчастого листка: плоскуха звичайна (*Echinochloa crus-galli* L.)

є домінантним видом за чисельністю в усіх роках (80,9 шт./м² у 2016 р., 86,7 — у 2017 р., 56,7 шт./м² у 2018 р.), що зумовлює для неї постійний *високий* (3 бали) рівень екологічного ризику. Щириця загнута (*Amaranthus retroflexus* L.) характеризується значним зниженням чисельності від 38,2 шт./м² у 2016 р. до 9,8 шт./м² у 2018 р., що призвело до зменшення рівня екологічного ризику з *незначного* (2 бали) до *мінімального* (1 бал). Інші види, як-от осот рожевий (*Cirsium arvense* L.), гірчак безрзовидний (*Polygonum convolvulus* L.), мишій сизий (*Setaria glauca* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), присутні у меншій кількості і постійно мають *мінімальний* (1 бал) рівень екологічного ризику, осот рожевий та гірчак безрзовидний практично зникли до 2017–2018 рр.

У фазі цвітіння загальна чисельність бур'янів значно нижча, ніж у початковій фазі, що вказує на ефективність контролю або конкуренцію. Плоскуха звичайна й надалі є одним з найпоширеніших видів (10,7–13,0 шт./м²), однак екологічний ризик засміченості агроценозів цим бур'яном залишається на *мінімальному* рівні (1 бал). Чисельність щириці загнutoї, осоту рожевого, гірчака безрзовидного, мишію сизого та лободи білої є відносно невисокою, і для всіх цих видів у цій фазі відмічений *мінімальний* рівень екологічного ризику (1 бал). Загалом рівень екологічного ризику у цій фазі знизився від *незначного* (2 бали) у 2016–2017 рр. до *мінімального* (1 бал) у 2018 р.

У фазі формування бобів загальна забур'яненість є найнижчою серед усіх фаз, що свідчить про подальше зменшення конкуренції з боку бур'янів. Домінантними видами залишаються щириця загнута та плоскуха звичайна, але їхня чисельність також значно знижена (1,1–8,2 шт./м²). Для всіх видів бур'янів у цій фазі фіксується *мінімальний* рівень екологічного ризику (1 бал). У середньому рівень екологічного ризику зменшився від *незначного* (2 бали) у 2016 р. до *мінімального* (1 бал) у 2017–2018 рр.

Отже, рівень екологічного ризику в посівах сої, зумовлений забур'яненістю її

агроценозів, значно знизився впродовж онтогенезу культури в період 2016–2018 рр. — від *значного* рівня (4 бали) до *мінімального* (1 бал). Отримані дані свідчать про ефективний контроль забур'яненості, що виражається у сталому зниженні чисельності бур'янів та відповідному зменшенні екологічного ризику на всіх фазах розвитку культури. Плоскуха звичайна залишається найбільш стійким і домінантним видом бур'янів, особливо на ранніх етапах розвитку сої. Зниження рівня екологічного ризику обумовлено застосованими агротехнологіями, дозволеними в умовах органічного землеробства, які забезпечили регуляцію інтенсивності забур'янення агроценозів та ефективний контроль формування рівня екологічного ризику.

Екологічні ризики збільшення чисельності видів та ареалів розповсюдження сегетальної фітобіоти. Одержані дані підкреслюють вагомість дослідження екологічних ризиків, що виникають внаслідок впливу кліматичних змін на агрофітоценози через призму сегетальної фітобіоти, а також взаємозв'язок між забур'яненістю та фітосанітарним станом посівів. Адже науково доведено, що поширення сегетальних бур'янів та засміченість посівів їхнім насінням цілком залежить від природно-кліматичних умов. Зокрема, у науковій праці С. Окрушко [19] встановлено, що у зоні достатнього зволоження засміченість орного шару ґрунту (0–30 см) насінням бур'янів сягає 1,47 млрд шт./га; у зоні надмірного зволоження — 1,71, а в зоні недостатнього зволоження — 1,14 млрд шт./га. Підвищення температури, періодичність та інтенсивність опадів прискорюють вихід насіння бур'янів зі стану спокою і впливають на їхній розподіл у просторі й часі в агроценозах. Надмірна кількість атмосферних опадів та зменшення площі листової поверхні у фазі достигання культур сприяють збільшенню забур'яненості одно- і багаторічними бур'янами.

