

Я. П. МАКУХ, С. О. РЕМЕНЮК, К. А. КАЛАТУР, О. А. ЗІНЧЕНКО,
В. Т. САБЛУК, В. М. РІЗНИК, С. В. МОШКІВСЬКА, Н. М. ЗАПОЛЬСЬКА,
К. М. ШЕНДРИК, М. О. КІСІЛЕВСЬКА, Н. М. СВДЕЛЬСЬКА

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТА НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВІ АСПЕКТИ ЗАХИСТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ І БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ВІД ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ



КИЇВ 2026

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Я. П. Макух, С. О. Ременюк, К. А. Калатур,
О. А. Зінченко, В. Т. Саблук, В. М. Різник,
С. В. Мошківська, Н. М. Запольська, К. М. Шендрик,
М. О. Кісільська, Н. М. Свідельська

**ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТА НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВІ
АСПЕКТИ ЗАХИСТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
І БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР
ВІД ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ**

Методичні рекомендації

Київ • 2026

УДК 632.9 : 504.064 : 551.58 : 620.92
<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-43-2>

*Рекомендовано до опублікування вченою радою
Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
(протокол № 8 від 08.04.2026)*

Рецензенти:

Я. Д. Фучило, доктор с.-г. наук, професор;

Н. С. Зацєрковна, канд. с.-г. наук, старший дослідник

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Макух Я. П., Ременюк С. О., Калатур К. А., Зінченко О. А., Саблук В. Т., Різник В. М., Мошківська С. В., Запольська Н. М., Шендрик К. М., Кісілевська М. О., Свідельська Н. М. Екологічно безпечні та низьковуглецеві аспекти захисту сільськогосподарських і біоенергетичних культур від шкідливих організмів : методичні рекомендації / НААН України, Ін-т біоенергет. культ. і цукр. буряків. Електрон. вид. Київ : ІБКІЦБ НААН, 2026. 62 с.

ISBN 978-617-8706-43-2 (PDF)

У методичних рекомендаціях узагальнено сучасні підходи та практичні результати щодо формування інтегрованих, низьковуглецевих і безпечних для довкілля систем захисту сільськогосподарських та біоенергетичних культур від шкідливих організмів. Обґрунтовано науково-методичні засади екологізації фітосанітарних заходів, розкрито особливості моніторингу в умовах глобальних кліматичних змін, визначено шляхи мінімізації антропогенного впливу технологій на екосистеми та наведено практичні поради щодо їхнього впровадження у виробництво. Матеріали видання сприятимуть розробленню, оцінюванню та реалізації екологічно орієнтованих стратегій захисту рослин, спрямованих на підвищення стійкості й продуктивності агроценозів за одночасного збереження біорізноманіття, зменшення пестицидного навантаження та зниження вуглецевого сліду аграрного виробництва.

Методичні рекомендації призначені для наукових працівників, фахівців із захисту рослин, консультантів, викладачів та здобувачів вищої освіти аграрного профілю.

УДК 632.9 : 504.064 : 551.58 : 620.92
<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-43-2>



Цей твір поширюється на умовах ліцензії CC BY-NC-SA 4.0 (Creative Commons «Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International)

ISBN 978-617-8706-43-2 (PDF)

© Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, 2026
© Колектив авторів, 2026

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Науково-методичні засади екологічно безпечного та низьковуглецевого захисту рослин	7
1.1. Актуальність екологізації систем захисту сільськогосподарських і біоенергетичних культур	8
1.2. Основні принципи інтегрованого захисту рослин у сучасних умовах	10
1.3. Вуглецевий слід технологій захисту рослин та підходи до його зниження	11
2. Формування фітосанітарного стану посівів культур	13
2.1. Основні групи шкідливих організмів у посівах сільськогосподарських і біоенергетичних культур	14
2.2. Вплив кліматичних змін на поширення та шкодочинність шкідників, збудників хвороб і бур'янів	23
2.3. Критерії економічної та екологічної доцільності заходів захисту рослин	25
3. Екологічно безпечні заходи захисту культур від шкідливих організмів	26
3.1. Біологічні засоби захисту рослин та особливості їхнього застосування	27
3.2. Природні регулятори чисельності шкідливих організмів	30
3.3. Агротехнічні заходи в системі екологічного захисту культур від шкідливих організмів	33
4. Низьковуглецеві підходи до хімічного захисту рослин від шкідливих організмів	34
4.1. Оптимізація застосування хімічних препаратів в інтегрованих системах захисту рослин	35
4.2. Зниження фітотоксичності хімічних препаратів та екологічних ризиків при їх застосуванні	37
4.3. Мінімізація вуглецевого навантаження при застосуванні пестицидів	38

5. Формування інтегрованих низьковуглецевих систем захисту культур від шкідливих організмів	39
5.1. Концепція інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин	41
5.2. Системи захисту сільськогосподарських культур від шкідливих організмів	42
5.3. Системи захисту насаджень біоенергетичних культур від шкідливих організмів	43
5.4. Адаптація систем захисту рослин до змін клімату	45
6. Практичні рекомендації щодо впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин у виробництво	46
6.1. Алгоритм вибору системи захисту рослин залежно від фітосанітарного стану посівів	47
6.2. Рекомендації для агровиробників різних форм власності	49
6.3. Екологічний та економічний ефекти від впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин ...	50
7. Техніка безпеки під час роботи з пестицидами	51
Використана література	54
Додаток	58

Вступ

Сільське господарство України на сучасному етапі функціонує в умовах комплексних викликів, зумовлених кліматичними змінами, зростанням техногенного навантаження на агроценози, деградацією ґрунтів, посиленням фітосанітарних ризиків та необхідністю гармонізації національних систем землеробства з європейськими і глобальними екологічними вимогами. Водночас аграрний сектор залишається стратегічно важливою складовою економіки, продовольчої безпеки та розвитку біоенергетики, що об'єктивно потребує підвищення ефективності виробництва в умовах обмеженості природних ресурсів і зростання екологічних вимог.

Одним із найбільш екологічно чутливих елементів сучасних агротехнологій є система захисту рослин. Тривале домінування хімічного методу контролю шкідливих організмів, особливо за інтенсивних технологій, призвело до низки негативних наслідків, серед яких — формування резистентних популяцій бур'янів, шкідників і збудників хвороб, зниження біологічного різноманіття агроєкосистем, порушення трофічних зв'язків, підвищення пестицидного навантаження на ґрунт і водні ресурси, а також зростання вуглецевого сліду аграрного виробництва. У цих умовах екологізація та декарбонізація систем захисту рослин розглядаються не лише як наукова проблема, а й як ключова передумова довгострокової стабільності аграрного сектору.

Особливої уваги потребує формування низьковуглецевих систем захисту рослин, оскільки застосування пестицидів, проведення захисних заходів, а також виробництво й транспортування засобів захисту рослин супроводжуються прямими та опосередкованими викидами парникових газів. За сучасних умов переходу до кліматично нейтрального агровиробництва оцінювання вуглецевого навантаження технологій захисту рослин і пошук шляхів його мінімізації набувають особливої актуальності. Це стосується як традиційних сільськогосподарських культур, так і біоенергетичних, екологічна ефективність яких визначається сумарним енергетичним балансом і обсягом викидів CO₂-еквівалента протягом усього виробничого циклу.

Інтегрований захист рослин (ІЗР) є науково обґрунтованою основою формування екологічно безпечних і ресурсоефективних систем контролю шкідливих організмів. Його принципи передбачають пріоритетне використання насамперед профілактичних, агротехнічних і біологічних методів, а також збереження природних регуляторів чисельності шкідливих організмів. Застосування пестицидів здійснюють лише у

разі перевищення економічних порогів шкодочинності з оптимізацією строків і норм внесення препаратів та поєднанням різних механізмів дії. У поєднанні з підходами низьковуглецевого землеробства ІЗР дає змогу суттєво знизити екологічні ризики, енерговитрати та антропогенний тиск на агроєкосистеми без втрати продуктивності культур.

Кліматичні зміни, що характеризуються підвищенням середньорічної температури, подовженням вегетаційного періоду, зміщенням фаз розвитку культур і шкідливих організмів, а також зростанням частоти посух і екстремальних опадів, суттєво ускладнюють фітосанітарну ситуацію в агроценозах. Це зумовлює появу нових або нетипових для певних регіонів видів бур'янів, шкідників і збудників хвороб, зміну рівня їхньої шкодочинності та ефективності традиційних засобів захисту. За таких умов особливого значення набуває адаптація систем захисту рослин до кліматичних змін на основі постійного фітосанітарного моніторингу, прогнозування та гнучкого застосування методів захисту.

У методичних рекомендаціях узагальнено результати наукових досліджень вітчизняних і зарубіжних учених щодо екологічно безпечного та низьковуглецевого захисту сільськогосподарських і біоенергетичних культур від шкідливих організмів. У роботі систематизовано підходи до оцінювання фітосанітарного стану посівів, наведено екологічно доцільні методи контролю шкідливих організмів, обґрунтовано можливості оптимізації хімічного захисту з позицій зниження фітотоксичності та вуглецевого навантаження, а також запропоновано концептуальні моделі інтегрованих низьковуглецевих систем захисту культур з урахуванням регіональних особливостей і змін клімату.

1. Науково-методичні засади екологічно безпечного та низьковуглецевого захисту рослин

Екологічно безпечний та низьковуглецевий захист рослин від шкідливих організмів є важливою складовою сучасної концепції сталого агровиробництва, що поєднує завдання із забезпечення стабільної продуктивності культур із необхідністю збереження природних ресурсів, біорізноманіття та мінімізації негативного впливу на довкілля та клімат. Науково-методичні засади формування подібних систем ґрунтуються на міждисциплінарному підході та об'єднують положення агроекології, фітосанітарії, кліматології, ґрунтознавства, біології, а також методи екологічної оцінки агротехнологій.

Базовим методологічним принципом екологічно безпечного захисту рослин є системний підхід до управління фітосанітарним станом агроценозів, за якого захисні заходи розглядають не ізольовано, а як невід'ємний елемент цілісної технології вирощування культури. У межах цього підходу ключове значення набуває профілактика поширення та розвитку шкідливих організмів шляхом формування агроценозів із підвищеною екологічною стійкістю, оптимізація сівозмін, добір конкурентоспроможних сортів та гібридів, регулювання густоти стояння рослин, водного та поживного режимів.

Інтегрований захист рослин (ІЗР) становить наукове підґрунтя екологічно орієнтованих систем контролю шкідливих організмів. Його методологія передбачає поетапне ухвалення рішень на засадах фітосанітарного моніторингу, визначення видового складу та динаміки популяцій шкідливих організмів, урахування економічних порогів шкодочинності (ЕПШ) та екологічних обмежень. Хімічні засоби захисту в таких системах застосовують лише за потреби в оптимізованих нормах, що дає змогу знизити пестицидне та вуглецеве навантаження на агроекосистеми.

Методологічним підґрунтям низьковуглецевої системи захисту рослин є оцінювання повного циклу технологій захисту рослин, зокрема виробництва, транспортування та застосування засобів захисту, а також виконання механізованих операцій. Такий підхід дає змогу кількісно визначати викиди парникових газів (CO₂-екв.) і порівнювати альтернативні системи захисту за показниками вуглецевої ефективності. На цих засадах обґрунтовують доцільність зменшення кількості обробок, переходу до комбінованого та цільового застосування препаратів, використання засобів із нижчою нормою витрат та впровадження технологій точного внесення.

Важливим науково-методичним аспектом є поєднання екологічної безпеки та фітосанітарної ефективності заходів захисту. Оцінювання систем захисту рослин здійснюють не лише за показниками біологічної ефективності, а й за впливом на нецільові організми, ґрунтову біоту, агрохімічні властивості ґрунту, ризики вторинного забур'янення чи спалахів розмноження шкідників, а також за показниками енергомісткості й вуглецевого сліду. Такий підхід дає можливість формувати збалансовані системи захисту, адаптовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

За умов кліматичних змін науково-методичні засади екологічно безпечного та низьковуглецевого захисту рослин передбачають адаптивність та гнучкість технологічних рішень. Це охоплює використання моделей прогнозу розвитку шкідливих організмів, оперативне коригування систем захисту залежно від погодних умов та фітосанітарної ситуації, а також інтеграцію цифрових інструментів моніторингу та підтримки прийняття рішень. У сукупності такі підходи забезпечують підвищення екологічної стійкості агроценозів, зменшення антропогенного навантаження та формування кліматично орієнтованих систем захисту рослин, придатних для впровадження у сучасному аграрному та біоенергетичному виробництві.

1.1. Актуальність екологізації систем захисту сільськогосподарських і біоенергетичних культур

Екологізація систем захисту рослин є одним із ключових напрямів трансформації сучасного аграрного та біоенергетичного виробництва. Вона зумовлена поглибленням глобальних та регіональних екологічних проблем, посиленням впливу кліматичних змін та потребою забезпечити довгострокову продуктивність агроєкосистем. Інтенсифікація землеробства, що супроводжувалася широким та часто неконтрольованим застосуванням хімічних засобів захисту рослин, призвела до зростання антропогенного навантаження на ґрунті, водні та біотичні компоненти довкілля, порушення екологічного рівноваги агроценозів та підвищення ризиків для здоров'я людини.

У посівах сільськогосподарських культур хімічний метод захисту тривалий час відігравав провідну роль у стримуванні поширення та зростання шкодочинності шкідників, збудників хвороб і бур'янів. Проте накопичення негативних наслідків — формування резистентних популяцій шкідливих організмів, скорочення чисельності корисної ентомофауни, деградація ґрунтової біоти та вторинне забруднення агроландшафтів — зумовлює необхідність переорієнтації систем захисту на екологічно збалансовані підходи. За таких умов екологізація розглядаєть-

ся не як відмова від ефективної системи захисту рослин, а як оптимізація співвідношення між біологічною результативністю та екологічною безпекою захисних заходів.

Особливої актуальності екологізація систем захисту набуває під час вирощування біоенергетичних культур, продукція яких призначена для отримання відновлюваної енергії та має забезпечувати позитивний енергетичний та вуглецевий баланс. Надмірне застосування пестицидів у таких посівах знижує екологічну доцільність біоенергетичної продукції, оскільки підвищує сумарні викиди парникових газів та енергомісткість технологій. Тому для біоенергетичних культур пріоритетними є системи захисту, що ґрунтуються на агротехнічних, біологічних та механічних методах контролю шкідливих організмів із мінімальним залученням хімічних засобів.

Кліматичні зміни істотно ускладнюють фітосанітарну ситуацію в агроценозах, сприяючи розширенню ареалів окремих видів бур'янів, шкідників та збудників хвороб, зміні строків їхнього розвитку та підвищенню шкодочинності. Це посилює ризик частішого застосування пестицидів і, відповідно, зростання екологічного навантаження на довкілля. За таких умов екологізація систем захисту рослин передбачає впровадження адаптивних та превентивних заходів, що дають змогу зменшити потребу у хімічному втручанні завдяки підвищенню стійкості агроценозів до біотичних стресів.

Актуальність екологізації систем захисту рослин також зумовлена необхідністю гармонізації аграрного виробництва з міжнародними екологічними стандартами, вимогами щодо зменшення пестицидного навантаження та викидів парникових газів, а також зростанням споживання екологічно безпечної аграрної продукції. Перехід до екологічно орієнтованих систем захисту сприяє підвищенню конкурентоспроможності сільськогосподарської та біоенергетичної продукції, мінімізації ризиків для довкілля та здоров'я людини, а також формуванню стійких агроecosystem, здатних забезпечувати стабільну продуктивність в умовах кліматичної та ресурсної нестабільності.

Таким чином, екологізація систем захисту сільськогосподарських і біоенергетичних культур є об'єктивною науковою та практичною необхідністю, що відповідає сучасним викликам розвитку аграрного сектору та слугує основою для впровадження інтегрованих, екологічно безпечних та низьковуглецевих технологій захисту рослин.

1.2. Основні принципи інтегрованого захисту рослин у сучасних умовах

Інтегрований захист рослин (*Integrated Pest Management, IPM*) (ІЗР) є науково обґрунтованою системою управління фітосанітарним станом агроценозів, що поєднує комплекс взаємодоповнювальних методів контролю шкідливих організмів для забезпечення стабільної продуктивності культур за мінімального негативного впливу на довкілля, біорізноманіття та здоров'я людини. У сучасних умовах ІЗР розглядають як ключовий інструмент екологізації та декарбонізації систем захисту рослин, особливо у контексті кліматичних змін та зростання антропогенного навантаження на агроєкосистеми.

Головним принципом ІЗР є превентивність, яка передбачає створення умов, несприятливих для розвитку шкідливих організмів ще до виникнення загрози їхнього масового поширення. До превентивних заходів належать науково обґрунтовані сівозміни, просторове та годинне розміщення культур, використання адаптованих сортів та гібридів із підвищеною стійкістю або толерантністю до біотичних чинників, оптимізація термінів сівби та густоти стояння рослин, збалансоване удобрення та раціональне управління водним режимом. Саме профілактика дає змогу суттєво зменшити потребу в застосуванні хімічних препаратів.

Іншим засадничим принципом інтегрованої системи захисту рослин є обов'язковий фітосанітарний моніторинг та діагностика. Регулярне спостереження за станом посівів, визначення видового складу, чисельності та динаміки розвитку бур'янів, шкідників та збудників хвороб є підґрунтям для своєчасного та обґрунтованого ухвалення рішень. У сучасних умовах моніторинг дедалі частіше поєднують із використанням цифрових технологій, дистанційного зондування, прогнозних моделей та систем підтримки ухвалення рішень, що підвищує точність оцінювання фітосанітарних ризиків.

Визначальним принципом ІЗР є застосування захисних заходів на засадах економічних порогів шкодочинності (ЕПШ) (додаток). Це означає, що втручання є доцільним лише тоді, коли потенційні втрати врожаю перевищують витрати на захист та екологічні ризики. Такий підхід запобігає необґрунтованому застосуванню засобів захисту рослин, знижує пестицидне та вуглецеве навантаження, сприяє збереженню корисної ентомофауни й ґрунтової біоти.

Пріоритетність нехімічних методів є одним із фундаментальних принципів ІЗР. У сучасних інтегрованих системах першочергово використовують агротехнічні, біологічні, механічні та фізичні методи контролю шкідливих організмів. Біологічні засоби захисту, використання природних регуляторів чисельності, міжрядні обробки, мульчування та

інші агрозаходи дають змогу ефективно стримувати розвиток шкідливих організмів без значного негативного впливу на довкілля.

Хімічний метод у системі ІЗР має допоміжний та регульований характер. Застосування пестицидів допускається лише за умови недостатньої ефективності інших методів і здійснюється на основі принципів селективності, мінімальних ефективних норм, чергування механізмів дії та оптимальних строків внесення препаратів. У сучасних умовах особлива увага приділяється зниженню фітотоксичності, запобіганню розвитку резистентності та мінімізації негативного впливу препаратів на нецільові організми.

Важливим сучасним принципом інтегрованого захисту рослин є адаптивність системи до кліматичних змін та конкретних ґрунтово-кліматичних умов. ІЗР передбачає гнучке коригування захисних заходів залежно від погодних чинників, фаз розвитку культури, видового складу та чисельності шкідливих організмів й попереднього фітосанітарного стану поля. Такий підхід підвищує ефективність заходів захисту й дає змогу зменшити кількість хімічних обробок.

У сучасній інтерпретації ІЗР дедалі більшого значення набуває оцінювання екологічної та вуглецевої ефективності захисних заходів. Це передбачає аналіз енергомісткості операцій, викидів парникових газів і сумарного екологічного навантаження технологій захисту рослин. Поєднання принципів ІЗР із низьковуглецевими підходами формує підґрунтя для створення стійких, ресурсоефективних та кліматично орієнтованих систем захисту сільськогосподарських і біоенергетичних культур.

1.3. Вуглецевий слід технологій захисту рослин та підходи до його зниження

У сучасних умовах переходу до кліматично орієнтованого та сталого агровиробництва дедалі більшого значення набуває оцінювання вуглецевого сліду технологій захисту рослин як складника загального екологічного навантаження аграрних систем. Вуглецевий слід відображає сумарні прямі та непрямі викиди парникових газів, виражені в еквіваленті діоксиду вуглецю (CO_2 -екв), що виникають упродовж усього циклу виконання захисних заходів — від виробництва засобів захисту рослин до їхнього застосування в полі.

Основними джерелами формування вуглецевого сліду в технологіях захисту рослин є енергетичні витрати на синтез пестицидів, їхнє транспортування і зберігання, використання пально-мастильних матеріалів під час виконання захисних операцій, а також непрямі викиди, пов'язані з використанням сільськогосподарської техніки й обладнання. Додатковим чинником є повторюваність обробок, що суттєво підвищує сумарне споживання енергії та рівень викидів парникових газів.

За інтенсивних систем землеробства хімічний захист рослин може формувати істотну частку загального вуглецевого навантаження в технології вирощування культури. Особливо це властиво культурам із тривалим вегетаційним періодом або високою чутливістю до бур'янів, шкідників і хвороб, де кількість обробок є значною. У посівах біоенергетичних культур надмірний вуглецевий слід систем захисту знижує ефективність використання біомаси як відновлюваного джерела енергії та ставить під сумнів доцільність окремих технологічних рішень.

Науково-методичним підходом до оцінювання вуглецевого сліду технологій захисту рослин є комплексний аналіз повного виробничо-технологічного циклу (*Life Cycle Assessment, LCA*), що дає змогу кількісно порівнювати альтернативні системи за показниками викидів CO₂-екв. на одиницю площі або продукції. Використання LCA створює підґрунтя для обґрунтованого вибору захисних заходів з урахуванням не лише їхньої біологічної ефективності, а й кліматичної доцільності.

Зниження вуглецевого сліду технологій захисту рослин досягається насамперед через скорочення кількості та інтенсивності хімічних обробок. Це забезпечується впровадженням принципів інтегрованого захисту рослин, застосуванням економічних порогів шкодочинності, використанням комбінованих препаратів і оптимізацією строків внесення. Значний ефект дає перехід до диференційованих, цільових обробок та локального застосування засобів захисту, що дозволяє зменшити норми витрати препаратів і пального.

Важливим напрямом зниження вуглецевого навантаження є пріоритетне використання агротехнічних, біологічних і механічних методів контролю шкідливих організмів, які характеризуються нижчою енергомісткістю порівняно з хімічним захистом. Підвищення конкурентоспроможності культурних рослин, оптимізація сівозмін, застосування мульчування, сидератів і покривних культур сприяють природному стримуванню бур'янів і зменшенню потреби в пестицидах.

Суттєве значення для зниження вуглецевого сліду має впровадження точних і цифрових технологій захисту рослин. Використання GPS-навігації, сенсорів, систем диференційованого внесення та дистанційного моніторингу дає змогу мінімізувати витрати препаратів і пального, а також підвищити ефективність кожної обробки. Оптимізація машинно-технологічних операцій і поєднання кількох заходів за один прохід техніки також сприяють скороченню викидів парникових газів.

Таким чином, зниження вуглецевого сліду технологій захисту рослин є важливим елементом екологізації та кліматичної адаптації агро-виробництва. Реалізація низьковуглецевих підходів у поєднанні з принципами інтегрованого захисту рослин дозволяє забезпечити ефективний контроль шкідливих організмів, підвищити екологічну та енергетичну ефективність технологій і сформувати передумови для сталого розвитку сільськогосподарських і біоенергетичних агросистем.

2. Формування фітосанітарного стану посівів культур

Фітосанітарний стан посівів є інтегральною характеристикою агроценозу, що відображає видовий склад, чисельність, динаміку поширення та потенційну шкодочинність шкідників, збудників хвороб і бур'янів для культурних рослин. Саме фітосанітарний стан визначає потребу, строки й інтенсивність захисних заходів, а також рівень екологічного та вуглецевого навантаження технологій вирощування сільськогосподарських і біоенергетичних культур.

Формування фітосанітарного стану посівів відбувається під впливом комплексу біотичних, абіотичних і антропогенних чинників, які взаємодіють між собою та визначають стійкість або вразливість агроценозу до шкідливих організмів. За сучасних умов кліматичних змін та трансформації землеробства роль цих чинників суттєво зростає, що зумовлює необхідність комплексного підходу до оцінювання фітосанітарної ситуації.

Видовий склад і чисельність бур'янів, шкідників і збудників хвороб значною мірою залежать від ґрунтово-кліматичних умов, погодних особливостей року, структури посівних площ і попередників у сівозміні. Зміни температурного режиму, зволоження та тривалості вегетаційного періоду сприяють зміщенню фенологічних фаз розвитку шкідливих організмів, появі нових або нетипових для регіону видів, а також підвищенню їхньої конкурентоспроможності щодо культурних рослин.

Важливим чинником формування фітосанітарного стану посівів є рівень агротехнічної культури землеробства. Система обробітку ґрунту, строки й способи сівби, густина стояння рослин, рівень удобрення та водозабезпечення безпосередньо впливають на розвиток агрофітоценозу та його здатність протистояти біотичним стресам. Порушення сівозмін, спрощення технологій і однобічне застосування окремих методів захисту створюють передумови для збільшення інфекційного навантаження, щільності популяцій шкідників і накопичення насіння бур'янів.

Шкодочинність шкідливих організмів визначається не лише їхньою чисельністю, а й фазою розвитку культури, просторовим розміщенням у посівах, біологічними особливостями виду та взаємодією з іншими компонентами агроекосистеми. Навіть відносно низька чисельність окремих видів може спричинити істотні втрати врожаю за несприятливих для культури умов або в критичні фази її розвитку. Тому оцінювання рівня шкодочинності різних організмів має ґрунтуватися на комплексному аналізі кількісних і якісних показників.

Суттєву роль у формуванні фітосанітарного стану посівів відіграють природні регулятори чисельності шкідливих організмів — ентомофаги, антагоністичні мікроорганізми, конкурентні види рослин. Збереження та активізація їхньої дії є важливою умовою екологічно орієнтованих систем захисту рослин. Порушення біоценотичних зв'язків унаслідок надмірного хімічного навантаження знижує стабільність агроценозів і підвищує ризик спалахів епіфітотій та масового розмноження шкідників.

За сучасних умов фітосанітарний стан посівів дедалі частіше розглядають у тісному зв'язку з екологічною та кліматичною ефективністю технологій захисту рослин. Своєчасне й об'єктивне оцінювання чинників формування фітосанітарного стану посівів створює наукове підґрунтя для ухвалення обґрунтованих рішень щодо вибору методів захисту рослин. Це дає змогу мінімізувати екологічні ризики та забезпечити стабільну продуктивність сільськогосподарських і біоенергетичних культур у межах інтегрованих і низьковуглецевих систем землеробства.

2.1. Основні групи шкідливих організмів у посівах сільськогосподарських і біоенергетичних культур

Фітосанітарний стан посівів сільськогосподарських і біоенергетичних культур формується під впливом комплексу шкідливих організмів, які за біологічними особливостями, рівнем шкодочинності та екологічною стійкістю поділяються на кілька основних груп. Їхня присутність і ступінь шкодочинності залежать від ґрунтово-кліматичних умов, технології вирощування культури, структури посівних площ, біологічних особливостей рослин та рівнем антропогенного навантаження на агроекосистему.

Провідною та наймасовішою групою шкідливих організмів у посівах культур є сеgetальна рослинність або бур'яни (табл. 1). Бур'яни характеризуються високою екологічною пластичністю, значним репродуктивним потенціалом і здатністю швидко адаптуватися до змін агротехнологій та кліматичних умов. У посівах сільськогосподарських культур вони конкурують із культурними рослинами за світло, вологу й елементи живлення, ускладнюють проведення агротехнічних заходів, а також знижують урожайність і якість продукції. У біоенергетичних насадженнях бур'яни особливо небезпечні на початкових етапах росту культур, коли формування продуктивної біомаси критично залежить від відсутності конкурентного тиску.

Таблиця 1

Видовий склад бур'янів в агроценозах сільськогосподарських і біоенергетичних культур

Вид		Родина	
укр. назва	латина	укр. назва	латина
Однодольні види			
Мишій сизий	<i>Setaria glauca</i> L.	Злакові	<i>Poaceae</i>
Пирій повзучий	<i>Elytrigia repens</i> L.		
Елевзіна індійська	<i>Eleusine indica</i> L.		
Просо півняче	<i>Echinochloa crus-galli</i> L.		
Тонконіг однорічний	<i>Poa annua</i> L.		
Вівсюг звичайний	<i>Avena fatua</i> L.		
Дводольні види			
Жабрій звичайний	<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	Глухокропивові	<i>Lamiaceae</i>
Зірочник середній	<i>Stellaria media</i> L.	Гвоздикові	<i>Caryophyllaceae</i>
Лобода біла	<i>Chenopodium album</i> L.	Лободові	<i>Chenopodiaceae</i>
Лобода гібридна	<i>Chenopodium hybridum</i> L.	Лободові	<i>Chenopodiaceae</i>
Талабан польовий	<i>Thlaspi arvense</i> L.	Капустяні	<i>Brassicaceae</i>
Щириця звичайна	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Амарантові	<i>Amaranthaceae</i>
Щириця жминдоподібна	<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson	Амарантові	<i>Amaranthaceae</i>
Мак польовий	<i>Papaver argemone</i> L.	Макові	<i>Papaveraceae</i>
Осот рожевий	<i>Cirsium arvense</i> L.	Айстрові	<i>Asteraceae</i>
Осот жовтий	<i>Sonchus arvensis</i> L.	Айстрові	<i>Asteraceae</i>
Кучерявець Софії	<i>Descurainia sophia</i> L.	Капустяні	<i>Brassicaceae</i>
Рутка лікарська	<i>Fumaria officinalis</i> L.	Руткові	<i>Fumariaceae</i>
Сухоребрик Люзеля	<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	Капустяні	<i>Brassicaceae</i>
Сухоребрик лікарський	<i>Sisymbrium officinale</i> L.	Капустяні	<i>Brassicaceae</i>
Сокирки польові	<i>Consolida regalis</i> L.	Жовтецеві	<i>Ranunculaceae</i>
Чорноцир нетреболист.	<i>Iva xanthiifolia</i> Nutt.	Айстрові	<i>Asteraceae</i>
Незабутниця дрібноkv.	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Айстрові	<i>Asteraceae</i>
Нетреба звичайна	<i>Xanthium strumarium</i> L.	Айстрові	<i>Asteraceae</i>
Пушняк канадський	<i>Erigeron canadensis</i> L.	Айстрові	<i>Asteraceae</i>
Паслін чорний	<i>Solanum nigrum</i> L.	Пасльонові	<i>Solanaceae</i>
Полин звичайний	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Айстрові	<i>Asteraceae</i>
Фіалка польова	<i>Viola arvensis</i> Murray	Фіалкові	<i>Violaceae</i>
Чина бульбаста	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	Бобові	<i>Fabaceae</i>
Черета трироздільна	<i>Bidens tripartita</i> L.	Айстрові	<i>Asteraceae</i>
Блекота чорна	<i>Hyoisycamus niger</i> L.	Пасльонові	<i>Solanaceae</i>
Підмаренник чіпкий	<i>Galium aparine</i> L.	Маренові	<i>Rubiaceae</i>
Берізка польова	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Берізкові	<i>Convolvulaceae</i>
Ромашка непахуча	<i>Matricaria perforata</i> L.	Айстрові	<i>Asteraceae</i>

Другою важливою групою шкідливих організмів є шкідники — комахи, кліщі, нематоди та інші безхребетні, які пошкоджують надземні й підземні органи рослин (табл. 2). Їхня шкодочинність виявляється у пошкодженні листкового апарату, пагонів, кореневої системи, генеративних органів, а також у перенесенні збудників грибних, вірусних і бактеріальних хвороб. Найбільш небезпечними вважаються багатодні види шкідників (поліфаги), оскільки вони здатні пошкоджувати майже всі культури — від зернових до біоенергетичних.

В умовах кліматичних змін спостерігається тенденція до збільшення кількості генерацій окремих видів, розширення ареалів та підвищення їхньої шкодочинності, що істотно ускладнює фітосанітарну ситуацію на полях.

Таблиця 2

Видовий склад найбільш небезпечних шкідників основних сільськогосподарських і біоенергетичних культур

Назва шкідника	
українська назва	латинська назва
Зернові культури (пшениця, жито, овес, ячмінь)	
Клоп шкідлива черепашка	<i>Eurygaster integriceps</i> (Puton, 1881)
Гессенська муха	<i>Mayetiola destructor</i> (Say, 1817)
Хлібна жужелиця (турун)	<i>Zabrus tenebrioides</i> (Goeze, 1777)
Пшеничний трипс	<i>Haplothrips tritici</i> (Kurdjumov, 1912)
Шведська муха вівсяна	<i>Oscinella frit</i> (Linnaeus, 1758)
Шведська муха ячмінна	<i>Oscinella pusilla</i> (Meigen, 1830)
Жук-кузька (хлібний жук)	<i>Anisoplia austriaca</i> (Herbst, 1783)
П'явица сinya	<i>Oulema melanopus</i> (Linnaeus, 1758)
Велика злакова попелиця	<i>Sitobion avenae</i> (Fabricius, 1775)
Звичайна злакова попелиця	<i>Schizaphis graminum</i> (Rondani, 1852)
Хлібний пильщик звичайний	<i>Cephus pygmaeus</i> (Linnaeus, 1767)
Озима муха	<i>Delia coarctata</i> (Fallén, 1825)
Кукурудза	
Стебловий кукурудзаний метелик	<i>Ostrinia nubilalis</i> (Hübner, 1796)
Західний кукурудзаний жук (діабротика)	<i>Diabrotica virgifera virgifera</i> LeConte, 1868
Бавовникова совка	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner, 1808)
Озима совка	<i>Agrotis segetum</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)
Кукурудзяна (кучерява) попелиця	<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch, 1856)
Шведська муха вівсяна	<i>Oscinella frit</i> (Linnaeus, 1758)
Дротяники (личинки коваликів)	<i>Agriotes sputator</i> (Linnaeus, 1758)
Південний сирій довгоносик	<i>Tanymecus dilaticollis</i> (Gyllenhal, 1834)
Зернобобові культури (горох, соя, квасоля, нут, сочевиця)	
Горохова зерноїдка (Брухус)	<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)

Назва шкідника	
українська назва	латинська назва
Акацієва (бобова) вогнівка	<i>Etiella zinckenella</i> (Treitschke, 1832)
Горохова попелиця	<i>Acyrtosiphon pisum</i> (Harris, 1776)
Бульбочкові довгоносики (смугасти)	<i>Sitona lineatus</i> (Linnaeus, 1758)
Горохова плодожерка	<i>Cydia nigricana</i> (Fabricius, 1794)
Соєва плодожерка	<i>Leguminivora glycinivorella</i> (Matsumura, 1898)
Квасолева зерноїдка	<i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say, 1831)
Павутинний кліщ (звичайний)	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch, 1836)
Сонцевик будяковий (Ванесса)	<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)
Паросткова муха	<i>Delia platura</i> (Meigen, 1826)
Ріпак (ярий, озимий)	
Ріпаківий пильщик	<i>Athalia rosae</i> (Linnaeus, 1758)
Прихованохоботник стебловий	<i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsham, 1802)
Ріпаківий насінневий прихованохоботник	<i>Ceutorhynchus obstrictus</i> (Marsham, 1802)
Хрестоцвіті блішки	<i>Phyllotreta</i> spp.
Ріпаківий квітковий комарик	<i>Dasineura brassicae</i> (Winnertz, 1853)
Капустяна попелиця	<i>Brevicoryne brassicae</i> (Linnaeus, 1758)
Ріпаківий квіткоїд	<i>Brassicoglyphus aeneus</i> (Fabricius, 1775)
Білани (капустяний та ріповий)	<i>Pieris brassicae</i> (L., 1758), <i>Pieris rapae</i> (L., 1758)
Капустяна міль	<i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus, 1758)
Капустяна совка	<i>Mamestra brassicae</i> (Linnaeus, 1758)
Соняшник	
Соняшникова шипоноса	<i>Mordellistena pumila</i> Gyllenhal, 1827
Соняшникова вогнівка (міль)	<i>Homoeosoma nebulosa</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)
Південний сірий довгоносик	<i>Tanymecus dilaticollis</i> Gyllenhal, 1834
Сірий буряковий довгоносик	<i>Tanymecus palliatus</i> (Fabricius, 1781)
Соняшниковий вусач	<i>Agapanthia dahli</i> (Richter, 1821)
Мідляк піщаний	<i>Opatrum sabulosum</i> (Linnaeus, 1761)
Геліхризова попелиця	<i>Brachycaudus helichrysi</i> (Kaltenbach, 1843)
Бавовникова совка	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner, 1808)
Дротяники (личинки коваліків)	<i>Agriotes</i> spp.
Цукрові буряки	
Звичайний буряковий довгоносик	<i>Bothynoderes punctiventris</i> (Germar, 1824)
Сірий буряковий довгоносик	<i>Tanymecus palliatus</i> (Fabricius, 1781)
Бурякові блішки (звичайна, південна)	<i>Chaetocnema concinna</i> (Marsham, 1802), <i>Chaetocnema breviscula</i> (Faldermann, 1837)
Бурякова мінууча муха	<i>Pegomya hyoscyami</i> (Panzer, 1809)
Бурякова листкова попелиця	<i>Aphis fabae</i> (Scopoli, 1763)
Бурякова щитоноса	<i>Cassida nebula</i> (Linnaeus, 1758)
Крихітка бурякова	<i>Atomaria linearis</i> (Stephens, 1830)