Водночас даними В. Шавріної [20], в агроценозах зернових культур Центрального Лісостепу України чисельність бур'янів коливається в діапазоні 19–25 видів,

тоді як на просапних культурах (кукурудза, соняшник, буряк цукровий) видове різноманіття значно вище. Дослідження С. Ременюк [21] для зони недостатнього зволоження (Східний Лісостеп України) показали, що за появи повних сходів соняшника (попередник пшениця) у контролі налічувалось 118 шт./м² бур'янів, з домінуючими дводольними видами (щиряця звичайна, амброзія полинолиста) та меншою кількістю інших видів, включаючи лободу білу, гірчицю польову, гірчак розлогий, березковидний, паслін чорний, талабан польовий. Серед одностольних були виявлені куряче просо і мишій сизий.

Тому, фітобіотичний моніторинг та оцінювання рівня екологічних ризиків, спричинених зростанням чисельності та ареалу поширення сегетальної фітобіоти, є критично важливим для своєчасного проведення заходів контролю фітосанітарного стану агроценозів.

Екологічні ризики набуття толерантності сегетальної фітобіоти агроценозів до дії гербіцидів та погіршення ефективності їхнього застосування за впливу кліматичних змін. Кліматичні умови мають прямий вплив на здатність сегетальної фітобіоти поглинати хімічні сполуки гербіцидів із навколишнього середовища, що безпосередньо впливає на ефективність дії отрутохімікатів. Збільшення числа нових резистентних біотипів бур'янів під впливом екологічних чинників за умов глобального потепління є зростаючою проблемою. За даними International Survey of Herbicide-Resistant Weed (станом на 2025 р.) у світі зареєстровано 534 резистентних біотиби, що виникли із 273 видів рослин [22]. Причиною цього є екологічна пластичність рослин, що проявляється прискореним метаболізмом за підвищення гідротермічних показників температури та випаровування з ґрунту. В адаптованій до стресу (посухи) сегетальної фітобіоти можуть виникати ризики епігенетичної стійкості до гербіцидів.

Дослідження V. Mohammad та ін. [23] показують, що стрес, спричинений посухою, зумовлює виникнення резистентності

лісохвосту польового до дії гербіцидів, яка передається як епігенетична стійкість наступним поколінням. До того ж підвищена температура сприяє метаболічній детоксикації гербіциду піноксадену, знижуючи чутливість кількох популяцій злакових бур'янів [10].

Збільшення забур'яненості посівів культур (від 60 до 85% за останні десятиліття) [20] пояснюється тим, що нестача або тривала відсутність опадів та нерівномірний розподіл вологи впливають на фізіологію рослин: збільшується кількість воску, потовщується кутикула, зменшується відкривання продохів, уповільнюється ріст. Це створює додатковий бар'єр для проникнення молекул гербіцидів у листки сегетальної фітобіоти. Посуха може призвести до зниження ефективності післясходових системних гербіцидів, ефективність яких залежить від активного росту рослин, транслокації та розвитку фітотоксичної дії [1]. За нестачі вологи в ґрунті досходові гербіциди можуть слабше поглинатися коренями та втрачати фітотоксичність [24]. Також за нестачі вологи та підвищеної кислотності ґрунту, відмічено негативний прояв післядії гербіциду Євро-Лайтнінг, що зумовлює зниження продуктивності буряків цукрових, гречки і соняшника [25]. Низька відносна вологість ґрунту може зменшувати надходження і транслокацію глюфосинату у тканинах щиряці (*Amaranthus* spp.), знижуючи контроль над бур'яном. В умовах підвищеного вмісту CO₂ (на 350 мкМ/моль) збільшується швидкість росту та порушення співвідношення маси пагона до маси кореня осоту польового, а також зменшується ефективність гліфосату [26]. Це може бути пов'язано зі зниженням концентрації гербіциду внаслідок стимуляції росту коренів.