Назва шкідника	
українська назва	латинська назва
Лучний метелик	<i>Loxostege sticticalis</i> (Linnaeus, 1761)
Озима метелка	<i>Agrotis segetum</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)
Дротяники (личинки коваліків)	<i>Agriotes</i> sp.
Бурякова цистоутворюв. нематода	<i>Heterodera schachtii</i> (Schmidt, 1871)
Стеблова нематода	<i>Ditylenchus dipsaci</i> (Kühn, 1857) (Filipjev, 1936)
Овочеві культури (картопля, капуста, томати, морква, цибуля та ін.)	
Колорадський жук	<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Say, 1824)
Капустяна міль	<i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus, 1758)
Білокрилка теплична	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood, 1856)
Цибулева муха	<i>Delia antiqua</i> (Meigen, 1826)
Морквяна муха	<i>Chamaepsila rosae</i> (Fabricius, 1794)
Павутинний кліщ звичайний	<i>Tetranychus urticae</i> Koch, 1836
Капустяна совка	<i>Mamestra brassicae</i> (Linnaeus, 1758)
Вовчок звичайний (ведведка)	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> (Linnaeus, 1758)
Тютюновий трипс	<i>Thrips tabaci</i> (Lindeman, 1889)
Слизняк сірий польовий	<i>Deroceras reticulatum</i> (Müller, 1774)
Білан капустяний	<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)
Золотиста картопляна нематода	<i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber, 1923)
Ягідні культури (суниця, малина, смородина, агрус, лохина)	
Суничний прозорий кліщ	<i>Phytonemus pallidus</i> (Banks, 1899)
Суничний довгоносик	<i>Anthonomus rubi</i> (Herbst, 1793)
Малинний жук	<i>Byturus tomentosus</i> (Fabricius, 1775)
Смородинна скляниця	<i>Synanthedon tipuliformis</i> (Clerck, 1759)
Смородинний бруньковий кліщ	<i>Cecidophyopsis ribis</i> (Westwood, 1850)
Стеблова малинна галиця	<i>Lasioptera rubi</i> (Schrank, 1781)
Агурсова вогнівка	<i>Euphlyctis zinkenella</i> (Treitschke, 1832)
Плямиста крилатка (дрозофіла Сузукі)	<i>Drosophila suzukii</i> (Matsumura, 1931)
Травневий хрущ (личинки)	<i>Melolontha melolontha</i> (Linnaeus, 1758)
Малинна брунькова міль	<i>Lampronia corticella</i> (Linnaeus, 1758)
Біоенергетичні культури (міскантус, верба, тополя, світчграс, павловнія)	
Листоїд тополевий (великий)	<i>Chrysomela populi</i> (Linnaeus, 1758)
Листоїд вербовий синій	<i>Plagiodera versicolora</i> (Laicharting, 1781)
Листоїд двадцятикрапковий	<i>Chrysomela vigintipunctata</i> (Scopoli, 1763)
Довгоносик вільховий (вербовий)	<i>Cryptorhynchus lapathi</i> (Linnaeus, 1758)
Трубокрут березовий (вербовий)	<i>Byctiscus betulae</i> (Linnaeus, 1758)
Скльвіка мурахоподібна	<i>Synanthedon formicaeformis</i> (Esper, 1783)
Вусач тополевий великий	<i>Saperda carcharias</i> (Linnaeus, 1758)
Попелиця вербова велика	<i>Tuberolachnus salignus</i> (Gmelin, 1790)

Назва шкідника	
українська назва	латинська назва
Попелиця вербова зелена	<i>Chaitophorus saliceti</i> (Panzer, 1798)
Попелиця міскантусова (цукрова)	<i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner, 1897)
Листокуртка розанова	<i>Archips rosana</i> (Linnaeus, 1758)
П'ядун зимовий	<i>Operophtera brumata</i> (Linnaeus, 1758)
Очеретяний свердлик	<i>Phragmatiphila typhae</i> (Thunberg, 1784)
Цикадка буйволородібна	<i>Stictocephala bisonia</i> Kopp & Yonke, 1977
Травневий хрущ (личинки)	<i>Melolontha melolontha</i> (Linnaeus, 1758)
Ковалик посівний (личинки-дротяники)	<i>Agriotes sputator</i> (Linnaeus, 1758)

Окрему групу становлять збудники хвороб рослин — фітопатогенні гриби, бактерії та віруси, які уражають всі органи рослини на різних етапах її органогенезу (табл. 3). Збудники хвороб спричиняють порушення фізіолого-біохімічних процесів в клітинах рослин, зниження фотосинтетичної активності, погіршення якості рослинної продукції та суттєве зниження врожайності. У посівах біоенергетичних культур розвиток хвороб негативно впливає не лише на кількість біомаси, а й на енергетичні показники продукції.

У посівах біоенергетичних культур також можуть формуватися специфічні комплекси шкідливих організмів, пов'язані з багаторічним використанням площ, обмеженим механічним обробітком ґрунту та стабільністю фітоценозу. За таких умов зростає роль біоценотичних взаємодій, а рівень шкодочинності окремих видів значною мірою визначається станом природних регуляторів їхньої чисельності в насадженнях культур.

Таблиця 3

Видовий склад найнебезпечніших збудників хвороб сільськогосподарських і біоенергетичних культур

Українська назва хвороби	Латинська назва збудника хвороби
Зернові культури (пшениця, жито, овес, ячмінь)	
Фузаріоз колоса	<i>Fusarium graminearum</i> Schwabe
Стеблова (лінійна) іржа	<i>Puccinia graminis</i> Pers.
Септоріоз листя	<i>Zymoseptoria tritici</i> (Desm.) Quaedvlieg & Crous
Тверда сажка пшениці	<i>Tilletia caries</i> (DC.) Tul. & C. Tul.
Офіобользна коренева гниль	<i>Gaeumannomyces graminis</i> (Sacc.) Arx & D.L.Olivier
Снігова пліснява	<i>Microdochium nivale</i> (Fr.) Samuels & Hallett
Чорний бактеріоз	<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>undulosa</i> (Smith et al.) Vauterin et al.
Базальний бактеріоз	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> (McCulloch) Young et al.
Жовта карликовість ячменю	<i>Barley yellow dwarf virus</i> (BYDV)

Українська назва хвороби	Латинська назва збудника хвороби
Смугаста мозаїка пшениці	<i>Wheat streak mosaic virus</i> (WSMV)
Кукурудза	
Пухирчата сажка	<i>Ustilago maydis</i> (DC.) Corda
Летюча сажка	<i>Sphacelotheca reiliana</i> (Kühn) Clinton
Фузаріоз качанів	<i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg / <i>Fusarium graminearum</i> Schwabe
Фузаріозна гниль стебла	<i>Fusarium moniliforme</i> J.Sheld.
Гельмінтоспоріоз (бура плямистість)	<i>Exserohilum turcicum</i> (Pass.) K.J.Leonard & Suggs
Диплодіоз (суха гниль)	<i>Stenocarpella maydis</i> (Berk.) Sutton
Коренева гниль	<i>Pythium debaryanum</i> R.Hesse / <i>Rhizoctonia solani</i> J.G.Kühn
Бактеріальне в'янення (вілт Стюарта)	<i>Erwinia stewartii</i> (Smith) Dye
Бактеріальна гниль стебла	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>zeae</i> Sabet
Вірусна мозаїка кукурудзи	<i>Maize dwarf mosaic virus</i> (MDMV)
Зернобобові культури (горох, соя, квасоля, нут, сочевиця)	
Фузаріозне в'янення	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i> (Linford) Snyder & Hansen
Аскохітоз (гороху, нуту)	<i>Ascochyta pisi</i> Lib. / <i>Didymella rabiei</i> (kovachevski) v. Arx
Пероноспороз (несправжня борошниста роса)	<i>Peronospora manshurica</i> (Naumov) Syd. / <i>Peronospora pisi</i> Syd.
Антракноз	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i> (Sacc. & Magnus) Briosi & Cavara
Біла гниль (склеротиніоз)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary
Коренева гниль	<i>Aphanomyces euteiches</i> Drechsler / <i>Rhizoctonia solani</i> J.G.Kühn
Іржа	<i>Uromyces pisi-sativi</i> (Pers.) Liro / <i>Uromyces appendiculatus</i> (Pers.) Unger
Незграбна (кугаста) плямистість квасолі	<i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>phaseolicola</i> (Burkholder) Gardan et al.
Бактеріальний опік сої	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>glycinea</i> (Coerper) Young et al.
Бактеріальний вілт (в'янення)	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> pv. <i>flaccumfaciens</i> (Hedges) Collins & Jones
Вірусна мозаїка сої	<i>Soybean mosaic virus</i> (SMV)
Жовта мозаїка квасолі	<i>Bean yellow mosaic virus</i> (BYMV)
Ріпак (ярий, озимий)	
Фомоз (рак стебла)	<i>Leptosphaeria maculans</i> (Desm.) Ces. & De Not.
Склеротиніоз (біла гниль)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary
Альтернаріоз (чорна плямистість)	<i>Alternaria brassicae</i> (Berk.) Sacc.
Пероноспороз (несправжня борошниста роса)	<i>Peronospora parasitica</i> (Pers.) de Bary
Циліндрспоріоз (світла плямистість)	<i>Cylindrosporium concentricum</i> Grev.
Вертицильоз (в'янення)	<i>Verticillium longisporum</i> (C.Stark) Karapapa et al.
Кила капустяних	<i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin

Українська назва хвороби	Латинська назва збудника хвороби
Чорна ніжка (комплекс збудників)	<i>Olpidium brassicae</i> (Woronin) P.A.Dang. / <i>Pythium debaryanum</i> R.Hesse
Судинний бактеріоз	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> (Pammel) Dowson
Бактеріоз коренів	<i>Pseudomonas fluorescens</i> (Trevisan) Migula
Вірус мозаїки турнепсу	<i>Turnip mosaic virus</i> (TuMV)
Вірус жовтяниці буряка на ріпаку	<i>Beet western yellows virus</i> (BWYV)
Соняшник	
Біла гниль (склеротиніоз)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary
Сіра гниль	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.
Фомопсис (сіра плямистість)	<i>Diaporthe helianthi</i> Munt.-Cvetk. et al.
Несправжня борошниста роса	<i>Plasmopara halstedii</i> (Farl.) Berl. & De Toni
Фомоз (чорна плямистість)	<i>Phoma macdonaldii</i> Boerema
Вертицильозне в'янення	<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.
Септоріоз (бура плямистість)	<i>Septoria helianthi</i> Ellis & Kellerm.
Альтернаріоз	<i>Alternaria helianthi</i> (Hansf.) Tubaki & Nishiz.
Іржа соняшнику	<i>Puccinia helianthi</i> Schwein.
Вугільна (попеляста) гниль	<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid.
Бактеріальне в'янення	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>helianthi</i> (Kawamura) Young et al.
Бактеріальна гниль стебла	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> (Jones) Bergey et al.
Вірус огіркової мозаїки на соняшнику	<i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV)
Цукровий буряк	
Церкоспороз	<i>Cercospora beticola</i> Sacc.
Борошниста роса	<i>Erysiphe betae</i> (Vanha) Weltzien
Пероноспороз	<i>Peronospora farinosa</i> f. sp. <i>betae</i> Byford
Фомоз (зональна плямистість)	<i>Phoma betae</i> A.B. Frank
Рамуляріоз	<i>Ramularia beticola</i> Fautrey & Lambotte
Коренеїд (комплекс збудників)	<i>Aphanomyces euteiches</i> Drechsler / <i>Pythium debaryanum</i> R.Hesse
Фузаріозна гниль	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>betae</i> (Stewart) Snyder & Hansen
Кагатна гниль (під час зберігання)	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. / <i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.) Vuill.
Ризоктоніоз (бура гниль)	<i>Rhizoctonia solani</i> J.G.Kühn
Бактеріальний рак	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> (Smith & Townsend) Conn
Хвостова бактеріальна гниль	<i>Bacillus subtilis</i> (Ehrenberg) Cohn
Вірус жовтяниці буряку	<i>Beet yellows virus</i> (BYV)
Вірус мозаїки буряку	<i>Beet mosaic virus</i> (BtMV)
Ризоманія (вірус некротичного пожовтіння жилок)	<i>Beet necrotic yellow vein virus</i> (BNYVV)

Українська назва хвороби	Латинська назва збудника хвороби
Овочеві культури (картопля, капуста, томати, морква, цибуля та ін.)	
Фітофтороз	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary
Альтернاریоз (суха плямистість)	<i>Alternaria solani</i> Sorauer
Ризоктоніоз (чорна парша)	<i>Rhizoctonia solani</i> J.G.Kühn
Фузаріозна суха гниль	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.
Чорна ніжка (бактеріальна)	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>atrosepticum</i> (van Hall) Hauben et al.
Кила капустяних	<i>Plasmiodiophora brassicae</i> Woronin
Пероноспороз	<i>Hyaloperonospora brassicae</i> (Gäum.) Göker et al.
Альтернاریоз (чорна гниль)	<i>Alternaria radicina</i> Meier, Drechsler & E.D.Eddy
Фомоз (бура гниль)	<i>Phoma rostrupii</i> Sacc.
Склеротиніоз (біла гниль)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary
Пероноспороз (цибуля)	<i>Peronospora destructor</i> (Berk.) Casp. ex Berk.
Фузаріозна гниль денця цибулі	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i> (H.N.Hans.) W.C.Snyder & H.N.Hansen
Шийкова гниль цибулі	<i>Botrytis allii</i> Munn
Судинний бактеріоз	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> (Pammel) Dowson
Слизовий бактеріоз	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> (Jones) Waldee
Вертицильозне в'янення	<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.
Бактеріальний рак томатів	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> (Smith) Davis et al.
Вірус тютюнової мозаїки	<i>Tobacco mosaic virus</i> (TMV)
Ягідні культури (суниця, малина, смородина, агрус, лохина)	
Сіра гниль (ягід та квітів)	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.
Антракноз (ягід та пагонів)	<i>Colletotrichum acutatum</i> J.H.Simmonds / <i>Elsinoë veneta</i> (Burkholder) Jenkins
Американська борошниста роса	<i>Podosphaera mors-uvae</i> (Schwein.) U.Braun & S.Takam.
Фітофторозне в'янення (коренева гниль)	<i>Phytophthora cactorum</i> (Lebert & Cohn) J.Schröt. / <i>Phytophthora fragariae</i> Hickman
Пурпурова плямистість (дидимела)	<i>Didymella applanata</i> (Niessl) Sacc.
Біла плямистість листя (септоріоз)	<i>Mycosphaerella fragariae</i> (Tul.) Lindau / <i>Septoria ribis</i> Desm.
Стовпчаста іржа	<i>Cronartium ribicola</i> J.C.Fisch.
Вертицильозне в'янення	<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.
Рак стебла лохини (фомопсис)	<i>Phomopsis vaccinii</i> Shear, N.E.Stevens & Bain
Кореневий рак	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> (Smith & Townsend) Conn
Бактеріальний опік	<i>Erwinia amylovora</i> (Burrill) Winslow et al.
Махровість (реверсія) смородини	<i>Blackcurrant reversion virus</i> (BCRV)
Кучерявість малини	<i>Raspberry curly dwarf virus</i> (RCDV)
Вірусна мозаїка	<i>Arabis mosaic virus</i> (ArMV)

Українська назва хвороби	Латинська назва збудника хвороби
Біоенергетичні культури (міскантус, верба, тополя, світчграс, павловнія)	
Іржа міскантусу	<i>Puccinia miscanthi</i> Miura
Плямистість листя міскантусу	<i>Leptosphaeria miscanthi</i> Shirai & Hara
Іржа верби та тополі	<i>Melampsora larici-populina</i> Kleb. / <i>Melampsora epitea</i> Thüm.
Антракноз верби	<i>Drepanopeziza sphaeroides</i> (Pers.) Höhn.
Цитоспороз (некроз кори верби / тополі)	<i>Cytospora chrysosperma</i> (Pers.) Fr.
Гіпоксилонувий рак тополі	<i>Hypoxylon mammatum</i> (Wahl.) J.H.Mill.
Іржа світчграсу (проса прутоподібн.)	<i>Puccinia emaculata</i> Schwein.
Сажка світчграсу	<i>Tilletia maclaganii</i> (Berk.) Clinton
Коренева гниль павловнії	<i>Rhizoctonia solani</i> J.G.Kühn / <i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.
Борошниста роса павловнії	<i>Phyllactinia guttata</i> (Wallr.) Lév.
Бактеріальний рак тополі	<i>Xanthomonas populi</i> (ex Ride) Ridé & Ridé
Бактеріальний опік верби	<i>Brenneria salicis</i> (Day) Hauben et al.
Відьмині мітли павловнії (фітоплазмоз)	<i>Paulownia witches' broom phytoplasma</i> (PaWB)
Вірус мозаїки світчграсу	<i>Switchgrass mosaic virus</i> (SwMV)

Таким чином, основні групи шкідливих організмів у посівах сільськогосподарських і біоенергетичних культур формують складну й динамічну систему взаємодій, що потребує диференційованого підходу до оцінювання їхньої шкодочинності. Комплексне врахування біологічних особливостей кожної групи є необхідною умовою розроблення ефективних, екологічно безпечних і низьковуглецевих систем захисту рослин.

2.2. Вплив кліматичних змін на поширення та шкодочинність шкідників, збудників хвороб і бур'янів

Кліматичні зміни є одним із визначальних чинників трансформації фітосанітарного стану агроценозів у сучасних умовах. Підвищення середньорічної температури повітря, зміна режиму атмосферних опадів, зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ (посух, злив, теплових хвиль), а також подовження вегетаційного періоду істотно впливають на поширення, розвиток, розмноження та шкодочинність шкідників, збудників хвороб рослин і бур'янів.

Зміни температурного режиму безпосередньо позначаються на життєвих циклах шкідливих організмів. Підвищення температури сприяє скороченню тривалості розвитку комах, кліщів і фітонематод, збільшенню кількості їхніх поколінь за вегетаційний період, зростанню чисельності популяцій, що зимують, та розширенню ареалів тепло-

любних видів. У результаті підвищується ризик масового розмноження, появи нових або раніше нетипових для певних регіонів шкідників, а також зміщуються строки прояву їхньої максимальної шкодочинності.

Істотний вплив кліматичні зміни мають і на розвиток хвороб рослин. Коливання вологості та температури визначають інтенсивність інфекційного процесу, виживання збудників у ґрунті та рослинних рештках, а також швидкість поширення інфекції в посівах культур. Теплі й вологі періоди сприяють розвитку грибних і бактеріальних хвороб, тоді як посушливі умови можуть послаблювати імунітет рослин і підвищувати їхню сприйнятливість до корневих гнилей і судинних інфекцій. Зміна клімату також впливає на структуру комплексу збудників хвороб, сприяючи домінуванню більш агресивних і адаптивних форм.

Кліматичні зміни істотно впливають на видовий склад і шкодочинність бур'янів. Підвищення температури та нестабільність зволоження створюють сприятливі умови для поширення ксерофітних, теплолюбних і високоадаптивних видів, зокрема однорічних пізніх ярих бур'янів. Зростає роль видів із високою екологічною пластичністю, значним насінневим потенціалом і тривалим періодом проростання. Унаслідок цього ускладнюється прогнозування хвиль сходів бур'янів та знижується ефективність традиційних строків і схем захисту.

Окремим аспектом є вплив кліматичних змін на взаємодію між культурними рослинами та шкідливими організмами. Стресові умови, пов'язані з посухами, перегрівом або надмірним зволоженням ґрунту, знижують конкурентоспроможність культур і їхню здатність до компенсації ушкоджень. Це призводить до підвищення їхньої шкодочинності навіть за помірної чисельності бур'янів, шкідників і інфекційного навантаження збудників хвороб, а також зменшує ефективність окремих захисних заходів.

Зміна клімату впливає і на ефективність систем захисту рослин. Порушення традиційних фенологічних фаз розвитку шкідливих організмів ускладнює вибір оптимальних строків застосування засобів захисту, підвищує ризик зниження їхньої біологічної ефективності та сприяє зростанню кількості повторних обробок. За таких умов підвищується значення фітосанітарного моніторингу, прогнозування та адаптивного управління захисними заходами.

Таким чином, кліматичні зміни формують нові виклики для систем захисту рослин, зумовлюючи зміну структури фітопатогенних комплексів, підвищення шкодочинності окремих видів і зростання екологічних ризиків. В умовах кліматичних змін необхідною є адаптація систем захисту рослин на засадах інтегрованого підходу, поєднання превентивних і екологічно безпечних методів, а також гнучке коригування технологічних рішень з урахуванням кліматичних трендів і регіональних особливостей агроценозів.

2.3. Критерії економічної та екологічної доцільності заходів захисту рослин

Ефективність систем захисту рослин у сучасних умовах визначається не лише рівнем зниження шкодочинності бур'янів, шкідників і збудників хвороб, а й економічною та екологічною обґрунтованістю обраних методів. В умовах постійного зростання вартості ресурсів, посилення екологічних регламентів та необхідності мінімізації вуглецевого сліду аграрного виробництва, процес прийняття рішень у сфері захисту рослин має базуватися на комплексній оцінці витрат, прогнозованого ефекту та потенційних ризиків для довкілля.

Фундаментальним економічним критерієм доцільності захисних заходів є співвідношення витрат на їх реалізацію та очікуваної вартості збереженого врожаю чи приросту продукції. Захисні заходи вважаються економічно виправданими лише тоді, коли вартість витрат перевищує сукупні витрати на проведення заходів захисту, що включають ціну препаратів, витрати на енергоносії, виконання механізованих робіт та інші супутні технологічні витрати. У цьому контексті ключового значення набуває застосування економічних порогів шкодочинності як базового інструменту для оптимізації заходів захисту.

Не менш важливим показником економічної ефективності є стабільність та прогнозованість результату захисних дій. Заходи, що забезпечують лише короткострокове пригнічення шкідливих об'єктів, але провають розвиток резистентності або порушують екологічну рівновагу в агроценозах, у середнь- та довгостроковій перспективі неминуче призводять до здорожчання технології та зниження загальної рентабельності виробництва. Відтак, економічна доцільність має оцінюватися комплексно: з урахуванням циклічності застосування заходів та їхнього віддаленого впливу на фітосанітарний стан агрофітоценозів у наступні роки.

Екологічна доцільність захисних заходів визначається ступенем їхнього впливу на ключові компоненти агроєкосистеми: ґрунт, водні ресурси, атмосферне повітря, біоту та загальний рівень біорізноманіття. До засадничих екологічних критеріїв належать токсикологічна безпека препаратів, їхня селективність щодо нецільових видів, ризик акумуляції залишків пестицидів у ґрунті та сільськогосподарській продукції, а також вплив на природних регуляторів чисельності шкідливих об'єктів. Пріоритетними визнаються заходи, що мінімізують негативну дію на корисну ентомофауну, ґрунтову мікробіоту та підтримують екосистемні функції агроценозів.

В умовах глобальних кліматичних змін особливої актуальності набуває оцінка вуглецевої доцільності захисних стратегій. Основними критеріями в цьому аспекті виступають рівень енергомісткості техноло-

гічних операцій, обсяг викидів парникових газів (у еквіваленті CO₂-eq) на одиницю площі або виробленої продукції, а також потенціал зниження вуглецевого навантаження завдяки оптимізації кількості обробок, вибору менш енергозатратних методів та впровадженню технологій точного землеробства. Системи захисту, які забезпечують скорочення викидів парникових газів при збереженні високої ефективності контролю шкідливих організмів, є стратегічно важливими з позицій сталого розвитку аграрного сектору.

Вагомим критерієм екологічної обґрунтованості є відповідність захисних заходів принципам інтегрованого захисту рослин. Перевага надається тим системам, де хімічний метод застосовується виключно як допоміжний елемент комплексного підходу, тоді як основний акцент зміщується на профілактичні, агротехнічні, біологічні та механічні методи. Такий підхід дає змогу суттєво зменшити пестицидне навантаження на довкілля, підвищити екологічну стійкість агроценозів і нівелювати ризики виникнення небажаних екологічних наслідків.

3. Екологічно безпечні заходи захисту культур від шкідливих організмів

Екологічно безпечні методи захисту рослин становлять фундамент сучасних інтегрованих і низьковуглецевих систем управління фітосанітарним станом агроценозів. Їх впровадження спрямоване на мінімізацію пестицидного навантаження, збереження біорізноманіття, підтримання динамічної екологічної рівноваги та формування довгострокової стійкості посівів до комплексу шкідливих організмів. У сучасній агрономічній практиці ці методи розглядаються не як альтернатива традиційному захисту, а як його пріоритетна, науково обґрунтована та високотехнологічна складова.

Екологічно безпечні заходи захисту культур базуються на принципі превентивності — запобіганні масовому розвитку бур'янів, шкідників і збудників хвороб шляхом створення несприятливих умов для їхньої життєдіяльності в межах агроценозу. Такий підхід передбачає комплексне застосування біологічних, агротехнічних, механічних і фізичних заходів, а також раціональне управління структурою посівних площ і технологічними параметрами вирощування культур. Ефективність цих методів безпосередньо залежить від системності їх реалізації та адаптації до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Визначальною особливістю екологічно безпечних методів є їхній селективний характер і мінімальний вплив на нецільові організми. На відміну від суцільної хімічної дії, ці методи сприяють збереженню та

активізації ентомофагів і акарифагів, підтримують життєдіяльність корисної ґрунтової мікробіоти та зміцнюють біоценотичні зв'язки в агро-екосистемі. Як наслідок, суттєво знижується ризик вторинних спалахів чисельності шкідників і сповільнюються процеси формування їхньої резистентності, що забезпечує стабільний фітосанітарний стан у довгостроковій перспективі.

Екологічно безпечні методи захисту мають критичне значення для вирощування біоенергетичних культур, де стратегічним пріоритетом є мінімізація антропогенного навантаження та забезпечення позитивного енергетичного й вуглецевого балансу. Обмеження використання синтетичних хімічних засобів у таких агроценозах сприяє суттєвому зниженню сумарних викидів парникових газів, підвищує екологічну доцільність подальшої переробки біомаси та зміцнює загальну стабільність енергетичних насаджень.

В умовах глобальних кліматичних змін роль екологічно безпечних заходів захисту культур невпинно зростає, оскільки вони забезпечують вищу гнучкість та адаптивність систем рослинництва. Синергія профілактичних заходів, безперервного фітосанітарного моніторингу та оперативного коригування технологічних рішень дозволяє мінімізувати залежність від інтенсивних хімічних обробок, одночасно підвищуючи толерантність культур до біотичних стресів та несприятливих абіотичних чинників.

Таким чином, екологічно безпечні заходи захисту рослин від шкідливих організмів є фундаментом інтегрованих систем захисту. Їх впровадження створює необхідні науково-практичні передумови для збереження природної родючості ґрунтів, стабілізації фітосанітарного стану посівів та нівелювання екологічних ризиків. Це, у свою чергу, сприяє формуванню сталих, конкурентоспроможних та екологічно збалансованих моделей сучасного сільськогосподарського та біоенергетичного виробництва.

3.1. Біологічні засоби захисту рослин та особливості їхнього застосування

Біологічні засоби захисту рослин виступають одним із фундаментальних елементів екологічно безпечних та інтегрованих систем контролю шкідливих організмів. Їхня дія базується на використанні живих організмів або продуктів їхньої життєдіяльності для пригнічення розвитку бур'янів, шкідників і збудників хвороб, що забезпечує ефективний захист агроценозів за мінімального антропогенного навантаження на довкілля. У сучасних умовах біологічний метод позиціонується як пріоритетний напрям екологізації та декарбонізації систем захисту рослин.

До основних груп біологічних засобів належать мікробіологічні препарати, біоінсектициди, біофунгіциди, біонематоциди, а також ентомофаги та мікроорганізми-антагоністи. Мікробіологічні препарати на основі бактерій і грибів здатні безпосередньо інгібувати розвиток фітопатогенів або індукувати імунні реакції рослин. Біоінсектициди та біонематоциди забезпечують селективну дію проти цільових груп шкідників, характеризуючись при цьому низькою токсичністю для корисної ентомофауни, теплокровних тварин та людини.

Визначальною перевагою біологічних засобів є їхня висока вибірковість і здатність підтримувати природні регуляторні механізми агрофітоценозів. На відміну від синтетичних пестицидів, вони не руйнують складні біоценотичні зв'язки, не спричиняють масової загибелі нецільових організмів і не призводять до акумуляції токсичних залишків у ґрунтовому профілі та рослинній продукції. Це набуває особливої значущості в технологіях вирощування біоенергетичних культур та при роботі екологічно орієнтованих моделей землекористування.

Ефективність біологічних засобів захисту критично залежить від гідротермічних та абіотичних умов у момент їхнього застосування. Визначальними чинниками виступають температура повітря, вологість, інтенсивність інсоляції, а також фізіологічний стан рослин і стадія розвитку шкідливого організму. Біопрепарати, як правило, демонструють максимальну результативність на ранніх стадіях розвитку патогенів та шкідників, що вимагає прецизійного дотримання термінів і регламентів їхнього внесення. За несприятливих погодних умов їхня біологічна активність може знижуватися, що обумовлює необхідність поєднання біометодів з іншими захисними заходами.

Характерною особливістю застосування біологічних агентів є їхня виражена профілактична спрямованість. Здебільшого вони є значно ефективнішими як інструмент превентивного контролю, ніж як засіб радикальної ліквідації вже сформованих осередків масового ураження рослин. Відтак, біозахист доцільно інтегрувати з комплексом агротехнічних та організаційних заходів, націлених на системне зниження інфекційного фону та стримування чисельності популяцій шкідників.

У сучасних інтегрованих системах захисту біологічні засоби дедалі частіше комбінують із хімічними препаратами, що мають низький рівень токсичності та короткий період напіврозпаду. Така синергія дозволяє суттєво зменшити норми витрати синтетичних пестицидів, нівелювати ризик формування резистентності та мінімізувати екологічні й вуглецеві витрати агровиробництва. Фундаментальною умовою при цьому залишається перевірка препаратів на сумісність та суворе дотримання технологічних інтервалів між обробками.

Ефективність біоінсектицидів та біонематоциду у сучасних системах екологічно безпечного захисту рослин підтверджується результа-

тами польових досліджень, проведених фахівцями Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН у посівах цукрових буряків та у насадженнях біоенергетичних культур. Зокрема встановлено, що застосування препаратів біопроходження на основі *Bacillus thuringiensis* та авермектинів забезпечує суттєве зниження чисельності як листогризух, так і сисних фітофагів у насадженнях верби енергетичної за мінімального негативного впливу на довкілля і нецільові організми (табл. 4).

Таблиця 4

Біологічна ефективність біоінсектицидів проти листогризух та сисних шкідників у насадженнях верби енергетичної

Назва біоінсектициду (біологічний агент)	Норма витрати	Група шкідників	Біологічна ефективність, %	Особливості дії
Лепідоцид-БТУ (<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>)	35 мл на 5–10 л води	Листо-гризучі	66,4–70,8	Кишкова дія, найбільш ефективний проти личинок молодших віків
		Сисні	42,2–45,8	Обмежена дія через відсутність системного ефекту
Бітоксикацилін-БТУ (<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>thuringiensis</i>)	35 мл на 4–5 л води	Листо-гризучі	68,1–72,5	Висока вибірковість, безпечний для ентомофагів
		Сисні	44,0–47,6	Доцільний у комплексі з агротехнічними заходами
Актоверм (Аверсектин С, 0,2%) – продукт метаболізму штаму-продуцента <i>Streptomyces avermitilis</i>)	80–100 мл на 10 л води	Листо-гризучі та сисні	69,2–72,5 (листогризучі) 49,6–53,2 (сисні)	Контактно-кишкова дія, висока активність за температур > 18 °С
		Сисні	50,1–53,2	Найвища ефективність серед біопрепаратів проти сисних фітофагів

Згідно з експериментальними даними, використання біоінсектицидів Лепідоцид-БТУ, Бітоксикацилін-БТУ та Актоверм сприяло зменшенню популяції листогризух шкідників (вербового листоїда, листових довгоносиків, горностаєвої молі) на 66,4–72,5 %, а сисних фітофагів (вербової попелиці, пінниці слинявої) – на 42,2–53,2 %. Найвищу ефективність проти листогризух комах продемонстрував Актоверм, тоді як препарати на основі *B. thuringiensis* характеризувалися стабільною, проте дещо нижчою дією щодо сисних видів.

Порівняльна оцінка показала, що ефективність синтетичного інсектициду (еталон) була вищою за показники біопрепаратів на 24,8–54,8 %. Водночас біологічні засоби забезпечили достатній рівень контролю чисельності шкідників, не створюючи надмірного пестицидного навантаження та сприяючи збереженню природної ентомофауни. Нижча ефективність біоінсектицидів проти сисних шкідників пояснюється переважно контактним характером їхньої дії та відсутністю системного ефекту, тоді як проти листогризух фітофагів домінуючим механізмом залишається внутрішньокішкова дія ендотоксинів.

Наразі єдиним зареєстрованим в Україні засобом біологічного контролю бурякової нематоди *H. schachtii* в посівах цукрових буряків є препарат Кларіва 156, ТН, діючою речовиною якого є спори бактерії *Pasteuria nishizawae*. Дослідженнями встановлено, що застосування цього біонематоциду дозволяє зменшити чисельність першого покоління цього паразита у ґрунті до 35 %.

Отримані результати підтверджують, що біопрепарати доцільно впроваджувати як невід'ємну складову інтегрованих систем захисту сільськогосподарських і біоенергетичних культур, насамперед за низької та середньої щільності популяцій шкідників. Синергія біологічних препаратів з агротехнічними та організаційно-господарськими заходами дає змогу досягти економічно прийняттого рівня контролю фітофагів при одночасному зниженні екологічної деструкції та мінімізації вуглецевих ризиків агровиробництва.

Таким чином, біологічні засоби захисту рослин відіграють головну роль у формуванні екологічно безпечних та адаптивних систем контролю шкідливих організмів. Раціональна імплементація цих засобів з урахуванням біоекологічних особливостей культур і фітофагів, а також конкретних гідротермічних умов, сприяє зміцненню фітосанітарної стабільності агроценозів. Це забезпечує суттєве зниження пестицидного й вуглецевого навантаження, закладаючи підґрунтя для сталого розвитку сільськогосподарського та біоенергетичного виробництва.

3.2. Природні регулятори чисельності шкідливих організмів

Природні регулятори чисельності шкідливих організмів є невід'ємним компонентом екологічно безпечних та інтегрованих стратегій захисту рослин. Вони забезпечують стабілізацію фітосанітарного стану агроценозів завдяки складним біоценотичним взаємодіям між культурними рослинами, фітофагами та їхніми природними антагоністами, що дозволяє мінімізувати потребу в хімічних обробках. Збереження та активізація діяльності природних регуляторів є фундаментальною передумовою екологізації сучасного землеробства та декарбонізації аграрного сектору.

До ключових груп природних регуляторів належать ентомофаги (хижаки та паразитоїди), мікроорганізми-антагоністи, біотичні конкуренти у структурі рослинного покриву, а також абіотичні чинники, що лімітують розвиток шкідливих організмів. Провідну роль у стримуванні популяцій сисних та листогризучих шкідників відіграють ентомофаги — хижі комахи, кліщі та паразитоїдні перетинчатокрылі. Завдяки здатності оперативного реагувати на зростання щільності фітофагів, вони ефективно підтримують їхню чисельність на рівнях, що не перевищують економічні пороги шкодочинності.

Антагоністичні мікроорганізми ґрунту та ризосфери є важливими природними регуляторами розвитку фітопатогенів. Бактерії та гриби-антагоністи пригнічують життєдіяльність збудників хвороб через трофічну конкуренцію за поживні ресурси, секрецію антибіотичних сполук або індукцію системних захисних реакцій самих рослин. Активізація корисної мікробіоти сприяє суттєвому зниженню інфекційного потенціалу ґрунту та підвищенню толерантності культур проти кореневих гнилей і судинного в'янення.

Визначальну роль у регуляції чисельності шкідливих організмів відіграє архітектоніка та структура агрофітоценозу. Конкурентоспроможні посіви з оптимальною густиною стояння рослин, добре розвиненим асиміляційним апаратом і збалансованим мінеральним живленням створюють несприятливі умови для експансії бур'янів і знижують атрактивність агроценозу для спеціалізованих фітофагів. Крім того, наявність елементів екологічного каркаса — лісосмуг, мікрозаказників, смуг нектароносів та ділянок природного різно трав'я — є необхідною умовою для резервації, збереження та відтворення популяцій корисних організмів.