Отже, під впливом посухи, високих температур та підвищеного вмісту CO₂, можуть виникати екологічні ризики набуття толерантності сегетальної фітобіоти й погіршення ефективності дії гербіцидів в агроценозах, що вимагає завчасної оцінки та діагностики в польових умовах.

Екологічні ризики втрати конкуренто-спроможності культур агрофітоценозів відносно сегетальної фітобіоти. На фоні швидких кліматичних змін сегетальна фітобіота залишається одним із основних чинників, що стримує підвищення продуктивності агрофітоценозів, оскільки вона відзначається високою пластичністю розвитку та плодючістю, інтенсивною вегетацією та вступає у жорсткі конкурентні відносини з культурами за використання ресурсів екотопу [27]. Завдяки легкій адаптованості до нових ґрунтово-кліматичних умов, карантинні бур'яни, зокрема гірчак повзучий, здатні інтенсивно збільшувати площі поширення. Його висока шкодочинність проявляється висушуванням і виснаженням ґрунту, оскільки він у 2–5 разів більше засвоює поживних речовин і вологи з ґрунту, ніж будь-яка інша рослина [9].

Нестача ґрунтової вологи гальмує низку фізіологічних процесів та біохімічних реакцій у ґрунтовому покриві, що безумовно відображається на адаптивному бар'єрі найбільш вразливих культурних видів [28]. Різкі зміни погодних умов із тривалими бездощовими періодами за наявності бур'янів призводять до висихання орного та підорного ґрунтових шарів агроценозу. В. Писаренко зі співавт. [6] відмічають, що висушування ґрунту зумовлено потужним розвитком кореневої системи бур'янів, швидкістю її розвитку та глибоким проникненням коренів у ґрунт (наприклад, коріння вівсюга звичайного опускається на глибину понад 2 м, осоту рожевого — на 3,5 м).

Гідротермічні умови впливають на конкурентну активність бур'янів із культурами агрофітоценозів, а саме на їхні фізіолого-біохімічні особливості: швидкість початку і проходження періодів онтогенезу, фотосинтетичний метаболізм вуглецю (С3 і С4), алопатичну взаємодію та ін. Більшість культур агроєкосистем здійснюють фотосинтез за С3-циклом, тоді як переважна кількість сегетальної фітобіоти має С4-цикл. Рослини з С4-фотосинтезом добре реагують на короткий світловий день та за достатнього зволоження витримують ви-

сокі температури повітря [7], що надає їм конкурентну перевагу під час тривалих посух. Кліматичні зміни можуть підсилювати поширення ареалів інвазійних бур'янів із С4-циклом у північному напрямку та ослаблення біотичної резистентності аборигенних рослин. Повторюваність спекотних днів може стимулювати у С3-рослин чистий фотосинтез та збільшення градієнта концентрації вуглекислого газу, що надходить із повітря до листків [1].

Отже, під дією несприятливих абіотичних чинників на фітобіоту можуть виникати екологічні ризики втрати конкуренто-спроможності культур відносно сегетальної фітобіоти, що необхідно враховувати за контролю фітосанітарного стану агроценозів.

Тому це обговорення підкреслює багатогранність екологічних ризиків, що виникають в агрофітоценозах в умовах зміни клімату. Ці ризики проявляються у зміщенні ареалів бур'янів, поширенні інвазійних видів, набутті ними резистентності до гербіцидів та зниженні конкурентоспроможності культурних рослин. Усі ці аспекти тісно взаємопов'язані і вимагають комплексного підходу до фітосанітарного моніторингу та управління. Застосування агротехнологій органічного землеробства, як показано у дослідженні, є ефективним інструментом для регуляції інтенсивності забур'янення та зниження екологічного ризику.