Ефективність природних регуляторів безпосередньо залежить від рівня антропогенного тиску на агроєкосистему. Інтенсивне застосування хімічних засобів захисту, особливо інсектицидів широкого спектра дії, призводить до пригнічення корисної ентомофауни та деструкції трофічних зв'язків, що згодом провокує вторинні спалахи масового розмноження шкідників. Відтак, в екологічно орієнтованих системах захисту пріоритетним є застосування селективних препаратів та суворе дотримання технологічних регламентів, що дозволяє інтегрувати хімічний контроль із природними механізмами саморегуляції.

В умовах глобальних кліматичних змін роль природних регуляторів чисельності шкідливих організмів суттєво зростає, оскільки вони забезпечують вищу адаптивність агроценозів до коливань погодних умов. Підтримання високого рівня біорізноманіття та стимулювання природних механізмів регуляції дозволяє мінімізувати ризики масових спалахів розмноження шкідників і поширення збудників хвороб. Це підвищує загальну екологічну стійкість посівів і формує передумови для функціонування стабільних, ресурсоефективних та кліматично оптимізованих систем аграрного виробництва.

Порівняльний аналіз природних регуляторів та хімічних засобів захисту рослин в контексті низьковуглецевого землеробства демонструє суттєві відмінності в їхньому впливі на енергетичний баланс та викиди парникових газів. Використання природних механізмів регуляції (ентомофагів, мікроорганізмів-антагоністів) характеризується мінімальним рівнем непрямих викидів вуглецю, оскільки цей метод базується на природних екосистемних процесах, що не потребують промислового синтезу та логістичних витрат (табл. 5).

Таблиця 5

Порівняльний аналіз природних регуляторів та хімічних засобів захисту рослин у низьковуглецевих системах (з урахуванням CO₂-eq)

Критерії оцінки	Природні регулятори	Хімічний захист рослин
Механізм дії	Біоценотична регуляція (хижацтво, паразитизм, конкуренція)	Токсична дія препаратів
Основний тип заходу захисту	Біологічний / агротехнічний	Хімічний
Кількість технологічних операцій	0–1 (непрямі)	2–5 і більше
Вуглецевий слід, кг CO₂-eq/га*	5–20	60–180
у т.ч. виробництво препаратів	0–5	25–70
внесення (паливо)	3–10	20–60
повторні обробки	мінімальні	15–50
Енергомісткість, МДж/га	50–150	600–1500
Пестицидне навантаження	Відсутнє	Середнє – високе
Ризик резистентності	Мінімальний	Високий
Вплив на ентомофагів	Позитивний	Негативний
Вплив на ґрунтову біоту	Стабілізуючий	Часто пригнічувальний
Адаптація до змін клімату	Висока	Обмежена
Роль в ІЗР	Базова	Допоміжна
Доцільність для біоенергет. культур	Висока	Обмежена

*Показники вуглецевого сліду (CO₂-eq) є розрахунковими та варіюють залежно від хімічного складу препаратів, кратності обробок, питомих витрат енергоносіїв та рівня механізації технологічних процесів.

Натомість застосування хімічних пестицидів супроводжується значним вуглецевим навантаженням. Оптимізація захисних систем шляхом заміщення частини хімічних обробок дією природних ентомофагів дозволяє знизити вуглецевий слід технології на 15–30 % залежно від інтенсивності вихідної схеми захисту. Окрім прямого скорочення викидів парникових газів, природні регулятори сприяють декарбонізації через підтримку біологічної активності ґрунту. На відміну від систем з високим пестицидним фоном, де пригнічується ґрунтова мікробіота, агроценози з розвиненими механізмами саморегуляції забезпечують кращий процес накопичення гумусу та ефективніше депонування вуглецю в ґрунтовому профілі.

Таким чином, пріоритетне використання природних регуляторів є не лише інструментом фітосанітарного контролю, а й важливою стратегією підвищення ефективності аграрного та біоенергетичного виробництва.

3.3. Агротехнічні заходи в системі екологічного захисту культур від шкідливих організмів

Агротехнічні заходи є базовим і найбільш універсальним детермінантом екологічно безпечних систем захисту рослин. Їхня дія спрямована на оптимізацію умов росту й розвитку культур та одночасне пригнічення життєдіяльності шкідливих організмів без залучення або з мінімальним залученням хімічних препаратів. У межах інтегрованих і низьковуглецевих стратегій агротехнічні прийоми виконують переважно превентивну функцію, забезпечуючи пролонговану стабілізацію фітосанітарного стану агроценозів.

Одним із фундаментальних чинників екологічного захисту є науково обґрунтована сівозміна. Системне чергування культур з різними біологічними особливостями, архітектонікою кореневих систем, строками сівби та збирання дозволяє деструктувати життєві цикли спеціалізованих шкідливих організмів, сприяє суттєвому зниженню інфекційного потенціалу фітопатогенів у ґрунті та обмежує накопичення насіння бур'янів.

Вагоме значення в системі екологізації захисту належить обробітку ґрунту. Раціональна диференціація глибини, способів та термінів механічного впливу дозволяє ефективно регулювати рівень забур'яненості, знижувати чисельність ґрунтових видів фітофагів і збудників хвороб, а також оптимізувати водно-повітряний режим для культурних рослин. У низьковуглецевих системах пріоритет надається мінімізованим (No-till, Strip-till) та диференційованим методам обробітку, які зменшують сумарну енергомісткість технологій, запобігають деградації структури ґрунту та підтримують високу біологічну активність його біоти.

Оптимізація строків сівби та густоти стояння рослин є дієвим агротехнічним інструментом нівелювання шкодочинності шкідливих організмів. Своєчасний посів дає змогу культурним рослинам випереджати бур'яни у темпах росту, формувати конкурентоспроможний листовий апарат та виявляти вищу толерантність до пошкоджень. Раціональне регулювання густоти посіву забезпечує швидке змикання рядків, що обмежує інсоляцію поверхні ґрунту та інгібує сходи бур'янів, одночасно мінімізуючи ризики розвитку інфекційних хвороб, притаманних надмірно загущеним посівам.

Система удобрення також суттєво впливає на фітосанітарну стабільність агроценозів. Збалансоване мінеральне та органічне живлення посилює імунітет і стійкість культур до біотичних стресів. Натомість надлишкове або незбалансоване внесення окремих макроелементів (зокрема азоту) може стимулювати розвиток патогенів та бур'янів. В екологічно орієнтованих системах пріоритет надається локальному внесенню добрив, застосуванню сидератів, деструкції рослинних решток та іншим прийомам, що активізують корисну мікробіоту ґрунту.

Важливим елементом агротехнічного контролю є знищення рослинних решток. Своєчасне подрібнення, рівномірний розподіл та стиmulювання біологічної деструкції післяжнивних залишків дозволяють суттєво зменшити інфекційний фон та знищити місця зимівлі фітофагів. Водночас цей захід сприяє накопиченню органічної речовини в ґрунті. У синергії з біопрепаратами-деструкторами даний прийом забезпечує зниження фітопатогенного тиску без додаткових енергетичних витрат.

Отже, агротехнічні заходи є фундаментом екологічно безпечних систем захисту рослин. Їх системне та науково обґрунтоване впровадження дозволяє мінімізувати залежність від синтетичних пестицидів, знизити питоме вуглецеве навантаження та підвищити адаптивний потенціал агроценозів. Це забезпечує стабільне й ресурсоефективне функціонування сільськогосподарських та біоенергетичних культур у мінливих умовах довкілля.

4. Низьковуглецеві підходи до хімічного захисту рослин від шкідливих організмів

Хімічний захист рослин у сучасних умовах розглядається не як домінуючий, а як суворо регламентований та оптимізований елемент інтегрованих систем, спрямований на досягнення фітосанітарної стабільності за мінімального вуглецевого та екологічного навантаження. Низьковуглецеві підходи до хімічного методу передбачають раціональне використання пестицидів на засадах доцільності, селективності та енергоефективності, враховуючи кліматичні виклики та вимоги сталого розвитку аграрного сектору.

Фундаментом низьковуглецевого хімічного захисту є мінімізація кратності обробок і скорочення обсягів застосування препаратів без втрати їхньої біологічної ефективності. Це реалізується через чітке урахування економічних порогів шкодочинності, впровадження системного фітосанітарного моніторингу й прогнозування, а також синергію хімічних заходів із біологічними та агротехнічними прийомами. Такий комплексний підхід дозволяє суттєво зменшити споживання пально-мастильних матеріалів і загальних енергоресурсів, що суттєво знижує обсяг викидів парникових газів.

Критично важливим елементом низьковуглецевих систем хімічного захисту є вибір препаратів із низьким екологічним та вуглецевим слідом. Пріоритет надається інноваційним пестицидам, що характеризуються високою біологічною активністю за низьких норм витрати, коротким періодом напіврозпаду, відсутністю акумуляції в ґрунті та інерт-

ністю щодо нецільових організмів. Використання комбінованих препаратів і ротація механізмів дії дозволяють скоротити загальну кількість технологічних операцій і нівелювати ризики розвитку резистентності, що в довгостроковій перспективі додатково знижує сумарне вуглецеве навантаження на екосистему.

Суттєвий потенціал декарбонізації хімічного захисту пов'язаний із технологічною оптимізацією процесів внесення. Використання інноваційних обприскувачів із прецизійним дозуванням, мінімізованим знесенням розпику робочого розчину та функціями локального або диференційованого внесення дозволяє суттєво знизити питомі витрати препаратів і пально-мастильних матеріалів. Інструменти точного землеробства, зокрема адресне застосування засобів захисту, сприяють скороченню кількості проходів техніки по полю, що прямо конвертується у зменшення викидів CO₂-eq на одиницю площі.

Низьковуглецеві стратегії хімічного захисту нерозривно пов'язані з адаптацією технологічних циклів до кліматичних змін. Зміщення фенологічних фаз розвитку шкідливих організмів та зміна динаміки появи хвиль забур'яненості вимагають гнучкого та адресного підходу до застосування пестицидів. Прецизійне внесення препаратів у найбільш уразливі фази розвитку шкідливих організмів дозволяє досягати максимальної біологічної ефективності за мінімальної кратності обробок, що є критично важливим для скорочення сумарних енергетичних і вуглецевих витрат.

Таким чином, низьковуглецеві підходи до хімічного захисту рослин базуються на глибокій інтеграції хімічного методу з біологічними, агротехнічними та організаційними заходами, використанні високо-селективних препаратів і впровадженні технологій точного землеробства. Реалізація цих підходів забезпечує підтримання фітосанітарної стабільності посівів, підвищує загальну ресурсоефективність агровиробництва та мінімізує негативне антропогенне навантаження на довкілля в умовах глобальних кліматичних викликів.

4.1. Оптимізація застосування хімічних препаратів в інтегрованих системах захисту рослин

Оптимізація застосування хімічних засобів захисту рослин є стратегічним напрямом формування інтегрованих і низьковуглецевих систем контролю шкідливих організмів. У сучасних агротехнологіях хімічні заходи розглядаються як суворо регламентований інструмент, що залучається виключно за наявності реальної фітосанітарної загрози та підтвердженого перевищення економічних порогів шкодочинності. Такий підхід дає змогу поєднати високу біологічну ефективність заходів контролю із суттєвою мінімізацією екологічних та вуглецевих ризиків.

Фундаментом оптимізації виступає систематичний фітосанітарний моніторинг та прогнозування динаміки розвитку бур'янів, шкідників і збудників хвороб. Об'єктивна верифікація чисельності фітофагів та ступеня ураження культур патогенами дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо доцільності хімічного застосування препаратів, уникати превентивних (необґрунтованих) обробок і скорочувати загальну кількість технологічних операцій. В інтегрованих системах особлива увага приділяється вразливим фазам розвитку шкідливих організмів, коли застосування навіть мінімальних регламентованих норм препаратів забезпечує максимальний захисний ефект.

Раціональний добір препаратів із низькою нормою витрат та прецизійне моделювання термінів внесення дозволяють досягти цільового біологічного ефекту. Пріоритет надається засобам із високою питомою активністю, вибірковою дією і диференційованими механізмами впливу, що мінімізує загальне пестицидне навантаження та запобігає розвитку резистентності. Використання оптимізованих або дробних норм у синергії з ад'ювантами та біопрепаратами забезпечує стабільний рівень захисту при одночасному скороченні кратності обробок і зниженні сумарних витрат енергії.

Оптимізація хімічного захисту також передбачає глибоку інтеграцію з агротехнічними та біологічними заходами. Використання конкурентоспроможних сортів, науково обґрунтованих сівозмін, оптимальних строків сівби та методів механічного контролю шкідливих організмів дозволяє суттєво знизити вихідний рівень їхньої шкодочинності. За таких умов хімічні засоби застосовуються точково, виконуючи роль допоміжного інструментарію в межах загальної системи інтегрованого захисту рослин.

Вирішальне значення для оптимізації має технологія внесення препаратів. Застосування сучасних обприскувачів із прецизійним дозуванням, контрольованим дисперсним складом крапель та мінімізованим дрейфом робочого розчину забезпечує рівномірне покриття цільової поверхні та підвищує біологічну ефективність діючих речовин. Локальне та диференційоване внесення дозволяє скоротити витрати пестицидів і пально-мастильних матеріалів, зменшити механічне ущільнення ґрунту та сумарний обсяг емісії CO₂-eq.

В інтегрованих системах стратегічним напрямом є мінімізація кратності повторних обробок. Це реалізується через суворе дотримання оптимальних термінів внесення, вибір препаратів із пролонгованою захисною дією та ретельне врахування метеорологічних чинників. Раціональне планування захисних заходів дає змогу уникнути втрат ефективності та нівелювати надлишкові енергетичні й екологічні витрати.

Отже, оптимізація застосування хімічних засобів захисту в інтегрованих системах базується на синергії науково обґрунтованого моніто-

рингу, раціональної селекції препаратів, впровадження прецизійних технологій внесення та комплексної інтеграції з біологічними й агротехнічними методами. Такий підхід забезпечує надійний контроль шкідливих організмів при одночасному зниженні пестицидного та вуглецевого навантаження, що відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та стратегії сталого розвитку аграрного виробництва.

4.2. Зниження фітотоксичності хімічних препаратів та екологічних ризиків при їх застосуванні

Мінімізація фітотоксичності препаратів та екологічних ризиків є одним із пріоритетних завдань при формуванні низьковуглецевих та інтегрованих систем хімічного захисту рослин. У сучасних умовах застосування пестицидів має бути максимально безпечним для культур, нецільових організмів та довкілля, забезпечуючи при цьому нормативний рівень фітосанітарної ефективності. Досягнення такого балансу можливе лише за науково обґрунтованого підходу до вибору препаратів, суворого дотримання регламентів їхнього застосування та глибокої інтеграції з альтернативними методами захисту.

Одним із ключових векторів зниження фітотоксичності є використання інноваційних препаратів із високою селективністю та низькими нормами витрати діючої речовини. Такі засоби мають спрямовану дію на шкідливі організми і мінімально впливають на фізіолого-біохімічні процеси культурних рослин. Вирішальне значення має дотримання рекомендованих норм та термінів внесення, оскільки перевищення норм або кількості обробок у вразливій фазі онтогенезу культури можуть спровокувати затримку росту, розвиток хлорозу, некрозу та суттєве зниження продуктивності.

Значний вплив на рівень фітотоксичної дії справляють метеорологічні чинники. Висока температура повітря, дефіцит вологи, різкі термічні коливання або стресовий стан рослин підвищують їхню чутливість до хімічних агентів. Відтак, в інтегрованих системах захисту критично важливим є корегування строків обробок з урахуванням гідротермічних умов та поточного фізіологічного статусу посівів, що дозволяє нівелювати ризики негативних наслідків.

Зниження екологічних ризиків хімічного захисту нерозривно пов'язане з мінімізацією негативного впливу пестицидів на ґрунтову біоту, водні екосистеми та корисну ентомофауну. Стратегічний пріоритет надається сполукам із коротким періодом напіврозпаду, низькою міграційною здатністю та відсутністю кумулятивного ефекту в ґрунті й рослинній продукції. Суворе дотримання зон санітарного розриву, технологічних регламентів та правил утилізації залишків препаратів є обов'язковою вимогою забезпечення екологічної безпеки агроценозів.

Важливим інструментом мінімізації екологічних ризиків є інтеграція хімічних засобів захисту з біопрепаратами та природними регуляторами чисельності шкідливих організмів. Синергія цих методів дозволяє суттєво зменшити пестицидне навантаження, скоротити кратність обробок та нівелювати ризики вторинних спалахів епіфітотій. Крім того, застосування сучасних ад'ювантів та оптимізація фізико-хімічних параметрів робочих розчинів підвищують цільову ефективність препаратів, запобігаючи їхньому неконтрольованому потраплянню в довкілля.

Зменшення екологічних загроз також безпосередньо пов'язане з раціональною організацією технологічних процесів. Інноваційні технології внесення із антидрейфовими системами, прецизійним дозуванням та функцією локального застосування забезпечують рівномірне покриття вегетативної маси й мінімізують втрати діючих речовин. Це дозволяє запобігти забрудненню атмосферного повітря й поверхневих вод, а також скоротити питомі енергетичні витрати та викиди парникових газів.

Таким чином, зниження фітотоксичності та екологічних ризиків у системах хімічного захисту рослин досягається шляхом комплексного поєднання високоселективних препаратів, оптимізованих регламентів їхнього застосування, врахування метеорологічних чинників та інтеграції з біологічними й агротехнічними заходами. Реалізація цих підходів гарантує підвищення рівня екологічної безпеки, збереження продуктивного потенціалу культур та відповідність сучасним вимогам сталого й кліматично орієнтованого аграрного виробництва.

4.3. Мінімізація вуглецевого навантаження при застосуванні пестицидів

Мінімізація вуглецевого навантаження при застосуванні пестицидів є фундаментальною складовою низьковуглецевих та кліматично орієнтованих систем захисту рослин. Вуглецевий слід хімічного методу формується на всіх етапах технологічного циклу — від промислового синтезу і логістики препаратів до їхнього безпосереднього внесення на полі та проведення повторних обробок. Відтак, системне зниження сумарних викидів парникових газів (CO₂-eq) можливе лише за умови комплексного підходу до планування та реалізації захисних стратегій.

Одним із ключових векторів мінімізації вуглецевого навантаження є стратегічне скорочення кратності пестицидних обробок. Суворе урахування економічних порогів шкодочинності, використання верифікованих даних фітосанітарного моніторингу та прецизійне прогнозування динаміки розвитку шкідливих організмів дозволяють уникати превентивних або повторних обробок. Мінімізація кількості проходів агрегатів по полю безпосередньо корелює зі зниженням витрат пально-

мастильних матеріалів та обсягів викидів дизельного вихлопу, одночасно запобігаючи ущільненню ґрунтового покриву.

Важлива роль у декарбонізації захисних заходів належить раціональному підбору препаратів із низькою нормою витрати та високою біологічною ефективністю. Інноваційні пестициди з високою концентрацією діючих речовин або комбінованим механізмом дії дозволяють забезпечувати надійний контроль шкідливих організмів за суттєво меншого обсягу внесеного препарату. Це мінімізує енергетичні витрати, пов'язані з виробництвом, пакуванням та транспортуванням препаратів, а також оптимізує логістику підвезення води та приготування робочих розчинів.

Суттєвий потенціал декарбонізації закладено в оптимізації технологій внесення пестицидів. Використання енергоефективних обприскувачів, систем прецизійного дозування, контролю секцій та змінних норм (VRA) дозволяє локалізувати обробки виключно в осередках масового розмноження шкідників та ураження рослин хворобами. Диференційоване внесення, засноване на даних сенсорів та дронів, мінімізує загальне споживання препаратів і пального, що суттєво знижує вуглецеве навантаження на одиницю площі.

Оптимізація маршрутів руху техніки, поєднання кількох операцій за один прохід, використання сучасних енергоощадних машин і перехід на альтернативні види пального дають змогу додатково скоротити енергоспоживання. У системах низьковуглецевого землеробства такі заходи розглядаються як невід'ємна частина стратегії скорочення вуглецевого сліду.

Таким чином, мінімізація вуглецевого навантаження під час застосування пестицидів досягається шляхом скорочення кратності обробок, вибору високоефективних препаратів із низькими нормами витрати, впровадження прецизійних технологій внесення та інтеграції хімічного захисту з біологічними й агротехнічними методами. Реалізація цих підходів забезпечує декарбонізацію процесів, підвищення ресурсоефективності та відповідність сучасним вимогам сталого й кліматично орієнтованого аграрного виробництва.

5. Формування інтегрованих низьковуглецевих систем захисту культур від шкідливих організмів

Формування інтегрованих низьковуглецевих систем захисту культур від шкідливих організмів є закономірним етапом еволюції сучасних підходів до управління фітосанітарним станом агроценозів. Це зумовлено глобальними кліматичними змінами, посиленням екологічних

регламентів та стратегічною необхідністю декарбонізації аграрного сектору. Такі системи поєднують принципи інтегрованого захисту рослин із концепцією мінімізації викидів парникових газів, спрямовуючи зусилля на досягнення стабільної продуктивності посівів за критично низького екологічного та вуглецевого навантаження.

Фундаментом інтегрованих низьковуглецевих стратегій є безумовний пріоритет превентивних та екологічно безпечних заходів над хімічними препаратами. Визначальну роль тут відіграють агротехнічні прийоми, біологічні засоби контролю, активізація природних регуляторів чисельності шкідливих організмів та раціональна просторова організація агрофітоценозу. Хімічні препарати в таких системах розглядаються як супутні інструменти, що залучаються вибірково та суворо регламентовано — виключно у випадках перевищення економічних порогів шкодочинності.

Головним принципом побудови низьковуглецевих систем є інтеграція захисних заходів у єдину технологічну модель вирощування культури. Всі рішення мають бути обов'язково узгоджені зі структурою сівозміни, обраною системою обробітку ґрунту, схемою мінерального живлення та загальною технологією догляду за посівами. Такий комплексний підхід дозволяє оптимізувати кількість технологічних операцій, суттєво скоротити питомі витрати енергоресурсів і пального, що, відповідно, нівелює сумарний вуглецевий слід захисного циклу.

Розробка та функціонування інтегрованих низьковуглецевих систем передбачає широке впровадження інструментів фітосанітарного моніторингу й прогнозування. Оперативна верифікація щільності популяцій шкідливих організмів, інтенсивності розвитку хвороб та рівня забур'яненості є науковим підґрунтям для прийняття обґрунтованих рішень щодо доцільності й термінів реалізації окремих методів захисту. Це дає змогу виключити необґрунтовані обробки, мінімізувати їхню кратність та максимізувати загальну еколого-економічну ефективність системи.

Суттєвим елементом інтегрованих низьковуглецевих систем є адаптація захисних заходів до конкретних ґрунтово-кліматичних умов та біологічних особливостей культур. Врахування регіональної специфіки поширення шкідливих організмів, кліматичних ризиків та фенологічних фаз онтогенезу рослин дозволяє прецизійно оптимізувати захист, мінімізуючи енергетичні та вуглецеві витрати. Особливого значення це набуває при вирощуванні біоенергетичних культур, де екологічна спроможність та кліматична доцільність технологій виступають фундаментальними критеріями загальної ефективності виробництва біомаси.

Таким чином, інтегровані низьковуглецеві системи захисту культур базуються на комплексному поєднанні агротехнічних, біологічних, організаційних та суворо регламентованих хімічних заходів із безумов-

ним пріоритетом ресурсоефективності й екологічної безпеки. Їх впровадження гарантує суттєве зниження вуглецевого навантаження, забезпечує довготривалу стабілізацію фітосанітарного стану посівів і створює науково-практичні передумови для сталого розвитку сільськогосподарського та біоенергетичного секторів в умовах глобальних викликів.

5.1. Концепція інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин

Концепція інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин базується на синергії принципів інтегрованого захисту рослин від шкідливих організмів та стратегій декарбонізації аграрного виробництва. Вона передбачає формування таких моделей управління фітосанітарним станом посівів, які гарантують стабільну продуктивність культур за мінімального пестицидного, енергетичного та вуглецевого навантаження на агроєкосистеми. У сучасних умовах ця концепція виступає адаптивною відповіддю на глобальні виклики кліматичних змін, дефіцит ресурсів та посилення екологічних регламентів щодо технологій вирощування сільськогосподарських і біоенергетичних культур.

Фундаментальним положенням концепції є безумовний пріоритет превентивних та екологічно безпечних заходів над хімічними препаратами. Основу інтегрованих низьковуглецевих систем становлять агротехнічні прийоми, біологічні засоби контролю, максимальне залучення природних регуляторів чисельності шкідливих організмів та оптимізація структури агроландшафтів. Хімічні методи в межах цієї концепції застосовуються обмежено та селективно — виключно за умови підтвердженого перевищення економічних порогів шкодочинності та відсутності ефективних біологічних чи агротехнічних альтернатив.

Важливим елементом концепції є системний підхід до верифікації ефективності захисних стратегій. Результативність інтегрованих низьковуглецевих систем оцінюється не лише рівнем пригнічення шкідливих об'єктів, а й сукупністю екологічних та кліматичних індикаторів. До них належать питомий обсяг викидів CO₂-eq, енергомісткість технологічних циклів, вплив на біорізноманіття та функціональний стан ґрунтової біоти. Аналіз цих критеріїв дозволяє приймати збалансовані та науково обґрунтовані рішення.

Концепція інтегрованих низьковуглецевих систем передбачає глибоку імплементацію захисних заходів у загальну схему вирощування культури. Захист рослин розглядається як невід'ємна складова єдиного агротехнологічного процесу, що корелюється із системою обробітку ґрунту, схемою удобрення, структурою сівозміни та управлінням рослинними рештками. Це дозволяє мінімізувати кількість механізованих операцій, оптимізувати логістику й експлуатацію техніки та суттєво знизити сумарний вуглецевий слід сільськогосподарського виробництва.

Визначальне значення в межах концепції має адаптивність систем захисту до конкретних ґрунтово-кліматичних умов та глобальних змін клімату. Інтегровані низьковуглецеві стратегії мають бути динамічними та здатними до оперативної корекції залежно від метеорологічних чинників, фенологічних фаз онтогенезу культур і поточної щільності популяцій шкідливих організмів. Високий рівень адаптивності забезпечується завдяки безперервному фітосанітарному моніторингу, застосуванню математичних прогнозних моделей та гнучкому управлінню захисними рішеннями.

Отже, концепція інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин спрямована на формування екологічно стійких, ресурсоефективних та кліматично орієнтованих агротехнологій. Її практична реалізація гарантує суттєве зниження вуглецевого навантаження, підвищення фітосанітарної стабільності посівів та створює науково обґрунтовані передумови для сталого розвитку сільськогосподарського й біоенергетичного виробництва в умовах сучасних викликів.

5.2. Системи захисту сільськогосподарських культур від шкідливих організмів

Системи захисту сільськогосподарських культур в інтегрованих низьковуглецевих моделях формуються з урахуванням біоекологічних особливостей рослин, видового складу шкідливих організмів, гідротермічних умов та інтенсивності антропогенного тиску. Їхньою стратегічною метою є забезпечення стабільної продуктивності агроценозів за умови мінімізації хімічного захисту, скорочення енергозатрат та викидів парникових газів при збереженні високої фітосанітарної ефективності.

Фундаментом таких систем є профілактичний підхід, що передбачає створення несприятливого середовища для розвитку бур'янів, фітофагів та патогенів ще на етапі проєктування технології вирощування культур. Ключовими детермінантами виступають науково обґрунтовані сівозміни, раціональні системи обробітку ґрунту, оптимізовані строки сівби та впровадження конкурентоспроможних сортів і гібридів. Зазначені заходи дозволяють суттєво знизити вихідний фітосанітарний фон і нівелювати потребу в інтенсивних хімічних обробках протягом вегетації.

В інтегрованих низьковуглецевих моделях провідна роль належить агротехнічним та механічним методам контролю сеgetальної рослинності. Поєднання передпосівної підготовки ґрунту, міжрядних обробітків, мульчування та прецизійного управління рослинними рештками забезпечує ефективне стримування бур'янів, насамперед у посівах просяних і зернових культур. Це сприяє зменшенню гербіцидного навантаження та скороченню загальної кількості технологічних операцій.

Біологічні засоби захисту є критично важливим компонентом систем контролю, особливо на ранніх етапах розвитку шкідливих організмів. Використання біоінсектицидів, біофунгіцидів, біонематоцидів та мікроорганізмів-антагоністів дозволяє утримувати чисельність шкідників і рівень розвитку хвороб у межах економічно допустимих меж, зберігаючи при цьому корисну ентомофауну та ґрунтову мікробіоту. Біологічні методи демонструють найвищу результативність у системах із низьким та середнім рівнем прогнозованої шкодочинності.

Хімічні засоби в системах захисту сільськогосподарських культур застосовуються вибірково та суворо регламентовано. Їх впровадження базується на верифікованих даних фітосанітарного моніторингу та економічних порогів шкодочинності. Пріоритет надається препаратам із низькими нормами витрати діючої речовини, високою селективністю та коротким періодом напіврозпаду, що дозволяє мінімізувати антропогенний тиск на довкілля та суттєво скоротити вуглецеве навантаження. У багатьох технологічних сценаріях найбільш доцільним є дробне або локальне внесення препаратів.

Засадничим принципом формування систем захисту є їхня адаптивність до кліматичних змін та щорічних погодних коливань. Зміщення фенологічних строків появи бур'янів, розвитку шкідників та поширення збудників хвороб вимагає гнучкого корегування захисних заходів і термінів їхньої реалізації. Безперервний моніторинг та динамічне прогнозування дозволяють оперативно реагувати на зміни фітосанітарної ситуації, уникаючи при цьому зайвих або превентивних обробок.

Отже, системи захисту сільськогосподарських культур у межах інтегрованих низьковуглецевих підходів формуються як багатокomпонентні, адаптивні та ресурсоефективні комплекси заходів. Їх впровадження забезпечує зниження пестицидного й вуглецевого навантаження, підвищення екологічної резистентності агроценозів та створює необхідні умови для стабільного й економічно обґрунтованого виробництва сільськогосподарської продукції.

5.3. Системи захисту насаджень біоенергетичних культур від шкідливих організмів

Системи захисту насаджень біоенергетичних культур формуються з урахуванням їхнього призначення, багаторічного характеру вирощування (для окремих видів), особливостей агробіоценозів і вимог до екологічної та кліматичної доцільності технологій. На відміну від традиційних сільськогосподарських культур, у біоенергетичних насадженнях пріоритетом є не лише збереження біомаси, а й мінімізація втручання людини, зниження пестицидного й вуглецевого навантаження та підтримання тривалої стабільності насаджень.

Основою систем захисту біоенергетичних культур є профілактичний і адаптивний підхід. Вирішальне значення мають агротехнічні заходи: правильний добір ділянок, підготовка ґрунту, оптимальна густина садіння або сівби, раціональне управління рослинними рештками та підтримання стійкості культурних рослин. Добре сформовані й життєздатні насадження біоенергетичних культур здатні самостійно стримувати розвиток бур'янів і зменшувати шкодочинність шкідників і хвороб.

Важливим елементом систем захисту є механічні та агротехнічні методи контролю бур'янів, особливо на ранніх етапах формування насаджень. Міжрядний обробіток, мульчування, використання покривних культур і регулювання строків догляду дозволяють істотно знизити конкуренцію бур'янів без застосування гербіцидів або з мінімальним їх використанням. У багаторічних біоенергетичних насадженнях такі прийоми мають вирішальне значення для збереження структури та біоти ґрунту.

Біологічні засоби захисту і природні регулятори чисельності шкідливих організмів відіграють провідну роль у системах захисту біоенергетичних культур. Використання біоінсектицидів, біофунгіцидів і корисних мікроорганізмів дозволяє обмежувати розвиток шкідників і хвороб без порушення природної рівноваги. Особливої ваги набуває збереження корисної ентомофауни та ґрунтової мікрофлори, які забезпечують природну регуляцію чисельності шкідливих організмів у довгостроковій перспективі.

Хімічні засоби в системах захисту біоенергетичних культур застосовуються обмежено, переважно на початкових етапах вирощування або в разі виникнення осередків високої чисельності шкідників. Їх використання базується на принципах інтегрованого захисту рослин із суворим дотриманням норм витрат препаратів та вибіркової дії. Такий підхід дозволяє уникати накопичення пестицидів у ґрунті та зберігати позитивний вуглецевий баланс біоенергетичних агроценозів.

Важливою особливістю систем захисту біоенергетичних культур є їхня тісна взаємодія з кліматично орієнтованими технологіями землеробства. Біоенергетичні плантації часто виконують функцію стабілізаторів агроландшафтів, сприяють накопиченню органічної речовини в ґрунті та зменшенню ерозійних процесів. Тому заходи захисту мають бути узгоджені з довгостроковими екологічними цілями й сприяти підвищенню загальної ефективності виробництва біомаси.

Отже, системи захисту біоенергетичних культур у межах інтегрованих низьковуглецевих підходів орієнтовані на превентивні, біологічні та агротехнічні методи з мінімальним залученням хімічних засобів. Такий підхід забезпечує екологічну стійкість насаджень, зниження вуглецевого навантаження та ефективне функціонування біоенергетичних агроценозів у довгостроковій перспективі.

5.4. Адаптація систем захисту рослин до змін клімату

Адаптація систем захисту рослин до змін клімату є необхідною умовою для забезпечення фітосанітарної стабільності агроценозів та ефективності інтегрованих низьковуглецевих технологій у довгостроковій перспективі. Підвищення температури повітря, нерівномірність опадів, збільшення частоти екстремальних погодних явищ та подовження вегетаційного періоду зумовлюють істотні зміни у видовому складі, динаміці розвитку та шкодочинності бур'янів, шкідників і збудників хвороб. Це вимагає перегляду традиційних підходів до захисту культур.

Ключовим елементом адаптації є підвищення ролі фітосанітарного моніторингу та прогнозування. За умов кліматичної нестабільності змінюються строки появи та піки шкодочинності шкідливих організмів, що ускладнює застосування фіксованих регламентів захисту. Використання оперативного моніторингу, фенологічних спостережень і прогнозних моделей дозволяє своєчасно коригувати захисні заходи, зменшувати кількість необґрунтованих обробок і підвищувати їхню ефективність.

Важливим напрямом адаптації є зміщення акценту в бік профілактичних і екологічно безпечних методів захисту. В умовах кліматичних стресів культурні рослини часто втрачають здатність компенсувати пошкодження, що підвищує шкодочинність шкідників, збудників хвороб і бур'янів. Застосування агротехнічних заходів, біологічних засобів захисту та природних регуляторів чисельності шкідливих організмів дозволяє знизити залежність від хімічних препаратів і підвищити адаптивний потенціал агроценозів.

Адаптація систем захисту також передбачає гнучке управління хімічними заходами. За змін клімату ефективність пестицидів значною мірою залежить від температурного режиму, вологості та фізіологічного стану рослин. Тому важливим є коригування строків і способів застосування препаратів, використання знижених норм витрати, селективних засобів і точних технологій внесення. Це дозволяє мінімізувати фітотоксичні прояви та екологічні ризики за одночасного зниження вуглецевого навантаження.

Суттєву роль у кліматичній адаптації відіграє диверсифікація агроценозів та агроландшафтів. Різноманіття культур, сортів і елементів ландшафту підвищує екологічну стійкість систем захисту, зменшує ризики масового розмноження окремих видів шкідливих організмів та підтримує популяції їхніх природних регуляторів. Такий підхід є особливо актуальним для біоенергетичних культур і багаторічних насаджень, де стабільність системи має довгострокове значення.

Таким чином, адаптація систем захисту рослин до змін клімату полягає у впровадженні гнучких, інтегрованих і низьковуглецевих підходів, що поєднують моніторинг, профілактичні заходи, біологічні методи та оптимізований хімічний захист. Реалізація таких систем забезпечує підвищення екологічної й фітосанітарної стійкості агроценозів, знижує ризики, пов'язані з кліматичними коливаннями, та формує науково обґрунтовані передумови для сталого розвитку сільськогосподарського й біоенергетичного виробництва.

6. Практичні рекомендації щодо впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин у виробництво

Практичні рекомендації щодо впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин спрямовані на забезпечення ефективного контролю шкідливих організмів при одночасному зниженні пестицидного та вуглецевого навантаження, підвищенні екологічної безпеки й економічної доцільності технологій. Реалізація цих рекомендацій передбачає адаптацію науково обґрунтованих підходів до конкретних умов господарств із урахуванням спеціалізації виробництва, рівня технічного забезпечення та ґрунтово-кліматичних особливостей регіону.

Першочерговим етапом впровадження є організація систематичного фітосанітарного моніторингу посівів. Регулярні обстеження дозволяють своєчасно виявляти бур'яни, шкідників і збудників хвороб, об'єктивно оцінювати їх чисельність та ступінь шкодочинності, що є основою для прийняття рішень щодо доцільності захисних заходів. На практиці це дає змогу відмовитися від суцільних профілактичних хімічних обробок і зосередити ресурси на точковому, адресному захисті рослин.