ВИСНОВКИ

Зміни абіотичних чинників, зокрема температури повітря та вологості ґрунту, є головними факторами, що обумовлюють екологічні ризики в агроценозах. Вони пов'язані зі зростанням забур'яненості. Основні екологічні ризики включають: поширення інвазійних видів, втрату конкурентоспроможності культур, розширення ареалу бур'янів, зниження врожайності та якості продукції, а також зменшення ефективності гербіцидів через розвиток резистентності сегетальних рослин. Такі зміни ведуть до посилення антропогенного навантаження, оскільки вимагають активнішого застосування засобів захисту

рослин, що створює додаткові екотоксикологічні ризики.

Рівень екологічного ризику у посівах сільськогосподарських культур обумовлено забур'яненістю агроценозів. Зниження екологічного ризику впродовж онтогенезу досягається шляхом використання агротехнологій, що регулюють рівень забур'янення

агроценозів і впливають на їх розвиток. Зниження екологічного ризику в агроценозах можливе завдяки своєчасному екологічному моніторингу та впровадженню комплексу профілактичних, агротехнічних і захисних заходів, спрямованих на підвищення адаптаційної стійкості агрофітоценозів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Anwar, M. P., Islam, A. M., Yeasmin, S., Rashid, M. H., Juraimi, A. S., Ahmed, S., & Shrestha, A. (2021). Weeds and their responses to management efforts in a changing climate. *Agronomy*, 11(10), 1921. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11101921>.
2. Monteiro, A., & Santos, S. (2022). Sustainable approach to weed management: The role of precision weed management. *Agronomy*, 12(1), 118. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010118>.
3. Storkey, J., Mead, A., Addy, J., & MacDonald, A. J. (2021). Agricultural intensification and climate change have increased the threat from weeds. *Global change biology*, 27(11), 2416–2425. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15585>. Epub 2021.
4. Польовий, А. М., & Божко, Л. Ю. (2015). Теплові ресурси України в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*, 16, 99–106. URL: https://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/1332/1/uhmj_16_2015_99.pdf.
5. Протопопова, В. В., & Шевера, М. В. (2019). Інвазійні види у флорі України. І. Група високо активних видів. *Geo & Bio*, 17, 116–135. DOI: <https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.116>.
6. Писаренко, В. М., Писаренко, П. В., Писаренко, В. В., Горб, О. О., & Чайка, Т. О. (2019). Посухи в контексті змін клімату України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 1, 134–146. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2019_1_17.
7. Івашенко, О. О., & Івашенко, О. О. (2019). *Загальна гербологія: моногр.* Київ: Фенікс.
8. Мостов'як, І. І., & Дем'янюк, О. С. (2020). Чинники дестабілізації фітосанітарного стану агроценозів зернових культур Центрального Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*, 2, 73–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208812>.
9. Кірізій, Д. А., & Стасик, О. О. (2022). Вплив посухи і високої температури на фізіолого-біохімічні процеси та продуктивність рослин. *Фізіологія рослин і генетика*, 54(2), 95–122. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2022.02.095>.
10. Matzrafi, M., Seiwert, B., Reemtsma, T., Rubin, B., & Peleg, Z. (2016). Climate change increases the risk of herbicide-resistant weeds due to enhanced detoxification. *Planta*, 244, 1217–1227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-016-2577-4>.
11. Lishchuk, A., Parfenyuk, A., Furdychko, O., Boroday, V., Beznosko, I., Drebot, O., & Karachinska, N. (2024). Ecotoxicological hazard of pesticide use in traditional agricultural technologies. *Journal of Ecological Engineering*, 25(2). DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/177275>.
12. Лішук, А. М., Фурдичко, О. І., Парфенюк, А. І., & Карачинська, Н. В. (2022). Критерії оцінювання екологічних ризиків в агроценозах за впливу абіотичних чинників. *Збалансоване природокористування*, 4, 91–104. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275601>.
13. Моклячук, Л. І., Лішук, А. М., Драга, М. В., Гордиська, І. М., Плаксюк, Л. Б., & Терновий, Ю. В. (2020). Перехід від традиційної до екобезпечної органічної системи землеробства в умовах змін клімату: виклики та шляхи вирішення. *Збалансоване природокористування*, 2, 100–109. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208819>.
14. Шувар, І. А., Гудзь, В. П., Шувар, А. М., Крушинський, О. П., Корчинський, І. О., Мазур, І. Б., ... Мойш, Н. І. (2011). *Еколого-гербологічний моніторинг і прогноз в агроценозах: навч. посіб.* (І. А. Шувар, Ред.). Львів: НВФ «Українські технології».
15. Ткач, Є. Д., Шерстобоева, О. В., Шавріна, В. І., Стародуб, В. І., Довгич, К. І., Гончаренко, Г. Є., ... Богословська, М. Б. (2018). *Фітобіотичне різноманіття природних фітоценозів агроландшафтів України: моногр.* Київ.
16. Кривенко, А. (2018). Видовий склад бур'янів та їх біологічні групи у короткочасних сівозмінних Південного Степу України. *Молодий вчений*, 8 (60), 13–17. URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/4103/4034>.
17. Тітаренко, О. М. (2021). *Еколого-фітоценологічна оцінка природних кормових угодь в умовах техногенного навантаження Лісостепу Правобережного. Вінниця: Твори.*
18. Огурцов, Є. М., & Белінський, Ю. В. (2013). Забур'яненість посівів сої залежно від способів основного обробітку ґрунту в східній частині Лівобережного Лісостепу. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодощовництво*, 9, 247–252. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnaui_roslyn_2013_9_39.
19. Okrushko, S. Y. (2021). Control of weeds in agrophytocenoses of sowing peas. *Colloquium-journal*, 7(94),

- 32–36. DOI: <https://doi.org/10.24412/2520-6990-2021-794-32-36>.
20. Шавріна, В. І. (2018). Сегетальна фітобіота основних агроценозів Центрального Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*, 1, 150–154. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161591>.
21. Ременюк, С. (2017). Проблеми засміченості посівів соняшнику: рішення в гербіцидах. *Пропозиція*, 6. URL: <https://propozitsiya.com/ua/problemizaburyanennya-posiviv-sonyashniku>.
22. Current Status of the International Herbicide-Resistant Weed Database. URL: <https://www.weedscience.org/Home.aspx>.
23. Mohammad, V. H., Osborne, C. P., & Freckleton, R. P. (2022). Drought exposure leads to rapid acquisition and inheritance of herbicide resistance in the weed *Alopecurus myosuroides*. *Ecology and Evolution*, 12(2), e8563. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.8563>.
24. Zhou, J., Tao, B., Messersmith, C. G., & Nalewaja, J. D. (2007). Glyphosate efficacy on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) is affected by stress. *Weed Science*, 7(55), 240–244. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-06-173.1>.
25. Борзих, О., Сергієнко, В., & Сторчоус, І. (2022). Дослідження післядії гербіцидів на основні сільськогосподарські культури. *Вісник аграрної науки*, 100(4), 30–40. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk.202204-04>.
26. Ziska, L. H., & McConnell, L. L. (2016). Climate change, carbon dioxide, and pest biology: monitor, mitigate, manage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(1), 6–12. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf506101h>.
27. Міленко, О. Г., Горячун, К. В., Звягольський, В. В., Козинко, Р. А., & Карпінська, С. О. (2020). Ефективність застосування ґрунтових гербіцидів у посівах кукурудзи на зерно. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2, 72–78. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.09>.
28. Смирнова, С., Смирнов, В., & Бабушкіна, Р. (2019). Концепція ґрунтової біогеосистеми. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка*, 4(87), 81–88. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.12>.

Стаття надійшла до редакції журналу 05.03.2025