Важливим практичним кроком є поетапне впровадження профілактичних та екологічно безпечних методів. У виробничих умовах доцільно розпочинати з оптимізації сівозмін, систем обробітку ґрунту та удобрення, що дозволяє суттєво знизити вихідний фітосанітарний фон. Паралельно слід розширювати використання біологічних засобів захисту та сприяти збереженню природних регуляторів чисельності шкідливих організмів шляхом обмеження застосування препаратів широкого спектра дії.

Хімічні засоби захисту у виробництві рекомендується застосовувати виключно за умови перевищення економічних порогів шкодочинності та з дотриманням низьковуглецевих принципів. Практично це означає використання препаратів із мінімальними нормами витрати, високою селективністю та коротким періодом напіврозпаду, а також впро-

вадження сучасних технологій точного внесення. За можливості доцільно поєднувати хімічні обробки з біологічними препаратами, що дозволяє зменшити загальне пестицидне навантаження на агроєкосистему.

Для підвищення ефективності впровадження інтегрованих систем важливо забезпечити належний рівень технологічної дисципліни. Суворе дотримання регламентів застосування засобів захисту, правил техніки безпеки, термінів та умов проведення обробок мінімізує ризики фітотоксичності та негативного впливу на довкілля. Особливу увагу слід приділяти навчанню персоналу та підвищенню кваліфікації фахівців, відповідальних за фітосанітарний стан посівів.

Економічна доцільність впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту у виробництві забезпечується за рахунок скорочення витрат на пестициди, палне та повторні обробки, а також підвищення стабільності врожайності. У довгостроковій перспективі такі системи сприяють збереженню родючості ґрунтів, підвищенню екологічної репутації виробників і розширенню можливостей доступу до ринків, орієнтованих на сталу продукцію.

Таким чином, практичні рекомендації щодо впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин у виробництво передбачають поєднання фітосанітарного моніторингу, профілактичних агро-технічних заходів, біологічних методів і оптимізованого хімічного захисту. Їх послідовна реалізація забезпечує ефективний контроль шкідливих організмів, зниження вуглецевого навантаження та підвищення екологічної й економічної стійкості аграрного виробництва.

6.1. Алгоритм вибору системи захисту рослин залежно від фітосанітарного стану посівів

Алгоритм вибору системи захисту рослин залежно від фітосанітарного стану посівів є практичним інструментом реалізації інтегрованих низьковуглецевих підходів у виробничих умовах. Його застосування забезпечує науково обґрунтоване та послідовне прийняття рішень щодо доцільності, інтенсивності та структури захисних заходів із урахуванням реальної фітосанітарної ситуації, біологічних особливостей культури та екологічних обмежень.

Першим етапом алгоритму є фітосанітарний моніторинг посівів. Він передбачає регулярні польові обстеження для визначення видового складу бур'янів, шкідників і збудників хвороб, їхньої чисельності, поширення та стадії розвитку. Отримані дані слугують основою для оцінювання поточного стану агроценозу та прогнозування подальшої динаміки популяцій з урахуванням погодних умов і фенологічних фаз розвитку культури.

Другим етапом алгоритму є зіставлення фактичних показників чисельності з економічними порогоми шкодочинності. Якщо чисельність шкідників або ступінь ураження рослин хворобами не перевищує встановлених порогів, то застосування хімічних засобів захисту є недоцільним. У такому разі рекомендовано обмежитися агротехнічними, біологічними та організаційними заходами, спрямованими на стабілізацію фітосанітарного стану та підтримання конкурентоспроможності культурних рослин.

Третім етапом алгоритму є вибір системи захисту залежно від рівня фітосанітарного стану посівів:

– за низького рівня чисельності шкідників та розвитку хвороб пріоритет надається профілактичним, агротехнічним і біологічним засобам захисту.

– за середнього рівня – доцільним є впровадження інтегрованої системи, що поєднує біологічні методи з обмеженим, вибіркоким використанням хімічних препаратів із низькими нормами витрати.

– за високого рівня – допускається застосування хімічних засобів захисту, але з обов'язковим дотриманням принципів мінімізації пестицидного та вуглецевого навантаження.

Четвертим етапом є оптимізація строків і способів реалізації захисних заходів. Захист має здійснюватися у найбільш уразливі стадії розвитку шкідливих організмів і з обов'язковим урахуванням фізіологічного стану культурних рослин. Своєчасне та адресне внесення препаратів дозволяє зменшити кількість обробок, підвищити їхню ефективність і знизити ризики фітотоксичності та негативного впливу на довкілля.

П'ятим етапом алгоритму є оцінювання екологічної та вуглецевої доцільності обраної системи захисту. На цьому етапі враховують рівень пестицидного навантаження, енергомісткість заходів, орієнтовні викиди CO₂-eq, а також вплив на корисну ентомофауну та ґрунтову біоту. За можливості перевагу надають варіантам, що забезпечують належний захист при мінімальних екологічних та кліматичних витратах.

Завершальним етапом є контроль ефективності та корегування системи захисту. Після проведення захисних заходів здійснюють повторний моніторинг посівів для оцінки результативності обраної стратегії. За необхідності алгоритм передбачає внесення змін у систему захисту з урахуванням динаміки фітосанітарної ситуації, погодних умов і стану культури.

Впровадження у виробництво алгоритму вибору системи захисту рослин залежно від фітосанітарного стану посівів сприяє зниженню пестицидного та вуглецевого навантаження, підвищенню ефективності захисних заходів і стабільності агроценозів в умовах кліматичних змін.

6.2. Рекомендації для агровиробників різних форм власності

Ефективне впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин потребує диференційованого підходу, що враховує масштаби господарювання, рівень матеріально-технічного забезпечення та організаційну структуру товаровиробників. Адаптація рекомендацій до конкретних умов дозволяє забезпечити практичну реалізацію наукових підходів, підвищити економічну ефективність і знизити екологічні ризики.

Для великих агропідприємств та агрохолдингів доцільним є впровадження повноцінних інтегрованих систем захисту з використанням системного фітосанітарного моніторингу, прогнозних моделей та елементів точного землеробства. Рекомендується застосовувати диференційоване внесення засобів захисту, локальні обробки осередків та сучасні селективні препарати з низькими нормами витрати. Важливим є поєднання хімічних заходів із біологічними препаратами та природними регуляторами, що дозволяє зменшити кількість обробок і скоротити сумарний вуглецевий слід технологій.

Для середніх сільськогосподарських підприємств пріоритетними є заходи, спрямовані на зниження витрат і підвищення стабільності виробництва. Рекомендується зосередитися на профілактичних агротехнічних прийомах, раціональних сівозмінах і механічному контролі бур'янів, доповнюючи їх біологічними засобами захисту. Хімічні препарати слід застосовувати вибірково, лише за перевищення економічних порогів шкодочинності, з урахуванням погодних умов і фази розвитку культури. Такий підхід забезпечує прийнятний рівень захисту за мінімальних екологічних і фінансових витрат.

Для малих фермерських господарств та сімейних ферм доцільним є впровадження спрощених інтегрованих моделей із акцентом на агротехнічні та біологічні методи. Оптимальними є заходи, що не потребують значних капітальних інвестицій: суворе дотримання сівозмін, механічний обробіток міжрядь, мульчування, використання доступних біопрепаратів та збереження природних регуляторів чисельності шкідливих організмів. Хімічний захист рекомендується застосовувати лише у критичних ситуаціях і в мінімальних регламентованих дозах.

Для органічних та екологічно орієнтованих господарств системи захисту мають ґрунтуватися виключно на дозволених агротехнічних, біологічних та механічних методах. Особлива увага приділяється превентивним заходам, підвищенню конкурентоспроможності культур, використанню біоінсектицидів і біофунгіцидів, а також підтримці біорізноманіття агроценозів. Такий підхід гарантує високий рівень екологічної безпеки та повну відповідність стандартам органічного виробництва.

Для господарств, що вирощують біоенергетичні культури, рекомендується орієнтація на довгострокову стабільність агрофітоценозів та мінімізацію антропогенного втручання. Захист рослин доцільно базувати на профілактичних агротехнічних заходах, механічному контролі бур'янів та активізації природних регуляторів чисельності шкідливих організмів. Хімічні засоби залучають обмежено, переважно на етапах закладання насаджень або в разі прямої загрози істотних втрат біомаси.

Отже, рекомендації для товаровиробників різних форм власності мають бути гнучкими та адаптованими до конкретних виробничих умов. Поєднання економічної доцільності з екологічною безпекою та декарбонізацією процесів забезпечує ефективне впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин і сприяє сталому розвитку аграрного сектору.

6.3. Екологічний та економічний ефекти від впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин

Впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин формує комплексний ефект, що поєднує екологічну стійкість із економічною вигодою.

Екологічний ефект:

– *зменшення пестицидного навантаження*: пріоритет агротехнічних та біологічних методів дозволяє скоротити кількість хімічних обробок на 25–50 %, а для окремих культур — до 60 % порівняно з традиційними схемами. Це мінімізує забруднення ґрунтів і вод та знижує вміст залишків пестицидів у продукції;

– *декарбонізація виробництва*: оптимізація обробок та використання точних технологій внесення знижують викиди парникових газів на 30–45 кг CO₂-eq/га за сезон, а за умови повного впровадження низьковуглецевих підходів — до 70–100 кг CO₂-eq/га;

– *відновлення біорізноманіття*: відмова від препаратів широкого спектра дії сприяє збереженню корисних ентомофагів (хижаків та паразитів) та активізації ґрунтової мікрофлори. Це посилює природні механізми регуляції чисельності шкідливих організмів;

– *кліматична адаптивність*: системи, орієнтовані на профілактику, підвищують здатність агроценозів протистояти посухам та температурним аномаліям.

Економічний ефект:

– *зниження прямих витрат*: оптимізація норм витрати препаратів зменшує витрати на пестициди на 15–30 %, а на пальне та експлуатацію техніки — на 10–20 %;

– *підвищення рентабельності*: зменшення собівартості виробництва при збереженні стабільної врожайності підвищує чистий прибуток господарства;

– *довгострокова стабільність*: збереження родючості ґрунтів та покращення екологічної репутації відкриває доступ до ринків екологічно чистої продукції та дозволяє використовувати механізми карбонівих сертифікатів.

Отже, впровадження інтегрованих низьковуглецевих систем захисту рослин забезпечує синергійний еколого-економічний ефект. Він полягає у суттєвому зменшенні пестицидного й вуглецевого навантаження, збереженні біорізноманіття, підвищенні адаптивної стійкості агроценозів та оптимізації виробничих витрат. Практична реалізація таких систем є науково обґрунтованою основою для сталого розвитку сільськогосподарського та біоенергетичного секторів в умовах глобальних кліматичних змін.

7. Техніка безпеки при роботі з пестицидами

Дотримання правил техніки безпеки при роботі з пестицидами є обов'язковою умовою для збереження здоров'я працівників, запобігання забрудненню довкілля та забезпечення стабільної екологічної рівноваги агроєкосистем. Усі операції з пестицидами повинні виконуватись відповідно до «Державних санітарних правил ДСП 8.8.1.2.001–98», «Правил безпечної експлуатації сільськогосподарської техніки» (в частині застосування пестицидів та агрохімікатів) та чинних інструкцій виробників препаратів.

До роботи з пестицидами допускаються особи, яким виповнилося 18 років, які пройшли спеціальне навчання, отримали посвідчення на право роботи з пестицидами та мають позитивний висновок медичного огляду. Працівники мають бути повністю забезпечені засобами індивідуального захисту: комбінезонами зі щільної бавовняної тканини, гумовими рукавицями, прогумованими фартухами, гумовими чоботами, захисними окулярами та респіраторами типу РПГ-67 або РУ-60М із відповідною маркою фільтра, залежно від типу пестициду. Перед початком робіт персонал обов'язково проходить інструктаж з охорони праці, ознайомлюється з характеристиками конкретного препарату, його класом небезпечності та специфічними умовами безпечного використання.

Підготовка робочих розчинів

Приготування робочих розчинів слід проводити на спеціально обладнаних майданчиках, розташованих не ближче ніж за 200 м від жит-

лових поміщень, колодязів та водойм. Для розведення пестицидів забороняється використовувати посуд чи обладнання, призначені для харчових чи побутових цілей. Розчини готують безпосередньо перед використанням, суворо дотримуючись рекомендованих норм витрат, зазначених в інструкціях до препарату. Заборонено приготування розчинів під час сильного вітру (понад 5 м/с), опадів або температури повітря понад 25 °С, щоб уникнути інтенсивного випаровування та знесення препарату за межі оброблюваної ділянки.

Проведення обприскування

Роботи з обприскування проводять у ранкові або вечірні години при швидкості вітру не більше ніж 3–4 м/с. Заборонено перебування сторонніх осіб, тварин або розміщення пасік на відстані менше ніж 300 м від місця обробки. Тривалість безперервної роботи з пестицидами не повинна перевищувати 6 годин, після чого потрібна перерва тривалістю не менше ніж 30 хвилин. Під час обприскування працівники мають перебувати з підвітряного боку щодо напрямку руху обприскувача. Категорично забороняється вживання їжі, куріння та пиття води під час виконання робіт.

Дії після завершення робіт

Після закінчення робіт обладнання промивають тричі чистою водою з подальшою утилізацією промивної рідини на спеціально відведеній ділянці. Засоби індивідуального захисту знімають у визначеному місці, миють теплою водою з милом, а забруднений спецодяг здають для дезактивації чи прання. Працівники повинні прийняти душ і змінити одяг. У разі випадкового попадання пестициду на шкіру або слизові оболонки вражену ділянку слід негайно промивати великою кількістю проточної води. Протягом доби після роботи з гербіцидами рекомендовано уникати важких фізичних навантажень та вживання алкогольних напоїв.

Зберігання, транспортування та утилізація

Пестициди зберігають у спеціальних складських приміщеннях, обладнаних вентиляцією, термометрами та вогнегасниками. Приміщення мають бути сухими, ізольованими від джерел води та тепла. Заборонено спільне зберігання пестицидів із харчовими продуктами, кормами, насінням чи добривами. Транспортування здійснюють у герметичній тарі з маркуванням, відповідно до вимог чинного законодавства щодо перевезення небезпечних вантажів.

Після використання препарату тара промивається тричі водою, а промивні води додаються до робочого розчину. Порожні ємності підлягають здачі до спеціалізованих пунктів утилізації. Спалювання або закопування тари у ґрунт категорично заборонено.

Екологічні та санітарні обмеження

Обробку посівів проводять на відстані не менше ніж 300 м від водних об'єктів, 500 м від населених пунктів та 2 км від пасік. У разі розливу або аварійного потрапляння препарату на ґрунт місце розливу необхідно засипати шаром піску або тирси, зібрати абсорбент у герметичну ємність і передати для утилізації. Суворо заборонено скидати залишки пестицидів чи промивні води у відкриті водойми чи каналізаційні мережі.

Медичний контроль та профілактика

Усі працівники, які контактують із пестицидами, повинні проходити попередній та щорічний медичні огляди, що охоплюють лабораторні дослідження функції печінки, нирок та дихальної системи. У разі виявлення ознак отруєння (запаморочення, нудота, утруднене дихання, подразнення очей) роботу негайно припиняють, потерпілого виводять на свіже повітря та викликають медичну допомогу. На кожному пункті хімічного захисту обов'язково має бути аптечка першої допомоги, інструкція з надання домедичної допомоги та контактні номери екстрених служб.

Дотримання вимог техніки безпеки при роботі з пестицидами гарантує збереження здоров'я працівників, охорону довкілля та високу ефективність захисту рослин. Комплексний підхід, що поєднує технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи, є необхідною умовою сталого ведення агровиробництва.

Використана література

1. Аверчев О. В., Нікітенко М. П., Литвиненко О. І. Оптимізація технологій вирощування гороху озимого для сталого землеробства в умовах мінливого клімату. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 7–12. <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2024.27.1>
2. Безпалько В. В., Жукова Л. В. Екологічна безпека сучасних систем захисту рослин. *Інженерія природокористування*. 2021. № 4. С. 133–138. [https://doi.org/10.37700/enm.2020.4\(18\).133-138](https://doi.org/10.37700/enm.2020.4(18).133-138)
3. Бублик Л. І., Васечко Г. І., Васильєв В. П. та ін. Довідник із захисту рослин / за ред. М. П. Лісового. Київ : Урожай, 1999. 744 с.
4. Cucu M. A., Choudhary R., Trkulja V. et al. Utilizing Environmentally Friendly Techniques for the Sustainable Control of Plant Pathogens: A Review. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, Iss. 7. Article 1551. <https://doi.org/10.3390/agronomy15071551>
5. Димитров С. Г., Саблук В. Т., Танчик С. П. Зниження ураженості рослин сільськогосподарських культур хворобами за мікоризації грибами та симбіозу з азотфіксуючими бактеріями їх кореневої системи. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 29–33.
6. Доронін В. А., Калатур К. А., Кравченко Ю. А. та ін. Біологічний захист посівів буряків цукрових від бурякової нематоди. *Карантин і захист рослин*. 2022. № 2. С. 26–30. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2022.2.26-30>
7. Driesche R., Hoddle M., Center T. Control of Pests and Weeds by Natural Enemies: An Introduction to Biological Control. Wiley, 2008. 484 p.
8. Ediangbonya T. F., Areo I. O., Mupenzi C. et al. Reduced pesticide dependency through crop management. *Discover Applied Sciences*. 2025. Vol. 7. Article 776. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07248-y>
9. Finger R., Sok J., Ahovi E. Towards sustainable crop protection in agriculture: A framework for research and policy. *Agricultural Systems*. 2024. Vol. 219. Article 104037. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104037>
10. Іващенко О. О., Ременюк С. О. Проблеми потенційної засміченості ґрунту в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8. С. 58–68. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-09>
11. Іващенко О. О., Ременюк С. О. Проблеми присутності бур'янів у посівах розпочинаються з насіння. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 3–4. С. 26–29. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr_2019_3-4_10
12. Запольська Н. М. Розвиток хвороб коренеплодів буряків цукрових під час вегетації залежно від типів основного обробітку ґрунту. *Нау-*

- кові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вип. 26. С. 28–34. <https://doi.org/10.47414/np.26.2018.211190>
13. Калатур К. А., Янсе Л. А., Янсе Я. Д. Паразитичні види фітонематод у посівах цукрових буряків : наук.-метод. рек. Київ : Аграрна наука, 2023. 56 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-578-8>
 14. Калатур К. А. Шкідливість стеблової нематої в насадженнях часнику та цибулі : наук.-метод. рек. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2025. 32 с. <https://doi.org/10.47414/978-617-8706-03-6%20>
 15. Калатур К. А., Янсе Л. А., Кубряк Р. В. та ін. Система моніторингу та інтегрованого захисту посівів цукрових буряків від бурякової нематої : наук.-метод. рек. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2025. 36 с. <https://doi.org/10.47414/978-617-8706-13-5>
 16. Калатур К. А. Шкідливість бурякової нематої у посівах столових і кормових буряків. *Карантин і захист рослин*. 2025. № 3. С. 19–23. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2025.3.19-23>
 17. Калатур К. А., Янсе Л. А. Фітонематоди як обмежуючий біотичний чинник аграрного виробництва у світі (огляд). *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 13–46. <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.244423>
 18. Калатур К. А., Янсе Л. А., Янсе Я. Д. Нематологічний моніторинг у посівах цукрових буряків : наук.-метод. рек. Київ : ІБКіЦБ, 2024. 44 с.
 19. Kalatur K. A., Janse L. A., Janse J. D. Sugar Beet Nematodes: Their Occurrence, Epidemiology, and Management in Ukraine. *Sugar Beet Cultivation, Management and Processing* / V. Misra, S. Srivastava, A. K. Mall (Eds.). Singapore : Springer, 2022. P. 711–736. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0_35
 20. Khan T. N., Meldrum A., Croser J. S. Pea Overview. *Reference Module in Food Science*. 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00037-8>
 21. Копчук К. М., Ременюк С. О. Закономірності забур'янення посівів культур сівозміни в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 3. <https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270521>
 22. Кукуруза О. Є., Ременюк С. О. Закономірності забур'яненості посівів гороху озимого в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, № 3. <https://doi.org/10.47414/na.11.3.2023.288683>
 23. Кукуруза О. Є., Ременюк С. О. Ріст та продуктивність гороху озимого за різних варіантів захисту від бур'янів в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2023. Вип. 31. С. 85–96. <https://doi.org/10.47414/np.31.2023.292400>

24. Кукуруза О. Є., Ременюк С. О. Ефективність захисту посівів гороху озимого від бур'янів в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2024. Т. 12, № 1. <https://doi.org/10.47414/па.12.1.2024.300528>
 25. Макух Я. П., Козаченко Д. М. Низьковуглецева система захисту кукурудзи від бур'янів: ефективність гербіцидів, продуктивність та оцінка викидів CO₂-eq. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2025. Вип. 33. С. 41–48. <https://doi.org/10.47414/np.33.2025.347480>
 26. Макух Я. П., Різник В. М., Мошківська С. В., Барбан О. Б. Ефективність застосування гербіцидів у посівах гороху в Правобережному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2024. Т. 12, № 1. <https://doi.org/10.47414/па.12.1.2024.300496>
 27. Макух Я. П., Ременюк С. О., Копчук К. М. Продуктивність культур залежно від систем ведення сівозмін, різних систем удобрення, елементів біологізації в зоні нестійкого зволоження України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 122. С. 64–72. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122>
 28. Макух Я. П., Ременюк С. О., Різник В. М. та ін. Урожайність буряків цукрових залежно від інтенсивності гербіцидного захисту. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 144. С. 128–134. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.17>
 29. Makukh Y., Remeniuk S., Moshkivska S. et al. Dynamics of productive moisture reserves and water consumption use in short-rotation grain-sugar beet crop rotations in the forest-steppe depending on the fertilization system and soil potential fertility. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, Iss. 6. P. 261–274. <https://doi.org/10.12912/27197050/204338>
 30. Мостов'як І. І. Інтегрована система захисту рослин у формуванні збалансованих агроєкосистем. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 1. С. 77–86. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203932>
 31. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ : Юнівест Медіа, 2025. 1040 с.
 32. Parvatha Reddy P. *Agro-ecological Approaches to Pest Management for Sustainable Agriculture*. Springer, 2017. 339 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-4325-3>
 33. Pylypenko L. A., Kalatur K. A., Hallmann J. Sugar beet nematode *Heterodera schachtii*: distribution and harmfulness in Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2016. Vol. 3, Iss. 3. P. 3–11. <https://doi.org/10.15407/agrisp3.03.003>
 34. Ременюк С. О. Специфіка анемохорії багаторічних видів бур'янів на орних землях. *Наукові доповіді Національного університету*
-

- біоресурсів і природокористування України. 2019. № 3. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2019_3_12
35. Саблук В. Т., Кожухівський Р. М. Ефект симбіозу грибів і бактерій з кореневою системою рослин соняшнику. *Біоенергетика*. 2025. № 1. С. 43–45. <https://doi.org/10.47414/be.2025.No1.pp43-45>
 36. Саблук В. Т., Грищенко О. М., Смірних В. М. Збереження корисної ентомофауни за оптимізації використання інсектицидів. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Вип. 26. С. 35–41. <https://doi.org/10.47414/np.26.2018.211192>
 37. Саблук В. Т., Педос В. П., Змієвський О. В. Ефективність біофунгіцидів проти церкоспорозу буряків цукрових. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2017. Вип. 25. С. 130–136. <https://doi.org/10.47414/np.25.2017.216879>
 38. Сігарева Д. Д., Калатур К. А., Григор'єв В. М. Вплив бурякової нематоди (*Heterodera schachtii* Schmidt) на розвиток хвороб цукрових буряків. *Захист і карантин рослин*. 2008. Вип. 58. С. 174–180.
 39. Стратегія і тактика захисту рослин : у 2 т. Т. 1. Стратегія / В. П. Федоренко ; за ред. В. П. Федоренка. Київ : Альфа-стевія, 2015. 456 с.
 40. Стратегія і тактика захисту рослин : у 2 т. Т. 2. Тактика / В. П. Федоренко, І. Л. Марков, Є. Ю. Мордерер; за ред. В. П. Федоренка. Київ : Альфа-стевія, 2016. 784 с.
 41. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П. та ін. Методика випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с. <https://doi.org/10.36495/metodiki-Trybel.2001>
 42. Федоренко В. П., Мостов'як С. М., Мостов'як І. І. Екологічно безпечні методи контролю численності шкідників у сучасних агротехнологіях. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 4. С. 64–74. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252957>
 43. Шерстюк О. Л. Застосування екологічно безпечних засобів захисту рослин у сучасній системі землеробства. *Сучасні аспекти і технології у захисті рослин* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 28 листопада 2023 р.). Полтава : ПДАУ, 2023. С. 110–112.
-

ДОДАТОК

Економічні пороги шкодочинності (ЕПШ) шкідників
сільськогосподарських і біоенергетичних культур

Назва шкідника	ЕПШ	Фаза розвитку культури
Зернові культури (пшениця, жито, овес, ячмінь)		
Клоп шкідлива черепашка	1–3 личинки на 1 м ²	Молочна стиглість
Гессенська муха	10–15 % заселених стебел або 30–50 імаго на 100 помахів сачком	Кущення — вихід у трубку
Хлібна жужелиця (турун)	2–3 личинки на 1 м ²	Фаза 3-го листка — кущення
Пшеничний трипс	8–10 імаго на одне стебло або 40–50 личинок на один колос	Початок колосіння — налив зерна
Шведські мухи (вівсяна/ячмінна)	10–15 % заселених стебел або 30–50 імаго на 100 помахів сачком	Сходи — кущення
Жук-кузька (хлібний жук)	3–5 особин на 1 м ²	Молочна — воскова стиглість
П'явица сinya	40–50 особин на 1 м ² або 0,5–0,7 личинки на одне стебло	Вихід у трубку — прапорцевий листок
Злакові попелиці (велика / звичайна)	20–30 особин на один колос (за заселення 50 % колосся)	Колосіння — налив зерна
Хлібний пилющик звичайний	30–50 імаго на 100 помахів сачком	Вихід у трубку — колосіння
Озима муха	5–10% заселених рослин або 20–40 імаго на 100 помахів сачком	Сходи — кущення (восени)
Кукурудза		
Стебловий кукурудзяний метелик	1–2 кладки яєць на 100 рослин або 5–10 % заселених рослин	Викидання волоті — цвітіння
Західний кукурудзяний жук (діабротика)	1–2 імаго на одну рослину (за вирощування на зерно) або 2–5 личинок на кореневу систему однієї рослини	Сходи (личинки) — цвітіння (імаго)
Бавовникова совка	6–8 яєць на 100 рослин або 1–2 гусениці на 10 рослин, або 5 % качанів, заселених гусеницями	Поява приймочок (ниток) — початок формування качанів
Озима совка	2–5 гусениць на 1 м ²	Сходи — фаза 3–5-ти листків
Кукурудзяна попелиця	20 % заселених рослин (за чисельності > 50 особин на рослину)	Викидання волоті — молочна стиглість
Шведська муха	10–15 % заселених рослин або 30–50 імаго на 100 помахів сачком	Сходи — фаза 2–4-х листків
Дротяники	3–5 личинок на 1 м ²	До сівби (грунтові розкопки)
Південний сірий довгоносик	2–3 імаго на 1 м ²	Поява сходів — фаза 3-х листків

Назва шкідника	ЕПШ	Фаза розвитку культури
Зернобобові культури (горох, соя, квасоля, нут, сочевиця)		
Гороховий зерноїд (брухус)	5–10 імаго на 100 помахів сачком, 1–2 імаго (для насінневих посівів)	Цвітіння (початок)
Акацієва (бобова) вогнівка	2–3 яйця на одну рослину або 5 % заселених бобів	Формування бобів
Горохова попелиця	250–300 особин на 100 помахів сачком або 20 % заселених рослин	Бутонізація — початок цвітіння
Бульбочкові довгоносики	10–15 імаго на 1 м ²	Поява сходів
Горохова плодожерка	25–30 яєць на 1 м ² або 10 % заселених рослин	Початок утворення бобів
Соева плодожерка	2–3 яйця на одну рослину або 5 % пошкоджених бобів	Формування — налив бобів
Квасолева зерноїдка	10 імаго на 100 помахів сачком	Початок дозрівання бобів
Павутинний кліщ	3–5 особин на один листок (до цвітіння) або 10–15 особин (після цвітіння)	Бутонізація — налив бобів
Сонцевик будяковий (Ванесса)	1,5–2,0 гусениці на одну рослину	Період інтенсивного наростання листової маси
Паросткова муха	5–10 личинок на 1 м ²	Проростання насіння — сходи
Ріпак (ярий, озимий)		
Ріпаківий пильщик	1–2 личинки (несправжні гусениці) на рослину	Сходи — розетка (осінь / весна)
Прихованохоботник стебловий	10 імаго на пастку за три доби або 2–4 імаго на 25 рослин	Початок росту стебла — відновлення вегетації
Насінневий прихованохоботник	1 імаго на одну рослину або 10–20 імаго на 10 помахів сачком	Формування стручків
Хрестоцвіті блішки	3–5 особин на 1 м ² або пошкодження 10 % площі листків	Сходи — фаза 2–4-х листків
Ріпаківий квітковий комарик	1–2 імаго на рослину	Початок цвітіння
Капустяна попелиця	5–10 % заселених рослин (колонії розміром 1–2 см)	Бутонізація — цвітіння
Ріпаківий квіткоїд	1–2 особини на суцвіття (закриті бутони), 3–5 особин (відкриті бутони)	Бутонізація — цвітіння
Білани (капустяний, ріповий)	2 гусениці на рослину (за заселення 10 % рослин)	Період вегетації
Капустяна міль	2–3 гусениці на рослину (за заселення 10 % рослин)	Розетка — формування стручків
Капустяна совка	2–3 гусениці на 1 м ²	Розетка — цвітіння
Соняшник		
Соняшникова шипоноска	10 імаго на 100 помахів сачком або 1 імаго на рослину	Масове розселення (травень – червень)
Соняшникова вогнівка (міль)	1–2 метелики на 10 рослин	Початок цвітіння
Південний сірий довгоносик	2–3 імаго на 1 м ²	Поява сходів — фаза 2–4-х листків

Назва шкідника	ЕПШ	Фаза розвитку культури
Сірий буряковий довгоносик	2–4 імаго на 1 м ²	Сходи — фаза 2-х листків
Соняшниковий вусач	1 імаго на 10 рослин	Період вегетації (червень)
Мідляк піщаний	2 імаго на 1 м ²	Сходи — розетка
Геліхризова попелиця	10–20 % заселених рослин або колонії по 50–100 особин	Утворення кошика — цвітіння
Бавовникова совка	1–2 гусениці на одну рослину або 5–10 % заселених кошиків	Налив насіння
Дротяники	5 личинок на 1 м ²	До сівби (грунтові розкопки)
Цукрові буряки		
Звичайний буряковий довгоносик	0,2–0,3 імаго на 1 м ²	Сходи — до появи першої пари справжніх листків
Сірий буряковий довгоносик	0,2–0,4 імаго на 1 м ²	Сходи — фаза «вилочки»
Бурякові блішки	2–7 імаго на 1 рослину або пошкодження 5–10 % площі листка	Сходи — фаза 2–4-х листків
Бурякова мінюча муха	3–4 личинки на одну рослину за заселення 10–15 % рослин	Фаза 2–4-х пар листків
Бурякова листкова попелиця	Заселення 5–10 % рослин (утворення колоній, переважно по краях поля)	Змикання рядків — період вегетації
Бурякова щитоноска	0,5–1,0 імаго на 1 м ² або 5–10 личинок на одну рослину	Сходи — період вегетації
Крихітка бурякова	1,5–2,5 особини на 1 дм ³ ґрунту	Сходи — до фази 2-х пар листків
Лучний метелик	2–5 гусениці на рослину	Період вегетації
Озима совка	1–2 гусениці на 1 м ²	Сходи — фаза 3–5-ти листків
Дротяники	2–3 личинки на 1 м ²	До сівби (грунтові розкопки)
Бурякова нематода	200 яєць та личинок на 100 м ³ ґрунту	Перед сівбою
Стеблова нематода	Поодинокі особини у пробах	Період вегетації
Овочеві культури (картопля, капуста, томати, морква, цибуля та ін.)		
Колорадський жук	10–15 личинок на кущ або 20–30 личинок на 10 рослин	Картопля, томати — період вегетації
Капустяна міль	2–5 гусениць на рослину (за заселення 10 % рослин)	Капуста — формування головки
Білокрилка теплична	3–5 імаго на 1 листок	Томати, огірки — закритий / відкритий ґрунт
Цибулева муха	3 % заселених рослин або 5–10 яєць на 10 рослин	Цибуля — сходи до 3-х листків
Морквяна муха	1 імаго на 1 пастку за добу	Морква — сходи до пучкового товару
Павутинний кліщ	5–10 особин на листок або заселення 10 % листків	Огірки, баклажани — період вегетації
Капустяна совка	2–3 гусениці на рослину (за заселення 5 % рослин)	Капуста — зав'язування головки

Назва шкідника	ЕПШ	Фаза розвитку культури
Вовчок (медведка)	одне гніздо або 0,5–1,0 особина на 1 м ²	Всі культури — після висаджування розсади
Тютюновий трипс	5–10 особин на рослину або 2–3 особини на листок	Цибуля, капуста, огірки
Слизняк сірий	5–10 особин на 1 м ²	Капуста, салати — волога погода
Білан капустяний	3–5 гусениць на рослину (за заселення 10 % рослин)	Капуста — період вегетації
Картопляна нематода	1–2 цисти на 100 см ³ ґрунту	Картопля — перед садінням
Ягідні культури (суниця, малина, смородина, агрус, лохина)		
Сунічний прозорий кліщ	2–5 особин на один листок або 5–10 % заселених рослин	Після збору врожаю або ранньою весною
Сунічний довгоносик	2–3 імаго на 1 п. м. рядка	Висування суцвіть — бутонізація
Малинний жук	1–2 імаго на один кущ або 5 % заселених бутонів	Початок цвітіння
Смородинна скляниця	1 імаго на одну пастку за добу або 2 % пошкоджених пагонів	Через два тижні після цвітіння
Смородинний бруньковий кліщ («роздуті» бруньки)	10 % заселених бруньок	Рання весна — до розпуску бруньок
Стеблова малинна галиця	20 % пошкоджених пагонів (здуття-галли)	Осінь — після виростання пагонів
Агрусова вогнівка	1–2 гусениці на один кущ або 3–5 % пошкоджених ягід	Після цвітіння — формування ягід
Дрозофіла Сузукі	Виявлення 1 особини в пастці (карантинний шкідник)	Дозрівання ягід
Травневий хрущ (личинки)	0,5–1,0 личинка на 1 м ²	Перед закладанням плантації
Малинна брунькова міль	2–5 яєць на кущ або 5 % пошкоджених бруньок	Розпускання бруньок
Біоенергетичні культури (міскантус, верба, тополя, світчграс, павловнія)		
Листоїди (тополе-вий, вербовий, 20-крапковий)	20–25 % дефоліації (втрати листя) (10–15 % для 1-го року садіння) або 5–10 імаго на саджанець	Верба, тополя (червень – липень)
Довгоносик вільховий / трубоккрут	15–20 % пошкоджених пагонів або листків	Верба (травень)
Сквілка мурахоподібна / вусач великий	1–2 заселені рослини на 10 м ² (хід личинки в деревині)	Тополь, верба (дво-трирічні плантації)
Попелиці (вербова, міскантусова)	Заселення 20–25 % пагонів (пригнічення росту)	Верба, міскантус, павловнія
Листокрутка розанова / п'ядун зимовий	3–5 гусениць на 1 м гілки	Весна (травень)
Очеретяний свердлики	5–10 % пошкоджених стебел (всихання верхівок)	Міскантус, світчграс
Цикадка буйволоподібна	2–3 кільцеві надрізи (яйцекладки) на пагоні	Павловнія, верба (молоді саджанці)
Травневий хрущ (личинки)	0,5–1,0 личинка на 1 м ²	Закладання плантації (сходи / приживлюваність)
Дротяники (ковалики)	3–5 личинок на 1 м ²	Світчграс, міскантус (перший рік)

Наукове видання

Автори:

Ярослав Петрович Макух,
Світлана Олександрівна Ременюк,
Катерина Анатоліївна Калатур,
Олеся Анатоліївна Зінченко,
Василь Трохимович Саблук,
Владислав Миколайович Різник,
Сніжана Валентинівна Мошківська,
Наталія Миколаївна Запольська,
Катерина Миколаївна Шендрик,
Марія Олександрівна Кісілевська,
Надія Миколаївна Свідельська

**ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТА НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВІ
АСПЕКТИ ЗАХИСТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР
ВІД ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ**

Методичні рекомендації

Електронне видання

Технічне редагування та верстка
О. Ю. Половинчук

Погоджено до опублікування 09.04.2026.
Формат: PDF. Гарнітура Georgia.

Видавець

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25
Тел.: (044) 275-50-00; e-mail: sugarbeet@ukr.net
<https://bio.gov.ua>

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 5713 від 19.10.2017

